|  |
| --- |
| МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  федеральное государственное АВТОНОМНОЕ образовательное учреждение высшего образования  «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» |
| **Озерский технологический институт –**  филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  **(ОТИ НИЯУ МИФИ)** |

|  |
| --- |
| «УТВЕРЖДАЮ»  Зам. директора ОТИ НИЯУ МИФИ  О.В. Федорова  «30»\_августа 2021 |

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Атомная физика**

|  |  |
| --- | --- |
| Направление подготовки (специальность) | 18.05.02 |
|  | «Химическая технология материалов современной энергетики» |
| Профиль подготовки (при его наличии) |  |
|  | Химическая технология материалов ядерного топливного цикла |
| Наименование образовательной программы (специализация) |  |
|  |  |
| Квалификация (степень) выпускника | специалист |
|  |  |
| Форма обучения | очная |

г. Озерск, 2021 г.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Семестр | Трудоем-кость.,  кр. | Общий  объем курса,  час. | Лекции,  час. | Практич.  занятия,  час. | Лаборат.  работы,  час. | СРС,  час. | КСР,  час. | Интер.,  час. | Форма  Контроля,  Экз./зачет |
| 1 | 3 | 50 | 16 | 18 | 16 | 58 |  |  | зачет |

**Аннотация программы спецкурса "Атомная физика"**

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС по направлению подготовки (специальности) 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики и уровню высшего образования Специалитет, утвержденный приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 №913; образовательного стандарта высшего образования НИЯУ МИФИ, утвержденного решением Ученого совета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ) Протокол №18/03 от 31.05.2018 (далее - ОС НИЯУ МИФИ), актуализирован решением Ученого совета НИЯУ МИФИ (протокол №21/11 от 27.07.2021);

Спецкурс «Атомная физика» создает универсальную базу для изучения дисциплин в области химии и технологии ядерного топливного цикла, закладывает фундамент для изучения дисциплин в области химии и химтехнологий. Она даёт детальное представление о атомных свойствах веществ и природе химической связи

**1. Цели освоения дисциплины**

Целью изучения спецкурса является получение студентами 2 курса основных представлений об электронном строении вещества и природе химической связи, знакомство с простейшими экспериментами, позволяющими получить первоначальные представления о структуре вещества в различных агрегатных состояниях и масштабах сил и энергии, определяющих структуру вещества. Освоение спецкурса предполагает помимо лекций также проведение семинарских занятий и лабораторных работ, на которых студенты получают представление о масштабах атомных явлений, квантовой природе сил, определяющих строение атомов и молекул вещества, величине ван-дер-Ваальсовых сил.

**2. Место дисциплины в структуре ООП**

Спецкурс является введением в цикл профессиональных дисциплин специальности 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики». Спецкурс опирается на следующие дисциплины данной ООП:

* Физика (механика, молекулярная физика, электричество, оптика, основы квантовой механики);
* Математика (дифференциальное и интегральное исчисление, основы линейной алгебры, обыкновенные дифференциальные уравнения);

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

|  |  |
| --- | --- |
| **Код и наименование компетенции** | **Код и наименование индикатора достижения компетенции** |
| УКЕ – 1 Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы 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  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  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 |
| ПК-1 Способен самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей | З-ПК-1 Знать методики сбора и обработки результатов исследований, расчетных моделей в области химии и технологии ядерного топливного цикла  У-ПК-1 Уметь: проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей  В-ПК-1 Владеть навыками работы на современной аппаратуре в области химии и технологии ядерного топливного цикла, методами обработки результатов |

**3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 кредитов, 108 часов.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Название дисциплины | **Атомная физика** | | | |
| 2 | Семестры | 4 | | | |
| 3 | Объем часов | всего | аудиторных | сам. работа | КСР |
| 108 | 50 | 58 |  |
| 4 | Распределение числа часов по семестрам и видам занятий | лекции | лаб. работы | пр. занятия | КСР |
| 16 | 16 | 18 |  |
| 5 | Форма отчётности | зачёт | | | |
| 6 | Трудоёмкость (в ЗЕТ) | 3 | | | |
| 7 | В интерактивной форме (час.) |  | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Раздел учебной дисциплины | | Недели | Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | Текущий контроль успеваемости *(неделя, форма)* | Аттестация раздела *(неделя, форма)* | Максимальный балл за раздел \* |
| Лекции | Практ. занятия/ семинары | Лаб.  работы | СРС |
|  | | 4 семестр | | | | | | | | |
| 1 | Элементарные представления о строении вещества. | | 1-2 | 2 | 2 | 2 | 6 | 1-2 недели  семинар | 6-7 недели приём домашнего задания (ДЗ) | 10 |
| 2 | Внутренняя энергия и теплоёмкость. Энергия многоатомных молекул. Недостаточность классической теории теплоёмкости. | | 3-4 | 2 | 2 | 2 | 8 | 3-4 недели  семинар,  приём ЛР | приём ЛР | 10 |
| 3 | Температура и теплота фазового перехода.  Свободная поверхностная энергия. Связь поверхностной энергии и теплоты испарения жидкости. | | 5-6 | 2 | 2 | 3 | 8 | 5-6 недели  семинар,  приём ЛР, | 6-7 недели  приём ДЗ,  приём ЛР | 5 |
| 4 | Квантовомеханическое описание атома водорода. Принцип Паули. | | 7-8 | 2 | 3 | 1 | 8 | 7-8 недели  семинар | 6-7 недели  приём ДЗ | 10 |
| 5 | Ковалентная связь. Молекула Н2+. Молекула водорода по Гайтлеру и Лондону. | | 9-10 | 2 | 3 | 2 | 8 | 9-10 недели  семинар,  приём ЛР | 9-10 недели  приём ЛР | 10 |
| 6 | Валентность элементов по Гайтлеру и Лондону. Направленность химических связей. | | 11-12 | 2 | 2 | 0 | 8 | 11-12 недели  семинар |  | 10 |
| 7 | Спектры излучения атомов и молекул. | | 13-14 | 2 | 2 | 6 | 8 | 13-14 недели  семинар,  приём ЛР | 13-14 недели приём ЛР | 10 |
| 8 | Квантовомеханическое объяснение ван-дер-Ваальсовых сил | | 15-16 | 2 | 2 | 0 | 4 | 15-16 недели  семинар,  приём ЛР | 15-17 недели приём ДЗ,  зачёт | 5 |
| Итого за семестр | | |  | 16 | 18 |  | 16 | Σ=108 |  | 70 |
| Зачёт | | | | | | | | | | 30 |
| Итого максимальный балл | | | | | | | | | | 100 |

**Наименование тем и содержание лекционных занятий**:

**Лекция 1**.

Элементарные представления о строении вещества. Атомы. Строение атома. Размеры атомов. Потенциал ионизации. Взаимодействие атомов на больших и малых расстояниях. Молекулы. Молекулярная связь. Ван-дер-Ваальсовы силы. Число Авогадро. Размеры и масса молекул.

**Лекция 2.**

Внутренняя энергия системы. Работа и количество тепла. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия и теплоёмкость идеального газа. Энергия многоатомных молекул. Недостаточность классической теории теплоёмкости газов. Классическая теория теплоёмкости твёрдых тел. Закон Дюлонга и Пти. Закон кубов Дебая. Тепловое расширение твёрдых тел.

**Лекция 3.**

Температура испарения, теплота испарения. Кристаллическое и жидкое состояния. О структуре воды

Свободная поверхностная энергия. Механизм возникновения поверхностного натяжения. Термодинамика поверхностного натяжения. Капиллярные явления.

Связь поверхностной энергии и теплоты испарения жидкости.

**Лекция 4.**

Квантовомеханическое описание атома водорода. Волновые функции состояний электрона в атоме водорода. Квантовые числа. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули. Правило Хунда. Таблица Менделеева.

**Лекция 5.**

Ковалентная связь. Простейшая модель возникновения ковалентной связи – электрон в поле двух симметричных потенциальных ям. Молекула Н2+. Молекула водорода по Гайтлеру и Лондону.

**Лекция 6.**

Валентность элементов по Гайтлеру и Лондону. Направленность химических связей. σ, π и δ – связь. Метод молекулярных орбиталей. Ионная связь. Водородная связь.

**Лекция 7.**

Излучение атома водорода. Правила отбора для излучения. Спектры излучения молекул. Колебательные вращательные термы молекул. Спектр излучения молекулы йода.

**Лекция 8.**

Квантовомеханическое объяснение ван-дер-Ваальсовых сил. Металлическая связь. Сжимаемость электронного газа .

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.

1. Основные представления молекулярно-кинетической теории. Размеры атомов и молекул. Концентрация молекул.
2. Ван-дер-Ваальсовы силы. Элементарное рассмотрение.
3. Теплоёмкость молекулярных газов. Теплоёмкость твёрдых тел. Теплоёмкость при низких температурах.
4. Поверхностная энергия и теплота испарение. Оценка соотношения между ними.
5. Электрон в поле двух симметричных потенциальных ям.
6. Энергия связи молекулы Н2+.
7. Валентность элементов в соединениях по Гайтлеру и Лондону.
8. Спектр молекулы йода.
9. Электроны в металлах.

Домашние задания сдаются на 8 и 16 неделях.

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ.

В течение семестра по индивидуальному графику каждый студент должен выполнить 4 лабораторные работы из следующего перечня:

1. Измерение отношения Cp/Cv для воздуха.
2. Измерение удельной теплоёмкости твёрдых тел калориметрическим методом.
3. Измерение коэффициента теплового расширения твердых тел.
4. Измерение удельной теплоты испарения воды.
5. Измерение коэффициента поверхностного натяжения методом взвешивания капель.
6. Измерение коэффициента поверхностного натяжения жидкости по высоте поднятия в капиллярных трубках.
7. Измерение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрыва кольца.
8. Изучение серии Бальмера.
9. Изучение тонкой структуры спектра щелочных металлов.
10. Изучение спектра поглощения йода.

**5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При реализации программы дисциплины «Атомная физика» используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий занятия проводятся в форме лекций (широко применяется компьютерная презентация), практических (семинарских) занятий.

Для более успешного освоения материалов, развитие творческих способностей студентов, усиление профессиональных мотиваций в процессе изучения дисциплины применяются интерактивная форма обучения:

1. ***Деловая игра «Альтернатива»***

«Альтернатива» – имитационная игра, показывающая работу по принятию решения относительно различных технологических процессов (разделения изотопов, очистка от примесей и др). Играющие стоят перед выбором оптимальной технологии.

Суть деловой игры состоит в том, что участники выбирают для себя различные технологические методы проведения процессов (задание выдается преподавателем). В ходе игры предоставляется возможность самостоятельно принятия решения, основная цель которого – найти максимально благоприятные способы проведения технологического процесса в условиях развивающейся промышленности.

Основная задача – обучение участников игры навыкам мотивированной дискуссии и принятии коллективного решения.

Участники игры должны распределиться на четыре основные группы: комиссия по приему проекта, группа экспертов, проектная группа, группа общественности. Внутри каждой группы необходимо распределить роли, выбрать лидеров, способных взять на себя основную тяжесть принимаемых решений. Оценить уровень своих личных способностей и возможностей для той или иной роли. Сформулировать свое личное отношение к возможной реализации проекта. Выявить для себя основные противоречия между предлагаемой вам ролью и вашим личным отношением. Необходимо найти роль, которая в наибольшей степени отвечала бы вашему личностному отношению.

Игра проходит по следующей схеме: выдвижение проекта → выступление специалистов → предложения общественности → заключение специалистов → решение комиссии.

Основной итог игры: принятие или отстранение проекта на основе мнения специалистов и представителей общественности*.*

1. ***Обучение по методике «дерево решений»***

Суть занятия: студенты разбиваются на группы из 2-3 человек. Каждой подгруппе выдается одинаковые исходные данные (исходное вещество и конечный продукт.). Требуется предложить технологическую цепочку получения заданного продукта. По результатам занятий выбирается оптимальная цепочка.

1. ***Интерактивная лекция (с использованием компьютерной презентации и наглядных пособий***

Для контроля усвоения студентом разделов данного курса используются контрольные работы и коллоквиум, которые позволяют судить об усвоении студентом данного курса. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала, подготовку к контрольным тестам, подготовку к практическим (семинарским) занятиям с использованием рекомендуемой литературы.

**6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

**ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ ПО АТОМНОЙ ФИЗИКЕ**

| **Сб. задач Е.И. Бабаджана, В.И. Гервидса и др** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 1.269, | 1.270, | 1.271 |
| Срок | 1.272 | 2.1 | 2.2 |
| сдачи | 2.3 | 2.4 | 2.5 |
| 31.03 | 2.6 | 2.7 | 2.8 |
|  | 2.9 | 2.12 | 2.13 |
|  | 2.14 | 2.274 | 2.275 |
|  | 2.276 | 2.277 | 2.301 |
|  | 2.302 |  |  |
|  | 5.104 | 5.105 | 5.106 |
|  | 5.108 | 5.194 | 5.195 |
|  | 5.239 | 5.240 | 5.2241 |
| Срок | 5.242 | 5.270 | 5.271 |
| сдачи | 5.272 | 5.273 | 5.274 |
|  | 5.275 | 5.276 | 5.277 |
| 20.05 | 5.278 | 5.279 | 5.280 |
|  | 5.281 | 5.282 | 5.283 |
|  | 5.284 | 5.285 |  |

ВОПРОСЫ К ЗАЧЁТУ ПО АТОМНОЙ ФИЗИКЕ

1. Сформулируйте основные положения молекулярно-кинетической теории. Какими опытами они подтверждаются?
2. Ван-дер-Ваальсовы силы. Элементарное рассмотрение.
3. Дайте определение моля. Что такое число Авогадро, чему оно равно? Оцените размер и массу молекулы воды.
4. Дайте определение внутренней энергии тела. Сформулируйте первое начало термодинамики. Дайте определение теплоёмкости тела.
5. Что называется поверхностной энергией? Что называется коэффициентом поверхностного натяжения? Как этот коэффициент зависит от температуры? Как связаны по порядку величины поверхностная энергия и теплота испарения?
6. Чему равна внутренняя энергия идеального газа? Как она зависит от числа степеней свободы молекулы этого газа? Почему теплоёмкость многоатомных газов обычно меньше той, что предсказывает теория?
7. Чему равна молярная теплоёмкость кристаллов при высоких температурах? Как ведёт себя эта величина в области низких температур? Какой вклад вносят электроны в теплоёмкость металла?
8. Чем объясняется тепловое расширение твёрдых тел?
9. Сформулируйте постулаты Бора. Получите с их помощью формулу Бальмера. Вычислите потенциал ионизации водорода.
10. Сформулируйте гипотезу де Бройля. Получите из неё правило квантования Бора-Зоммерфельда. Найдите с его помощью значения энергии гармонического осциллятора.
11. В чём состоит принцип неопределённости квантовой механики? Напишите соотношение неопределённостей Гейзенберга. Оцените с его помощью значение энергии основного состояния частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме.
12. Сформулируйте принцип суперпозиции квантовой механики. Как ставятся задачи квантовой механики? Что такое волновая функция?
13. Что такое оператор? Что такое собственные значения и собственные функции оператора? Найдите собственные значения и собственные функции оператора импульса.
14. Какова структура оператора энергии (гамильтониана) частицы? Найдите собственные значения и собственные функции оператора энергии частицы в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме. Сравните полученные вами результаты с аналогичными результатами для частицы, подчиняющейся законам классической механики.
15. Напишите уравнение Шредингера для гармонического осциллятора. Каковы значения энергии, которыми может обладать осциллятор? Что такое нулевые колебания? Как полученные результаты объясняют малый вклад колебаний атомов в теплоёмкость многоатомных газов?
16. Напишите выражение для оператора момента импульса. Каковы собственные значения проекции момента на какую-либо ось? Каковы значения квадрата момента? Можно ли одновременно определить все три проекции момента? Что можно определить одновременно с проекцией момента? Как можно наглядно интерпретировать эти результаты?
17. Напишите уравнение Шредингера для электрона в атоме водорода. Напишите выражение для волновой функции основного состояния электрон в атоме водорода. Какова энергия основного состояния? Можно ли говорить, что электрон в атоме движется по какой-то орбите? Можно ли определить характерный размер атома? Зависит ли энергия электрона от его момента импульса?
18. Каковы характерные особенности спектра излучения щелочных атомов? Чем они объясняются?
19. Что называется спином частицы? Как обнаружить спин частицы? Какие значения может принимать спин электрона?
20. Что называется тонкой структурой спектральных линий? Чем вызвана тонкая структура? Всегда ли эта структура действительно тонкая?
21. Сформулируйте принцип Паули. Как с помощью этого принципа объяснить периодические свойства химических элементов?
22. Что такое энергия Ферми? Чем определяется её величина? Как теплоёмкость электронного газа зависит от температуры? Чем объясняется такая зависимость?
23. Квантовомеханическое описание атома водорода. Волновые функции состояний электрона в атоме водорода. Квантовые числа. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули. Правило Хунда. Таблица Менделеева.
24. Ковалентная связь. Простейшая модель возникновения ковалентной связи – электрон в поле двух симметричных потенциальных ям. Молекула Н2+. Молекула водорода по Гайтлеру и Лондону.
25. Валентность элементов по Гайтлеру и Лондону. Направленность химических связей. Метод молекулярных орбиталей. Ионная связь. Водородная связь.
26. Излучение атома водорода. Правила отбора для излучения. Спектры излучения молекул. Колебательные вращательные термы молекул. Спектр излучения молекулы йода.
27. Спектр молекулы йода.
28. Квантовомеханическое объяснение ван-дер-Ваальсовых сил. Металлическая связь. Сжимаемость электронного газа .
29. Электроны в металлах. Энергия Ферми. Давление и теплоёмкость электронного газа.

**7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Основная литература**

1. М.Х. Карапетьянц, С.И. Дракин. Строение вещества. URSS. 2019
2. Л.Л.Гольдин, Г.И. Новикова. Квантовая физика. Вводный курс. ИД Интеллект, Долгопрудный 2016.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5 кн. Кн. 5-я. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М. «Астрель» АСТ, 2007 и др. издания.
4. И.Е. Иродов. Квантовая физика. М. Физматлит, 2001.
5. Фриш С. Э., Тиморева А. В. Курс общей физики. В 3-х т. Т. 1, 3. СПб; М; Краснодар «Лань», 2009.
6. Л.Д. Ландау, А.И. Ахиезер, Е.М. Лифшиц. Курс общей физики. ИД Интеллект, 2017 и др. издания.
7. Д.В. Сивухин. Общий курс физики, т. 5 часть 1. М., Физматлит,2002 и др. издания.

**Задачники.**

1. Е.И. Бабаджан, В.И. Гервидс и др. Сборник качественных вопросов и задач по общей физике. М. Физматлит, 2005 г.

**Сборники лабораторных работ.**

1. Молекулярная физика. НИЯУМИФИ, 2015.
2. Квантовая физика. ОТИ НИЯУ МИФИ, 2005.

**8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами. Ее содержание должно быть представлено в локальной интернет-сети вуза. Имеется доступ к сети Интернет (во время самостоятельной подготовки).

Кафедра имеет 350 кв.м. учебно-лабораторных площадей, специализированную аудиторию № 204 ‑ 84 кв.м на 54 посадочных места, три лаборатории (101 – лаборатория механики и молекулярной физики, 209 – лаборатория электромагнетизма и оптики, 103 – лаборатория атомной и ядерной физики) общей площадью 250 кв.м. Лабораторный практикум насчитывает порядка 60 лабораторных работ, тематика которых охватывает все основные темы курса общей физики. Часть из этих работ автоматизирована. В качестве резерва имеются также компьютерные работы по молекулярной физике и электромагнетизму.

В учебном процессе используются 8 персональных компьютеров, подключённых к ЛВС и Интернету.

Лекционная аудитория оснащена видеопроектором и компьютером, имеющиеся лекционные демонстрации позволяют показать физические опыты, демонстрирующие все основные физические законы.

**Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по специальности «Химическая технология материалов современной энергетики».**

Автор: старший преподаватель кафедры физики ОТИ Н.В. Леонтьева

Рецензент к.б.н. А.И. Малышев

Программа одобрена на заседании кафедры физики 19.09.2021