

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор



Иванов А.Г.

подпись

« 23 »

03

2014 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***Б1.Б.19 СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАЗДЕЛЫ ФИЗИКИ***

*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки / специальность

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

*(код и наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность (профиль) / специализация

Оптические системы и сети связи

*(наименование направленности (профиля) специализации)*

Программа подготовки

академическая

*(академическая /прикладная)*

Форма обучения

заочная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Квалификация (степень) выпускника

бакалавр

*(бакалавр, магистр, специалист)*

Краснодар 2014

## 1. Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

### 1.1. Цель освоения дисциплины

Дисциплина «Специальные вопросы атомной физики» входит в блок естественно-научных дисциплин, предназначенных для формирования у учащихся естественно-научного мировоззрения и твердых знаний о процессах и явлениях, связанных с физическими свойствами микромира и квантовыми явлениями на атомно-молекулярном уровне, необходимых для понимания и использования в инженерно-технических разработках. Актуальность дисциплины «Специальные вопросы атомной физики» обусловлена применением знаний, умений и навыков, полученных в процессе ее изучения, для изучения дисциплин из других блоков и успешного освоения специальности в целом.

Учебная дисциплина «Специальные вопросы атомной физики» ставит своей целью изучение физических свойств микромира и квантовых явлений на атомно-молекулярном уровне.

### 1.2. Задачи дисциплины

Основные задачи освоения дисциплины:

- изучить экспериментальные методы исследования внутреннего строения атомов;
- рассмотреть физические эффекты и явления, обусловленные, в основном, электронными оболочками атомов и молекул;
- усвоить основные понятия волновой механики и особенности подхода к изучению и описанию атомных явлений.

Воспитательная задача заключается в формировании у студентов профессионального отношения к проведению научно-исследовательских и прикладных работ, в развитии творческой инициативы и самостоятельности мышления.

В расширенный список общих задач дисциплины входят следующие задачи:

- *обобщить и систематизировать знания по:*
  - современным представлениям об атомно-молекулярном строении вещества, экспериментальным и теоретическим методам исследования внутреннего строения атомов и молекул;
  - основным законам, идеям и принципам атомной физики; физическим эффектам и явлениям, обусловленным, в основном, электронными оболочками атомов и молекул;
- *научить:*
  - с научной точки зрения осмысливать и интерпретировать основные положения атомных и молекулярных явлений;
  - применять полученные знания для правильной интерпретации основных явлений атомной физики;
  - надлежащим образом оценивать порядки физических величин;
  - использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники;
  - настраивать и эксплуатировать экспериментальные приборы для исследования внутреннего строения атомов;
  - применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов;
- *сформировать:*
  - навыки применения основных методов физико-математического анализа для решения конкретных задач физики атомов и молекул;
  - навыки физико-математического моделирования;
  - умение с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и экспериментальных измерений;

- навыки правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лаборатории;
- навыки обработки и интерпретирования результатов эксперимента;
- умение анализировать физический смысл полученных результатов.

### 1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.ДВ.08.01 «Специальные вопросы атомной физики» входит в дисциплины по выбору Б1.В.ДВ вариативной части Б1.В блока 1. Дисциплины (модули) Б1 учебного плана.

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с дисциплинами модулей «Математика», «Общая физика», «Общий физический практикум». Для освоения данной дисциплины необходимо владеть методами математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, решением алгебраических, дифференциальных и интегральных уравнений; теории функций комплексного переменного, теории вероятностей и математической статистики; знать основные физические законы; уметь применять математические методы и физические законы для решения практических задач.

В результате изучения настоящей дисциплины студенты должны получить знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и обеспечивающие базовую подготовку для усвоения дисциплин базовой и вариативной частей блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

### 1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций: ОПК-1, ПК-1.

| № п/п | Индекс компетенции | Содержание компетенции (или её части)                                                                                                 | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                    |                                                                                                                                       | знать                                                                                                                                                                                                                                                                                        | уметь                                                                                                                                                                                                                                                                                      | владеть                                                                                                                                                                                                                                |
| 1     | ОПК-1              | способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности | – современные представления об атомном строении вещества, основные законы, идеи и принципы атомной физики, их становление и развитие в исторической последовательности, их математическое описание, теоретическое исследование и практическое использование;<br>– современные методы физико- | – с научной точки зрения осмысливать и интерпретировать основные положения атомных явлений, оценивать порядки физических величин, использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники;<br>– в практической деятельности применять знания о физических свойствах | – методами проведения физических исследований и измерений;<br>– навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественно-научных задач;<br>– навыками обработки и интерпретирования результатов фи- |

| №<br>п/п | Индекс<br>компе-<br>тенции | Содержание<br>компетенции<br>(или её части)                                                                                     | В результате изучения учебной дисциплины<br>обучающиеся должны                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                            |                                                                                                                                 | знать                                                                                                                                                                                | уметь                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | владеть                                                                                                                                                                                                                                                              |
|          |                            |                                                                                                                                 | математического моделирования и теоретического исследования явлений физики атома, методы наблюдения атомных явлений, их экспериментальное исследование и практическое использование; | объектов и явлений для создания гипотез и теоретических моделей, проводить анализ границ их применимости;<br>– применять соответствующие методы проведения физических исследований и измерений;<br>– применять основные методы физико-математического анализа для решения естественно-научных задач и физического моделирования в производственной практике; | физико-математического моделирования, теоретического расчета и экспериментального исследования;                                                                                                                                                                      |
| 2        | ПК-1                       | способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования | – принципы устройства и функционирования экспериментальных приборов для исследования внутреннего строения атомов.                                                                    | – применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов;<br>– настраивать и эксплуатировать экспериментальные приборы для исследования внутреннего строения атомов;<br>– применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов;<br>– с помощью адекватных методов оценивать точность и по-     | – навыками правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лаборатории;<br>– навыками обработки и интерпретирования результатов эксперимента;<br>– навыками применения полученных теоретических знаний для решения прикладных задач. |

| №<br>п/п | Индекс<br>компе-<br>тенции | Содержание<br>компетенции<br>(или её части) | В результате изучения учебной дисциплины<br>обучающиеся должны |                                                                                                                             |         |
|----------|----------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|          |                            |                                             | знать                                                          | уметь                                                                                                                       | владеть |
|          |                            |                                             |                                                                | грешность теоре-<br>тических расче-<br>тов и измерений,<br>анализировать<br>физический<br>смысл получен-<br>ных результатов |         |

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач. ед. (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

| Вид учебной работы                                                    |                                      | Всего<br>часов | Семестры<br>(часы) |   |   |   |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------|--------------------|---|---|---|
|                                                                       |                                      |                | 5                  |   |   |   |
| <b>Контактная работа, в том числе:</b>                                |                                      |                |                    |   |   |   |
| <b>Аудиторные занятия (всего):</b>                                    |                                      | 40,2           | 40,2               |   |   |   |
| Занятия лекционного типа                                              |                                      | —              | —                  | — | — | — |
| Лабораторные занятия                                                  |                                      | —              | —                  | — | — | — |
| Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)            |                                      | 36             | 36                 | — | — | — |
|                                                                       |                                      | —              | —                  | — | — | — |
| <b>Иная контактная работа:</b>                                        |                                      |                |                    |   |   |   |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)                                 |                                      | 4              | 4                  |   |   |   |
| Промежуточная аттестация (ИКР)                                        |                                      | 0,2            | 0,3                |   |   |   |
| <b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>                           |                                      |                |                    |   |   |   |
| Курсовая работа                                                       |                                      | —              | —                  | — | — | — |
| Проработка учебного (теоретического) материала                        |                                      | 12             | 12                 | — | — | — |
| Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций) |                                      | 7,8            | 7,8                | — | — | — |
| Реферат                                                               |                                      | —              | —                  | — | — | — |
|                                                                       |                                      |                |                    |   |   |   |
| Подготовка к текущему контролю                                        |                                      | 12             | 12                 | — | — | — |
| <b>Контроль:</b>                                                      |                                      |                |                    |   |   |   |
| Подготовка к экзамену                                                 |                                      | —              | —                  |   |   |   |
| <b>Общая трудоемкость</b>                                             | <b>час.</b>                          | <b>72</b>      | <b>72</b>          | — | — | — |
|                                                                       | <b>в том числе контактная работа</b> | <b>40,2</b>    | <b>40,2</b>        |   |   |   |
|                                                                       | <b>зач. ед.</b>                      | <b>2</b>       | <b>2</b>           |   |   |   |

Контактная работа при проведении учебных занятий по дисциплине «Специальные вопросы атомной физики» включает в себя: практические занятия, групповые и индивидуальные консультации; промежуточная аттестация в устной форме.

### 2.2. Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.  
Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 5 семестре (очная форма):

| №<br>п/п | Наименование разделов (тем)                            | Количество часов |                   |           |    |          |                                     |
|----------|--------------------------------------------------------|------------------|-------------------|-----------|----|----------|-------------------------------------|
|          |                                                        | Всего            | Аудиторная работа |           |    | КСР      | Внеауди-<br>торная<br>работа<br>СРС |
|          |                                                        |                  | Л                 | ПЗ        | ЛР |          |                                     |
| 1        | Введение в атомную физику                              | 5,8              |                   | 2         |    |          | 3,8                                 |
| 2        | Планетарная модель атома Резерфорда–Бора               | 8                |                   | 4         |    |          | 4                                   |
| 3        | Корпускулярно-волновой дуализм                         | 6                |                   | 2         |    |          | 4                                   |
| 4        | Основы квантовой теории                                | 8                |                   | 4         |    |          | 4                                   |
| 5        | Уравнения Шредингера и квантовая теория атома водорода | 14               |                   | 8         |    | 2        | 4                                   |
| 6        | Многоэлектронные атомы                                 | 8                |                   | 4         |    |          | 4                                   |
| 7        | Атом в поле внешних сил                                | 8                |                   | 4         |    |          | 4                                   |
| 8        | Принцип Паули и электронная конфигурация атомов        | 14               |                   | 8         |    | 2        | 4                                   |
|          | <b>Итого по дисциплине:</b>                            | <b>71,8</b>      |                   | <b>36</b> |    | <b>4</b> | <b>31,8</b>                         |

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента, КСР – контроль самостоятельной работы.

## 2.3. Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1. Занятия лекционного типа

Согласно учебному плану занятия лекционного типа по данной дисциплине предусмотрены в рамках учебной дисциплины Б1.Б.08 Атомная физика (см. соответствующую РПД).

### 2.3.2. Занятия семинарского типа

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела (темы) | Содержание раздела (темы)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Форма текущего<br>контроля                                      |
|----------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1        | Введение в атомную физику      | Предмет и задачи атомной физики. Микромир. Масштабы. Экспериментальные данные о строении атома. Сериальные закономерности в атомных спектрах, комбинационный принцип Ритца, термы. Классическая модель атома Томсона. Элементы классической теории электромагнитного излучения.<br><br>Элементы квантовой оптики. Кванты света (фотоны). Тепловое излучение: классический и квантово-механический подход. Фотоэффект: его виды и законы. Формула Эйнштейна. Давление излучения. Поглощение излучения. Излучение Вавилова–Черенкова. Эффект Комптона. | Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий |

|   |                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                 |
|---|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Планетарная модель атома Резерфорда–Бора               | <p>Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома. Вывод формулы Резерфорда для рассеяния <math>\alpha</math>-частиц. Следствия из опытов Резерфорда. Экспериментальная проверка формулы Резерфорда. Планетарная модель атома Резерфорда. Столкновение частиц. Сечение рассеяния.</p> <p>Спектральные серии атома водорода. Элементарная боровская теория атома водорода. Постулаты Бора. Экспериментальное подтверждение дискретной структуры энергетических уровней атомов, опыты Франка и Герца. Боровская модель атома водорода. Спектральные серии водородоподобных систем. Недостатки теории Бора.</p>                                                                                                                                                                                    | Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий                                 |
| 3 | Корпускулярно-волновой дуализм                         | <p>Частицы и волны. Корпускулярно-волновой дуализм. Гипотеза де Бройля и ее экспериментальное подтверждение на примере дифракции электронов, атомов, нейтронов. Опыты Девиссона–Джермера и Томсона. Фазовая и групповая скорости волн де Бройля. Статистический характер связи корпускулярных и волновых свойств.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий                                 |
| 4 | Основы квантовой теории                                | <p>Состояние частицы в квантовой теории. Волновая функция и ее статистический смысл. Принцип суперпозиции. Операторы в квантовой механике и их свойства. Собственные значения и собственные функции операторов. Операторы важнейших физических величин (координаты, импульса, момента импульса, проекции момента импульса, кинетической, потенциальной и полной энергии). Условие возможности одновременного измерения физических величин. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.</p> <p>Характерные задачи квантовой механики. Движение свободной частицы. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. Линейный гармонический осциллятор. Отражение и прохождение сквозь прямоугольный потенциальный порог. Потенциальный барьер конечной ширины. Туннельный эффект.</p> | Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий                                 |
| 5 | Уравнения Шредингера и квантовая теория атома водорода | <p>Временное и стационарное уравнение Шредингера. Квантование. Уравнения Шредингера в операторной форме. Оператор Гамильтона. Определение энергетического спектра системы как задача на собственные значения оператора Гамильтона.</p> <p>Квантово-механическое описание атома водорода. Уравнение Шредингера</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / выполнение контрольной работы |

|   |                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                 |
|---|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                                                 | для атома водорода. Физический смысл квантовых чисел. Разделение переменных. Угловое и радиальное распределение электронной плотности. Энергетический спектр. Операторы момента импульса и проекции момента импульса и их собственные значения. Правила отбора. Нормальное состояние атома. Волновые функции и распределение плотности вероятности. 1s-состояние электрона в атоме водорода.                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                 |
| 6 | Многоэлектронные атомы                          | <p>Квантование водородоподобных атомов. Кратность вырождения энергетических уровней. Символика состояний электрона в атоме. Распределение плотности вероятности. Уровни и спектры щелочных металлов. Правила отбора и спектральные серии. Тонкая структура спектральных линий водородоподобных атомов.</p> <p>Орбитальные магнитный и механический моменты. Спин и собственный магнитный момент электрона. Экспериментальное доказательство существования спина, опыты Штерна–Герлаха. Полный момент импульса. Описание состояний электрона в атоме с помощью наборов квантовых чисел. Спин-орбитальное взаимодействие.</p> | Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий                                 |
| 7 | Атом в поле внешних сил                         | Магнитные свойства атомов. Орбитальный, спиновый и полный магнитный моменты атома. Гиромагнитное отношение и магнетон Бора. Атом во внешнем магнитном поле. Нормальный и аномальный эффекты Зеемана и эффект Пашена–Бака. Энергия атома в магнитном поле. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) и его приложения. Атом в электрическом поле. Эффект Штарка.                                                                                                                                                                                                                                                              | Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий                                 |
| 8 | Принцип Паули и электронная конфигурация атомов | Системы тождественных частиц. Симметрия волновых функций. Бозоны и фермионы. Многоэлектронные атомы. Общие принципы описания многоэлектронного атома. Принцип Паули и квантово-механическая формулировка принципа Паули. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Суммарные орбитальный, спиновый и полный моменты многоэлектронного атома. LS (нормальная) и jj-связи. Спектральные обозначения и правила отбора. Заполнение электронных оболочек в атомах. Периодическая система элементов Менделеева. Электронная конфигурация и правила Хунда.                                                         | Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / выполнение контрольной работы |

## Практические занятия

| № п/п  | № раздела дисциплины | Наименование практических занятий                                                                                                                                                                     | Кол-во часов |
|--------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1      | 1, 2                 | Модели атомов Томсона и Резерфорда. Закономерности в спектрах атомов водорода и водородоподобных атомов.                                                                                              | 4            |
| 2      | 2, 3                 | Рассеяние $\alpha$ -частиц веществом. Формула Резерфорда. Постулаты Бора. Модель атома Бора. Опыт Франка и Герца. Волны де Бройля.                                                                    | 4            |
| 3      | 4                    | Основы квантовой механики. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Операторы физических величин. Собственные значения и собственные функции операторов.                                            | 4            |
| 4      | 5                    | Основы квантово-механического представления о строении атома. Одноэлектронный атом. Уравнение Шредингера для атома водорода. Физический смысл квантовых чисел. Энергетический спектр. Правила отбора. | 10           |
| 6      | 6, 8                 | Многочастичные атомы. Оболочки и подоболочки. Состояние. Электронная конфигурация. Терм. Основные термы атомов. Периодическая таблица элементов (основы построения).                                  | 10           |
| 7      | 7                    | Магнитные свойства атомов. Орбитальный, механический и магнитный моменты электрона. Энергия атома в магнитном поле. Эффект Зеемана. Атом в электрическом поле. Эффект Штарка.                         | 4            |
| Итого: |                      |                                                                                                                                                                                                       | 36           |

### 2.3.3. Лабораторные занятия

Согласно учебному плану лабораторные занятия по данной дисциплине предусмотрены в рамках учебной дисциплины Б1.Б.10 Общий физический практикум (Атомная физика) (см. соответствующую РПД).

### 2.3.4. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены.

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

| № п/п | Вид СРС                                                                                                                                               | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Проработка учебного (теоретического) материала);<br>выполнение индивидуальных заданий;<br>реферат;<br>подготовка к текущей и промежуточной аттестации | Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.                    |

|   |                                            |                                                                        |
|---|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Подготовка к практическим занятиям         | Методические указания по организации самостоятельной работы студентов. |
| 3 | Подготовка к выполнению лабораторных работ | Методические указания по организации самостоятельной работы студентов. |

| № п/п | Наименование раздела (темы)                            | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Введение в атомную физику                              | <p>1. Атомная физика: учебно-методическое пособие / [А.П. Барков, В.С. Дорош, В.Е. Лысенко и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. – Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2016.</p> <p>2. Электронный курс «Физика атома» (включает в себя: 1) электронный курс лекций; 2) контрольные вопросы по разделам учебного курса; 3) практические задания по разделам учебного курса; 4) тесты по разделам учебного курса); режим доступа:<br/> <a href="http://moodle.kubsu.ru/">http://moodle.kubsu.ru/</a></p> <p>3. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательство «Лаборатория знаний», 2017. – 261 с. – Режим доступа:<br/> <a href="https://e.lanbook.com/book/94103">https://e.lanbook.com/book/94103</a></p> <p>4. Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Иродов, И.Е. – 11-е изд. – М.: Лаборатория знаний, 2017. – 434 с. – Режим доступа:<br/> <a href="https://e.lanbook.com/book/94101">https://e.lanbook.com/book/94101</a></p> <p>5. Савельев И.В. Курс физики [Электронный ресурс]: учебное пособие: в 3 т. Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / Савельев И. В. – СПб.: Лань, 2018. – 308 с. – Режим доступа:<br/> <a href="https://e.lanbook.com/book/98247#authors">https://e.lanbook.com/book/98247#authors</a></p> <p>6. Савельев И.В. Курс общей физики [Электронный ресурс]: учебное пособие: в 5 т. Т. 5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И.В. Савельев. – СПб.: Лань, 2011. – 384 с. – Режим доступа:<br/> <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/708/#authors">https://e.lanbook.com/reader/book/708/#authors</a></p> <p>7. Будкер Д. Атомная физика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д. Будкер, Д. Кимбелл, Д. Де-Милль. – Электрон. дан. – Москва: Физматлит, 2010. – 396 с. – Режим доступа:<br/> <a href="https://e.lanbook.com/book/48253">https://e.lanbook.com/book/48253</a></p> <p>8. Иродов И.Е. Атомная и ядерная физика:</p> |
| 2     | Планетарная модель атома Резерфорда–Бора               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3     | Корпускулярно-волновой дуализм                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 4     | Основы квантовой теории                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 5     | Уравнения Шредингера и квантовая теория атома водорода |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 6     | Многоэлектронные атомы                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 7     | Атом в поле внешних сил                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 8     | Принцип Паули и электронная конфигурация атомов        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>сборник задач: учебное пособие / И.Е. Иродов. – Изд. 8-е, испр. – СПб. [и др.]: Лань, 2002.</p> <p>9. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике: учебное пособие / И.Е. Иродов. – 2-е изд., испр. – М.: Физматлит: Лаборатория Базовых Знаний, 2001; СПб.: Невский Диалект, 2001.</p> <p>10. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие / И.Е. Иродов. – М.; СПб.: ФИЗМАТЛИТ: Лаборатория Базовых Знаний: Невский Диалект, 2001.</p> <p>11. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 5: Атомная и ядерная физика. – М.: Физматлит, 2006.</p> <p>12. Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие для инженерно-технических специальностей вузов. – М.: Академия, 2010 (18-е изд., стер.). – М.: Академия, 2014 (20-е изд., стер.).</p> <p>13. Трофимова Т.И. Основы физики. Атом, атомное ядро и элементарные частицы: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2011.</p> <p>14. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 1. Введение в атомную физику [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 560 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/442">https://e.lanbook.com/book/442</a></p> <p>15. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 448 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/443">https://e.lanbook.com/book/443</a></p> |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины используются следующие методы:

- проведение практических занятий;
- домашние задания;
- опрос;

- индивидуальные практические задания;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних работ и индивидуальных типовых расчетов, подготовка к опросу).

По изучаемой дисциплине студентам предоставляется возможность открыто пользоваться (в том числе копировать на личные носители информации) подготовленными ведущим данную дисциплину преподавателем материалами в виде **электронного комплекса сопровождения**, включающего в себя:

- электронные конспекты лекций;
- электронные планы практических (семинарских) занятий;
- электронные варианты учебно-методических пособий для выполнения лабораторных заданий;
- списки контрольных вопросов к каждой теме изучаемого курса;
- разнообразную дополнительную литературу, относящуюся к изучаемой дисциплине в электронном виде (в различных текстовых форматах и графических форматах, а также в форматах \*.pdf, \*.djvu).

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и осуществляемое путем написания реферативных работ;

- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

Основные образовательные технологии, используемые в учебном процессе:

- обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем и разрешение проблем;
- компьютерные занятия в режимах взаимодействия «преподаватель – студент», «студент – преподаватель», «студент – студент»;
- технологии смешанного обучения: дистанционные задания и упражнения, составление глоссариев терминов и определений, групповые методы Wiki, интернет-тестирование и анкетирование.

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях:

- технология развития критического мышления;
- использование средств мультимедиа;
- изучение и закрепление нового материала (интерактивная лекция, работа с наглядными пособиями, видео- и аудиоматериалами, использование вопросов, Сократический диалог);

- обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем («Займи позицию (шкала мнений)», проективные техники, «Один – вдвоем – все вместе», «Смени позицию», «Дискуссия в стиле телевизионного ток-шоу», дебаты, симпозиум);

- разрешение проблем («Дерево решений», «Мозговой штурм», «Анализ казусов»);

- творческие задания;

- работа в малых группах;

- использование средств мультимедиа (компьютерные классы).

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

##### **4.1. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля**

- Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля содержит:
- контрольные вопросы по учебной программе;
  - практические задания по учебной программе;
  - контрольные работы по учебной программе.

## Контрольные вопросы по учебной программе

В процессе подготовки и ответов на контрольные вопросы формируются и оцениваются все требуемые ФГОС ВО и ООП для направления 03.03.03 Радиофизика (профиль: Радиофизические методы по областям применения (биофизика) компетенции: ОПК-1, ПК-1.

Ниже приводятся примеры контрольных вопросов для рабочей программы.

Полный комплект контрольных вопросов для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.В.ДВ.08.01 «Специальные вопросы атомной физики».

### Раздел 4.

Запишите условие нормировки волновой функции. Почему фактически всегда можно ограничиться нормировкой волновой функции на единицу?

Запишите и объясните принцип суперпозиции в квантовой механике.

Чему равна вероятность  $W$  обнаружения частицы на оси  $x$  в интервале от  $x_1$  до  $x_2$ , описываемой волновой функцией  $\Psi(x, t)$ ?

Волновая функция, описывающая одномерное движение свободной частицы,  $\Psi(x, t) = A \cdot \exp[-(i/\hbar)(Et - px)]$ , где  $A$  – амплитуда волны де Бройля,  $E$  и  $p$  – соответственно энергия и импульс частицы. Определить плотность вероятности обнаружения частицы в данной точке пространства.

Почему физический смысл связывается не с самой  $\Psi$ -функцией, а с квадратом ее модуля  $|\Psi(\vec{r}, t)|^2 = \Psi^*(\vec{r}, t) \cdot \Psi(\vec{r}, t)$ ?

Почему в квантовой механике рассматривают именно квадрат модуля волновой функции?

Запишите выражение для вероятности нахождения частицы в окрестности точки  $x, y, z$  в момент времени  $t$ .

Волновая функция, описывающая состояние микрочастицы, дается выражением  $\Psi(x, t) = \psi(x) \cdot \exp[-(i/\hbar)Et]$ . Докажите, что плотность вероятности нахождения частицы определяется только координатной  $\psi$ -функцией.

Почему математический аппарат квантовой механики отличается от такового в классической механике?

$A = x, B = d/dx$ . Являются ли эти операторы коммутирующими? Ответ обоснуйте.

Какие операторы называют линейными? Почему квантовая механика использует именно линейные операторы?

Какие операторы называют эрмитовыми? Почему именно этот вид операторов используют в квантовой механике?

Что такое собственные значения и собственные функции оператора физической величины? Запишите уравнение для собственных значений и собственных функций и охарактеризуйте его.

Какова связь между собственными значениями оператора и наблюдаемыми на опыте числовыми значениями физической величины, изображаемой данным оператором?

Когда можно говорить о квантовании физических величин?

Какие системы функций являются ортогональными и нормированными?

Как вычисляются средние значения физических величин?

Когда можно одновременно и точно задать значения двух квантово-механических величин?

Обоснуйте, что оператор проекции момента импульса на полярную ось  $L_z = -i\hbar \cdot \partial / \partial \varphi$

Покажите, что собственные значения оператора  $L_z$  образуют дискретный ряд значений.

Имеет ли смысл в квантовой механике характерное для классической механики представление полной энергии в виде кинетической и потенциальной? Почему?

Что такое гамильтониан и оператор полной энергии?

Являются ли операторы  $T$  и  $U$  коммутирующими?

Сопоставьте известные вам в квантовой механике операторы с соответствующими физическими величинами в классической механике. Какой вывод можно сделать на основе этого?

## Раздел 5.

В чем заключается статистическая интерпретация волновой функции?

Для каких частиц справедливо уравнение Шредингера?

Почему уравнение Шредингера сформулировано как волновое уравнение?

Запишите временное и стационарное уравнения Шредингера и проанализируйте их.

Совершите переход от временного уравнения Шредингера к стационарному.

Запишите одномерное временное и стационарное уравнения Шредингера, проанализируйте их.

Запишите временное и стационарное уравнения Шредингера в операторной форме и проанализируйте их.

Какой вывод можно сделать, сравнив стационарное уравнение Шредингера с уравнением для собственных значений и собственных функций?

Что можно сказать об операторной форме уравнения Шредингера?

Какая частица является свободной?

Покажите, что энергетический спектр свободно движущейся частицы является непрерывным.

Найдите собственные значения энергии частицы в одномерной «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками».

Какова наименьшая энергия частицы в «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками»?

Объясните, почему наименьшее состояние осциллятора не может обладать нулевой энергией.

Какими свойствами микрочастиц обусловлен туннельный эффект?

## Практические задания по учебной программе

В процессе подготовки и выполнения практических заданий формируются и оцениваются все требуемые ФГОС ВО и ООП для направления 03.03.03 Радиофизика (профиль: Радиофизические методы по областям применения (биофизика) компетенции: ОПК-1, ПК-1.

Ниже приводятся примеры практических заданий для рабочей программы.

Полный комплект практических заданий для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.В.ДВ.08.01 Специальные вопросы атомной физики».

### 1(1). Энергия связи атомного ядра

1. Пользуясь табличными значениями масс нуклидов найти энергию связи и удельную энергию связи для ядра  $^{16}_8\text{O}$ .

2. Найти энергию возбуждения ядра  $^{207}_{82}\text{Pb}$ , возникающего при захвате ядром  $^{206}_{82}\text{Pb}$  нейтрона с пренебрежимо малой кинетической энергией.

3. Вычислить энергию связи нейтрона в ядре  $^{14}_7\text{N}$ , если известно, что энергия связи

ядер  $^{14}_7N$  и  $^{13}_7N$  равна соответственно 104,66 и 94,10 МэВ.

4. Пользуясь полуэмпирической формулой Вейцеккера вычислить энергию связи ядра  $^{70}_{30}Zn$ .

5. Ядро  $^{27}_{14}Si$  переходит в «зеркальное» ядро  $^{27}_{13}Al$ , испытывая  $\beta^+$ -распад. Максимальная кинетическая энергия вылетевшего позитрона  $K_{\max} = 3,48$  МэВ. Оценить по этим данным  $r_0$  в формуле для радиуса ядра  $R = r_0 A^{1/3}$ .

### 1(2). Спин и магнитный момент атомного ядра

1. С помощью модели ядерных оболочек найти спин, четность и магнитный момент ядра  $^{17}_8O$  в основном состоянии.

2. Найти число компонент сверхтонкого расщепления линии  $^2P_{3/2} \rightarrow ^2S_{1/2}$  для атома  $^{39}K$ , спин которого равен 3/2.

3. Спин ядра атома лития (его полный угловой момент)  $I = 3/2$ . При учете сверхтонкого взаимодействия интегралом движения является полный момент атома  $\vec{F} = \vec{I} + \vec{J}$  ( $\vec{J}$  – угловой момент электронной оболочки). Найти два возможных значения магнитных моментов атома лития, находящегося в состоянии  $2^2P_{1/2}$ . Собственным магнитным моментом ядра пренебречь.

4. Используя векторную модель, показать, что гиромагнитный множитель нуклона, находящегося в состоянии  $(l, j)$ ,  $g_j = g_l \pm \frac{g_s - g_l}{2l+1}$ , где знак плюс для  $j = l + 1/2$ ; знак минус для  $j = l - 1/2$ ;  $g_s$  и  $g_l$  – спиновый и орбитальный гиромагнитные множители.

5. В сильном магнитном поле каждый из подуровней терма  $^2S_{1/2}$  атома  $^{85}Rb$  расщепляется на 6 компонент. Найти спин ядра атома.

### Контрольные работы по учебной программе

В процессе подготовки и выполнения контрольных работ формируются и оцениваются все требуемые ФГОС ВО и ООП для направления 03.03.03 Радиофизика (профиль: Радиофизические методы по областям применения (биофизика)) компетенции: ОПК-1, ПК-1.

Ниже приводится пример контрольной работы.

Полный комплект контрольных работ для рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.В.ДВ.08.01 «Специальные вопросы атомной физики».

#### Контрольная работа № 1

##### Вариант 1.

1. Какая доля энергии фотона приходится на электрон отдачи при эффекте Комптона, если рассеяние фотона происходит на угол  $\alpha = 90^\circ$ ? Энергия фотона до рассеяния  $E_\phi = 0,51$  МэВ.

2. Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для электрона, имеющего кинетическую энергию  $K = 10$  кэВ.

3. Фотон с энергией  $E = 16,5$  эВ выбил электрон из невозбужденного атома водорода. Какую скорость  $v$  будет иметь электрон вдали от ядра атома?

##### Вариант 2.

1. Рентгеновское излучение с длиной волны  $\lambda_0 = 10$  пм рассеивается свободными электронами. Определите максимальную длину волны рентгеновского излучения в рассеянном пучке.

2. Какую разность потенциалов должен пройти электрон из состояния покоя, чтобы его длина волны стала равной 0,16 нм?

3. При измерении относительной неопределенности скорости локализованного в некоторой области электрона, ускоренного напряжением  $U = 10$  В, получено значение 0,01. Оцените размер области локализации.

### **Вариант 3.**

1. Фотон с энергией, равной энергии покоя электрона, рассеялся на свободном электроне на угол  $\alpha = 120^\circ$ . Определите энергию рассеянного фотона и кинетическую энергию электрона отдачи.

2. Определите кинетическую энергию электрона, если его длина волны де Бройля равна 0,1 пм.

3. Вычислите энергию  $E$  фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый.

Текущий и рубежный контроль осуществляются по контрольным вопросам по изучаемой дисциплине, по итогам выполнения контрольных работ и индивидуальных практических заданий.

## **4.2. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

### **4.2.1. Вопросы, выносимые на зачет по дисциплине «Специальные вопросы атомной физики» для направления подготовки: 03.03.03 Радиофизика**

В процессе подготовки и сдачи зачета формируются и оцениваются все требуемые ФГОС ВО и ООП для направления 03.03.03 Радиофизика (профиль: Радиофизические методы по областям применения (биофизика) компетенции: ОПК-1, ПК-1.

1. Микромир. Масштабы. Экспериментальные данные о строении атома. Сериальные закономерности в атомных спектрах, комбинационный принцип Ритца, термы.

2. Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома. Вывод формулы Резерфорда для рассеяния  $\alpha$ -частиц.

3. Следствия из опытов Резерфорда. Экспериментальная проверка формулы Резерфорда. Планетарная модель атома Резерфорда. Эффективное сечение рассеяния.

4. Спектральные серии атома водорода. Элементарная боровская теория атома водорода. Постулаты Бора.

5. Частицы и волны. Корпускулярно-волновой дуализм. Гипотеза де Бройля и ее экспериментальное подтверждение. Фазовая и групповая скорости волн де Бройля.

6. Условие возможности одновременного измерения физических величин. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.

7. Состояние частицы в квантовой теории. Волновая функция и ее статистический смысл. Принцип суперпозиции.

8. Операторы в квантовой механике и их свойства. Собственные значения и собственные функции операторов.

9. Средние значения физических величин. Условие возможности одновременного измерения физических величин.

10. Операторы важнейших физических величин (координаты, импульса, вектора импульса, момента импульса, квадрата момента импульса).

11. Операторы важнейших физических величин (проекция момента импульса, кинетической энергии, потенциальной энергии, полной энергии).
12. Временное и стационарное уравнения Шредингера. Квантование. Уравнения Шредингера в операторной форме. Оператор Гамильтона.
13. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками.
14. Одномерная прямоугольная потенциальная яма со стенками конечной высоты.
15. Линейный гармонический осциллятор.
16. Отражение и прохождение сквозь прямоугольный потенциальный барьер.
17. Потенциальный барьер конечной ширины. Туннельный эффект.
18. Квантово-механическое описание атома водорода. Разделение переменных. Квантовые числа. Энергетический спектр. Угловое и радиальное распределение электронной плотности.
19. Операторы момента импульса и проекции момента импульса и их собственные значения. Правила отбора.  $1s$ -состояние электрона в атоме водорода.
20. Квантование водородоподобных атомов. Кратность вырождения энергетических уровней. Символика состояний электрона в атоме. Уровни и спектры щелочных металлов.
21. Правила отбора и спектральные серии водородоподобных атомов. Тонкая структура спектральных линий водородоподобных атомов.
22. Орбитальный магнитный и механический моменты. Спин и собственный магнитный момент электрона. Экспериментальное подтверждение существования спина.
23. Полный момент импульса. Описание состояний электрона в атоме с помощью наборов квантовых чисел. Спин-орбитальное взаимодействие.
24. Магнитные свойства атомов. Орбитальный, спиновый и полный магнитный моменты атома. Опыты Штерна–Герлаха. Гиромагнитное отношение и магнетон Бора.
25. Атом во внешнем магнитном поле. Нормальный и аномальный эффекты Зеемана и эффект Пашена–Бака. Электронный парамагнитный резонанс.
26. Принцип Паули и заполнение электронных оболочек в многоэлектронных атомах. Атомные оболочки и подоболочки. Спектральные обозначения и правила отбора.
27. Электронная конфигурация. Суммарные орбитальный, спиновый и полный моменты многоэлектронного атома.  $LS$ - и  $jj$ -связи. Спектральные обозначения и правила отбора.
28. Периодическая система элементов Менделеева. Электронная конфигурация и правила Хунда.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **5.1. Основная литература:**

1. Атомная физика: учебно-методическое пособие / [А.П. Барков, В.С. Дорош, В.Е. Лысенко и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. – Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2016.

2. Электронный курс «Физика атома» (включает в себя: 1) электронный курс лекций; 2) контрольные вопросы по разделам учебного курса; 3) практические задания по разделам учебного курса; 4) тесты по разделам учебного курса); режим доступа:

<http://moodle.kubsu.ru/>

3. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательство «Лаборатория знаний», 2017. – 261 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/94103>

4. Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Иродов, И.Е. – 11-е изд. – М.: Лаборатория знаний, 2017. – 434 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/94101>

5. Савельев И.В. Курс физики [Электронный ресурс]: учебное пособие: в 3 т. Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / Савельев И. В. – СПб.: Лань, 2018. – 308 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/98247#authors>

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

### **5.2. Дополнительная литература:**

1. Савельев И.В. Курс общей физики [Электронный ресурс]: учебное пособие: в 5 т. Т. 5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И.В. Савельев. – СПб.: Лань, 2011. – 384 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/reader/book/708/#authors>

2. Будкер Д. Атомная физика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д. Будкер, Д. Кимбелл, Д. ДеМилль. – Электрон. дан. – Москва: Физматлит, 2010. – 396 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/48253>

3. Иродов И.Е. Атомная и ядерная физика: сборник задач: учебное пособие / И.Е. Иродов. – Изд. 8-е, испр. – СПб. [и др.]: Лань, 2002.

4. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике: учебное пособие / И.Е. Иродов. – 2-е изд., испр. – М.: Физматлит: Лаборатория Базовых Знаний, 2001; СПб.: Невский Диалект, 2001.

5. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие / И.Е. Иродов. – М.; СПб.: ФИЗМАТЛИТ: Лаборатория Базовых Знаний: Невский Диалект, 2001.

6. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 5: Атомная и ядерная физика. – М.: Физматлит, 2006.

7. Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие для инженерно-технических специальностей вузов. – М.: Академия, 2010 (18-е изд., стер.). – М.: Академия, 2014 (20-е изд., стер.).

8. Трофимова Т.И. Основы физики. Атом, атомное ядро и элементарные частицы: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2011.

9. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 1. Введение в атомную физику [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 560 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/442>

10. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 448 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/443>

### **5.3. Периодические издания:**

В мире науки

Журнал экспериментальной и теоретической физики

Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика

Известия российской академии наук. Серия физическая

Инженерно-физический журнал

Письма в журнал «Физика элементарных частиц и атомного ядра

Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики

Успехи физических наук – ежемесячный журнал. Электронная версия журнала: аннотации, статьи в формате pdf

### **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Электронная библиотека ЮРАЙТ: [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru)

2. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ: <https://e.lanbook.com>

3. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»:  
<http://window.edu.ru/window>

4. Библиотека электронных учебников:  
<http://www.book-ua.org/>

5. Аннотированный тематический каталог Интернет ресурсов по физике:  
<http://www.college.ru/>

6. Федеральный образовательный портал:  
[http://www.edu.ru/db/portal/sites/res\\_page.htm](http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm)

7. Каталог научных ресурсов:  
<http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>

8. Большая научная библиотека:  
<http://www.sci-lib.com/>

9. Естественно-научный образовательный портал:  
<http://www.en.edu.ru/catalogue/>

10. Учебно-образовательная физико-математическая библиотека сайта EqWorld:  
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/>

11. Лекции по физике для ВУЗов:  
<http://physics-lectures.ru/>

13. Техническая библиотека:  
<http://techlibrary.ru/>

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

Лекция является одной из форм изучения теоретического материала по дисциплине. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных подходов и теорий. В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. Записи должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспекте применяют сокращение слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникающие в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения.

Одним из основных видов деятельности студента является самостоятельная работа, которая включает в себя изучение лекционного материала, учебников и учебных пособий, подготовки к выполнению лабораторных работ и оформлению технических отчётов по ним, а также подготовки к практическим занятиям изучением краткой теории в задачниках и решении домашних заданий.

Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:

- составлением индивидуальных планов самостоятельной работы каждого из студентов с указанием темы и видов занятий, форм и сроков представления результатов;
- проведением консультаций (индивидуальных или групповых), в том числе с применением дистанционной среды обучения.

Критерий оценки эффективности самостоятельной работы студентов формируется в ходе промежуточного контроля процесса выполнения заданий и осуществляется на основе различных способов взаимодействия в открытой информационной среде и отражается в процессе формирования так называемого «электронного портфеля студента».

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- выполнение семестровой контрольной работы по индивидуальным вариантам;
- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и осуществляемое путем написания реферативных работ;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

К средствам обеспечения освоения дисциплины «Специальные вопросы атомной физики» также относятся электронные варианты дополнительных учебных, научно-популярных и научных изданий по ядерной физике.

### Типовые задания для самостоятельной работы студентов

| № темы | Тема или задание текущей работы          | Кол-во часов | Форма представления результатов                                                                         | Сроки выполнения (недели) |
|--------|------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1      | Введение в атомную физику                | 4            | Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение практических заданий, тестов и контрольных работ. | 1                         |
| 2      | Планетарная модель атома Резерфорда–Бора | 4            | Устный ответ.                                                                                           | 1                         |

|   |                                                        |     |                                                                                                         |   |
|---|--------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|   |                                                        |     | Текстовый документ. Реферат. Выполнение практических заданий, тестов и контрольных работ.               |   |
| 3 | Корпускулярно-волновой дуализм                         | 4   | Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение практических заданий, тестов и контрольных работ. | 1 |
| 4 | Основы квантовой теории                                | 4   | Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение практических заданий, тестов и контрольных работ. | 1 |
| 5 | Уравнения Шредингера и квантовая теория атома водорода | 4   | Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение практических заданий, тестов и контрольных работ. | 1 |
| 6 | Многоэлектронные атомы                                 | 4   | Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение практических заданий, тестов и контрольных работ. | 1 |
| 7 | Атом в поле внешних сил                                | 3,8 | Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение практических заданий, тестов и контрольных работ. | 1 |
| 8 | Принцип Паули и электронная конфигурация атомов        | 4   | Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение практических                                      | 1 |

|        |  |      |                                            |   |
|--------|--|------|--------------------------------------------|---|
|        |  |      | заданий, тестов<br>и контрольных<br>работ. |   |
| Итого: |  | 31,8 |                                            | 8 |

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету (в том числе через email, Skype или viber) являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **8.1. Перечень информационных технологий**

Информационные образовательные технологии возникают при использовании средств информационно-вычислительной техники. Образовательную среду, в которой осуществляются образовательные информационные технологии, определяют работающие с ней компоненты:

- техническая (вид используемых компьютерной техники и средств связи);
- программно-техническая (программные средства поддержки реализуемой технологии обучения);
- организационно-методическая (инструкции учащимся и преподавателям, организация учебного процесса).

Под образовательными технологиями в высшей школе понимается система научных и инженерных знаний, а также методов и средств, которые используются для создания, сбора, передачи, хранения и обработки информации в предметной области высшей школы. Формируется прямая зависимость между эффективностью выполнения учебных программ и степенью интеграции в них соответствующих информационно-коммуникационных технологий.

Информационная образовательная среда представляет собой информационную систему, объединяющую посредством сетевых технологий, программные и технические средства, организационное, методическое и математическое обеспечение, предназначенное для повышения эффективности и доступности образовательного процесса подготовки специалистов.

Характерной чертой образовательной среды является возможность студентов и преподавателей обращаться к структурированным учебно-методическим материалам, обучающим мультимедийным комплексам всего университета в любое время и в любой точке пространства. Помимо доступности учебного материала, необходимо обеспечить обучаемому возможность связи с преподавателем, получение консультации в он-лайн или офф-лайн режимах, а также возможность получения индивидуальной «навигации» в освоении того или иного предмета. Студенты будут стремиться к гибкому режиму обучения, модульным программам с многочисленными поступлениями и отчислениями, которые позволят накапливать зачетные единицы, свободно переводиться из одного вуза в другой с учетом предыдущего опыта, знаний и навыков. По-прежнему важной для студентов останется возможность личного развития и профессионального роста; программы получения степени и короткие курсы, возможно, будут пользоваться одинаковым спросом; резко возрастет потребность в программах профессионального обучения и аспирантских программах.

Информационные технологии могут быть использованы при обучении студентов несколькими способами. В самом простом случае реальный учебный процесс идет по обычным

технологиям, а информационные технологии применяются лишь для промежуточного контроля знаний студентов в виде тестирования. Этот подход к организации образовательного процесса представляется очень перспективным ввиду того, что при его достаточно широком использовании университет может получить серьезную экономию средств из-за более низкой стоимости проведения сетевого компьютерного тестирования по сравнению с аудиторным.

Применение образовательных информационных ресурсов в качестве дополнения к традиционному учебному процессу имеет большое значение в тех случаях, когда на качественное усвоение объема учебного материала, предусмотренного ГОС, не хватает аудиторных занятий по учебному плану. Кроме того, такая форма организации учебного процесса очень важна при неодинаковой начальной подготовке обучающихся.

Следует особенно подчеркнуть, что при таком подходе крайне важно обеспечить интенсивный контроль степени усвоения материала. Как правило, по каждой теме предусмотрено большое по объему контрольное задание или контрольное тестирование.

Таким образом, накопленный опыт применения информационных и дистанционных технологий в учебном процессе в различных вариантах позволяет говорить об определенных преимуществах подобных форм организации учебного процесса:

- становится возможной принципиально новая организация самостоятельной работы студентов;
- возрастает интенсивность учебного процесса;
- у студентов появляется дополнительная мотивация к познавательной деятельности;
- доступность учебных материалов в любое время;
- возможность самоконтроля степени усвоения материала по каждой теме неограниченное количество раз.

## 8.2. Перечень необходимого программного обеспечения

1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation).
2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation).
3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.

| № договора                             | Перечень лицензионного программного обеспечения                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Дог. №77-АЭФ/223-ФЗ/2017 от 03.11.2017 | Подписка на 2017-2018 учебный год на программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов: |
|                                        | DsktpEdu ALNG LicSAPk MVL                                                                                                                                                                                                   |

4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран.

| № договора                            | Перечень лицензионного программного обеспечения                                                                                                                                        |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Контракт №69-АЭФ/223-ФЗ от 11.09.2017 | Комплект антивирусного программного обеспечения (продление прав пользования):                                                                                                          |
|                                       | Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов:<br>Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational Renewal License |

|  |                                                                                                                                                                                        |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Антивирусная защита виртуальных серверов: Kaspersky Security для виртуальных сред, Server Russian Edition. 25–49 VirtualServer 1 year Educational Renewal License                      |
|  | Защита почтового сервера от спама: Kaspersky Anti-Spam для Linux Russian Edition. 5000+ MailBox 1 year Educational Renewal License                                                     |
|  | Антивирусная защита виртуальных рабочих станций (VDI): Kaspersky Security для виртуальных сред, Desktop Russian Edition. 150–249 VirtualWorkstation 1 year Educational Renewal License |

5. Система компьютерной математики MATHCAD с необходимыми пакетами расширений (© Parametric Technology Corporation).

6. Система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами (© The MathWorks).

| № договора                            | Перечень лицензионного программного обеспечения                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Контракт №115-ОАЭФ/2013 от 05.08.2013 | Продление программной поддержки и приобретение прав пользования прикладным программным обеспечением                                                                                                                                                   |
|                                       | MathWorks MATLAB                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                       | PTC MATHCAD University Classroom Perpetual – Floating Maintenance Gold                                                                                                                                                                                |
| Контракт №127-АЭФ/2014 от 29.07.2014  | Предоставление бессрочных прав пользования программным обеспечением, возможность загрузки лицензионного программного обеспечения через Интернет:                                                                                                      |
|                                       | Mathworks<br>MATLAB Wavelet Toolbox                                                                                                                                                                                                                   |
|                                       | Mathworks<br>Simulink, Signal Processing Toolbox                                                                                                                                                                                                      |
|                                       | Mathworks<br>Fuzzy Logic Toolbox<br>Neural Network Toolbox<br>Optimization Toolbox<br>Statistics Toolbox<br>Partial Differential Equation Toolbox<br>DSP System Toolbox<br>Communications System Toolbox<br>Financial Toolbox<br>Econometrics Toolbox |
|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                       |

### 8.3. Перечень информационных справочных систем

1. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU:

<http://www.elibrary.ru>

2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»:

<http://window.edu.ru/window>

3. Рубрикон – крупнейший энциклопедический ресурс Интернета:

<http://www.rubricon.com/>

4. Аннотированный тематический каталог Интернет ресурсов по физике:

<http://www.college.ru/>

5. Каталог научных ресурсов:

<http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>

6. Большая научная библиотека:

<http://www.sci-lib.com/>

7. Естественно-научный образовательный портал:

<http://www.en.edu.ru/catalogue/>

8. Техническая библиотека:

<http://techlibrary.ru/>

9. Физическая энциклопедия:

<http://www.femto.com.ua/articles/>

10. Академик – Словари и энциклопедии на Академике:

[http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_physics/](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/)

[http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_physics/150/Атомная\\_физика/](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/150/Атомная_физика/)

11. Википедия – свободная энциклопедия.

<http://ru.wikipedia.org/wiki/>

Портал «Атомная физика»

[http://ru.wikipedia.org/wiki/Атомная\\_физика/](http://ru.wikipedia.org/wiki/Атомная_физика/)

Портал «Атом»

<http://ru.wikipedia.org/wiki/Атом/>

Портал «Электронная оболочка»

[http://ru.wikipedia.org/wiki/Электронная\\_оболочка/](http://ru.wikipedia.org/wiki/Электронная_оболочка/)

Портал «Молекула»

<http://ru.wikipedia.org/wiki/Молекула/>

Портал «Электронная конфигурация»

[http://ru.wikipedia.org/wiki/Электронная\\_конфигурация/](http://ru.wikipedia.org/wiki/Электронная_конфигурация/)

12. Физическая энциклопедия

<http://www.femto.com.ua/articles/>

Атом – Физическая энциклопедия

[http://www.femto.com.ua/articles/part\\_1/0220.html](http://www.femto.com.ua/articles/part_1/0220.html)

Молекула – Физическая энциклопедия

[http://www.femto.com.ua/articles/part\\_1/2328.html](http://www.femto.com.ua/articles/part_1/2328.html)

Атомная физика – Физическая энциклопедия

[http://www.femto.com.ua/articles/part\\_1/0222.html](http://www.femto.com.ua/articles/part_1/0222.html)

13. Атомная физика | Формулы и расчеты онлайн

[http://www.fxyz.ru/формулы\\_по\\_физике/атомная\\_физика/](http://www.fxyz.ru/формулы_по_физике/атомная_физика/)

14. Атомная физика – Мегаэнциклопедия Кирилла и Мефодия

[http://megabook.ru/rubric/Наука/Физика/Атомная\\_физика/](http://megabook.ru/rubric/Наука/Физика/Атомная_физика/)

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Успешная реализация преподавания дисциплины «Специальные вопросы атомной физики» предполагает наличие минимально необходимого для реализации бакалаврской программы перечня материально-технического обеспечения:

– дисплейный класс с персональными компьютерами для проведения практических групповых занятий;

– программы моделирования физических процессов в атомной физике;

– программы онлайн-контроля знаний студентов (в том числе программное обеспечение дистанционного обучения);

– наличие необходимого лицензионного программного обеспечения (операционная система MS Windows; интегрированное офисное приложение MS Office; системы компьютерной математики MATHCAD и MATLAB+SIMULINK с необходимыми тулбоксами).

При использовании электронных изданий вуз должен обеспечить каждого обучающегося во время самостоятельной подготовки рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет в соответствии с объемом изучаемых дисциплин.

| № п/п | Вид работ                                  | Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Лекционные занятия                         | <p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – ауд. 317, корп. С:</p> <p>Комплект учебной мебели на 150 мест; доска учебная магнитно-маркерная; проектор интерактивный Epson EB-585Wi; трибуна интерактивная SmartOne PRO15;</p> <p>Лицензионное программное обеспечение: Microsoft Windows 8, 10; Microsoft Office Professional Plus (№73–АЭФ/223-Ф3/2018; Соглашение Microsoft ESS 72569510).</p> <p>Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО), а также достаточным количеством посадочных мест: № 209с (проектор EPSON EB-1776W).</p> |
| 2     | Практические занятия                       | <p>Аудитория, оснащенная тремя меловыми или маркерными досками, презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО), а также достаточным количеством посадочных мест:</p> <p>№ 317 (проектор EPSON EB-1776W),<br/>(проектор SANYO PLC-SW20A).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 3     | Лабораторные занятия                       | «Учебная лаборатория атомной и ядерной физики»: ауд. 225с.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 4     | Групповые (индивидуальные) консультации    | Аудитории:<br>209с, 207с, 205с                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5     | Текущий контроль, промежуточная аттестация | Аудитории:<br>209с, 205с                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 6     | Самостоятельная работа                     | Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета:<br>208с, 204с                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |