

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Атомная и ядерная физика

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовая и СВЧ электроника

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. (доцент) Вагизов Ф.Г. (Кафедра физики твердого тела, Отделение физики), vagizovf@gmail.com

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции  |
|------------------|--|
| ОПК-1            | Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности; |

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- терминологию, используемую в атомной и ядерной физике, а также в физике элементарных частиц;
- порядки физических величин, используемых в атомной и ядерной физике;
- экспериментальные методы атомной и ядерной физики;
- энергетическую шкалу масс, энергию связи и дефект массы ядра;
- природу ядерных сил и современные модели ядра;
- слабые взаимодействия;
- ядерные реакции;
- законы сохранения;
- методы и приемы решения конкретных задач из области атомной и ядерной физики

Должен уметь:

- выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности и формулировать задачи;
- использовать законы атомной и ядерной физики при решении профессиональных задач;
- использовать основные соотношения атомной и ядерной физики (расчет энергетического выхода реакций, закономерности радиоактивного распада) при решении профессиональных задач;
- использовать модели ядер (определение масс, дефекта масс, объяснение закономерностей различных видов радиоактивного распада, определение спина и четности ядра) в научно исследовательских задачах будущей деятельности

Должен владеть:

Современными знаниями о строении и свойствах атомов и атомных ядер

Должен демонстрировать способность и готовность:

- системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности;
- работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой;
- проведения физического эксперимента

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.12 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.03 "Радиофизика (Квантовая и СВЧ электроника)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

Осваивается на 3 курсе в 5 семестре.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 50 часа(ов), в том числе лекции - 34 часа(ов), практические занятия - 16 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 22 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 5 семестре.

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

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

| N   | Разделы дисциплины / модуля  | Се-<br>местр | Виды и часы контактной работы,<br>их трудоемкость (в часах) |                          |  |                                     |                                       |                                     | Само-<br>стоя-<br>тель-<br>ная<br>ра-<br>бота |
|-----|--|--------------|---|--------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|
|     |  |              | Лекции,<br>всего  | Лекции<br>в эл.<br>форме | Практи-<br>ческие<br>занятия,<br>всего | Практи-<br>ческие<br>в эл.<br>форме | Лабора-<br>торные<br>работы,<br>всего | Лабора-<br>торные<br>в эл.<br>форме |   |
| 1.  | Тема 1. Тема 1. Введение в атомную физику  | 5            | 2   | 0                        | 0                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 0   |
| 2.  | Тема 2. Тема 2. Корпускулярные свойства электромагнитных волн. Волновые свойства микрочастиц | 5            | 2   | 0                        | 2                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 2   |
| 3.  | Тема 3. Тема 3. Атом водорода и водородоподобные атомы                                       | 5            | 2   | 0                        | 0                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 2   |
| 4.  | Тема 4. Тема 4. Атом во внешнем поле   | 5            | 2   | 0                        | 0                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 2   |
| 5.  | Тема 5. Тема 5. Введение в ядерную физику. Основные этапы развития ядерной физики            | 5            | 2   | 0                        | 0                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 0   |
| 6.  | Тема 6. Тема 6. Особенности физических явлений в микромире.                                  | 5            | 2   | 0                        | 0                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 2   |
| 7.  | Тема 7. Тема 7. Масштабы физических величин в ядерной физике                                 | 5            | 2   | 0                        | 0                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 0   |
| 8.  | Тема 8. Тема 8. Свойства атомных ядер  | 5            | 2   | 0                        | 2                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 2   |
| 9.  | Тема 9. Тема 9. Масса и энергия связи ядра   | 5            | 2   | 0                        | 2                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 2   |
| 10. | Тема 10. Тема 10. Радиоактивность  | 5            | 2   | 0                        | 2                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 2   |
| 11. | Тема 11. Тема 11. Законы радиоактивного распада, радиоактивные ряды                          | 5            | 2   | 0                        | 2                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 2   |
| 12. | Тема 12. Тема 12. Альфа-распад   | 5            | 2   | 0                        | 2                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 2   |
| 13. | Тема 13. Тема 13. Бета-распад, слабое ядерное взаимодействие                                 | 5            | 2   | 0                        | 2                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 2   |
| 14. | Тема 14. Тема 14. Гамма излучение ядер   | 5            | 2   | 0                        | 0                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 0   |
| 15. | Тема 15. Тема 15. Взаимодействие ядерного излучения с веществом                              | 5            | 2   | 0                        | 2                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 0   |
| 16. | Тема 16. Тема 16. Свойства и природа ядерных сил. Ядерные модели                             | 5            | 2   | 0                        | 0                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 0   |
| 17. | Тема 17. Тема 17. Ядерные реакции. . Ядерная энергетика. Термоядерный синтез.                | 5            | 2   | 0                        | 0                                      | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 2   |
|     | Итого  |              | 34  | 0                        | 16                                     | 0                                   | 0                                     | 0                                   | 22  |

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Тема 1. Введение в атомную физику**

Введение в атомную физику. Развитие атомистических представлений. Специфика законов микромира. Круг явлений, описываемых атомной физикой. Корпускулярные свойства электромагнитных волн. Открытие фотоэффекта. Противоречие законов фотоэффекта законам классической физики. Импульс фотона. Томсоновское рассеяние. Опыты Комптона.

#### **Тема 2. Тема 2. Корпускулярные свойства электромагнитных волн. Волновые свойства микрочастиц**

Рассеяние света с корпускулярной точки зрения. Эффект Комптона. Волновые свойства микрочастиц. Дифракционный опыт и квантовое поведение электронов. Явление квантовой интерференции. Опыты Дэвиссона и Джермера. Эффект Рамзауэра-Таунсенда. Гипотеза Луи де Бройля. Уравнения де Бройля. Уравнения Гельмгольца и Шредингера для волн де Бройля. Необходимость вероятностной интерпретации квантовых явлений.

#### **Тема 3. Тема 3. Атом водорода и водородоподобные атомы**

Атом водорода и водородоподобные атомы. Квантование момента количества движения. Сферические функции. Уровни энергии и квантовые числа электрона в атоме водорода. Орбитальный и полный моменты количества движения. Квантово механическое правило сложения угловых моментов. Спин-орбитальное взаимодействие и тонкая структура. Схема уровней энергии водородоподобного атома. Четность. Взаимодействие атомов с полем излучения. Спектры атомов. Правила отбора.

#### **Тема 4. Тема 4. Атом во внешнем поле**

Атом во внешнем поле. Связь между механическим и магнитным моментами атомов. Эффект Штарка. Опыт Эйнштейна-де Газа. Расщепление энергетических уровней при помещении атома в магнитное поле. Расщепление линий излучения. Эффект Зеемана. g-фактор. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

#### **Тема 5. Тема 5. Введение в ядерную физику. Основные этапы развития ядерной физики**

Объекты, изучаемые ядерной физикой. Классификация: ядерная физика низких, промежуточных и высоких энергий. Нейтронная физика. Экспериментальная и теоретическая ядерная физика. Открытие рентгеновских лучей. Открытие электрона. Открытие радиоактивности и типов радиоактивности. Открытие протона и нейтрона. Открытие позитрона и античастиц. Кварки. Стандартная модель.

#### **Тема 6. Тема 6. Особенности физических явлений в микромире.**

Особенности физических явлений в микромире. Дискретность, тождественность, квантованность свойств микрочастиц. Опыт Франка - Герца. Опыт Штерна и Герлаха. Корпускулярно-волновой дуализм. Волновые свойства света: интерференция, дифракция, поляризация, корпускулярные свойства света: фотоэффект (красная граница) , коротковолновая граница рентгеновских спектров, эффект Комптона. Соотношения неопределённости Гейзенберга.

#### **Тема 7. Тема 7. Масштабы физических величин в ядерной физике**

Масштабы физических величин в ядерной физике. Единицы измерения. Масштабы размеров микрочастиц. Единица измерения длины - Ферми. Масштабы энергий и скоростей в микромире, единицы измерения. Масштабы скоростей и длительностей процессов в ядерной физике. Время пролета. Характерное ядерное время. Масштабы масс микрочастиц. Масштабы момента количества движения и спина микрочастиц. Магнитные моменты.

#### **Тема 8. Тема 8. Свойства атомных ядер**

Свойства атомных ядер . Состав ядер. Физические свойства нуклонов. Массовое число, зарядовое число ядер. Основные характеристики стабильных и радиоактивных ядер. Изотопы, изобары, изотоны, изомеры. Заряд атомного ядра. Закон Мозли. Размеры атомных ядер. Спин и магнитный момент ядер. Квадрупольный электрический момент ядра. Четность.

#### **Тема 9. Тема 9. Масса и энергия связи ядра**

Масса и энергия связи ядра. Дефект масс. Удельная энергия связи. Зависимость средней энергии связи на нуклон от массового числа ядер. Полуэмпирическая формула Вайцеккера. Массовая и поверхностная составляющие формулы Вайцеккера. Составляющие, связанные с кулоновским расталкиванием, с симметрией числа нейтронов и протонов в легких ядрах и зависимостью от взаимной ориентации спинов нуклонов в ядре.

#### **Тема 10. Тема 10. Радиоактивность**

Открытие радиоактивности. Естественная и искусственная радиоактивность. Опыт Беккереля. Радиоактивность ядер урана и радия. Опыт Резерфорда. Излучение радиоактивными ядрами альфа- и бета-частиц, гамма фотонов. Единица измерения активности радиоактивных материалов: Беккерель, Кюри. Удельная активность.

#### **Тема 11. Тема 11. Законы радиоактивного распада, радиоактивные ряды**

Законы радиоактивного распада. Опыт Резерфорда и Содди. Изменение числа радиоактивных ядер во времени. Образование радона из радия, экспоненциальный закон радиоактивного распада. Постоянная радиоактивного распада. Период полураспада. Среднее время жизни радиоактивных нуклидов. Статистический характер радиоактивного распада. Биномиальное распределение. Закон Пуассона. Флуктуации наблюдаемого числа распадов. Определение постоянной распада для чистого радиоактивного изотопа, смеси изотопов или радиоактивного семейства. Радиоактивные ряды, формула радиоактивных рядов.

#### **Тема 12. Тема 12. Альфа-распад**

Альфа-распад. Основные закономерности альфа распада. Эмпирический закон Гейгера-Нейтолла. Туннельный эффект. Элементарная теория альфа распада. Характерная высота потенциального барьера. Прозрачность потенциального барьера. Уточнения элементарной теории альфа распада. Центробежный потенциал. Коэффициента запрета. Тонкая структура альфа спектров, длиннопробежные альфа частицы.

### **Тема 13. Бета-распад, слабое ядерное взаимодействие**

Бета-распад. Разновидности бета распада: электронный и позитронный бета распад, К-захват. Роль нейтрино при бета распаде. Характеристики нейтрино. Законы сохранения. Спектр бета частиц. Верхняя граница бета спектра. Средняя энергия испускаемых бета-частиц. Энергетические соотношения при бета распаде. Слабое ядерное взаимодействие. Свойства слабого взаимодействия. Радиус действия слабых ядерных сил. Переносчики слабого взаимодействия : бозоны. Нарушение закона сохранения четности и CP инвариантности. Элементарная теория бета распада. График Кюри. Сравнительный период полураспада при бета распаде. Правилами отбора Гамова-Теллера.

### **Тема 14. Гамма излучение ядер**

Гамма излучение ядер. Свойства гамма фотонов: энергия, импульс, волновой вектор, спин, полный момент, четность, собственная и орбитальная четность. Вероятность гамма перехода, правила перехода. Мультипольность. Характеристики электрических и магнитных переходов. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия электронов. Парная конверсия.

### **Тема 15. Взаимодействие ядерного излучения с веществом**

Взаимодействие ядерного излучения с веществом. Взаимодействие заряженных частиц со средой. Радиационное торможение, рассеяние, тормозное излучение. Ионизационные потери заряженных частиц. Пробег заряженных частиц в веществе. Прохождение гамма излучения через вещество. Экспоненциальный закон. Линейный коэффициент поглощения, Полное эффективное сечение поглощения гамма излучения. Фотоэффект, образование электронно-позитронный пар, комптоновское рассеяние. Резонансное рассеяние/поглощение гамма квантов ядрами твердых тел, эффект Мессбауэра. Взаимодействие нейтронов с веществом. Классификация нейтронов по энергии. Сечение взаимодействия нейтронов. Замедление нейтронов.

### **Тема 16. Свойства и природа ядерных сил. Ядерные модели**

Свойства и природа ядерных сил. Экспериментальные факты о природе ядерных (нуклон-нуклонных) сил. Изотопическое пространство, изотопический спин. Обменный характер ядерных сил. Мезонная теория ядерных сил. Радиус действия и зарядовая независимость ядерных сил. Потенциал сильного ядерного взаимодействия. Переносчики сильного взаимодействия, глюоны. Ядерные модели. Модели ядер с сильным взаимодействием (капельная, модель составного ядра, статистическая, модель из альфа-частиц). Модели ядер из независимых частиц (оболочечная, модель Ферми-газа, модель потенциальной ямы). Обобщенная и оптическая модели.

### **Тема 17. Ядерные реакции. Ядерная энергетика. Термоядерный синтез.**

Ядерные реакции. Закономерности ядерных реакций. Основные определения и характеристики. Сечения и выходы ядерных реакций. Эффективное сечение реакции, функция возбуждения ядерной реакции. Классификация ядерных реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Механизмы ядерных реакций: модель составного ядра Бора, механизм прямого ядерного взаимодействия, механизм кулоновского возбуждения, механизм одиночного или множественного рождения частиц, реакции деления ядер. Распределение продуктов деления по массам. Элементарная теория деления ядер. Энергия деления ядер. Ядерная энергетика. Реакции синтеза ядер. Термоядерный синтез. Термоядерные реакции во Вселенной. Термоядерные реакции в лабораторных условиях. Квазистационарные и импульсные системы. Международный экспериментальный термоядерный реактор. ИТЭР.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

НИИЯФ МГУ - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/>

НИИЯФ МГУ - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/nucmod/nucmod3.htm>

НИИЯФ МГУ - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/kapitonov2017/index.html>

#### **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемому результату обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

#### **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

#### **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

НИИЯФ МГУ - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/>

НИИЯФ МГУ - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/nucmod/nucmod3.htm>

НИИЯФ МГУ - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/kapitonov2017/index.html>

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

| Вид работ              | Методические рекомендации   |
|------------------------|---|
| лекции                 | <p>Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, предложенных преподавателем схем (при их демонстрации), основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект должен быть выполнен в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки. Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны быть выполнены также аккуратно, содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом. В процессе работы с учебной и научной литературой студент может:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);</li> <li>- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);</li> <li>- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);</li> <li>- создавать конспекты (развернутые тезисы).</li> </ul> |
| практические занятия   | <p>Практические занятия включают в себя решение задач и прохождение лабораторного ядерно-физического практикума. Практикум состоит из 13 лабораторных работ, из которых студент выполняет выборочно от 4 до 6 работ, на усмотрение преподавателя. Материалы к лабораторным работам общего физического практикума, раздел 'Ядерная физика', находятся по ссылке:<br/> <a href="http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-fiziki-tverdogo-tela/metodicheskie-posobiya">http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-fiziki-tverdogo-tela/metodicheskie-posobiya</a></p>  |
| самостоятельная работа | <p>Для самостоятельной работы рекомендуются следующие интернет ресурсы:<br/>                     НИИЯФ МГУ: капельная модель ядра, <a href="http://nuclphys.sinp.msu.ru/nucmod/nucmod3.htm">http://nuclphys.sinp.msu.ru/nucmod/nucmod3.htm</a><br/>                     НИИЯФ МГУ: лекции проф. Б.С. Ишханова, <a href="http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/">http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/</a><br/>                     НИИЯФ МГУ: лекции проф. И.М. Капитонова, <a href="http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/kapitonov2017/index.html">http://nuclphys.sinp.msu.ru/lect/kapitonov2017/index.html</a><br/>                     НИИЯФ МГУ: Физика высоких энергий и элементарные частицы, <a href="http://nuclphys.sinp.msu.ru/elp/index.html">http://nuclphys.sinp.msu.ru/elp/index.html</a><br/>                     НИИЯФ МГУ: физика ядра и частиц, XX век, <a href="http://nuclphys.sinp.msu.ru/introduction/index.html">http://nuclphys.sinp.msu.ru/introduction/index.html</a><br/>                     Работа с учебной и научной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к промежуточным тестам и экзамену. Она включает проработку лекционного материала - изучение рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.</p>  |
| экзамен                | <p>При сдаче экзамена допускается наличие у студента вспомогательного рукописного материала объёмом не более одного листа А4 (написанного собственноручно, использование чужих вспомогательных материалов не допускается). Студент может записать на этот лист любую информацию по тематике курса, которую он посчитает необходимой.<br/>                     Вопросы для самоподготовки, программа курса и другие материалы находятся по ссылке:<br/> <a href="http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-fiziki-tverdogo-tela/elektronnye-obrazovatelnye-resursy">http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-fiziki-tverdogo-tela/elektronnye-obrazovatelnye-resursy</a></p>  |

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

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:



Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

Специализированная лаборатория.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки "Квантовая и СВЧ электроника".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовая и СВЧ электроника

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

#### Основная литература:

1. Капитонов, И. М. Введение в физику ядра и частиц : учебник / И. М. Капитонов. - 4-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 512 с. - ISBN 978-5-9221-1250-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2189> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Фриш, С. Э. Курс общей физики : учебник : в 3 томах / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. - 10-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - Том 3 : Оптика. Атомная физика - 2022. - 656 с. - ISBN 978-5-8114-0665-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210167> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
3. Савельев, И. В. Курс общей физики : учебное пособие : в 5 томах / И. В. Савельев. - 5-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - Том 5 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. - 2022. - 384 с. - ISBN 978-5-8114-1211-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210611> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Элементарный учебник физики : учебное пособие : в 3 томах / под редакцией Г. С. Ландсберга. - 15-е изд., испр. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2021 - Том 3 : Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. - 2021. - 664 с. - ISBN 978-5-9221-1591-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/185693> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Дополнительная литература:

1. Мухин, К. Н. Экспериментальная ядерная физика : учебник : в 3 томах / К. Н. Мухин. - 7-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - Том 1 : Физика атомного ядра. - 2022. - 384 с. - ISBN 978-5-8114-0739-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210308> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Мухин, К. Н. Экспериментальная ядерная физика : учебник : в 3 томах / К. Н. Мухин. - 7-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - Том 2 : Физика ядерных реакций - 2022. - 326 с. - ISBN 978-5-8114-0740-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210311> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Канн, К. Б. Курс общей физики: учебное пособие / К. Б. Канн. - Москва : КУРС: ИНФРА-М, 2022. - 368 с. - ISBN 978-5-905554-47-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1094750> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
4. Барсуков, О. А. Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии : монография / О. А. Барсуков. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 560 с. - ISBN 978-5-9221-1306-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2722> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовая и СВЧ электроника

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.