



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Физический факультет*

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИКА**

Кафедра физической электроники

Образовательная программа  
**03.03.02 – Физика**

Профиль подготовки: **Медицинская физика**

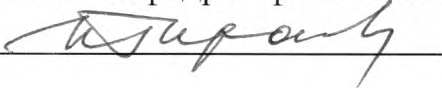
Уровень высшего образования: **Бакалавриат**

Форма обучения: **Очная**

Статус дисциплины: **вариативная**

**Махачкала, 2020 год**

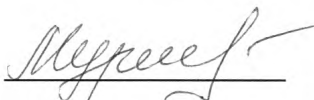
Рабочая программа дисциплины «Радиационная физика» составлена в 2020 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 – Физика (уровень: бакалавриата), утвержденный приказом Минобрнауки России от «7» августа 2014 г. № 937.

Разработчик: кафедра физической электроники, Гираев К.М., к.ф.-м.н., доцент 

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры физической электроники от « 21 » 02 2020 г., протокол № 6.

Зав каф кафедрой  Омаров О.А

на заседании Методической комиссии физического факультета от « 28 » 02 2020 г., протокол № 6.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « 28 » 03 2020 г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А. Г.

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Радиационная физика» входит в вариативную, часть образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 – Физика.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физической электроники.

Курс физики атомного ядра является началом курса квантовой теории. Будущий физик должен знать проблемные вопросы субатомной физики и представлять себе картину микромира в современном состоянии.

Данный комплекс включает программу предмета с указанием литературы, темы для практических занятий с указанием номера задач для аудиторных и внеаудиторных занятий, список лабораторных работ, вопросы, выносимые на коллоквиумы, программу – минимум в виде программированного опорного конспекта.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *общекультурных* – ОК-7; *общепрофессиональных*: – ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3 и *профессиональных* – ПК-2, ПК-5.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции и самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: *контрольная работа (коллоквиум) и промежуточный контроль в форме зачета.*

Объем дисциплины *2 зачетных единиц*, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семестр	Учебные занятия, в том числе:							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					всего		
		из них							
		всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	Консультации		
8	72	36	30	-	-	-	-	40	зачет

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Радиационная физика» является, формирование у студентов системы знаний по квантовой теории. Будущий физик должен знать проблемные вопросы субатомной физики и представлять себе картину микромира в современном состоянии.

Студент в результате изучения данного курса знакомится с основными положениями физики микромира и механизмами ядерных реакций, законами элементарных частиц и природой космического излучения. Курс вводит студента в мир элементарных частиц, которые достаточно сложно устроен. Для описания элементарных частиц оказалось недостаточно знание таких классических характеристик как заряд, масса, момент количества движения; появились новые понятия - странность, очарование, изоспин, кварки, природа которых достаточно сложна.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Радиационная физика» входит в базовый компонент профессионального цикла дисциплин и является обязательной для изучения по образовательной программе бакалавриата по направлению **03.03.02 Физика**.

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью использовать теоретические знания в области общей физики, теоретической физики, медицинской физики для решения конкретных практических задач связанных с радиационных методов в медицине.

Для изучения дисциплины «Радиационная физика» студент должен знать:

- Физику атома, механику, электричество, оптику;
- Основы квантовой механики;
- Основы высшей математики.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения)

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ОК-7	Способностью к самоорганизации и самообразованию	<b>Знать:</b> – нормы культуры мышления, основы логики, нормы критического подхода, основы методологии научного знания, формы анализа; <b>Уметь:</b> – адекватно воспринимать информацию, логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь, критически оценивать свои достоинства и недостатки, – анализировать социально значимые проблемы; <b>Владеть:</b>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками постановки цели, способностью в устной и письменной речи логически</li> <li>– оформить результаты мышления, навыками выработки мотивации к выполнению</li> <li>– профессиональной деятельности.</li> </ul>
<p><b>ОПК-1</b></p>	<p>Способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке);</li> <li>– понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию;</li> <li>– пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики;</li> <li>– правильно соотносить содержание конкретных задач с общими законами физики, эффективно и применять общие законы физики для решения конкретных задач в области атомной физики и на междисциплинарных границах физики с другими областями знаний;</li> <li>– использовать для изучения доступный математический аппарат, включая методы вычислительной математики;</li> <li>– пользоваться в работе справочной и учебной литературой, находить другие методы, необходимые источники информации и работать с ними.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать в профессиональной деятельности явления, приведшие к корпускулярно-волновому дуализму, эксперименты, подтвердившие волновые свойства частиц, дискретность атомных и ядерных состояний;</li> <li>– анализировать явления, в которых наиболее просто и очевидно проявляются квантово-механические закономерности, и определяются в первую очередь их очевидной несовместимостью с классическими представлениями.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основными достижениями в области атомной физики и понимать перспективы их развития;</li> <li>– состоянием существующих квантово-механических моделей атомов и их отличия;</li> <li>– современными методами, концепциями и достижениями в области исследования спектров атома водорода и водородоподобных атомов, щелочных элементов и законы, описывающие их;</li> <li>– общими принципами квантовомеханического подхода к описанию строения вещества на</li> </ul>

		микроскопическом (атомно-молекулярном) уровне.
<b>ОПК-2</b>	Способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– экспериментальные основы современной атомной физики и квантовой механики;</li> <li>– использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, - основные свойства атома водорода.</li> <li>– соотношение неопределенностей, объективно отражающее свойства микрочастиц, и не обуславливающееся особенностями измерения соответствующих величин в конкретном эксперименте.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей;</li> <li>– вычислять энергетические уровни и частоты спектральных линий атома водорода;</li> <li>– определять свойства атомов в зависимости от состояний, в которых они находятся.</li> <li>– использовать для изучения доступный математический аппарат, включая методы вычислительной математики;</li> <li>– использовать в работе справочную и учебную литературу, находить другие методы, необходимые источники информации и работать с ними.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами решения задач, связанных с нахождением свойств атомных состояний;</li> <li>– современной физической аппаратурой и оборудованием;</li> <li>– методами работы с современными образовательными и информационными технологиями.</li> <li>– Должен демонстрировать способность и готовность:</li> <li>– к решению задач, связанных с нахождением свойств атомных состояний;</li> <li>– работать с современными образовательными и информационными технологиями.</li> </ul>
<b>ОПК-3</b>	Способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– теоретические основы, основные понятия, законы и модели атомной физики;</li> <li>– базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики;</li> <li>– методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области атомной физики.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p>

	<p>профессиональных задач</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области атомной физики;</li> <li>– использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике атома;</li> <li>– пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями атомной физики.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области атомной физики;</li> <li>– методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области атомной физики</li> <li>– навыками эксплуатации современной физической аппаратуры и оборудования.</li> </ul>
<p><b>ПК-2</b></p>	<p>Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине;</li> <li>– проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;</li> <li>– критически анализировать и излагать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами;</li> <li>– применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях и при решении конкретных задач по атомной физике;</li> <li>– строить и использовать простейшие модели одно- и многоэлектронных атомов.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– решать задачи для описания поведения частиц в мире атома;</li> <li>– пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики атома;</li> <li>– анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники;</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыки решения простейших квантомеханических задач и научиться применять эти навыки для анализа строения атомов и простейших молекул, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками квантовомеханического расчета атома водорода, молекулы водорода, производить оценки квантовомеханических величин, применять описывать квантовое состояние микрочастиц.</li> <li>– навыками проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>ПК-5</b></p>	<p style="text-align: center;">Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований</p>	<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области физики атома;</li> <li>– применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях;</li> <li>– применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по атомной физике;</li> <li>– строить и использовать простейшие модели одно- и многоэлектронных атомов при проведении физических исследований.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками решения задач для описания поведения частиц в мире атома;</li> <li>– современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований;</li> <li>– устройством используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники;</li> <li>– навыками решения простейших квантомеханических задач и научиться применять эти навыки для анализа строения атомов и простейших молекул, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями.</li> </ul>



**4. Объем, структура и содержание дисциплины.**

**4.1.** Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 36 академических часов.

**4.2.** Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
<b>Модуль 1. Радиоактивность</b>									
1.	Радиоактивность. Радиоактивные ряды и семейства	8	1	2				4	Устный опрос
2.	Законы радиоактивного распада. Уравнение весового равновесия	8	2	3				4	Устный опрос
3.	Физические основы и теория $\alpha$ -распада	8	3	3				4	Устный опрос
4.	Физические основы $\beta$ -распада, теория Ферми	8	4	3				5	Устный опрос
5	Нейтрино, нейтринная астрофизика	8	5	4				4	Устный опрос
	<i>Итого по модулю 1:</i>	8		15				21	Письменная контрольная работа, коллоквиум
<b>Модуль 2. Дозиметрия. Методы регистрации излучений</b>									
1.	Детекторы. Физические основы работы детекторов различного типа	8	6	4				5	Устный опрос
2.	$\gamma$ -излучение, ядерная изомерия, конверсия	8	7	4				5	Устный опрос
3.	Основы дозиметрии. Воздействие излучения на вещество: физическое, химическое биологическое	8	8	4				5	Устный опрос
5.	Ядерно-физические методы анализа радионуклидов.	8	9	3				6	Устный опрос
	<i>Итого по модулю 2:</i>	8		15				21	Письменная контрольная

								работа, коллоквиум
	<b>ИТОГО:</b>	8		30			42	Зачет

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

#### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

##### Модуль 1. Радиоактивность

- Закон радиоактивного распада. Статистический характер распада. Радиоактивные семейства. Искусственная радиоактивность. Виды распада.  $\alpha$ -распад. Туннельный эффект. Зависимость периода  $\alpha$ -распада от энергии  $\alpha$ -частиц.  $\beta$ -распад. Экспериментальное доказательство существования нейтрино. Разрешенные и запрещенные  $\beta$ -переходы. Несохранение четности в  $\beta$ -распаде.  $\gamma$ -излучение ядер. Электрические и магнитные переходы. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия. Эффект Месбауэра. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.
- Система двух нуклонов. Дейтрон-связанное состояние в n-p системе. Тензорный характер ядерных сил. Зарядовая независимость ядерных сил. Изоспин. обменный характер ядерных сил. Мезонная теория нуклон-нуклонного взаимодействия. Модели атомных ядер.
- Микроскопические и коллективные модели. Модель Ферми-газа. Физическое обоснование оболочечной модели. Потенциал среднего ядерного поля. Спин-орбитальное взаимодействие. Одночастичные состояния в ядерном потенциале. Коллективные свойства ядер. Модель жидкой капли. Полуэмпирическая формула энергии связи ядра. Деформация ядер. Колебательные и вращательные состояния ядер. Обобщенная модель ядра. Ядерные реакции.
- Методы изучения ядерных реакций. Детекторы частиц. Принципы работы ускорителей. Сечения реакций. Каналы реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Кинематика ядерных реакций. Механизмы ядерных реакций. Модель составного ядра. Резонансные ядерные реакции. Формула Брейта-Вигнера. Прямые ядерные реакции.
- Оптическая модель ядра. Взаимодействие фотонов и электронов с ядрами. Деление ядер. Деление изотопов урана нейтронами. Цепная реакция деления. Ядерные взрывы. Ядерные реакторы. Реакции синтеза легких ядер. Термоядерная энергия. Трансурановые элементы. Сверхтяжелые ядра. Взаимодействие ядерного излучения с веществом

##### Модуль 2. Дозиметрия. Методы регистрации излучений

- Методы изучения ядерных реакций. Детекторы частиц. Принципы работы ускорителей. Сечения реакций. Каналы реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Кинематика ядерных реакций. Механизмы ядерных реакций. Модель составного ядра. Резонансные ядерные реакции. Формула Брейта-Вигнера. Прямые ядерные реакции.

- Оптическая модель ядра. Взаимодействие фотонов и электронов с ядрами. Деление ядер. Деление изотопов урана нейтронами. Цепная реакция деления. Ядерные взрывы. Ядерные реакторы. Реакции синтеза легких ядер. Термоядерная энергия. Трансурановые элементы. Сверхтяжелые ядра. Взаимодействие ядерного излучения с веществом

- Взаимодействие заряженных частиц со средой. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов. Пробеги заряженных частиц. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов. Прохождение  $\gamma$ -излучения через вещество. Биологическое действие излучения и защита от него. Эксперименты в физике высоких энергий

- Эволюция и состав Вселенной. Реликтовое излучение. Космологический нуклеосинтез в горячей Вселенной. Нуклеосинтез в звездах. Распространенность химических элементов. Нейтринная астрономия. Сверхновые. Нейтронные звезды. Черные дыры. Космические лучи.

## **5. Образовательные технологии**

При реализации данной дисциплины используются различные виды образовательных технологий, связанных с применением научно-исследовательского оборудования и компьютерных средств, в том числе интерактивных презентаций. В частности, в числе образовательных технологий используются ИКТ технологии, работа в команде, проблемное обучение, контекстное обучение, междисциплинарное обучение и опережающая самостоятельная работа. При этом все обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Дагестанского государственного университета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

В части интерактивных технологий, используемых в ходе реализации образовательного модуля, можно выделить кейс-технологию, метод проблемного изложения, мозговой штурм, защита проектов, деловая игра, web 2.0. технологии для дистанционного обучения. В частности, применение Web-технологии обеспечивают доступность информации о результатах научно-образовательной и инновационной деятельности различных вузов и научно-исследовательских групп о последних достижениях в области лагерной медицины, что, в свою очередь, позволяет студентам существенно повысить уровень их дополнительных профессиональных компетенций.

При демонстрации различных методов исследования биообъектов и методов лазерной медицины планируется активное использование приборного парка ЦКП «Аналитическая спектроскопия».

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

Учебной программой дисциплины «Радиационная физика» предусмотрено отведение части объема времени на изучения материала в

качестве самостоятельной работы студентов. Данный вид работы является обязательным, при выполнении которых студент учится принимать самостоятельно решения, разбирать и изучать новый материал, работать с периодической научной литературой, обрабатывать экспериментальные данные, формировать отчет о проделанном исследовании.

Самостоятельная работа студентов по курсу «Радиационная физика» включает:

- самостоятельное изучение теоретического материала с использованием рекомендуемой литературы;
- решение расчетных задач по темам практических работ и выполнение других заданий.

Выполненные задания оформляются в соответствии с требованиями оформления студенческих текстовых документов и сдаются преподавателю в соответствии с графиком самостоятельной работы.

- Федеральный портал «Российское образование». <http://www.edu.ru/>;
- Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов». <http://school-collection.edu.ru/>;
- Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства ([www.fepo.ru](http://www.fepo.ru));
- Российский портал «Открытого образования». <http://www.openet.edu.ru>;
- Сайт образовательных ресурсов ДГУ. <http://edu.icc.dgu.ru>;
- Информационные ресурсы научной библиотеки ДГУ. <http://elib.dgu.ru>;
- Федеральный центр образовательного законодательства. <http://www.lexed.ru> и [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)

## 7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОК-7	Способностью к самоорганизации и самообразованию	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– нормы культуры мышления, основы логики, нормы критического подхода, основы методологии научного знания, формы анализа;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– адекватно воспринимать информацию, логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь, критически оценивать свои</li> </ul>	Круглый стол

		<p>достоинства и недостатки,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализировать социально значимые проблемы;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками постановки цели, способностью в устной и письменной речи логически</li> <li>– оформить результаты мышления, навыками выработки мотивации к выполнению</li> <li>– профессиональной деятельности.</li> </ul>	
<b>ОПК-1</b>	<p>Способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке);</li> <li>– понимать, излагать и критически анализировать базовую общезначимую информацию;</li> <li>– пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики;</li> <li>– правильно соотносить содержание конкретных задач с общими законами физики, эффективно и применять общие законы физики для решения конкретных задач в области атомной физики и на междисциплинарных границах физики с другими областями знаний;</li> <li>– использовать для изучения доступный математический аппарат, включая методы вычислительной математики;</li> <li>– пользоваться в работе справочной и учебной литературой, находить другие методы, необходимые источники информации и работать с ними.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать в профессиональной деятельности явления, приведшие к корпускулярно-волновому дуализму, эксперименты, подтвердившие волновые свойства частиц, дискретность атомных и ядерных состояний;</li> <li>– анализировать явления, в которых наиболее просто и очевидно проявляются квантово-механические закономерности, и определяются в первую очередь их очевидной несовместимостью с классическими представлениями.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основными достижениями в области атомной физики и понимать перспективы их развития;</li> <li>– состоянием существующих квантово-механических моделей атомов и их отличия;</li> <li>– современными методами, концепциями и достижениями в области исследования спектров атома водорода и водородоподобных атомов, щелочных элементов и законы, описывающие их;</li> <li>– общими принципами квантовомеханического подхода к описанию строения вещества на микроскопическом (атомно-молекулярном) уровне.</li> </ul>	
<b>ОПК-2</b>	<p>Способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– экспериментальные основы современной атомной физики и квантовой механики;</li> <li>– использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, - основные свойства атома водорода.</li> <li>– соотношение неопределенностей, объективно отражающее свойства микрочастиц, и не</li> </ul>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>

	<p>полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>обуславливающееся особенностями измерения соответствующих величин в конкретном эксперименте.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей;</li> <li>– вычислять энергетические уровни и частоты спектральных линий атома водорода;</li> <li>– определять свойства атомов в зависимости от состояний, в которых они находятся.</li> <li>– использовать для изучения доступный математический аппарат, включая методы вычислительной математики;</li> <li>– использовать в работе справочную и учебную литературу, находить другие методы, необходимые источники информации и работать с ними.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами решения задач, связанных с нахождением свойств атомных состояний;</li> <li>– современной физической аппаратурой и оборудованием;</li> <li>– методами работы с современными образовательными и информационными технологиями.</li> <li>– Должен демонстрировать способность и готовность:</li> <li>– к решению задач, связанных с нахождением свойств атомных состояний;</li> <li>– работать с современными образовательными и информационными технологиями.</li> </ul>	
--	---	---	--

<p><b>ОПК-3</b></p>	<p>Способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– теоретические основы, основные понятия, законы и модели атомной физики;</li> <li>– базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики;</li> <li>– методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области атомной физики.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области атомной физики;</li> <li>– использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения задач по физике атома;</li> <li>– пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями атомной физики.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации в области атомной физики;</li> <li>– методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области атомной физики</li> <li>– навыками эксплуатации современной физической аппаратуры и оборудования.</li> </ul>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>
<p><b>ПК-2</b></p>	<p>Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– слушать и конспектировать лекции, а также самостоятельно добывать знания по изучаемой дисциплине;</li> <li>– проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и</li> </ul>	<p>Устный опрос, письменный опрос.</p>



	<p>сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</p>	<p>информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– критически анализировать и излагать получаемую на семинарских занятиях информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами;</li> <li>– применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях и при решении конкретных задач по атомной физике;</li> <li>– строить и использовать простейшие модели одно- и многоэлектронных атомов.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– решать задачи для описания поведения частиц в мире атома;</li> <li>– пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в области физики атома;</li> <li>– анализировать устройство используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники;</li> <li>– навыки решения простейших квантомеханических задач и научиться применять эти навыки для анализа строения атомов и простейших молекул, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками квантовомеханического расчета атома водорода, молекулы водорода, производить оценки квантовомеханических величин, применять описывать квантовое</li> </ul>	
--	---	---	--

		<p>состояние микрочастиц.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</li> </ul>	
ПК-5	<p>Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований</p>	<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в области физики атома;</li> <li>– применять полученные знания при решении задач на выступлениях, на семинарских занятиях;</li> <li>– применять полученные теоретические знания при решении конкретных задач по атомной физике;</li> <li>– строить и использовать простейшие модели одно- и многоэлектронных атомов при проведении физических исследований.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками решения задач для описания поведения частиц в мире атома;</li> <li>– современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований;</li> <li>– устройством используемых ими приборов и принципов их действия, приобрести навыки выполнения физических измерений, проводить обработку результатов измерений с использованием статистических методов и современной вычислительной техники;</li> <li>– навыками решения простейших квантомеханических задач и</li> </ul>	<p>Устный опрос, письменный опрос.</p>

		научиться применять эти навыки для анализа строения атомов и простейших молекул, а также их взаимодействия с внешними электромагнитными полями.	
--	--	---	--

## 7.2. Типовые контрольные задания коллоквиумы.

### 7.2.1. Перечень вопросов к промежуточному и итоговому контролю:

- **Модуль 1.**

1. Какими свойствами обладают ядерные силы?
2. На чем основана мезонная теория ядерных сил Юкава?
3. Что можно сказать об устойчивости системы – дейтрон?
4. Какие радиационные ряды и свойства вы знаете?
5. Каково энергетическое условие  $\alpha$ -распада?
6. Основные положения теории  $\beta$ -распада?
7. Как вы понимаете явление изомерии и внутренней конверсии?
8. Что называется ядерной реакцией?
9. Какие механизмы ядерных реакций вы знаете?
10. В области, каких энергий работает механизм составного ядра Бора?

- **Модуль 1.**

1. Что называется критерием деления тяжелых ядер?
2. Классификация элементарных частиц.
3. Механизмы взаимодействия в мире элементарных частиц?
4. Внутренние свойства элементарных частиц (изотопический спин)?
5. Законы взаимодействия элементарных частиц?
6. Лептоны;
7. Адроны;
8. Кварки;
9. Нейтрино;
10. Фундаментальные частицы (лептоны, кварки, античастицы);
11. Не сохранение четности в слабых взаимодействиях;
12. Природа, состав и происхождение космических лучей.

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

Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 50% и промежуточного контроля – 50%.

- **Лекции – Текущий контроль включает:**

- посещение занятий **10 бал.**
- активное участие на лекциях **15 бал.**

- устный опрос, тестирование, коллоквиум **60 бал.**
- и др. (доклады, рефераты) **15 бал.**

**8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

• **основная литература:**

- Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник. – 6-е изд., испр. и доп. Т.1, 2 – Москва: 2008. – 412 с.
- Ракобольская И.В. Ядерная физика. учебное пособие. – 2-е изд., доп. и перераб. – М., 1981. – 280 с.
- Локшин Г.Р. Основы радиооптики. – Долгопрудный: Интеллект, 2009. – 343 с.
- Широков Ю.М. Ядерная физика: [учеб. пособие для физ. спец. вузов] - 2-е изд., перераб. – М.: Наука, 1980. – 727 с.

• **дополнительная литература:**

- Клайнкнехт К. Детекторы корпускулярных излучений/ Пер. с нем. А.С. Барабаша, А.В. Копылова; Под. ред. А.А. Поманского. – М.: Мир, 1990. – 224 с.
- Савельев И. В. Курс физики: учеб. пособие: [в 3-х т.]. Т.3 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твёрдого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – 2-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2006 – 302 с.
- Джамалова, А.С. Основы ядерной физики: курс лекций для студентов физ. фак. Ч. 1, 2; М-во образования РФ, Дагест. гос. ун-т. – Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2003. – 151 с.
- Субатомная физика: Вопросы. Задачи. Факты/ О.И. Василенко и др.; под ред. Б.С. Ишханова. – М. : Изд-во МГУ, 1994. – 223 с.
- Иродов И.Е. Атомная и ядерная физика. сб. задач для вузов. Изд. 8-е, испр. – СПб.: Лань, 2002. – 287 с.

**9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

- Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
- Доступ к электронной библиотеке на <http://elibrary.ru>
- Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф>
- Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
- Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
- Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
- Сайт образовательных ресурсов ДГУ <http://edu.icc.dgu.ru>
- Информационные ресурсы научной библиотеки ДГУ <http://elib.dgu.ru>
- <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> – электронные учебные пособия физического факультета МГУ.
- <http://www.phys.spbu.ru/library/> – электронные учебные пособия

- физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.
- Springer – <http://link.springer.com>, SCOPUS – <https://www.scopus.com>
  - Web of Science – [webofknowledge.com](http://www.webofknowledge.com)

## 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	<p>При написании конспекта лекций необходимо:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины;</li> <li>– осуществлять проверку терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь;</li> <li>– обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе;</li> <li>– в случае, если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах.</li> </ul>
Подготовка к промежуточному и итоговому контролю	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

### Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- подготовки к контрольным работам;
- подготовки к семинарским (практическим) занятиям;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины;
- написание рефератов по проблемам дисциплины «Основы лазерной биомедицины».
- обязательное посещение лекций ведущего преподавателя;
- лекции – основное методическое руководство при изучении дисциплины, наиболее оптимальным образом структурированное и скорректированное на современный материал;
- в лекции глубоко и подробно, аргументировано и методологически строго рассматриваются главные проблемы темы;

### • Примерный перечень тем к самостоятельной работе

#### • Ядро атома.

1. Ядро атома имеет радиус  $\sim 10^{-10} - 10^{-13}$  см.

2. Ядра всех атомов состоят из нуклонов-протонов  $p$  и нейтронов  $n$ .
3. *Протон* – это положительно заряженная частица, заряд которой по величине равен заряду электрона, а масса  $m_p=1838,6m_e$ , где  $m_e$  – масса электрона.
4. *Нейтрон* не имеет заряда, а его масса  $m_n=1838,6m_e$ .
5. Протон и нейтрон имеют спин, по величине равный половине постоянной Планка.
6. Зарядовое число ядра, или атомный номер, равен числу протонов, входящих в его состав.
7. Массовое число  $A$  равно числу нуклонов в ядре.
8. Для обозначения ядра применяется символ  ${}_Z^AX$ , где  $X$  - химический символ данного элемента.
9. Ядра с одинаковыми зарядами, но различными массовыми числами называются *изотопами*.
10. Радиус ядра пропорционален кубическому корню из массового числа.
11. Масса ядра всегда меньше суммы масс нуклонов, входящих в его состав.
12. *Дефект массы* - это разность между суммой масс нуклонов ядра и его массой.
13. Энергия связи ядра равна той работе, которую нужно совершить, чтобы разделить ядро на отдельные нуклоны.
14. *Энергия связи ядра* равна произведению дефекта массы на квадрат скорости света.
15. Энергия связи, приходящийся на один нуклон, называется *удельной энергией связи*.
16. Силы, удерживающие нуклон в ядре называются *ядерными*.
17. Ядерные силы относятся к сильному взаимодействию.
18. Ядерные силы проявляются только в пределах размера ядра и являются короткодействующими.
19. Ядерные силы не зависят от величины заряда ядра (зарядово-независимы).
20. Ядерные силы зависят от взаимной ориентации спинов взаимодействующих нуклонов.
21. Ядерные силы обладают *свойством насыщения* – каждый нуклон взаимодействует только с ограниченным числом нуклонов.
22. Источниками ядерного взаимодействия являются элементарные частицы, называемые  *$\pi$ -мезонами*.
23. Наибольшей энергией связи обладают элементы средней части таблицы Менделеева (от 50 до 70).
24. Ядерная энергия выделяется при синтезе легких ядер, который протекает при высокой температуре (*температурный синтез*).
25. Ядерная энергия выделяется при делении тяжелых ядер вследствие бомбардировки их нейтронами (*цепная реакция*).

• **Радиоактивность.**

1. *Радиоактивностью* называется самопроизвольное превращение неустойчивых ядер в ядра других элементов, сопровождающиеся испусканием элементарных частиц или других ядер (*распад*).
2. Согласно *закону радиоактивного распада*, уменьшение со временем числа радиоактивных ядер происходит экспоненциально:  $N=N_0 -$  постоянная распада.
3. *Постоянная распада* равна отношению числа распавшихся ядер к их общему числу (вероятность распада).
4. Постоянная распада индивидуальна для каждого химического элемента и не зависит от внешних условий.
5. Промежуток времени, за который распадается половина пропорционального числа радиоактивных ядер, называется *периодом полураспада*.
6. Период полураспада и постоянная распада обратно пропорциональны.
7. Радиоактивность встречающихся в природе изотопов называют *естественной*, а радиоактивность искусственно полученных изотопов - *искусственной*.
8. Естественная и искусственная радиоактивность подчиняется одним и тем же законам.
9. Излучение радиоактивных веществ бывает трех видов:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – излучение.
10.  *$\alpha$ -лучи* представляют собой поток ядер гелия, вылетающих из нестабильных ядер, испытывающих  $\alpha$ -распад.
11.  *$\alpha$ -распад* – это процесс самопроизвольного (спонтанного) превращения неустойчивых ядер в ядра других элементов.
12.  $\alpha$ -распад – характерен для тяжелых ядер.
13.  *$\alpha$ -частицы* вылетают из ядра с кинетической энергией, составляющей несколько МэВ.
14. Кинетическая энергия  $\alpha$ -частицы возникает за счет избытка энергии покоя исходного (материнского) ядра над суммарной энергией покоя полученных дочерних ядер и  $\alpha$ -частицы.
15. Если дочернее ядро в возбужденном состоянии, то  $\alpha$ -распад сопровождается  *$\gamma$ -излучением*.
16.  $\alpha$ -частица покидает ядро, просачиваясь через потенциальный барьер (*туннельный эффект*).
17.  $\alpha$ -частицы имеют высокую ионизационную способность, поэтому очень быстро теряют энергию.
18. *Проникающая способность* (или *пробег*)  $\alpha$ -частиц в веществе мала.
19.  *$\beta$ -лучи* представляют собой поток электронов и позитронов.
20. Позитрон имеет те же свойства, что и электрон, но обладает положительным зарядом.
21. Существует три вида  $\beta$ -распада: электронный, позитронный и К-захват.

22. Возникновение электрона при  $\beta$ -распаде связано с превращением одного из нейтронов в протон.
23. Если дочернее ядро находится в "возбужденном состоянии", то  $\beta$ -распад сопровождается  $\gamma$ -излучением.
24. Электроны, возникающие при  $\beta$ -распаде, имеют непрерывный энергетический спектр.
25. При позитронном  $\beta$ -распаде один из протонов превращается в нейтрон.
26. *K-захват* состоит в том, что ядро поглощает один из электронов ближайшей к ядру оболочки (K-оболочка) своего атома.
27. В результате K-захвата один из протонов превращается в нейтрон.
28. Признаком захвата является испускание характеристического рентгеновского излучения.
29.  $\gamma$ -излучение представляет собой электромагнитное излучение с длиной волны менее 10 м.
30. Энергия квантов, образующихся при распаде ядер, составляет обычно 10кэВ и 6МэВ.
31.  $\gamma$ -излучение обладает большой проникающей способностью.
32. *Взаимодействие  $\gamma$ -излучения с веществом* сопровождается фотоэффектом, Комптон-эффектом и рождением электрон-позитронных пар.
33. *Доза излучения* – это энергия ионизирующего излучения, поглощенная единицей массы облучаемого вещества (поглощенная доза).
34. Единицей *поглощения дозы* в СИ является грай (Гр.).
35. *1Гр.* равен дозе излучения, при котором облученному веществу массой 1кг
36. Внесистемной единицей поглощения дозы излучения является *Рад*. Рад=0,01.Гр.
37. *Экспозиционная доза* – это доза рентгеновского и  $\gamma$ -излучений, определяемая по ионизации в воздухе.
38. Единицей *экспозиционной дозы* в СИ является Кл/Кг.
39. Внесистемной единицей *экспозиционной дозы* является *рентген (Р)*  $1Р=2,6810\text{Кл/Кг}$ , что соответствует образованию  $2,08 \cdot 10$  пар ионов в 1 см воздуха.
40. Эквивалентная доза используется для учета возникающих при облучении живых организмов биологических эффектов, величина которой различна.
41. Единица *эквивалентной дозы* в системе Си – *зиверт (ЗВ)*.  $1\text{Зв}=1\text{Дж/Кл}$ .
42. Внесистемная единица эквивалентной дозы – *бэр (биологический эквивалент рентгена)*.
43. *1 бэр* соответствует поглощенной дозе в 1рад в случае рентгеновского и  $\gamma$ -излучений.  $1\text{бэр}=0,013\text{В}$ .
44. Эквивалентная доза в 400-500 бэр, полученная человеком за короткое время при тотальном облучении тела, может привести к смерти, однако



такая же доза, полученная в течение всей жизни, не приводит к видимым изменениям.

45. Активность радиоактивных веществ в СИ измеряется в *бэкерелях (Бк)*
46. *1Бк* равен активности нуклида, при котором за 1с происходит 1 акт распада.  $1\text{Бк}=1\text{ распад/с}$ .
47. Внесистемная единица активности – *Кюри (Ки)*.
48. *1 Кюри* определяется как активность такого предмета, в котором происходит  $3,7\cdot 10^{10}$  актов распада в секунду.  $1\text{Ки}=3,7\cdot 10^{10}\text{Бк}$

• **Ядерные реакции.**

1. *Ядерные реакции* – это взаимодействие ядра с элементарной частицей или с другим ядром, приводящее к преобразованию ядра.
2. Наиболее распространенная ядерная реакция есть реакция взаимодействия легкой частицы с ядром, в результате которого образуется легкая частица и другое ядро.
3. Примерами элементарных частиц является нейтрон (n), протон (p), дейтрон (d)-ядро тяжелого водорода  $\text{H}_2$ ,  $\alpha$ -частица,  $\gamma$ -астица.
4. Ядерные реакции могут сопровождаться выделением или поглощением энергии (*тепловым эффектом*).
5. Тепловой эффект реакции определяется разностью масс покоя исходных и конечных ядер.
6. Если сумма всех образующихся ядер более суммы масс исходных ядер, то реакция будет идти с поглощением энергии (отрицательный тепловой эффект).
7. Тяжелое ядро (например, ядро урана) при поглощении нейтрона делится на две примерно равные части.
8. При распаде каждого ядра выделяется 2-3 нейтрона, что приводит к цепной реакции.
9. Управляемая цепная реакция используется в ядерных реакторах для получения энергии.
10. Первая в мире атомная электростанция была запущена в 1954 г. в СССР (г. Обнинск)
11. *Термоядерная реакция* представляет собой слияние легких ядер с образованием более тяжелых ядер;
12. Температура при Термоядерной реакции составляет десятки млн. градусов Кельвина;
13. Термоядерные реакции являются источником энергии Солнца и других звезд;
14. *Ядерной единицей времени жизни* называют время, необходимое нуклону с энергией 1 МэВ, чтобы пройти расстояние, равное диаметру ядра= $10^{-23}$  с.
15. *Эффективное сечение ядерных процессов* – это величина, характеризующая вероятность взаимодействия частицы с ядром;
16. Единицей эффективного сечения ядерных процессов является *барн*.  $1\text{ барн}=10^{-28}\text{ м}^2$ ;

17. При прохождении частиц через мишень поток их ослабевает по экспоненциальному закону.

• **Элементарные частицы.**

1. *Элементарными* называются частицы, неделимость которых в настоящее время установлена.
2. Элементарные частицы могут превращаться друг в друга;
3. Естественным источником элементарных частиц являются космические лучи;
4. Искусственно элементарные частицы получают в ускорителях;
5. Все элементарные частицы имеют либо целый, в том числе нулевой, либо полуцелый спин;
6. Частицы с целым спином называются *бозонами* (фотоны, протоны, мезоны);
7. Бозонам отвечают симметричные волновые функции;
8. Бозоны подчиняются статистике Бозе-Эйнштейна;
9. Частицы с полуцелым спином называются *фермионами* (электроны, позитроны).
10. Фермионам отвечают антисимметричные волновые функции.
11. Фермионы подчиняются статистике Ферми- Дирака.
12. Для фермионов в отличие от бозонов, справедлив принцип Паулли.
13. Между нуклонами имеет место сильное взаимодействие (ядерное).
14. Между фотонами имеет место электромагнитное взаимодействие.
15. Наряду с частицами существуют античастицы, имеющие отрицательную энергию;
16. При встрече частицы с античастицей происходит их уничтожение (*аннигиляция*);
17. Сильные взаимодействия обуславливают связь протонов и нейтронов в ядрах;
18. *Переносчиком сильного взаимодействия* является глюон-электрически нейтральная частица с нулевой массой и спином, равным 1 (в единицах  $\hbar$ );
19. *Переносчиком электромагнитного взаимодействия* является фотон- $\gamma$  квант электромагнитного поля с нулевой массой и скоростью, равной скорости света.
20. Слабые взаимодействия ответственны за все виды распада, за все процессы взаимодействия нейтрино с веществом, а также за многие распады элементарных частиц.
21. *Переносчиком слабого взаимодействия* являются промежуточные векторные бозоны-сверхмассивные электрозаряженные частицы.
22. Спин векторных бозонов равен 1, а масса превышает массу протонов в 100 раз.
23. Реакции, где основную роль играет слабое взаимодействие являются источником энергии Солнца.

24. *Гравитационное взаимодействие* – универсальное, наислабейшее, радиус взаимодействия равен бесконечности.
25. *Гравитационные силы* – это силы притяжения, переносчиком гравитационного взаимодействия считается – гравитон.
26. Гравитон имеет нулевую массу, нулевой электрический заряд спин равный двум.
27. *Лептоны* – класс элементарных частиц, не участвующих в сильном взаимодействии.
28. Класс лептонов содержит 6 частиц –  $e^-$ ,  $\nu_e$ ,  $\mu^-$ ,  $\nu_\mu$ ,  $\tau^-$ ,  $\mu_\tau$ ;
29. Три заряженных лептона  $e^-$ ,  $\mu^-$ ,  $\tau^-$ , участвуют в электромагнитном и слабом взаимодействиях.
30. Класс лептонов содержит 6 античастиц –  $e^+$ ,  $\nu_e$ ,  $\mu^+$ ,  $\nu_\mu$ ,  $\tau^+$ ,  $\mu_\tau$ ;
31. Для выделения *лептонов* как группы им приписывают *лептонный заряд  $\alpha$* ;
32. Для лептонов  $\alpha=+1$ , для антилептонов  $\alpha=-1$ , для всех остальных элементов  $\alpha=0$ ;
33. При всех процессах взаимопревращения сохраняется лептонный заряд, в этом заключается закон сохранения лептонного заряда.
34. Семейство лептонов считается истинно нейтральными фундаментальными частицами. Эксперименты сегодняшнего дня говорят об их неделимости.
35. *Адроны* – класс элементарных частиц, участвующих в наряду с электромагнитным и слабым, также в *сильном взаимодействиях*.
36. *Все лептоны*, кроме мюона и лептона являются стабильными частицами.
37. Адроны делятся на *стабильные частицы и резонансы*.
38. *Стабильные адроны* делятся на 2 подгруппы по типу спина и статистике.
39. Адроны с целым спином называют *мезонами*;
40. Адроны с полуцелым спином называют *барионами*;
41. Резонансы распадаются за счет сильных взаимодействий;
42. «Стабильные частицы» распадаются за счет электромагнитного и слабого взаимодействий.
43. Для выделения *барионов* им приписывают *барионный заряд  $B$* .  $B = +1$ - для барионов,  $B = -1$ - для антибарионов,  $B = 0$ - для не барионов.
44. Изотопические мультиплеты объединяют адроны, имеющие близкие массы, одинаковые барионные заряды, одинаковые спины и отличающиеся электрическим зарядом;
45. Сильные взаимодействия для всех адронов, входящих в один и тот же мультиплет, одинаково. *Изомультиплету* приписывается *изоспин  $J$* , который определяет число частиц ( $n$ ) в изотопическом мультиплете  $n=2J+1$ .

**11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

В учебном процессе для освоения дисциплины используются следующие технические средства:

- компьютерное и мультимедийное оборудование (на лекциях, для самоконтроля знаний студентов, для обеспечения студентов методическими рекомендациями в электронной форме);
- приборы и оборудование учебно-научного назначения (при демонстрации различных методов лазерной биомедицины);
- пакет прикладных обучающих программ (для самоподготовки и самотестирования).
- Работа с презентациями – Microsoft Power Point Работа, с документами – Microsoft Word и др., работа с электронными библиотеками образовательных и научных ресурсов, в том числе с Научной электронной библиотекой eLibrary, работа с WEB-2 технологиями.

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

- закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков использования аппаратуры для проверки физических законов обеспечивается посредством демонстрации приборы и оборудование учебно-научного назначения;
- при проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой;
- при изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.