

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 5 |
| ЧАСТЬ 1. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ТЕМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ | 11 |
| 1.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХИМИИ..... | 11 |
| Современные представления о строении атома | 12 |
| Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева..... | 17 |
| Ковалентная химическая связь, её разновидности и механизмы образования. Характеристики ковалентной связи (полярность и энергия связи). Ионная связь. Металлическая связь. Водородная связь..... | 30 |
| Химическая реакция | 41 |
| Скорость реакции, её зависимость от различных факторов | 52 |
| Обратимые и необратимые химические реакции. Химическое равновесие. Смещение равновесия под действием различных факторов. Расчёты количества вещества, массы вещества или объёма газов по известному количеству вещества, массе или объёму одного из участвующих в реакции веществ..... | 58 |
| Электролитическая диссоциация электролитов в водных растворах. Сильные и слабые электролиты. Реакции ионного обмена..... | 77 |
| Гидролиз солей. Среда водных растворов: кислая, нейтральная, щелочная..... | 85 |
| Окислительно-восстановительные реакции. Коррозия металлов и способы защиты от неё | 90 |
| Электролиз расплавов и растворов (солей, щелочей, кислот)..... | 99 |
| 1.2. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ..... | 107 |
| Классификация неорганических веществ. Номенклатура неорганических веществ (тривиальная и международная). | 108 |
| Характерные химические свойства неорганических веществ | 113 |
| Взаимосвязь различных классов неорганических веществ..... | 115 |
| 1.3. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ | 127 |
| Классификация органических веществ. Номенклатура органических веществ (тривиальная и систематическая). Гомология и изомерия..... | 128 |
| Теория строения органических соединений. Гибридизация атомных орбиталей углерода. Типы химических связей в молекулах органических соединений. Взаимное влияние атомов в молекулах органических веществ. Радикальный и ионный механизмы реакций | 140 |
| Характерные химические свойства и способы получения углеводородов: алканов, циклоалканов, алкенов, алкадиенов, алкинов, аренов | 149 |
| Характерные химические свойства и способы получения кислородсодержащих органических соединений..... | 161 |
| Характерные химические свойства и способы получения азотсодержащих органических соединений..... | 173 |

| | |
|---|-----|
| Биологически важные природные соединения: жиры, углеводы, аминокислоты, пептиды, белки | 182 |
| Генетическая связь между важнейшими классами органических соединений | 194 |
| 1.4. МЕТОДЫ ПОЗНАНИЯ В ХИМИИ. ХИМИЯ И ЖИЗНЬ | 217 |
| Экспериментальные основы химии..... | 218 |
| Понятие о металлургии: общие способы получения металлов. Общие научные принципы химического производства (на примере промышленного получения аммиака, серной кислоты, метанола). Применение веществ. Химическое загрязнение окружающей среды и его последствия. Природные источники углеводородов, их переработка. Высокомолекулярные соединения. Реакции полимеризации и поликонденсации. Полимеры. Пластмассы, волокна, каучуки | 228 |
| Расчёты с использованием понятия «массовая доля вещества в растворе» | 237 |
| ЧАСТЬ 2. ТИПОВЫЕ ВАРИАНТЫ | 268 |
| Вариант 1..... | 268 |
| Вариант 2..... | 280 |
| Вариант 3..... | 292 |
| Вариант 4..... | 303 |
| Вариант 5..... | 315 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ | 327 |

ВВЕДЕНИЕ

Единый государственный экзамен (ЕГЭ) представляет собой форму государственной итоговой аттестации. Цели проведения ЕГЭ: 1) определить соответствие результатов освоения обучающимися образовательных программ среднего общего образования соответствующим требованиям федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС); 6) готовность выпускников к поступлению в вузы по выбранным специальностям. Для указанных целей используются контрольные измерительные материалы (КИМ), представляющие собой комплексы стандартизированных заданий. ЕГЭ проводится в соответствии с Федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» и Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования, утверждённым приказом Минпросвещения России и Рособрнадзора от 04.04.2023 № 233/552 (зарегистрирован Минюстом России 15.05.2023 № 73314).

Данное пособие представляет комплекс материалов для подготовки к ЕГЭ по химии, в состав которого входят задания с комментариями и решениями, типовые проверочные задания, а также варианты, аналогичные по структуре и содержанию контрольным измерительным материалам (КИМ) для проведения ЕГЭ по химии в 2026 году.

Структура пособия

Пособие состоит из двух частей. Часть 1 – задания тематического контроля. Часть 2 – типовые тренировочные варианты в формате ЕГЭ 2026 года.

Так же, как и в КИМ ЕГЭ, задания части 1 пособия распределены по четырём тематическим блокам: «Теоретические основы химии», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Методы познания в химии. Химия и жизнь». Внутри блоков задания сгруппированы по содержательным линиям и по проверяемым элементам содержания.

Каждый блок содержит краткую теорию, наиболее необходимую для выполнения типовых заданий, задания с комментариями и решениями, а также тренировочные задания для самостоятельной работы. В конце каждого тематического раздела блока приведены ответы. Это сделано для самооценки.

Задания по содержанию и формату соответствуют тем заданиям, которые используются в КИМ для проведения экзамена и ориентированы на проверку усвоения следующих элементов содержания учебного предмета «Химия»:

- Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. Строение атома. Химическая связь. Строение вещества.
- Классификация и номенклатура неорганических веществ. Характерные химические свойства простых веществ – металлов и неметаллов, сложных веществ – представителей основных классов неорганических соединений.
- Теория строения органических соединений А.М. Бутлерова. Классификация и номенклатура органических соединений. Химические свойства представителей основных классов органических соединений.
- Химическая реакция. Классификация химических реакций в неорганической и органической химии. Закономерности протекания химических реакций различного типа. Электролиз водных растворов и расплавов солей, щелочей и кислот.
- Методы познания веществ и химических реакций. Применение веществ. Общие представления о промышленных способах получения важнейших веществ. Количественные отношения в химии.

Предлагаемые задания соответствуют типу и уровню сложности, обозначенным в документах, регламентирующих к ЕГЭ: кодификаторе, спецификации и демоверсии варианта ЕГЭ 2026 г.

Для проверки усвоения каждого отдельного элемента содержания предложено две группы заданий:

- а) задания с комментариями и решениями (от трёх до шести заданий в группе);
- б) задания для самостоятельной работы.

Такое распределение заданий в пособии способствует его вариативному использованию в целях повышения эффективности самостоятельной работы учащихся по систематизации знаний и совершенст-

вованию умений, необходимых для успешной учёбы и последующей сдачи единого государственного экзамена.

Часть 2 пособия содержит пять типовых вариантов контрольных работ, составленных в соответствии с проектом «Демонстрационного варианта контрольных измерительных материалов единого государственного экзамена 2026 года по химии».

Материалы пособия предназначены для целенаправленного использования при подготовке к экзамену. Именно этим обусловлена особенность их построения и содержания. К тому же отметим, что среди представленных в пособии заданий присутствуют в достаточном объёме задания, которые использовались в экзаменационных работах последних лет. Систематическая тренировка в выполнении предложенных заданий является одним из необходимых условий подготовки к экзамену. При этом крайне необходимо, чтобы выполнение заданий сочеталось с планомерным повторением и систематизацией изученного материала.

Общие рекомендации по подготовке к ЕГЭ

Подготовку к экзамену целесообразно начинать с изучения теории, необходимой для осознанного понимания вопросов заданий. Какой учебный материал нужно обязательно повторить и привести в систему, какие знания и умения необходимы для выполнения отдельных заданий и работы в целом, а также характеристики заданий и способов оценивания их выполнения, требований к оформлению ответов на задания, изложены в документах, определяющих содержание КИМ ЕГЭ в 2026 году.

Содержание КИМ ЕГЭ определяется на основе федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования (далее – ФГОС): 1) приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 12.08.2022 № 732 «О внесении изменений в федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утверждённый приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17.05.2012 № 413»; 2) приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 17.05.2012 № 413 (с изменениями 2014–2020 гг.). Детализированные требования к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования, проверяемые на основе изменённого в 2022 г. ФГОС, являются преемственными по отношению к требованиям ФГОС 2012 г. При разработке КИМ ЕГЭ учитывается содержание федеральной образовательной программы среднего общего образования (приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18.05.2023 № 371 «Об утверждении федеральной образовательной программы среднего общего образования» (с изменениями)).

Ежегодно перед началом учебного года на сайте ФИПИ (www.fipi.ru) публикуется три важных документа, которые необходимо осознанно изучить каждому выпускнику: кодификатор, спецификация, демоверсия.

В *кодификаторе* перечислены элементы содержания курса химии: ведущие понятия, основные закономерности, фактологические сведения о веществах и реакциях, усвоение которых будет обязательно проверяться на экзамене, именно на их основе составляются задания экзаменационной работы.

Все эти элементы содержания сосредоточены в первой части кодификатора, которая называется «Перечень элементов содержания, проверяемых на едином государственном экзамене по химии». Они распределены по четырём основным разделам (содержательным блокам) курса химии: «Теоретические основы химии», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Методы познания в химии». В структуре первого и четвёртого блоков представлен более конкретизированный перечень проверяемых элементов содержания по отдельным содержательным линиям: «Современные представления о строении атома», «Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева», «Химическая связь и строение вещества», «Химическая реакция», «Экспериментальные основы химии», «Общие представления о промышленных способах получения важнейших веществ», «Расчёты по химическим формулам и уравнениям реакций».

Вторая часть кодификатора имеет название: «Перечень требований к уровню подготовки выпускников, проверяемых на едином государственном экзамене по химии». Здесь перечислены те действия и виды деятельности, которые необходимо осуществлять при выполнении заданий экзаменационной работы. Самостоятельная работа по выполнению заданий при подготовке к экзамену направлена на формирование и развитие указанных в кодификаторе умений и видов действий.

В *спецификации* представлен обобщённый план варианта КИМ ЕГЭ 2026 г. по химии; дана характеристика проверочных заданий различных типов и показано, как они распределяются по частям работы, по содержательным блокам и линиям, по видам проверяемых умений и способам действий; охарактеризована система оценивания отдельных заданий и всей работы в целом; приведено описание уровня подготовки выпускников, достижение которого может гарантировать получение минимального количества баллов на экзамене; даны рекомендации о примерном распределении времени, отводимого на выполнение работы; представлен перечень справочных материалов, которыми можно пользоваться на экзамене.

Характеристика структуры КИМ 2026 года

Структура экзаменационной работы 2026 года в целом остаётся аналогичной работе 2025 года. Она будет состоять из двух частей, включающих в себя задания с *кратким ответом* базового и повышенного уровней сложности (часть 1) и задания с развёрнутым ответом высокого уровня сложности (часть 2).

Часть 1 будет включать в себя задания по следующим темам:

- «Строение атома. Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. Закономерности изменения свойств химических элементов по периодам и группам». «Строение вещества. Химическая связь»;
- «Неорганические вещества: классификация и номенклатура; химические свойства; генетическая связь веществ, принадлежащих к различным классам»;
- «Органические вещества: классификация и номенклатура, химические свойства; генетическая связь веществ, принадлежащих к различным классам»;
- «Химическая реакция». «Методы познания в химии». «Химия и жизнь». «Расчёты по химическим формулам и уравнениям реакций».

В каждом из указанных тематических блоков будут представлены задания с кратким ответом как базового, так и повышенного уровней сложности, расположенные по нарастанию уровня сложности и увеличения действий, необходимых для решения. Такая структура части 1 экзаменационной работы в большей мере соответствует структуре самого курса химии: «от простого к сложному».

Часть 2 экзаменационной работы 2026 года будет включать шесть заданий с развёрнутым ответом высокого уровня сложности, которые ориентированы на проверку усвоения на углублённом уровне нескольких (двух или более) элементов содержания из различных разделов курса химии.

Характеристика заданий КИМ ЕГЭ 2026 года

Задания с кратким ответом базового уровня сложности. В вариантах данные задания будут присутствовать под номерами: 1–5, 9–13, 16–21, 25–28. По формату могут быть задания с единым контекстом (№№1–3), с выбором нескольких верных ответов из пяти или шести предложенных вариантов ответа, также задания на установление соответствия между позициями двух множеств, а также расчётные задачи.

При этом все задания данной группы имеют сходство по формальному признаку: ответ, как результат выполнения каждого из них, записывается либо в виде последовательности цифр (задания № 1–25), либо в виде числа с заданной степенью точности (задания № 26–28).

Как правило, каждое отдельное задание части 1 независимо от формата ориентировано на проверку усвоения элементов содержания одного определенного раздела курса химии. *Однако, будет заблуждением считать такое задание лёгким, не требующим особых усилий для поиска верного ответа.* Выполнение любого из этих заданий предполагает тщательный анализ условия и использование системных знаний, ключевых понятий и закономерностей.

Для выполнения заданий с кратким ответом базового уровня сложности требуются следующие умения:

- *объяснять*, как изменяются свойства химических элементов по периодам и группам Периодической системы Д.И. Менделеева; какая существует зависимость между свойствами веществ и типом их кристаллической решётки; как влияют различные факторы на изменение скорости химической реакции и состояние химического равновесия; какова сущность реакций ионного обмена;

- *определять* заряд ионов, степень окисления химических элементов, вид химической связи в соединениях, характер среды водных растворов веществ;
- *устанавливать* принадлежность вещества к определённому классу (группе) соединений, тип химической реакции по известным классификационным признакам;
- *характеризовать* общие химические свойства простых веществ (металлов и неметаллов), а также свойства представителей основных классов неорганических и органических соединений;
- *проводить* вычисления объёмных отношений газов в химических реакциях; расчёты теплового эффекта реакции, массы растворённого вещества, содержащегося в определённой массе раствора с известной массовой долей; расчёты массы вещества или объёма газов по известному количеству вещества, массе или объёму одного из участвующих в реакции веществ.

*Задания с кратким ответом **повышенного уровня сложности*** в вариантах КИМ ЕГЭ 2026 года будут представлены под номерами: 6–8, 14, 15, 22–24. В отличие от заданий базового уровня сложности эти задания ориентированы на проверку ряда важных предметных и общеучебных умений, к числу которых относится умение *выделять* характерные признаки понятия, *выявлять* его взаимосвязи с другими понятиями, а также *использовать* это понятие для объяснения отдельных фактов и явлений. Это предусматривает прежде всего прочные теоретические знания, а также анализ большого объёма сведений о химических элементах, о тех или иных закономерностях, сущности изученных типов реакций и т.п. В процессе такого анализа выявляются различные взаимосвязи между теми элементами содержания, которые указаны в условии задания. В содержании таких заданий ответ в готовом виде не сформулирован, его нужно установить в ходе выполнения задания и записать в виде определённой последовательности четырёх цифр в строгом соответствии с теми предписаниями, которые даны в инструкции.

Часть 2. *Задания с развёрнутым ответом **высокого уровня сложности*** (их порядковые номера 29–34). Отличительная особенность этих заданий состоит в том, что каждое из них проверяет усвоение нескольких (двух или более) элементов содержания из различных разделов курса химии. Поэтому их выполнение требует более сложных умений, таких как: *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 реакций изученных типов; *проводить* комбинированные расчёты по химическим уравнениям и на установление молекулярной и структурной формулы вещества.

Кроме того, выполнение этих заданий предусматривает самостоятельное формулирование ответа, который должен быть логически построен, содержать необходимые выводы и заключения, аргументы в пользу выдвинутых положений и т.п. Для этого необходимо уметь: *выполнять* те или иные действия в определённой последовательности; *устанавливать* причинно-следственные связи между различными элементами знаний.

В пособии представлены следующие разновидности заданий с развёрнутым ответом:

- задания, проверяющие знание элементов содержания: «окислительно-восстановительные реакции», «реакции ионного обмена» (№ 29–30); задания под номерами 29 и 30 имеют единый контекст условия, что обеспечивает возможность более объективной проверки на углублённом уровне сформированности умения использовать знания о свойствах заданных веществ для раскрытия сущности и механизма протекания реакций между этими веществами;
- задания, проверяющие усвоение знаний о взаимосвязи веществ различных классов на примерах превращений неорганических и органических веществ (№ 31–32);
- расчётные задачи на установление молекулярной и структурной формулы вещества, а также описание его химических свойств на примере одного из уравнений химической реакции (№ 33);
- расчётные задачи на установление: массы (объёма, количества вещества), продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси), дано в виде раствора с определённой массовой долей растворённого вещества; массовой или объёмной доли выхода продукта реакций от теоретически возможного; массовой доли (массы) химического соединения в смеси (№ 34).

Рекомендации при подготовке к экзамену

При подготовке к экзамену следует спланировать время. Обычно начинают готовиться к ЕГЭ в 11 классе. До экзамена остается фактически 8 месяцев. Мало! Поэтому крайне необходима систематическая тренировка в выполнении заданий и систематическое повторение теоретического материала без пропусков на каникулы и прочие личные дела.

Перед началом выполнения каждого отдельного задания необходимо выяснить, усвоение какого учебного материала проверяется данным заданием. Далее повторить теорию по всем имеющимся учебным пособиям, сравнить их, сделать краткий опорный конспект, а при необходимости заучить отдельные аспекты темы. Также необходимо обратить внимание на *особенности формулировки условия* задания и тщательно его проанализировать: найти ключевые слова, уяснить, на какие вопросы нужно будет ответить, и какой теоретический материал послужит основой для ответов на эти вопросы.

Помощником в этом случае может стать обобщённый план варианта КИМ ЕГЭ 2026 года, который в качестве Приложения включён в спецификацию. Обобщённый план – это модель варианта экзаменационной работы. В нём приведён конкретный перечень проверяемых элементов содержания для каждого отдельного задания, имеющего свой порядковый номер в варианте.

Особое внимание следует обратить на задания, которые проверяют усвоение знаний о генетической связи неорганических веществ различных классов (в вариантах задания №31). При выполнении таких заданий требуется написать уравнения четырёх реакций, которые отражают суть описанных в условии процессов. Эти задания получили название своеобразного «мысленного эксперимента», для «проведения» которого необходимо применить знания не только о качественных внешних характеристиках веществ: цвет, агрегатное состояние, запах, растворимость и т.д., но и о характерных (общих) и специфических химических свойствах указанных веществ, об условиях протекания реакции между ними, а также применить умения составлять формулы веществ и уравнения химических реакций.

Задание № 32 ориентировано на проверку знаний о генетической связи органических веществ различных классов. При выполнении этого задания необходимо правильно записывать структурные формулы органических веществ. Можно использовать структурные формулы разного вида, важно, чтобы они однозначно отражали порядок связи атомов, а также взаимное расположение заместителей и функциональных групп в молекуле органического вещества.

Под номерами 33 и 34 в вариантах представлены расчётные задачи. При оформлении развёрнутых ответов на эти задания необходимо указывать все проведённые вычисления и размерность полученных величин.

Важно также знать, как будет *оцениваться выполнение отдельных заданий и экзаменационной работы в целом*.

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. 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, лишние символы в ответе отсутствуют. Выставляется 1 балл, 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.

Задания части 2 (с развёрнутым ответом) предусматривают проверку от трёх до пяти элементов ответа. Наличие каждого элемента ответа оценивается 1 баллом, поэтому максимальная оценка верно выполненного задания составляет от 3 до 5 баллов в зависимости от степени сложности задания: задания 29 и 30 – по 2 балла; 31 – 4 балла; 32 – 5 баллов; 33 – 3 балла; 34 – 4 балла. Проверка заданий части 2 осуществляется на основе поэлементного анализа ответа выпускника.

Задания с развёрнутым ответом могут быть выполнены выпускниками различными способами.

Успешное выполнение экзаменационной работы в немалой степени зависит от *правильного распределения времени, отводимого на её выполнение*. В процессе подготовки к экзамену необходимо учитывать следующие рекомендации: для каждого выполнения задания базового уровня сложности части 1

отводится не более 2 минут, для каждого задания повышенного уровня сложности части 1 – 5–9 минут, для каждого задания части 2 – до 15 минут.

Обращаем внимание на то, что общая продолжительность выполнения экзаменационной работы в 2026 году составит 3,5 часа (210 минут).

Очень важно заполнять бланк ответов разборчиво!

Данное пособие адресовано старшеклассникам и выпускникам средней школы в процессе самоподготовки к экзамену. По результатам выполнения заданий имеется возможность оценить свои знания, убедиться в том, какой материал усвоен прочно, а какой требует ещё дополнительного повторения. Тем самым можно своевременно скорректировать свой план подготовки к экзамену. Учитель может использовать материал пособия в разных целях: для мониторинга и объективной оценки учебных достижений каждого отдельного ученика, для закрепления, систематизации и обобщения изученного материала, для индивидуальной работы с учениками.

Желаем успехов в работе!

ЧАСТЬ 1

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ТЕМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

1.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХИМИИ

В структуре данного блока выделяют четыре содержательные линии:

- Современные представления о строении атома.
- Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева.
- Химическая связь и строение вещества.
- Химическая реакция.

Для каждой из этих линий указаны проверяемые элементы содержания.

| Проверяемые элементы содержания | Уровень сложности задания, проверяющего усвоение элемента содержания |
|---|--|
| Современные представления о строении атома | |
| Строение электронных оболочек атомов элементов первых четырех периодов: <i>s</i> -, <i>p</i> - и <i>d</i> -элементы. Электронная конфигурация атома. Основное и возбужденное состояние атомов | Б |
| Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева | |
| Закономерности изменения свойств химических элементов и их соединений по периодам и группам | Б |
| Химическая связь и строение вещества | |
| Электроотрицательность. Степень окисления и валентность химических элементов | Б, П |
| Ковалентная химическая связь, её разновидности и механизмы образования. Характеристики ковалентной связи (полярность и энергия связи). Ионная связь. Металлическая связь. Водородная связь. | Б |
| Вещества молекулярного и немолекулярного строения. Тип кристаллической решетки. Зависимость свойств веществ от их состава и строения. | Б |
| Химическая реакция | |
| Классификация химических реакций в неорганической и органической химии. | Б |
| Скорость реакции, её зависимость от различных факторов. | Б |
| Обратимые и необратимые химические реакции. Химическое равновесие. Смещение химического равновесия под действием различных факторов. | П |
| Электролитическая диссоциация электролитов в водных растворах. Сильные и слабые электролиты. | Б |
| Реакции ионного обмена. | Б |
| Гидролиз солей. Среда водных растворов: кислая, нейтральная, щелочная. | П |
| Реакции окислительно-восстановительные. Коррозия металлов и способы защиты от неё. | П, В |
| Электролиз расплавов и растворов солей, щелочей, кислот. | П |

Современные представления о строении атома

1. Атом – электронейтральная динамическая система, состоящая из положительного ядра, содержащего протоны и нейтроны, и движущихся в его поле отрицательно заряженных электронов. Атомы являются носителями химических свойств элементов. Атомы большинства элементов стабильны и существуют сколь угодно долго. Однако, известны и нестабильные атомы, которые превращаются в атомы других химических элементов в результате реакций радиоактивного распада, приводящих к изменению состава атома.

2. Атом состоит из элементарных частиц: электронов \bar{e} , протонов p^+ и нейтронов n^0 .

Заряд одного протона равен +1. Число протонов Z в ядре равно порядковому номеру элемента в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева. Число протонов называют *зарядом ядра*.

Число электронов равно числу протонов, а заряд одного электрона равен -1 .

Число нейтронов N в ядре определяют по формуле $N = A - Z$, где A – это *массовое число* атома. Нейтрон не имеет заряда.

3. Химический элемент – это совокупность атомов с одинаковым зарядом ядра.

4. Составные части атома:

| Частица | Заряд (Кл) | Условная единица элементарного заряда | Масса (г) | Масса (а.е.м.) |
|--|----------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------|
| Электрон (\bar{e} , или e^- , или e) | $1,6 \cdot 10^{-19}$ | -1 | $9,1 \cdot 10^{-28}$ | 0,0005486 |
| Протон p (p^+) | $1,6 \cdot 10^{-19}$ | $+1$ | $1,6726 \cdot 10^{-24}$ | 1,007277 |
| Нейтрон n (n^0) | 0 | 0 | $1,6749 \cdot 10^{-24}$ | 1,009665 |

5. Изотопы – атомы одного химического элемента с одинаковым числом протонов, но разным числом нейтронов, то есть с разным массовым числом A .

Например, изотопы водорода: протий ^1_1H , дейтерий ^2_1H (D), тритий ^3_1H (T).

6. Наши знания о строении атомов основываются на надёжных экспериментальных данных об атомных спектрах. Опыт показывает, что электроны в атомах обладают строго определёнными значениями энергии. Отсюда возникло представление о том, что в атоме существуют определённые уровни энергии электронов (энергетические уровни).

7. Свойства химических элементов зависят от электронной структуры атомов, от энергетического состояния электронов.

Особенность электрона – двойственность его природы. Электрон одновременно проявляет свойства частицы и волны.

Атомная орбиталь – это область вокруг ядра, в которой наиболее вероятно пребывание электрона.

8. Состояние электрона в атоме и его энергия описываются четырьмя квантовыми числами.

Главное квантовое число n описывает возможные энергетические состояния электрона в атоме. Число n характеризует среднее расстояние электрона от ядра, определяет энергетический уровень электрона в атоме. Главное квантовое число n для атома равно номеру периода и может принимать значения целых чисел.

$$n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

Побочное квантовое число ℓ (орбитальное, азимутальное) определяет энергию электрона на подуровне, а также форму электронной орбитали, то есть характеризует энергетический подуровень.

Побочное квантовое число ℓ может принимать значения $(n - 1)$. Значения $\ell = 0, 1, 2, 3$ соответствуют энергетическим подуровням s, p, d, f.

Энергетические уровни и подуровни

| n | ℓ | Обозначение подуровня | Число подуровней на уровне |
|-------------------------------------|------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1. (1-ый энергетический уровень) | 0 | 1s | 1 |
| 2. (2-ой энергетический уровень) | 0 1 | 2s 2p | 2 |
| 3. (3-ий энергетический уровень) | 0 1 2 | 3s 3p 3d | 3 |
| 4. (4-ый энергетический уровень) | 0 1 2 3 | 4s 4p 4d 4f | 4 |

- s-орбиталь имеет форму сферы (шара)
- p-орбиталь имеет форму гантели
- d-обиталь и f-орбиталь имеют более сложную форму

Магнитное квантовое число m_ℓ – определяет ориентацию электронных орбиталей в пространстве. Магнитное квантовое число m_ℓ может принимать от $-\ell$ через 0 до $+\ell$.

Спиновое квантовое число m_s – характеризует собственное вращение электрона вокруг своей оси. Каждый электрон может совершать такое вращение в одном из двух противоположных направлений. Спиновое квантовое число m_s может принимать только два значения: $m_s = -1/2$ или $+1/2$. Спины обозначают стрелками $\uparrow\downarrow$.

Орбиталь – это область пространства, в которой находится электрон с определёнными значениями **квантовых чисел**, которые определяют ее размер, форму и ориентацию в пространстве. Атомную орбиталь (АО) графически изображают квантовыми или электронными ячейками.

Число атомных орбиталей на подуровне

| | | | |
|---|---|---|--|
| s | – | 1 | <div><div></div></div> |
| p | – | 3 | <div><div></div><div></div><div></div></div> |
| d | – | 5 | <div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> |
| f | – | 7 | <div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> |

Заполнение электронами энергетических уровней подчинено нескольким правилам.

1) **Принцип Паули.** В атоме не может быть двух электронов, у которых значения всех четырёх квантовых чисел были бы одинаковыми. То есть *в одной орбитали может быть не более двух электронов с противоположными спинами*. Два электрона, находящиеся на одной орбитали и характеризующиеся противоположно направленными спинами, называются *спаренными*.



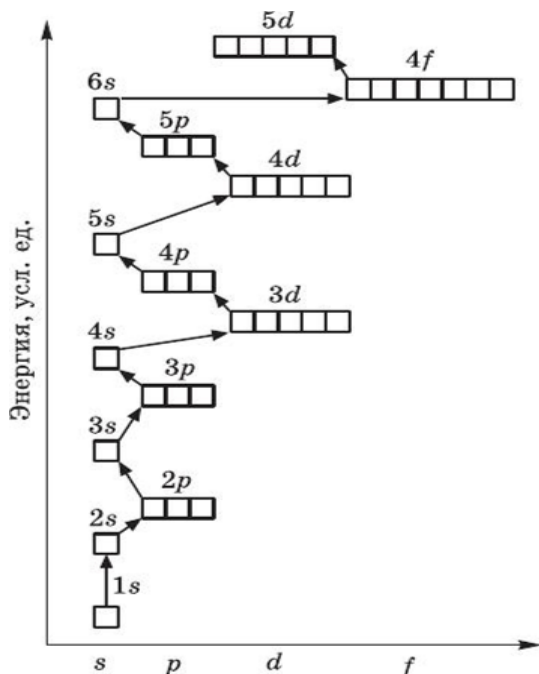
Максимальное число электронов на N-ом энергетическом определяется формулой:

$$N = 2n^2$$

Максимальное число электронов на энергетических уровнях и подуровнях

| Энергетический уровень (n) | ℓ | Подуровень | m_ℓ | Число орбиталей на подуровне | Максимальное число электронов на подуровне | Максимальное число электронов на уровне |
|----------------------------|--------|------------|--------------------------|------------------------------|--|---|
| 1 | 0 | 1s | 0 | 1 | 2 | 2 |
| 2 | 0 | 2s | 0 | 1 | 2 | 8 |
| | 1 | 2p | -1, 0, +1 | 3 | 6 | |
| 3 | 0 | 3s | 0 | 1 | 2 | 18 |
| | 1 | 3p | -1, 0, +1 | 3 | 6 | |
| | 2 | 3d | -2, -1, 0 +1, +2 | 5 | 10 | |
| 4 | 0 | 4s | 0 | 1 | 2 | 32 |
| | 1 | 4p | -1, 0, +1 | 3 | 6 | |
| | 2 | 4d | -2, -1, 0 +1, +2 | 5 | 10 | |
| | 3 | 4f | -3, -2, -1, 0 +1, +2, +3 | 7 | 14 | |

2) **Правило Хунда.** Устойчивому состоянию атома соответствует такое распределение электронов в пределах подуровня, при котором абсолютное значение суммарного спина максимально. Оно определяет порядок заполнения электронами орбиталей, имеющих одинаковую энергию: *в пределах одного незавершенного подуровня суммарный спин электронов должен быть максимальным*, т.е. при одном значении ℓ электроны занимают максимальное число орбиталей.



3) **Принцип наименьшей энергии.** Определяет очерёдность заполнения атомных орбиталей, имеющих различные энергии: *наиболее устойчивому состоянию электрона в атоме отвечает минимальная энергия*.

Для иллюстрации этого принципа может служить диаграмма распределения электронов в атоме по энергии.

4) **Правило Клечковского.** Каждый электрон «стремится» занять орбиталь с наименьшим значением энергии.

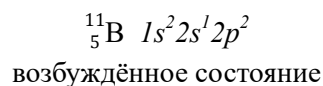
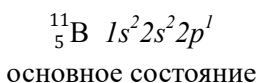
Электроны заполняют уровни и подуровни в порядке увеличения суммы $(n + \ell)$. При равных значениях $(n + \ell)$ первым заполняется подуровень с меньшим значением n .

На основании этих правил не сложно полностью определить последовательность, в которой происходит заполнение энергетических подуровней:

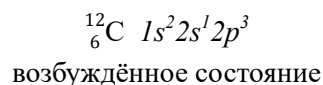
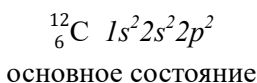
$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 3d < 4s \approx 3d < 4p < 5s \approx 4d < 5p < 6s \approx 5d \approx 4f < 6p$$

Электронные конфигурации атомов показывают распределение электронов по уровням, подуровням и орбиталям.

При энергетическом воздействии атом получает дополнительную энергию (возбуждается). При этом валентные электроны могут переходить на близкие свободные орбитали.



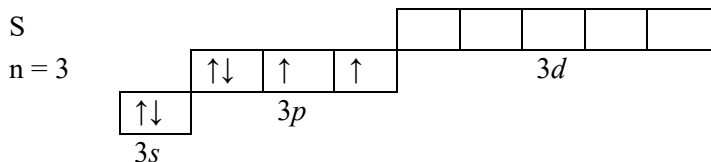
В основном состоянии атом бора на внешнем уровне содержит один неспаренный электрон и одну пару электронов, а в возбуждённом – три неспаренных электрона на внешнем уровне.



В основном состоянии атом углерода на внешнем уровне содержит два неспаренных электрона, а в возбуждённом – четыре.

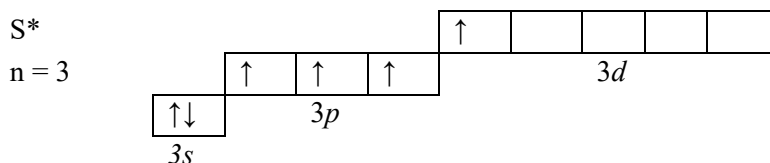
Валентные электроны располагаются на внешнем уровне. Число валентных электронов равно номеру группы и определяет максимальную валентность элемента в кислородных соединениях. В образовании химической связи участвуют неспаренные электроны. Поэтому углерод может проявлять валентность II и IV (однако, в случае образования связи по донорно-акцепторному механизму возможна и валентность III, как в молекуле CO).

Валентные электроны в атоме серы располагаются на третьем энергетическом уровне.

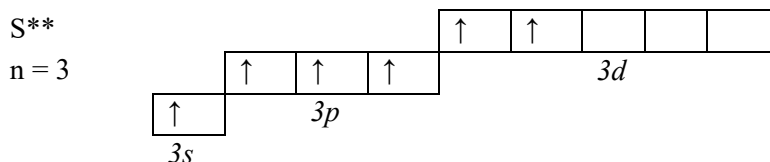


В основном состоянии на 3p-подуровне находится 2 неспаренных электрона. Валентность серы равна II. В атоме серы есть незаполненный 3d-подуровень и две пары электронов (одна – на s-подуровне и одна на p-подуровне), поэтому атом серы может иметь два возбужденных состояния, которые возникают при распаривании пары электронов и переходе их на свободные орбитали. Распаривание спаренных электронов требует затрат энергии, которая компенсируется при образовании химических связей.

1-е возбужденное состояние атома серы: S* – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3 3d^1$ валентность IV



2-е возбужденное состояние атома серы: S** – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^3 3d^2$ валентность VI



В зависимости от того, какой подуровень заполняется электронами, все элементы делятся на четыре типа (семейства):

1. *s-Элементы*. Заполняется электронами *s*-подуровень внешнего энергетического уровня. К *s*-элементам относятся H и He, а также элементы IA и IIA групп. Число валентных электронов *s*-элементов равно номеру группы для всех элементов, кроме гелия.
2. *p-Элементы*. Заполняется электронами *p*-подуровень внешнего энергетического уровня. Это элементы IIIA–VIIIA групп. Число валентных электронов равно номеру группы, за исключением O, F.
3. *d-Элементы*. Заполняется электронами *d*-подуровень предвнешнего энергетического уровня, а на внешнем уровне остается один или два электрона. Эти элементы IB–VIIIB групп также называются переходными металлами (их также называют переходными элементами).
4. *f-Элементы*. Заполняется электронами *f*-подуровень третьего снаружи уровня, а на внешнем уровне остаются два электрона. Это лантаноиды и актиноиды.

Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева

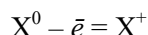
Дмитрий Иванович Менделеев открыл Периодический закон в 1869 году.

Свойства химических элементов и их соединений находятся в периодической зависимости от величины заряда атомных ядер элементов

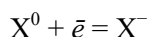
Периодическая система – это графическое изображение периодического закона.

Химические свойства элементов определяют следующие характеристики:

1. Заряд ядра атома (Z)
2. Радиус атома (r). Чем больше радиус атома, тем легче атом отдаёт свои валентные электроны.
3. Число валентных электронов.
4. Энергия ионизации (I), которую необходимо затратить для отрыва наиболее слабо связанного электрона от атома.



5. Энергия сродства к электрону (E), которая выделяется при присоединении электрона к атому.



6. Электроотрицательность ($ЭО$) – способность атома в молекуле притягивать к себе общие электроны. Относительная электроотрицательность ($ОЭО$) – величина безразмерная. Самым электроотрицательным элементом является фтор F.

Относительная электроотрицательность химических элементов

| I | II | III b | IV b | V b | VI b | VII b | VIII b | VIII b | VIII b | I b | II b | III | IV | V | VI | VII | VIII |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------|
| H 2,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | He |
| Li 0,97 | Be 1,47 | | | | | | | | | | | B 2,02 | C 2,50 | N 3,07 | O 3,50 | F 4,10 | Ne |
| Na 1,01 | Mg 1,23 | | | | | | | | | | | Al 1,47 | Si 1,74 | P 2,10 | S 2,60 | Cl 2,83 | Ar |
| K 0,91 | Ca 1,04 | Sc 1,20 | Ti 1,32 | V 1,45 | Cr 1,56 | Mn 1,60 | Fe 1,64 | Co 1,75 | Ni 1,75 | Cu 1,76 | Zn 1,66 | Ga 1,82 | Ge 2,02 | As 2,20 | Se 2,48 | Br 2,74 | Kr |
| Rb 0,89 | Sr 0,99 | Y 1,11 | Zr 1,22 | Nb 1,23 | Mo 1,30 | Tc 1,36 | Ru 1,42 | Rh 1,45 | Pd 1,35 | Ag 1,42 | Cd 1,46 | In 1,49 | Sn 1,72 | Sb 1,82 | Te 2,01 | I 2,21 | Xe |
| Cs 0,86 | Ba 0,97 | La 1,08 | Hf 1,23 | Ta 1,33 | W 1,40 | Re 1,46 | Os 1,52 | Ir 1,55 | Pt 1,44 | Au 1,42 | Hg 1,44 | Tl 1,44 | Pb 1,55 | Bi 1,67 | Po 1,76 | At 1,96 | Rn |
| Fr 0,86 | Ra 0,97 | Ac 1,00 | | | | | | | | | | | | | | | |

Периодичность свойств элементов с увеличением их порядкового номера объясняется периодическим изменением числа электронов на их внешних энергетических уровнях.

Горизонтальные ряды – периоды. По числу энергетических уровней (n) элементы делят на 7 периодов.

I период состоит из одного энергетического уровня ($n = 1$).

II период состоит из двух энергетических уровней ($n = 2$), и так далее.

Вертикальные столбцы – группы. Число групп определяется суммарным числом электронов на s- и p- подуровнях ($2 + 6 = 8$). Всего 8 групп. Элементы, находящиеся в главной подгруппе (A) имеют сходное строение внешнего энергетического уровня, сходные химические свойства.

По номеру группы можно определить число электронов на внешнем уровне, формулу водородного соединения, формулу высшего оксида химического элемента.

Число d-элементов равно 10 в каждом большом периоде. Число f-элементов равно 14 в VI и VII периодах.

s-элементы – металлы, кроме H и He

p-элементы – металлы и неметаллы

d-элементы и f-элементы – металлы

Положение неметаллов в периодической системе химических элементов

| IIIА | IVА | VA | VIA | VIIА | VIIIА |
|------|-----|----|-----|------|-------|
| | | | | H | He |
| B | C | N | O | F | Ne |
| | Si | P | S | Cl | Ar |
| | | As | Se | Br | Kr |
| | | | Te | I | Xe |
| | | | | | Rn |

Изменение свойств элементов и их соединений в зависимости от положения в периодической системе химических элементов (ПСХЭ)

Свойства атомов химических элементов, простых веществ и химических соединений определяются:

- зарядами ядер
- атомными радиусами
- числом электронов на внешнем энергетическом уровне атомов

Изменение свойств элементов **в периодах слева направо:**

- число электронов на внешнем уровне увеличивается от 1 до 8
- число электронных слоёв в пределах одного периода не изменяется
- радиусы атомов уменьшаются, так как при одинаковом числе электронных слоёв возрастает заряд ядра, а следовательно, и притяжение к нему электронов, поэтому прочность связи электронов внешнего уровня с ядром увеличивается
- относительная электроотрицательность возрастает
- металлические и восстановительные свойства простых веществ ослабевают
- неметаллические и окислительные свойства простых веществ усиливаются
- основные свойства оксидов и гидроксидов ослабевают
- кислотные свойства оксидов и гидроксидов усиливаются
- устойчивость и кислотные свойства водных растворов газообразных водородных соединений возрастают
- максимальная положительная степень окисления элементов увеличивается (кроме O, F)
- минимальная отрицательная степень окисления элементов изменяется от -4 до -1 .

Изменение свойств элементов **в группах сверху вниз:**

- радиусы атомов увеличиваются, прочность связи внешних электронов с ядром уменьшается
- относительная электроотрицательность уменьшается
- число электронов на внешнем уровне атомов одной группы не изменяется, оно равно номеру группы
- число электронных слоёв в пределах одной группы возрастает
- металлические и восстановительные свойства простых веществ усиливаются
- неметаллические и окислительные свойства простых веществ ослабевают
- основные свойства оксидов и гидроксидов возрастают
- кислотные свойства оксидов и гидроксидов убывают
- устойчивость газообразных водородных соединений уменьшается
- кислотные свойства растворов газообразных водородных соединений усиливаются

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru