

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

Одобрено на заседании  
УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 25.05.2025  
№ 1-08/2025

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Элементы строения вещества»**

---

для студентов направления подготовки

**04.03.01 «Химия»**

---

Форма обучения: очная

---

**г. Обнинск 2025 г.**

### 1. Цель изучения дисциплины:

- формирование у студентов современного знания о строении атомов, химической связи, молекул и физико – химических свойствах вещества в различных агрегатных состояниях;
- расширение и углубление у студентов знания о последних достижениях фундаментальной химии, физики, космологии, химических, ядерных технологий и об их влиянии на развитие современного общества;
- способствование выработке научных и инженерно – технологических представлений и понимания роли химической науки и химических технологий в XXI веке.

### Задачи изучения дисциплины:

- изучение основных законов, теорий и гипотез о строении вещества в газообразном, плазменном, твердом, жидком, жидкокристаллическом и наноструктурированном состояниях с показом, где это доступно, количественной стороны разбираемых вопросов;
- дать новейшую научно - техническую информацию о строении материи, фундаментальных взаимодействиях, использованию современных достижений химической науки и технологии в развитии современной техники, медицины, общества;
- подчеркнуть значимость знания законов химии и химических реакций в промышленности, технике, биологии, здравоохранении и создании экологически безопасной окружающей среды.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина реализуется в Блоке 1; изучается на 2 курсе в 3 семестре.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: общая и неорганическая химия.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: аналитическая химия, органическая химия, физическая химия, коллоидная химия, физические методы анализа, спектральные и электрохимические методы анализа, высокомолекулярные строения; производственная практика.

### Общая трудоемкость дисциплины:

4 зачетных единицы, 144 академических часа.

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине: «Элементы строения вещества»

| Коды компетенций | Результаты освоения ООП<br><i>Содержание компетенций*</i>                                                                                                                                                                                 | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК – 1           | Способность использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области проведения химического анализа конкретных объектов (сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, в том числе фармацевтических субстанций); | З-ПК-1 Знать: -способы получения научно-технической информации в области химического анализа конкретных объектов (сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, в том числе фармацевтических субстанций)<br>У-ПК-1 Уметь: - проводит первичный поиск информации по заданной тематике, в том числе, с использованием баз данных; - систематизировать научно-техническую информацию на русском и иностранном языках по заданной тематике; - анализировать научно-техническую информацию для решения |

|              |                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              |                                                                                                                                                                                       | конкретной задачи;<br>В-ПК-1 Владеть: - системой фундаментальных химических понятий и законов;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>УКЕ-1</b> | Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах | З-УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования<br>У-УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи<br>В-УКЕ-1 владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами |

#### 4. Воспитательный потенциал дисциплины

| Направления/цели воспитания                   | Задачи воспитания (код)                                                                                       | Воспитательный потенциал дисциплин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Профессиональное и трудовое воспитание</b> | - формирование исследовательского и критического мышления, культуры умственного труда <b>(В11)</b>            | Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для развития исследовательского и критического мышления, формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебно-исследовательскую деятельность (учебные исследовательские задания, курсовые работы, НИРС). |
| <b>Профессиональное и трудовое воспитание</b> | - формирование психологической готовности к профессиональной деятельности по избранной профессии <b>(В15)</b> | Использование воспитательного потенциала дисциплин общепрофессионального модуля для:<br><br>- формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, потребности в достижении результата, понимания функциональных                                                                                                                                 |

|                                               |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               |                                                                                                                                                 | обязанностей и задач избранной профессиональной деятельности, чувства профессиональной ответственности через выполнение учебных, в том числе практических заданий, требующих строгого соблюдения правил техники безопасности и инструкций по работе с оборудованием в рамках лабораторного практикума.                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Профессиональное и трудовое воспитание</b> | - формирование исследовательского и критического мышления, культуры умственного труда <b>(B16)</b>                                              | Использование воспитательного потенциала дисциплин "Научно-исследовательская работа", "Методы и методология биологических исследований", "Концепции биологического образования" для формирования навыков владения эвристическими методами поиска и выбора технических решений в условиях неопределенности через специальные задания, организацию самостоятельной работы обучающихся.                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Профессиональное воспитание</b>            | формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия <b>(B17)</b> | <p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности уче-</p> |

|                                               |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               |                                                                                                                                               | ного за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Профессиональное воспитание</b>            | - формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения <b>(В18)</b>                   | Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Профессиональное и трудовое воспитание</b> | - формирование ответственности и аккуратности в работе с опасными веществами и при требованиях к нормам высокого класса чистоты <b>(В3)З;</b> | .Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин «Введение в специальность», «Введение в технику физического эксперимента», «Измерения в микро- и нанoeлектронике», «Информационные технологии в физических исследованиях», «Физические методы исследования», «Спектральные методы анализа», «Введение в хроматографические методы анализа», «Введение в электроаналитические методы анализа» «Экспериментальная учебно-исследовательская работа», для:<br>- формирования навыков безусловного выполнения всех норм безопасности на рабочем месте, соблюдении мер предо- |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p>сторожности при выполнении исследовательских и производственных задач с опасными веществами и на оборудовании полупроводниковой промышленности, а также в помещениях с высоким классом чистоты посредством привлечения действующих специалистов полупроводниковой промышленности к реализации учебных дисциплин и сопровождению проводимых у студентов практических работ в этих организациях, через выполнение студентами практических и лабораторных работ;</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин «Спецпрактикум по физике наносистем», «Спецпрактикум по нанотехнологиям», «Специальный практикум по физике наносистем», «Современные проблемы физики конденсированных сред (спецсеминар)», «Экспериментальные методы исследования наноструктур (спецсеминар)», Производственной практики “Научно-исследовательская работа” для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования профессиональной коммуникации в научной среде;</li> <li>- формирования разностороннего мышления и тренировки готовности к работе в профессиональной и социальной средах полупроводниковой промышленности</li> <li>- формирования умений осуществлять самоанализ, осмысливать собственные профессиональные и личностные возможности для саморазвития и самообразования, в целях постоянного соответствия требованиям к эффективным и прогрессивным спе-</li> </ul> |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>циалистам, использование методов коллективных форм познавательной деятельности, ролевых заданий, командного выполнения учебных заданий и защиту их результатов.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p><b>Профессиональное и трудовое воспитание</b></p> | <p>-формирование ответственности и аккуратности в работе, связанной с проведением химического анализа конкретных объектов (растворов, газовых сред, фармацевтических субстанций, продукции различных отраслей промышленности и пр.) с привлечением современной инструментальной исследовательской базы (В34);</p> | <p>1.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин “Введение в хроматографические методы анализа”, “Физические методы исследования”, “Основы спектроскопических методов анализа”, “Введение в электрохимические методы анализа”, “Методы разделения и концентрирования”, “Химическая технология” для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-формирования навыков соблюдения мер безопасности при работе с реагентами разных классов опасности на современном научно-исследовательском оборудовании, позволяющем проводить высокоточный качественный и количественный химический анализ;</li> <li>- формирования навыков ответственной работы с использованием современной инструментальной аналитической базы;</li> <li>-формирования мотиваций в освоении разнообразной современной инструментальной базы химического анализа;</li> </ul> <p>-формирования мотиваций к научно-исследовательской работе в области химических наук.</p> |

**5. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зачетных единиц (з.е.), 144 академических часов.

|                  |                  |
|------------------|------------------|
| Объем дисциплины | Всего часов      |
|                  | Очная форма обу- |

|                                                   |            |
|---------------------------------------------------|------------|
|                                                   | чения      |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем    | 118        |
| <b>Аудиторная работа (всего):</b>                 | <b>64</b>  |
| <i>в том числе:</i>                               |            |
| лекции                                            | 32         |
| семинары, практические занятия                    | 32         |
| лабораторные работы                               |            |
| <b>Промежуточная аттестация</b>                   |            |
| <i>в том числе:</i>                               |            |
| экзамен                                           | 36         |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b> | <b>44</b>  |
| <b>Всего (часы):</b>                              | <b>144</b> |
| <b>Всего (зачетные единицы):</b>                  | <b>4</b>   |

## 6. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

### 6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

#### Для очной формы обучения

| № п/п     | Наименование раздела /темы дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                       | Очная форма обучения |           |     |        |           |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------|-----|--------|-----------|
|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Лек                  | Пр        | Лаб | Внеауд | СРО       |
| <b>1.</b> | <b>Название раздела 1. Строение атома.</b>                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>14</b>            | <b>14</b> |     |        | <b>16</b> |
| 1.1.      | Тема: Строение материи. Фундаментальные взаимодействия в природе.                                                                                                                                                                                                                           | 4                    | 4         | -   | -      | 4         |
| 1.2.      | Тема: Теория строения атома Бора. Квантовая механика и уравнение Шредингера. Квантово - механическое объяснения строения атомов и атома водорода. Квантовые числа и их смысл.                                                                                                               | 4                    | 4         | -   | -      | 8         |
| 1.3.      | Тема: Строение электронных слоев и оболочек в многоэлектронных атомах. Правила заполнения электронных оболочек. Энергетические характеристики атомов. Периодический закон и периодическая система элементов Д.И. Менделеева, структура периодической системы и электронное строение атомов. | 6                    | 6         | -   | -      | 4         |
| <b>2.</b> | <b>Название раздела 2. Строение химической связи и молекул.</b>                                                                                                                                                                                                                             | <b>10</b>            | <b>10</b> |     |        | <b>16</b> |
| 2.1.      | Тема: Основные характеристики химической связи. Кривые потенциальной энергии молекул. Квантово-механическое объяснение образования ковалентной связи по Гейтлеру-Лондону на примере молекулы водорода. Метод валентных свя-                                                                 | 6                    | 6         | -   | -      | 8         |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |           |           |          |          |           |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|
|            | зей. Насыщаемость и направленность ковалентной связи. Гибридизация атомных орбиталей. Одинарные, двойные и тройные связи, $\sigma$ - и $\pi$ -связи.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |           |          |          |           |
| 2.2.       | Тема: Метод молекулярных орбиталей (МО ЛКАО). Ионная связь - энергия ионной связи (уравнение Борна), энергия ионной связи в кристаллической решетке. Донорно-акцепторная связь. Химическая связь в комплексных соединениях. Металлическая связь. Водородная связь. Межмолекулярные взаимодействия.                                                                                                                                                                                   | 4         | 4         | -        | -        | 8         |
| <b>3.</b>  | <b>Название раздела 3. Агрегатное состояние вещества</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>8</b>  | <b>8</b>  |          |          | <b>12</b> |
| <b>3.1</b> | Тема; Агрегатные состояния вещества, взаимосвязь этих состояний и переходы между ними. Кинетическая теория газов. Газовые законы. Уравнения состояния идеального и реального газа. Плазменное состояние вещества. Формы плазмы. Радиационные пояса Земли. Управляемый термоядерный синтез. Признаки кристаллических твердых тел. Типы кристаллических решеток. Дефекты кристаллических решеток. Зонная теория твердых тел. Сверхпроводимость. Высокотемпературная сверхпроводимость. | 4         | 4         | -        | -        | 6         |
| 3.2.       | Тема: Аморфные твердые тела. Стеклообразное состояние. Жидкое состояние вещества. Критическое состояние. Сверхкритические флюиды. Жидкие кристаллы. Жидкокристаллические полимеры. Характерные свойства веществ в наноструктурированном состоянии.                                                                                                                                                                                                                                   | 4         | 4         | -        | -        | 6         |
|            | <b>Всего: Итого за семестр:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>32</b> | <b>32</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>44</b> |

## 6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

### Лекционный курс

| №         | Наименование раздела /темы дисциплины                             | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1.</b> | <b>Название раздела 1. Строение атомов.</b>                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1.1.      | Тема: Строение материи. Фундаментальные взаимодействия в природе. | Материя, движение, пространство, время, структурность материи. Темная материя и темная энергия. Фундаментальные взаимодействия в природе (гравитационное, слабое, электромагнитное, сильное). Законы Ньютона. Теория строения атома Бора. Основные сведения о корпускулярных и волновых свойствах микрообъектов. Двойственная природа света. Закон эквивалентности массы и энергии. Волны де Бройля. |
| 1.2.      | Тема: Квантовая меха-                                             | Уравнение Шредингера. Соотношение неопределенности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|      |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | ника и уравнение Шредингера. Квантово - механическое объяснения строения атомов.                                                                                             | Гейзенберга. Квантово - механическое объяснения строения атомов и атома водорода. Квантовые числа и их смысл. Ридберговские атомы. Многоэлектронные атомы. Строение электронных оболочек атомов. Правила заполнения электронных оболочек (принцип Паули, минимума энергии, правило Хунда). Спин – орбитальное взаимодействие - Рассел – Саундеровская связь в атомах. Валентность элементов. Атомные и ионные радиусы.                                                                                                                                                                                                                 |
| 1.3. | Тема: Многоэлектронные атомы. Периодический закон и периодическая система элементов Д.И. Менделеева.                                                                         | Строение электронных оболочек атомов. Правила заполнения электронных оболочек (принцип Паули, минимума энергии, правило Хунда). Спин – орбитальное взаимодействие: Рассел – Саундеровская связь в атомах. Валентность элементов. Атомные и ионные радиусы. Строение электронных слоев и оболочек в многоэлектронных атомах., Уравнение Планка. Электромагнитный спектр излучений. Атомные спектры Периодический закон и периодическая система элементов Д.И. Менделеева, структура периодической системы и электронное строение атомов. Последовательность заполнения орбиталей электронами в периодах и s -, p -, d -, f – оболочках. |
| ...  | ...                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 2.   | <b>Название раздела 2. Строение химической связи и молекул.</b>                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 2.1. | Тема: Квантово-механическое объяснение образования ковалентной связи. Метод валентных связей и метод молекулярных орбиталей (МО ЛКАО).                                       | Основные характеристики химической связи. Кривые потенциальной энергии молекул. Квантово-механическое объяснение образования ковалентной связи по Гейтлеру-Лондону на примере молекулы водорода. Метод валентных связей. Насыщаемость и направленность ковалентной связи. Гибридизация атомных орбиталей. Одинарные, двойные и тройные связи, $\sigma$ - и $\pi$ - связи. Метод молекулярных орбиталей (МО ЛКАО).                                                                                                                                                                                                                      |
| 2.2. | Тема: Типы химических связей. Межмолекулярные взаимодействия.                                                                                                                | Ионная связь - энергия ионной связи (уравнение Борна), энергия ионной связи в кристаллической решетке. Донорно-акцепторная связь. Химическая связь в комплексных соединениях. Металлическая связь. Водородная связь. Межмолекулярные взаимодействия.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 3.   | <b>Название раздела 3. Агрегатное состояние вещества.</b>                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3.1. | Тема: Взаимосвязь агрегатных состояний вещества. Газообразное и плазменное состояния вещества. Кристаллические твердые тела. Сверхпроводимость. Магнитные свойства вещества. | Тема; Агрегатные состояния вещества, взаимосвязь этих состояний и переходы между ними. Кинетическая теория газов. Газовые законы. Уравнения состояния идеального и реального газа. Плазменное состояние вещества. Формы плазмы. Радиационные пояса Земли. Управляемый термоядерный синтез. Признаки кристаллических твердых тел. Типы кристаллических решеток. Дефекты кристаллических решеток. Зонная теория твердых тел.                                                                                                                                                                                                             |
| 3.2. | Тема: Аморфные твердые тела, жидкое, жидкокристаллическое, критическое и сверхкритическое состояния вещества.                                                                | Аморфные твердые тела. Стеклообразное состояние. Жидкое состояние вещества. Критическое состояние. Сверхкритические флюиды. Жидкие кристаллы. Жидкокристаллические полимеры. Характерные свойства веществ в наноструктурированном состоянии.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

| №         | Наименование раздела /темы дисциплины                                                                                                     | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1.</b> | <b>Название раздела . Строение атомов.</b>                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1.1.      | Тема: Квантовая механика и уравнение Шредингера. Квантово - механическое объяснения строения атомов.                                      | Электромагнитный спектр излучений. Шкала электромагнитных волн: диапазон рентгеновского и $\gamma$ -излучения, синхротронное и тормозное излучения, диапазон светового и ИК излучения, микроволновое излучение, диапазоны радио волн. Спектр атома водорода.                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1.2.      | Тема Многоэлектронные атомы. Периодический закон и периодическая система элементов Д.И. Менделеева.                                       | Ридберговские атомы. Последовательность заполнения энергетических уровней в порядке возрастания энергии. Основной уровень энергии атома (Рассел – Саундеровская связь). Заполнение электронных слоев и оболочек элементов первого и второго периодов. Расчет константы экранирования по правилам Слейтера.                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>2.</b> | <b>Название раздела 2. Строение химических связей и молекул.</b>                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 2.1.      | Тема: Квантово-механическое объяснение образования ковалентной связи. Метод валентных связей и метод молекулярных орбиталей.              | Теория химического строения Бутлерова. Потенциальная кривая двухатомной молекулы. Энергия молекулы как сумма электронной, колебательной и вращательной энергий. Валентное состояние атома в свободном состоянии и в молекуле. Валентность элементов по методу валентных связей. Гибридные орбитали. Химическая связь в бензоле. Образование молекул водорода, азота, кислорода, фтора, ионов кислорода и др. по методу МО ЛКАО.                                                                                              |
| 2.2.      | Тема: Типы химических связей. Межмолекулярные взаимодействия.                                                                             | Сравнение донорно – акцепторного взаимодействия с переносом заряда между молекулами донора и акцептора без образования химической связи (обменный механизм) и передачей электронной пары (донорно – акцепторный механизм). Сравнение механизма образования и свойств следующих химических связей: неполярных ковалентных и ионных, ковалентных и донорно – акцепторных, ковалентных и металлических, ионных и металлических, ковалентных и водородных, ван – дер – ваальсовых и водородных.                                  |
| <b>3.</b> | <b>Название раздела Агрегатное состояние вещества.</b>                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3.1       | Взаимосвязь агрегатных состояний вещества. Газообразное и плазменное состояния вещества. Кристаллические твердые тела. Сверхпроводимость. | Сравнение сил взаимодействия между частицами в газообразном и плазменном состояниях. Сравнить у металлов, полупроводников и диэлектриков энергетические зоны и электропроводность. Дефекты в кристаллических решетках. Зонная теория твердого тела и переходы металл $\rightarrow$ диэлектрик, полупроводник $\rightarrow$ металл. Куперовские пары. Эффекты Мейснера и Джозефсона. Величины критических температур, токов и магнитных полей сверхпроводников и высокотемпературных сверхпроводников (последние достижения). |
| 3.2.      | Аморфные твердые тела; жидкое, жидкокристаллическое, критическое и сверхкритическое состояния вещества.                                   | Фазовые переходы в кристаллических и аморфных твердых телах. Параметры аномальных свойств воды. Сверхкритическое состояние углекислого газа и воды. Сравнить свойства критического и сверхкритического состояния вещества.                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

## 7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические указания для студентов по дисциплине, утвержденные отделением биотехнологий.

2. Методические рекомендации для преподавателей, утвержденные отделением биотехнологий.

## 8. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 8.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

| № п/п                                    | Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам) | Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка | Наименование оценочного средства                                           |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Текущий контроль, 3 семестр</b>       |                                                                   |                                                                   |                                                                            |
| 1.                                       | Строение атомов.                                                  | ПК-1, УКЕ-1                                                       | Домашнее задание по темам раздела.<br>Контрольная работа по темам раздела. |
| 2.                                       | Строение химических связей и молекул.                             | ПК-1, УКЕ-1                                                       | Домашнее задание по темам раздела<br>Контрольная работа по темам раздела.  |
| 3.                                       | Агрегатное состояние вещества                                     | ПК-1, УКЕ-1                                                       | Домашнее задание по темам раздела                                          |
| <b>Промежуточный контроль, 3 семестр</b> |                                                                   |                                                                   |                                                                            |
|                                          | Экзамен                                                           |                                                                   | билет                                                                      |

### 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 8.2.1. Зачет (зачетный билет состоит из трех вопросов )

а) типовые вопросы:

1. Законы Ньютона.
2. Модель атома по Бору.
3. Состав атома, размер и масса атома, электрона и ядра.
4. Опишите атомный спектр водорода.
5. Корпускулярно – волновой дуализм в квантовой механике.
6. Соотношение неопределенности Гейзенберга.
7. Уравнение Шредингера – основное уравнение квантовой механики.
8. Квантовые числа и их смысл.
9. Характеристика состояния электрона в многоэлектронном атоме. Электронные слои и электронные оболочки в атомах.
10. Энергетические характеристики атомов. Энергия ионизации атома водорода.
11. Современная формулировка периодического закона Д.И. Менделеева.
12. Последовательность заполнения электронных оболочек в атомах.
13. Охарактеризуйте по следующим параметрам: заряд ядра, количество нейтронов, масса, размер, электронная конфигурация, валентность, энергия ионизации, сродство к электрону, электроотрицательность, расположение в периодической системе элементов Д.И. Менделеева, атомы следующих элементов: H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne, Al, Cl, Cr, Zr, U, Pu.

14. Напишите молекулярные орбитали молекулы CN, O<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, Be<sub>2</sub>, Li<sub>2</sub>. Нарисуйте их энергетическую диаграмму. Расположите электроны на энергетических уровнях. Определите порядок связи. Установите, обладает ли молекула парамагнитными свойствами. Определите по правилам Слейтера эффективный заряд атомов второго периода.
15. Определите валентность элементов второго периода, d - элементов четвертого периода, тория, протактиния, урана, плутония.
16. Опишите строение, свойства и механизм образования химических связей следующих молекул: водород, азот, кислород, ионы кислорода, оксид углерода, вода, аммиак, азотная кислота, формальдегид, бензол, аммоний, комплексы металлов с лигандами.
17. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах ацетилена, метана, бензола, формальдегида.
18. Сравните свойства газообразного и плазменного состояний веществ.
19. Сравните структуру и свойства кристаллических и аморфных твердых тел.
20. Сравните структуру и свойства металлов, полупроводников и диэлектриков.
21. Сравните сверхпроводимость металлов, сплавов и высокотемпературных сверхпроводников.
22. Сравните структуру и свойства жидкой воды и льда.
23. Опишите свойства сверхкритических флюидов на примере диоксида углерода и воды.
24. Сравните свойства ковалентной и ионной связи.
25. Сравните свойства донорно-акцепторной и водородной связи.
26. Сравните свойства металлической и ионной связи.

#### Б) критерии оценивания компетенций

Владение системой фундаментальных законов, постулатов, химических понятий основных разделов дисциплины «Элементы строения вещества». Умение структурировано раскрыть материал по вопросам зачета. Оценить глубину раскрытия темы вопроса зачета, способность студента ориентироваться в темах дисциплины, непосредственно соприкасающихся с конкретным вопросом зачета, использование учебного материала лекций, дополнительного материала, изложенного в расширенном конспекте лекций, представленных преподавателем в электронном формате. Производится оценка использования студентом учебного материала, предложенного преподавателем для самостоятельного изучения, умение студента отвечать кратко и точно на вопросы преподавателя при сдаче зачета. Отмечается умение студента отвечать на вопросы зачета с использованием современных литературных источников и особо с акцентированием их значимости для развития науки о строении вещества, например, получение и свойства наноструктурированных материалов, синтез сверхтяжелых элементов, изучение природы темной материи и темной энергии. Высоко оценивается также умение студента акцентировать полученные знания в рамках изучения дисциплины для конкретных приложений в различных отраслях современного хозяйства, топливно – энергетического комплекса, особенно в ядерной энергетике и при разработке возобновляемых источников энергии, в материаловедении, медицине, машиностроении, строительстве и пр.

#### В) шкала оценивания компетенций

Оценивается объем знаний в целом по предмету в рамках образовательного стандарта по дисциплине «Элементы строения вещества»: минимум – 40 баллов, максимум - 100 баллов:

- а) оценивается знание основных законов, постулатов, понятий, терминов: минимум – 15 баллов, максимум - 45 баллов.
- б) оценивается глубина раскрытия материала вопросов: минимум – 15 баллов, максимум - 35 баллов.
- в) оценивается умение студента точно и кратко отвечать на вопросы преподавателя: минимум – 10 баллов, максимум - 20 баллов.

#### 8.2.2. Домашние задания

1. Охарактеризуйте по следующим параметрам: заряд ядра, количество нейтронов, масса, размер, электронная конфигурация, валентность, энергия ионизации, сродство к электрону, электроотрицательность, расположение в периодической системе элементов Д.И. Менделеева, атомы следующих атомов элементов второго периода.
2. Рассчитайте радиусы первых шести орбит и соответствующие скорости для электрона в ионе  $\text{He}^+$  в соответствии с теорией Бора.
3. Используя метод валентных связей, построить схему формирования валентных связей в соединении  $\text{NO}_2^-$ , определить соответствующие механизмы образования обобщенных электронных пар, построить возможные валентные резонансные структуры.
4. Напишите молекулярные орбитали по методу МО ЛКАО молекулы  $\text{CN}$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{Be}_2$ ,  $\text{Li}_2$ . Нарисуйте их энергетическую диаграмму. Расположите электроны на энергетических уровнях. Определите порядок связи. Установите, обладает ли молекулы парамагнитными свойствами.
5. Напишите молекулярные орбитали по методу МО ЛКАО молекулы  $\text{O}_2$  и ионов  $\text{O}_2^-$ ,  $\text{O}_2^+$ . Нарисуйте их энергетическую диаграмму. Расположите электроны на энергетических уровнях. Определите порядок связи. Установите, обладает ли молекула и ионы парамагнитными свойствами.
6. По правилам Слейтера запишите функцию состояния для электронов атомов второго – пятого периода.
7. Определите по правилам Слейтера эффективный заряд для электронов атомов второго периода.
8. Вычислите вероятность нахождения электрона в одномерной потенциальной яме ( $0 < x < a$ ) в диапазоне от  $1/2a$  до  $3/4a$  при  $n=1, 2, 3$ .
9. Вычислите нормировочную константу для волновой функции заданного вида.
10. Рассчитайте скорость и расстояние от электрона до ядра в ионе  $\text{Li}^+$ , используя теорию Бора.
11. Рассчитайте энергию ионных кристаллических решеток по уравнению Борна-Ланде и уравнению Капустинского.
12. Используя формулы для  $\Psi_{nlm}$  волновых функций электрона, найти среднее значение квадрата проекции момента импульса  $(L_z)^2$  нахождения электрона для  $2p_z$  орбитали.
13. На основе теории валентных связей с учетом теории отталкивания электронных пар постройте схему формирования обобщенных электронных пар и установите пространственное строение и предположите полярность следующих соединений:  $[\text{BeF}_4]^{2-}$ ,  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{ClF}_5$ ,  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$ .
14. На основе применения метода молекулярных орбиталей к координационным комплексам октаэдрического строения установите схему расположения электронов на уровнях  $e_g$  и  $t_{2g}$  для:  $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ ,  $[\text{Tc}(\text{OH})_6]^{4+}$ ,  $[\text{Rh}(\text{CN})_6]^{3-}$ .
15. Основываясь на распределении Максвелла-Больцмана, определить температуру, при которой 0,1% молекул кислорода будет иметь энергию не менее 1 эВ.
16. Используя формулы кинетической теории газов для наиболее вероятной скорости и длины свободного пробега, оценить время, которое проходит между столкновениями молекул водорода при 300 К и давлении 10 и 100 кПа.

#### Б) Критерии оценивания компетенций

Провести оценку письменных ответов студентов на вопросы домашнего задания: правильность ответов на вопросы всего домашнего задания; наличие ошибочных и неточных ответов; аккуратность выполнения задания; степень использования лекционного материала и материала учебного пособия; указание точности приводимых величин; аккуратность в письменном изложении материала; орфографические и стилистические ошибки в изложении материала домашнего задания; небрежности в описании материала и его оформлении. Оценить в целом умение студента давать адекватные ответы на вопросы задания и степень его знаний по разделам дисциплины, которым посвящено домашнее задание.

#### В) Шкала оценивания компетенций

Оценивается объем знаний в целом по вопросам домашних заданий в рамках образовательного стандарта по дисциплине «Элементы строения вещества»: минимум – 12 балла, максимум – 20 баллов:

- а) оценивается правильность ответов на вопросы домашних заданий: минимум – 3 балла, максимум – 5 баллов.
- б) оценивается глубина раскрытия ответов на вопросы домашних заданий: минимум – 6 баллов, максимум – 10 баллов.
- в) оценивается умение грамотно излагать ответы на вопросы домашних заданий: минимум – 3 балла, максимум – 5 баллов.

### **8.2.3. Контрольная работа**

- а) типовые задания :

#### **Тема: Строение атомов**

**Вариант 1.** Охарактеризуйте по следующим параметрам: заряд ядра, количество нейтронов, масса, размер, электронная конфигурация, валентность, энергия ионизации, сродство к электрону, электроотрицательность, расположение в периодической системе элементов Д.И. Менделеева, атомы элементов: H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne, Al, Cl, Cr, Zr, U, Pu.

Задание 1. Атомы элементов первого и второго периодов.

Задание 2. Атомы d- элементов четвертого периода.

Задание 3. Атомы f- элементов группы лантаноидов.

**Вариант 2.** Синтез новых элементов.

Задание 1. Синтез трансурановых элементов 93 – 111

Задание 2. Синтез сверхтяжелых элементов 112 – 118.

**Вариант 3.** Характеристика состояния электронов в многоэлектронных атомах .

Задание 1. Заполнение электронных слоев и оболочек, отвечающих квантовым числам  $n=1$ , 2 и 3.

Задание 2. Заполнение электронных оболочек в слоях N, O, P, Q.

Задание 3. Энергия ионизации атомов. Определите по правилам Слейтера эффективный заряд атомов второго периода.

Задание 4. Определите валентность элементов первого, второго и третьего периодов.

#### **Тема: Строение химической связи и молекул**

**Вариант 1.** Опишите механизм образования химических связей.

Задание 1. Ковалентной связи по методу валентных связей и по методу МО ЛКАО.

Задание 2. Ионной связи.

Задание 3. Донорно – акцепторной связи.

Задание 4. Водородной связи.

Задание 5. Металлической связи.

**Вариант 2** Опишите строение молекул и ионов по методу валентных связей и МО ЛКАО:

Задание 1. Водорода и ионов водорода.

Задание 2. Гелия и ионов гелия.

Задание 3. Кислорода и ионов кислорода.

Задание 4. Азота и ионов азота.

**Вариант 4.** Сравните и опишите по зонной теории электрические свойства металлов, полупроводников и диэлектриков.

**Вариант 5.** Опишите аномальные свойства воды.

#### Б) Критерии оценивания компетенций

Провести оценку письменных ответов студентов на вопросы контрольной работы: правильность ответов на вопросы контрольной работы; наличие ошибочных и неточных ответов; аккуратность выполнения задания; степень использования лекционного материала и материала учебного пособия; указание точности приводимых величин; аккуратность в письменном изложении материала; орфографические и стилистические ошибки в изложении материала домашнего задания; небрежности в описании материала и его оформлении. Оценить в целом умение студента давать адекватные ответы на вопросы задания и степень его знаний по разделам дисциплины, которым посвящена контрольная работа.

#### В) Шкала оценивания компетенций

Оценивается объем знаний в целом по вопросам контрольной работы в рамках образовательного стандарта по дисциплине «Элементы строения вещества»: минимум – 12 балла, максимум – 20 баллов:

а) оценивается правильность ответов на вопросы контрольной работы: минимум – 3 балла, максимум – 5 баллов.

б) оценивается глубина раскрытия ответов на вопросы контрольной работы: минимум – 6 баллов, максимум – 10 баллов.

в) оценивается умение грамотно излагать ответы на вопросы контрольной работы: минимум – 3 балла, максимум – 5 баллов.

### **8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации. Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов. Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

| Вид контроля               | Этап рейтинговой системы. Оценочное средство | Балл    |          |
|----------------------------|----------------------------------------------|---------|----------|
|                            |                                              | Минимум | Максимум |
| Текущий                    | <b>Контрольная точка № 1</b>                 | 18      | 30       |
|                            | Контрольная работа                           | 12      | 20       |
|                            | Домашние задания                             | 6       | 10       |
|                            | <b>Контрольная точка № 2</b>                 | 18      | 30       |
|                            | Контрольная работа                           | 12      | 20       |
|                            | Домашние задания                             | 6       | 10       |
| Промежуточный              | <b>Экзамен</b>                               | 25      | 40       |
|                            | билет                                        |         |          |
| <b>ИТОГО по дисциплине</b> |                                              | 60      | 100      |
|                            |                                              |         |          |

Система и критерии оценки знаний обучающихся соответствует п. 3.4.2. СМК-ПЛ-7.5-06 «Положения о кредитно-модульной системе НИЯУ МИФИ».

Для контроля и оценивания качества знаний студентов применяются пятибалльная (российская), стобалльная и европейская (ECTS) системы оценки качества обучения студентов. Связь между указанными системами приведена в таблице.

| Сумма баллов | Оценка по 4-х балльной шкале | Зачет      | Оценка (ECTS) | Градация            |  |
|--------------|------------------------------|------------|---------------|---------------------|--|
| 90 - 100     | 5(отлично)                   | зачтено    | A             | отлично             |  |
| 85 - 89      | 4 (хорошо)                   |            | B             | очень хорошо        |  |
| 75 - 84      |                              |            | C             | хорошо              |  |
| 70 - 74      |                              |            | D             | удовлетворительно   |  |
| 65 - 69      | 3(удовлетворительно)         |            | E             | посредственно       |  |
| 60 - 64      |                              |            |               |                     |  |
| Ниже 60      | 2(неудовлетворительно)       | не зачтено | F             | неудовлетворительно |  |

В итоговую сумму баллов входят результаты аттестации разделов дисциплины и итоговой формы аттестации (зачет/экзамен). Максимальный итоговый балл всегда равен 100.

Максимальный балл за экзамен (зачет) устанавливается в интервале от 0 до 40. Разделы дисциплины оцениваются по многобалльной шкале оценок в соответствии с утвержденной структурой дисциплины.

Студент считается аттестованным по разделу, зачету или экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

## 9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### а) **основная учебная литература** (каталог электронных ресурсов библиотеки ИАТЭ)

1. Л.А. Грибов. Элементы квантовой теории и свойств молекул. Учебное пособие. Долгопрудный Интеллект. 2010. – 312 с.
2. Строение вещества / В. И. Вигдорович, Л. Е. Цыганкова, М. Н. Урядникова [и др.]. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 216 с. — ISBN 978-5-507-46270-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/333158>
3. А. Холанд. Молекулы и модели: молекулярная структура соединений элементов главных групп. / пер. с англ.- М.: УРСС, 2011. – 384 с.
4. В.Е. Фортов. Уравнение состояния вещества: от идеального газа до кварко – глюоновой плазмы. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 492 с.
5. Камышов, В. М. Строение вещества / В. М. Камышов, Е. Г. Мирошникова, В. П. Татауров. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 236 с. — ISBN 978-5-507-48635-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/359948>
6. Космический вызов XXI века: научное издание. – И.: Торус Пресс. Т.4. Химическая и радиационная физика. /Под ред. И.Г. Ассовского и др.- 2011. – 632 с.

10. Физическая и коллоидная химия. В 2 ч. Часть 1. Физическая химия : учебник для вузов / под редакцией В. Ю. Конюхова, К. И. Попова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 259 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06719-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/585876>.
11. Толстенко, Ю. В. Химическая связь : учебно-методическое пособие / Ю. В. Толстенко. — Севастополь : СевГУ, 2022. — 159 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/261893>.
12. Назмитдинов, Р. Г. Квантовая механика и квантовая химия : учебное пособие / Р. Г. Назмитдинов, С. А. Новикова. — Дубна : Государственный университет «Дубна», 2021. — 123 с. — ISBN 978-5-89847-631-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/196986>
13. Горелов, А. А. Концепции современного естествознания : учебник для вузов / А. А. Горелов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 301 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-21594-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/582496>
14. Канке, В. А. История и философия химии : учебное пособие / В. А. Канке. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 232 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75980>

**б) дополнительная учебная литература:**

1. Краснов К.С. Молекулы и химическая связь. - М.: Высшая школа, 1977, 280 с. (ИАТЭ - 5 экз.)
2. Степанов Н.Ф. Квантовая механика и квантовая химия. - М.: Мир, 2001. 519 с. (ИАТЭ - 5 экз.)
3. Минкин В.И., Симкин Б.Я., Миняев Р.М. Теория строения молекул. - Ростов-Дон: Феникс, 1997.- 272 с. (ИАТЭ - 3 экз.)
4. Бейдер Р. Атомы в молекулах: Квантовая теория. - М.: Мир, 2001. 352 с. (ИАТЭ - 3 экз.)
5. Милинчук В.К. Строение атомов и химической связи. Агрегатное состояние вещества. Учебное пособие. Обнинск, ИАТЭ, 1999. 46 с. (ИАТЭ - 20 экз.)

**10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины студенту достаточно общедоступных интернет – ресурсов, поскольку дисциплина «Введение в электроаналитическую химию» является фундаментальной естественно – научной дисциплиной и имеет обширную библиографическую базу в поисковых системах «Yandex», «Google», «Bing».

Следует рекомендовать сайт Библиотеки Химического факультета МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus/library/welcome.html>, электронной библиотеки учебных материалов по химии (Электронная библиотека сайта "Chemnet"), которая представляет собой фонд информационного обеспечения учебных курсов по химии для студентов и аспирантов химического, физического и ряда других факультетов МГУ, а также абитуриентов и учащихся средней школы <http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/>

шего запоминания и понимания изучаемых вопросов студент обязан вести конспект, в который необходимо заносить все формулировки основных законов, понятий, значения новых незнакомых терминов и названий. После изучения темы необходимо ответить на вопросы для самоконтроля, не пользуясь конспектом или учебником. Поводится обсуждение конкретных вопросов программы и решение задач по темам разделов на семинарских занятиях. Самостоятельная работа студента должна быть организована следующим образом: перечитать конспект лекции; изучить основную рекомендуемую и дополнительную литературу; составить реферативный конспект по теме; ответить на вопросы по самоконтролю; сдать преподавателю каждую тему и получить допуск к зачету.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Законы Ньютона.
2. Модель атома по Бору.
3. Состав атома, размер и масса атома, электрона и ядра.
4. Опишите атомный спектр водорода.
5. Корпускулярно – волновой дуализм в квантовой механике.
6. Соотношение неопределенности Гейзенберга.
7. Уравнение Шредингера – основное уравнение квантовой механики.
8. Квантовые числа и их смысл.
9. Характеристика состояния электрона в многоэлектронном атоме. Электронные слои и электронные оболочки в атомах.
10. Энергетические характеристики атомов. Энергия ионизации атома водорода.
11. Современная формулировка периодического закона Д.И. Менделеева.
12. Последовательность заполнения электронных оболочек в атомах.
13. Назовите длины и прочности химических связей.
14. Опишите потенциальную кривую двухатомной молекулы.
15. Механизм образования и свойства ковалентной связи.
16. Механизм образования и свойства ионной связи.
17. Механизм образования и свойства донорно – акцепторной связи.
18. Сравните образование ковалентной связи по методу валентных связей и МО ЛКАО.
19. Опишите межмолекулярные взаимодействия.
20. Нарисуйте схему взаимопревращений агрегатных состояний.
21. Сравните с позиций зонной теории металлы, полупроводники и диэлектрики.
22. Назовите основные типы кристаллических решеток.
23. Каковы основные типы дефектов в реальных кристаллах?
24. Назовите предельные критические температуры металлических сверхпроводников и высокотемпературных сверхпроводников.
25. Опишите аномальные свойства воды.
26. Какие молекулы склонны к образованию жидкокристаллической фазы?
27. Охарактеризуйте состояние вещества в сверхкритическом состоянии.

### **Типовые задания для самопроверки.**

1. Определите энергии квантов в оптическом, ИК и рентгеновском диапазонах частот.
2. Опишите последовательность заполнения орбиталей в любом периоде.
3. Сравните электронные конфигурации элементов второго периода.
4. Сравните строение и свойства s – и p – элементов.
5. Сравните строение и свойства d – и f – элементов.
6. По правилам Слейтера определите константу экранирования и эффективный заряд ядер элементов второго периода.
7. Определите по Малликену электроотрицательности элементов второго периода.
8. Сравните и объясните валентности элементов второго и шестого периодов.
9. Сравните и объясните величины потенциалов ионизации элементов первой и седьмой групп.
10. Сравните энергии разрыва химических связей в молекулах водорода, фтора, хлора, брома и йода.
11. Методом МО ЛКАО опишите электронное состояние молекул  $H_2^+$ ,  $H_2$ ,  $H_2^-$ ,  $He_2^+$ ,  $He_2$ ,  $O_2$ ,  $O_2^+$ ,  $O_2^-$ .

12. Схема образования шестицентровых  $\pi$ -орбиталей в молекуле бензола.
13. Охарактеризуйте водородную связь в комплексах с водородной связью.
14. Водородная связь в белках и ДНК.
15. Потенциал Леннарда – Джонса.
16. Законы идеальных газов. Уравнения состояния идеального и реального газа.
17. Коротко охарактеризуйте плазменное состояние вещества.
18. Области применения жидких кристаллов и жидкокристаллических полимеров.

## **12. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Содержание программных средств учебного назначения, применяемых при обучении химии, определяется целями занятия, содержанием и последовательностью подачи учебного материала. В связи с этим, все программные средства, используемые для компьютерной поддержки процесса изучения химии, делятся на программы: справочные пособия по конкретным темам; решения расчетных задач; контроль и оценка знаний. Компьютерная визуализация учебной информации об объектах или закономерностях процессов, явлений, как реально протекающих, так и "виртуальных"; архивное хранение достаточно больших объемов информации с возможностью ее передачи, а также легкого доступа и обращения пользователя к центральному банку данных; автоматизация процессов информационно-методического обеспечения, организационного управления учебной деятельностью и контроля за результатами усвоения; компьютерная поддержки процесса изложения учебного материала и контроля его усвоения.

## **13. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Аудитория для проведения лекционных занятий на 30 посадочных мест с возможностью подключения средств для проведения лекций с использованием слайд-презентаций, демонстрацией видео-клипов.

## **14. Иные сведения и (или) материалы**

### **14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

| <b>№ пп</b> | <b>Наименование темы дисциплины</b> | <b>Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)</b> | <b>Количество ак. ч.</b> | <b>Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий</b>                                                                                                                                                                                                  |
|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1           | Строение атомов                     | Лекции, семинары                                            | 30                       | Лекции: вводная, тематическая, лекция – консультация, обзорная лекция; семинары – традиционный, семинар - беседа, семинар – конференция; поиск студентами информации, написание реферата – обзора, защита реферата на семинаре – взаимообучения, контрольные вопросы. |

|   |                                     |                  |    |                                                                                                                                                                                                                  |
|---|-------------------------------------|------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Строение химической связи и молекул | Лекции, семинары | 36 | Лекции: тематическая, лекция – консультация, обзорная лекция ; семинары – традиционный, семинар - беседа, семинар – конференция; поиск студентами информации, выполнение домашнего задания, контрольные вопросы. |
| 3 | Агрегатное состояние вещества       | Лекции, семинары | 42 | Лекции: тематическая, лекция – консультация, обзорная, заключительная; семинары – традиционный, семинар - беседа; поиск студентами информации, выполнение контрольной работы, контрольные вопросы.               |

#### **14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)**

##### **1. Темы, выносимые для самостоятельного изучения.**

1.1. Сверхтяжелые элементы Периодической системы Д.И. Менделеева. *Литература.* Ю.Ц. Оганесян, С.Н. Дмитриев. Успехи химии. Т. 78, № 12, 2009. с. 1165 -1176; Грайнер В., Загребав В.И. Успехи химии. Т. 78, № 12, 2009. с. 1177 -1199.

1.2. Электронная структура и химические свойства сверхтяжелых элементов. *Литература.* А. Собичевски. Успехи химии. Т. 78, № 12, 2009. с. 1200 -1210; В. Першина. Успехи химии. Т. 78, № 12, 2009.

1.3. Полимерные мембраны для топливных элементов. *Литература.* С.С. Иванчев, С.В. Мякин. Успехи химии. Т. 79, № 2, 2010. с. 117 -134; А.М. Тихонов. Соросовский образовательный журнал. Т.6, № 8, 2000. с.69-75.

1.4. Нанотехнологии, свойства и применение наноструктурированных материалов. *Литература.* А.А. Ремпель. Успехи химии. Т. 76, № 5, 2007. с. 474 - 492; Э.Г. Раков. Успехи химии. Т. 76, № 1, 2007. с. 3 - 26; А.В. Елецкий. Успехи физических наук. Т. 177, № 3, 2007, с. 233 -231; Ю.Д. Третьяков, Е.А. Гудилин. Основные направления фундаментальных и ориентированных исследований в области наноматериалов. Успехи химии. Т. 78, № 9, 2009. с. 867 – 888; Р.А. Андриевский, А. В. Роль размерных эффектов и поверхностей раздела в физико-химических свойствах консолидированных наноматериалов. Рос. хим. ж., 2009, т. LIII, № 2, с.4 -14.

1.5. Водородная энергетика. *Литература.* В.К. Милинчук, Д.А. Клинов. Водородная энергетика. – Учебное пособие. Обнинск: ИАТЭ, 2008. – 68 с.; Милинчук В.К. и др. Альтернативная энергетика и экология. ISJAEЕ. 2012. № 4. С. 49 – 54; Б.П. Тарасов, М.В. Лотоцкий. Рос. хим. ж., 2006, т. L, № 6. – с. 5 – 18.

1.6. Ядерная энергетика. *Литература.* Ядерная энергетика. Проблемы. Решения. /Под ред. М.Н. Стриханова. – В 2 –х частях. – М.: ЦСПиМ, 2011. - 424 с. и 436 с.; Конструкционные материалы ядерной техники./ Б.А. Калинин и др. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 736 с.; В.К. Милинчук. Ядерное топливо: получение, свойства и применение на АЭС. Учебное пособие. – Обнинск: ИАТЭ, 2011. – 96 с.; Изотопы: свойства, получение, применение

**Ион** – заряженная частица, представляющая собой атом или группу химически связанных атомов с избытком (анионы) или недостатком (катионы) электронов. **Свободные радикалы** – частицы, обладающие ненасыщенными валентностями. **Валентность** – способность атома присоединять определенное число других атомов с образованием молекулы.

**Атомная орбиталь** – волновая функция, определяющая область наиболее вероятного нахождения электрона в атоме.

**Принцип минимума энергии** – электроны в невозбужденном атоме распределяются по энергетическим уровням таким образом, чтобы суммарная энергия атома была минимальна.

**Принцип Паули** – никакие два электрона в одном атоме не могут характеризоваться одинаковым набором всех квантовых чисел  $n, l, m, s$ .

**Правило Хунда** – заполнение электронных орбиталей происходит таким образом, чтобы суммарный спин был максимальным.

**Электронный слой** – совокупность электронов в атоме с одинаковыми значениями квантового числа  $n$  (K, L, M, N, O, P, Q).

**Электронная оболочка** – совокупность электронов в атоме с одинаковыми значениями квантового числа  $l$  (s -, p -, d -, f – оболочки).

**Потенциал ионизации** – энергия, которую надо затратить для отрыва электрона из атома или иона.

**Электроотрицательность атома** – способность атома в молекуле притягивать к себе электрон.

**Гибридизация атомных орбиталей** – образование одинаковых по энергии и форме орбиталей атомов в результате сложения различных по энергии и форме орбиталей атомов при образовании химической связи.

**Метод валентных связей** – единичную химическую связь образуют два электрона с противоположно направленными спинами, принадлежащие двум атомам.

**Метод молекулярных орбиталей (МО ЛКАО)** – молекулярные волновые функции как линейные комбинации волновых функций электронов в атомах, из которых образована молекула.

## 15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

**Для лиц с нарушением слуха** возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а так же, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде рефер

форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

Для **лиц с нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний студентов на семинарских занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межкультурного взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

**Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата** не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия студент может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем студент в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.