

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

« 29 » мая 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.Б.09 ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЧАСТИЦ

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки / специальность

03.03.03 Радиофизика

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация

Радиофизические методы по областям применения

(наименование направленности (профиля) специализации)

Программа подготовки

академическая

(академическая /прикладная)

Форма обучения

очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация (степень) выпускника

бакалавр

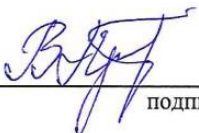
(бакалавр, магистр, специалист)

Краснодар 2015

Рабочая программа дисциплины Б1.Б.09 «Физика атомного ядра и частиц» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, профиль «Радиофизические методы по областям применения».

Программу составил:

В.П. Прохоров, канд. физ.-мат. наук,
доцент кафедры оптоэлектроники


подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.Б.09 «Физика атомного ядра и частиц» утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники ФТФ, протокол № 8 от 17. 04. 2015 г.

Заведующий кафедрой оптоэлектроники
д-р техн. наук, профессор Яковенко Н.А.

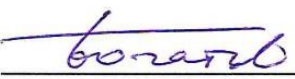

подпись

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий, протокол № 12 от «21» мая 2015 г.
Заведующий кафедрой, д-р физ.-мат. наук Копытов Г.Ф.


подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 10 от 29 мая 2015 г.

Председатель УМК ФТФ
д-р физ.-мат. наук, профессор Богатов Н.М.


подпись

Рецензенты:

Шевченко А.В., канд. физ.-мат. наук, ведущий специалист ООО «Южная аналитическая компания»,

Добро Л.Ф., канд. пед. наук, доцент кафедры физики и информационных систем.

1. Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1. Цель освоения дисциплины

Учебная дисциплина «Физика атомного ядра и частиц» входит в блок естественно-научных дисциплин, предназначенных для формирования у учащихся естественно-научного мировоззрения о процессах и явлениях, связанных с физическими свойствами микромира и квантовыми явлениями на уровнях атомарной и субатомарной структуры вещества, а также элементарных частиц. Актуальность дисциплины «Физика атомного ядра и частиц» 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 «Физика атомного ядра и частиц» ставит своей целью изучение физических свойств микромира и квантовых явлений на уровнях субатомарной структуры вещества и элементарных частиц.

1.2. Задачи дисциплины

Основные задачи освоения дисциплины:

- изучение экспериментальных и теоретических основ физики атомного ядра и элементарных частиц и рассмотрение экспериментальных принципов физики высоких энергий;
- усвоение основных понятий физики атомного ядра и элементарных частиц, фундаментальных взаимодействий между частицами микромира, классификации элементарных частиц в рамках принятых в ядерной физике моделей.

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 атомном и субатомном строении вещества, о свойствах и структуре атомных ядер и элементарных частиц;
 - основным законам, идеям и принципам физики атомного ядра и элементарных частиц;
- *научить:*
 - экспериментальным и теоретическим основам физики атомного ядра и элементарных частиц, экспериментальным принципам физики высоких энергий;
 - основным понятиям и принципам физики атомного ядра и элементарных частиц, фундаментальных взаимодействий между частицами микромира, классификации элементарных частиц в рамках принятых в ядерной физике моделей;
 - с научной точки зрения осмысливать и интерпретировать основные положения субатомных явлений;
 - применять полученные знания для правильной интерпретации основных явлений физики ядра и элементарных частиц;
 - надлежащим образом оценивать порядки физических величин;
 - использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники;
- *сформировать:*
 - навыки применения основных методов физико-математического анализа для решения конкретных задач физики атома, атомных ядер и элементарных частиц;
 - навыки физико-математического моделирования;
 - умение с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и экспериментальных измерений;

– умение анализировать физический смысл полученных результатов.

1.3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.Б.09 «Физика атомного ядра и частиц» входит в базовую часть Б1.Б 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.

№ 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 о свойствах и структуре атомных ядер, основные законы, идеи и принципы физики ядра и элементарных частиц в их историческом становлении и развитии, методы физико-математического моделирования и теоретического исследования явлений физики атомного ядра и элементарных частиц; – эксперимен-	– применять полученные знания для правильной интерпретации основных явлений физики ядра и элементарных частиц и надлежащей оценки порядков физических величин; – применять соответствующие методы проведения физических исследований и измерений; – применять основные методы физико-математического анализа для решения естественно-научных задач и	– методами проведения физических исследований и измерений; – навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественно-научных задач; – навыками обработки и интерпретирования результатов физико-математического моделирования, теорети-

			тальные методы изучения ядерных реакций, принципы ускорения элементарных частиц и ядер, физические принципы работы ускорителей элементарных частиц и их классификацию; – практические методы регистрации и анализа заряженных частиц; – принципы устройства и функционирования экспериментальных приборов как для исследования ядер и элементарных частиц, так и для регистрации и анализа заряженных частиц.	физического моделирования в производственной практике; – применять полученные теоретические знания для решения конкретных прикладных задач в профессиональной области; – с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и экспериментальных измерений, анализировать физический смысл полученных результатов.	ческого расчета и экспериментального исследования; – навыками применения полученных теоретических знаний для решения прикладных задач.
--	--	--	--	--	--

2. Структура и содержание дисциплины

2.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед. (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)			
		5			
Контактная работа, в том числе:					
Аудиторные занятия (всего):	40,3	40,3			
Занятия лекционного типа	36	36	—	—	—
Лабораторные занятия	—	—	—	—	—
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—
Иная контактная работа:					
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4			

Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3	0,3			
Самостоятельная работа, в том числе:		41	41			
Курсовая работа		—	—	—	—	—
Проработка учебного (теоретического) материала		15	15	—	—	—
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		11	11	—	—	—
Реферат		—	—	—	—	—
Подготовка к текущему контролю		15	15	—	—	—
Контроль:						
Подготовка к экзамену		26,7	26,7			
Общая трудоемкость	час.	108	108	—	—	—
	в том числе контактная работа	40,3	40,3			
	зач. ед.	3	3			

Контактная работа при проведении учебных занятий по дисциплине «Физика атомного ядра и частиц» включает в себя: занятия лекционного типа, 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):

№ п/п	Наименование разделов (тем)	Количество часов					
		Всего	Аудиторная работа			КСР	Внеаудиторная работа СРС
			Л	ПЗ	ЛР		
1	Свойства атомных ядер	3	1				2
2	Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил	3	1				2
3	Модели атомных ядер	4	2				2
4	Радиоактивность	6	4				2
5	Ядерные реакции	10	4			2	4
6	Взаимодействие ядерного излучения с веществом	4	2				2
7	Частицы и взаимодействия	6	4				2
8	Эксперименты в физике высоких энергий	8	4			2	2
9	Электромагнитные взаимодействия	6	2				4
10	Сильные взаимодействия	6	2				4
11	Слабые взаимодействия	6	2				4
12	Дискретные симметрии	8	4				4
13	Объединение взаимодействий	6	2				4
14	Современные астрофизические представления. Открытые вопросы физики ядра и частиц	5	2				3
	Итого по дисциплине:	81	36			4	41

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

2.3. Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1. Занятия лекционного типа

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Свойства атомных ядер	Основные этапы развития физики атомного ядра и элементарных частиц. Масштабы явлений микромира. Общие свойства атомных ядер. Нуклоны. Изотопы, изобары, изотоны. Плотность ядерного вещества. Измерения в микромире и единицы измерения физических величин в ядерной физике. Размеры и форма ядер. Протон-нейтронная модель ядра. Заряд ядра. Масса и энергия связи ядра. Дефект масс. Удельная энергия связи. Полуэмпирическая формула Вайцеккера для энергии связи ядра. N-Z диаграмма атомных ядер. Магические ядра. Стабильные и радиоактивные ядра. Спин и магнитный момент нуклонов и ядра. Ядерный магнетон. Методы определения спина и магнитного момента ядра. Ядерный магнитный резонанс. Сверхтонкая структура спектральных линий. Дипольный и квадрупольный электрические моменты ядра. Квантовомеханическое описание ядерных состояний. Четность волновой функции. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Статистики ядер. Изотопический спин ядра. Пространственная инверсия. Зарядовое сопряжение. Обращение времени. CPT-теорема.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / тестирование
2	Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил	Система двух нуклонов. Ядерные силы. Потенциальная энергия взаимодействия нуклонов. Общие свойства ядерных сил. Дейтрон – связанное состояние в n-p-системе. Основные характеристики дейтрона. Магнитный и квадрупольный моменты дейтрона. Волновая функция дейтрона. Зарядовая независимость ядерных сил. Изотопический спин. Обменный характер ядерных сил. Свойство насыщения ядерных сил. Гипотеза Юкавы. Мезоны. Мезонная теория ядерных сил и потенциал Юкавы. Нуклон-нуклонные и нуклон-ядерные взаимодействия. Область стабильности ядер. Метод рассеяния в физике атомного	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / тестирование

		ядра и элементарных частиц. Сечение рассеяния в квантовой теории и его связь с амплитудой рассеяния. Амплитуда рассеяния на ядре и формфактор ядра. Формфакторы нуклонов.	
3	Модели атомных ядер	Необходимость модельных представлений о ядре. Одночастичные и коллективные модели. Коллективные свойства ядер. Капельная модель ядра. Область применения капельной модели. Недостатки капельной модели. Потенциал усредненного ядерного поля. Физическое обоснование оболочечной модели ядра. Спин-орбитальное взаимодействие. Модель ядерных оболочек и магические числа нуклонов. Экспериментальные следствия оболочечной модели ядра и область ее применения. Недостатки модели оболочек. Деформация ядер. Колебательные и вращательные состояния ядер. Обобщенная модель ядра и область ее применения.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / тестирование
4	Радиоактивность	Радиоактивные превращения ядер. Естественная и искусственная радиоактивность. Статистический характер радиоактивного распада. Законы радиоактивного распада. Радиоактивные семейства. Виды радиоактивного распада. Альфа-распад ядер. Энергетическое рассмотрение альфа-распада. Спектры альфа-частиц. Зависимость периода полураспада от энергии альфа-частиц. Механизм альфа-распада. Туннельный эффект. Бета-распад ядер. Виды бета-распада. Энергетический спектр бета-частиц. Нейтрино и его свойства. Экспериментальное доказательство существования нейтрино. Элементы теории бета-распада. Разрешенные и запрещенные бета-переходы. Несохранение четности в бета-распаде. Гамма-излучение ядер. Вероятность гамма-перехода и правила отбора. Внутренняя конверсия электронов. Ядерная изомерия. Резонансное поглощение излучения. Эффект Мессбауэра и его практическое применение.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / тестирование
5	Ядерные реакции	Ядерные реакции, их символика и классификация. Законы сохранения в ядерных реакциях. Энергия реакции. Прямые ядерные реакции и реакции, идущие через образование составного ядра. Модель со-	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / тестирование

		ставного ядра. Энергетическая схема ядерной реакции. Порог эндонергетической реакции. Импульсная диаграмма для ядерной реакции. Импульсные диаграммы рассеяния в ядерных реакциях. Законы сохранения при ядерных взаимодействиях. Ядерные реакции с образованием компаундов ядра. Резонансные ядерные реакции. Формула Брейта–Вигнера. Реакции прямого ядерного взаимодействия. Реакции срыва. Взаимодействие нейтронов с ядрами. Ядерные реакции под действием легких заряженных частиц (альфа-частиц, протонов и дейтронов). Фотоядерные реакции. Деление и синтез атомных ядер. Основные экспериментальные данные о делении и энергетические условия деления. Элементарная теория деления. Вынужденное и спонтанное деление. Вторичные нейтроны. Цепной процесс ядерного деления и его практическое применение. Реакции на медленных и на быстрых нейтронах. Трансурановые элементы. Ядерные взрывы. Ядерные реакторы. Синтез легких ядер. Термоядерные реакции. Проблемы управляемого термоядерного синтеза. Ядерные реакции в звездах. Протонно-протонный цикл. Углеродно-азотный цикл.	
6	Взаимодействие ядерного излучения с веществом	Общая характеристика взаимодействия заряженных частиц, нейтронов и гамма-квантов с веществом. Ионизационное торможение заряженных частиц в веществе. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов. Свободный пробег, закон поглощения, длина поглощения, радиационная длина рассеяния, поглощенная доза. Связь пробега с энергией. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов. Прохождение гамма-излучения через вещество. Биологическое действие ионизирующих излучений. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / тестирование
7	Частицы и взаимодействия	Четыре типа фундаментальных взаимодействий. Константы и радиусы взаимодействия. Принципы описания взаимодействия частиц в квантовой теории поля. Переносчики взаимодействия. Понятие о диаграммах Фейнмана. Классификация элементарных частиц в рамках Стандартной Модели. Частицы и взаимодействия. Классификация элементарных частиц. Основные	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / тестирование

		характеристики частиц. Калибровочные бозоны, лептоны и адроны. Фундаментальные частицы. Квантовые числа элементарных частиц. Частицы и античастицы. Процессы аннигиляции. Возбужденные состояния адронов. Частицы-резонансы. Законы сохранения в мире элементарных частиц.	
8	Эксперименты в физике высоких энергий	Экспериментальные методы в физике высоких энергий. Общие требования к измерительным приборам. Методы регистрации частиц. Классификация детекторов элементарных частиц и радиоактивных излучений. Экспериментальные методы изучения ядерных реакций. Общие принципы ускорения элементарных частиц и ядер и физические принципы работы ускорителей. Классификация ускорителей элементарных частиц. Понятие о современных методах получения пучков высоких энергий. Накопители частиц. Встречные пучки. Реакции с частицами. Взаимодействия и распады частиц.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / тестирование
9	Электромагнитные взаимодействия	Основные свойства электромагнитного взаимодействия. Испускание и поглощение фотонов. Электромагнитное рассеяние лептонов. Взаимодействие фотонов с адронами. Векторные мезоны. Упругое рассеяние электронов. Формула Мотта. Форм-факторы нуклонов и частиц. Элементы квантовой электродинамики.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий
10	Сильные взаимодействия	Классификация и квантовые характеристики адронов. Барионы и мезоны. Кварки. Известные типы кварков. Электрический заряд, странность, очарование и красота кварков. Цвет кварков, кварки и антикварки. Кварковая структура адронов. Цветовое взаимодействие, понятие о квантовой хромодинамике, глюоны. Изотопическая и унитарная симметрии. Цветовая симметрия сильных взаимодействий. Потенциал сильного взаимодействия.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий
11	Слабые взаимодействия	Основные характеристики слабого взаимодействия. Распады мюона и τ -лептона. Лептоны и лептонные квантовые числа. Переносчики слабого взаимодействия – промежуточные бозоны W^+ , W^- , Z . Законы сохранения в слабых взаимодействиях. Слабые распады лептонов и кварков. Нейтрино и антинейтрино. Взаимодействие нейтрино с веществом. Масса нейтрино.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий

12	Дискретные симметрии	Симметрии и законы сохранения. Пространственная инверсия. Р-четность. Закон сохранения Р-четности. Зарядовое сопряжение. Зарядовая четность. СР-инверсия. Обращение времени. Несохранение пространственной и зарядовой четности в слабых взаимодействиях. СРТ-инвариантность. Экспериментальная проверка инвариантности различных типов фундаментальных взаимодействий. СР-преобразование. K_0 -мезоны. Нарушение СР-симметрии в распаде K_0 -мезонов.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / тестирование
13	Объединение взаимодействий	Объединение электромагнитного и слабого взаимодействия. Модель Вайнберга–Салама электрослабого взаимодействия. Понятие о локальной калибровочной инвариантности и о спонтанном нарушении симметрии. Проблема построения единой теории слабых, электромагнитных и сильных взаимодействий. Возможность объединения фундаментальных взаимодействий. Теория Великого объединения.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий
14	Современные астрофизические представления. Открытые вопросы физики ядра и частиц	Эволюция и состав Вселенной. Реликтовое излучение. Модель горячей Вселенной. Космологический нуклеосинтез в горячей Вселенной. Нуклеосинтез в звездах. Распространенность химических элементов. Нейтринная астрономия. Сверхновые. Нейтронные звезды. Черные дыры. Космические лучи. Состав, происхождение и распространение космического излучения. Взаимодействие космических лучей с атмосферой Земли. Барионная асимметрия, фундаментальность кварков и лептонов, экзотические ядра (исследование ядер, расположенных вдали от долины стабильности), поиск сверхтяжелых ядер, исследование новых типов радиоактивного распада (протонная и кластерная радиоактивность), кварк-глюонная плазма.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий

2.3.2. Занятия семинарского типа

Согласно учебному плану занятия семинарского типа по данной дисциплине предусмотрены в рамках учебной дисциплины Б1.В.ДВ.08.02 «Специальные вопросы ядерной физики» (см. соответствующую РПД).

2.3.3. Лабораторные занятия

Согласно учебному плану занятия лабораторного типа по данной дисциплине предусмотрены в рамках учебной дисциплины Б1.Б.10 «Общий физический практикум (Физика

атомного ядра и частиц)» (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); выполнение индивидуальных заданий; реферат; 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	Свойства атомных ядер	1. 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 2. 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 3. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 384 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/277 4. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 2. Физика ядерных реакций [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. –
2	Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил	
3	Модели атомных ядер	
4	Радиоактивность	
5	Ядерные реакции	
6	Взаимодействие ядерного излучения с веществом	
7	Частицы и взаимодействия	
8	Эксперименты в физике высоких энергий	
9	Электромагнитные взаимодействия	
10	Сильные взаимодействия	
11	Слабые взаимодействия	
12	Дискретные симметрии	
13	Объединение взаимодействий	
14	Современные астрофизические представления. Открытые вопросы физики ядра и частиц	

	Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 326 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/279 5. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 3. Физика элементарных частиц [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2008. – 432 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/280 6. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 1: Физика атомного ядра. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008. 7. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 2: Физика ядерных реакций. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008. 8. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 3: Физика элементарных частиц. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008. 9. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие / И.Е. Иродов. – М.; СПб.: ФИЗМАТЛИТ: Лаборатория Базовых Знаний: Невский Диалект, 2001. 10. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 5: Атомная и ядерная физика. – М.: Физматлит, 2006. 11. 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.). 12. Трофимова Т.И. Основы физики. Атом, атомное ядро и элементарные частицы: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2011. 13. Проскурякова Е.А. Физика элементарных частиц [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 104 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/87587
--	--

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:

- лекции;
- проведение практических занятий;
- домашние задания;
- опрос;
- индивидуальные практические задания;
- контрольные работы;
- тестирование;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних работ и индивидуальных типовых расчетов, подготовка к опросу, тестированию и экзамену).

Для проведения всех лекционных и практических (семинарских) занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого, позволяющего слушателю воспринимать особенности изучаемого материала, зачастую играющие решающую роль в понимании и восприятии, а также формировании профессиональных компетенций. Интерактивные аудиторные занятия с использованием мультимедийных систем позволяют активно и эффективно вовлекать учащихся в учебный процесс и осуществлять обратную связь. Помимо этого, становится возможным эффективное обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем.

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:

- интерактивная лекция с мультимедийной системой с активным вовлечением студентов в учебный процесс и обратной связью;
- лекции с проблемным изложением;
- 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

гlossариев терминов и определений, групповые методы Wiki, интернет-тестирование и анкетирование.

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях:

- технология развития критического мышления;
- лекции с проблемным изложением;
- 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);
- технология компьютерного моделирования численных расчетов в инженерно-математической системе MATHCAD (или системе компьютерной математики MATLAB).

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;
- тестовые задания по учебной программе;
- темы рефератов 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.

Ниже приводятся примеры контрольных вопросов для рабочей программы.

Полный комплект контрольных вопросов для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.Б.09 «Физика атомного ядра и частиц».

2. Ядерные силы. Модели ядра.

К какому классу взаимодействий относится ядерное взаимодействие?

Каковы основные свойства ядерных сил?

Как доказать зарядовую независимость ядерных сил?

Что является подтверждением незлектрической природы ядерных сил?

Как объяснить приблизительное постоянство удельной энергии связи в ядре с увеличением числа нуклонов?

Чем обусловлено снижение удельной энергии связи в ядрах к концу Периодической системы элементов?

В чем заключаются аналогии и различия ядер и атомов?
 В чем сходство и в чем различие гравитационных, электромагнитных и ядерных сил?
 Рассчитайте энергию кулоновского отталкивания на расстоянии 1 фм друг от друга.
 На основании чего можно прийти к капельной модели ядра? Ответ обоснуйте.
 В чем заключается суть оболочечной модели ядра?
 Почему для описания атомных ядер применяются различные модели?
 Почему до сих пор не создана единая теория атомного ядра?
 Какие представления о свойствах нуклонов в ядре дает капельная модель? оболочечная модель?
 Сколько нуклонов может находиться в ядре на самом низком квантовом уровне?

6. Физические основы детекторов частиц и радиоактивных излучений.

Что лежит в основе методов наблюдения и регистрации радиоактивных излучений?
 Каков принцип действия полупроводникового счетчика? В чем преимущество использования твердой среды по сравнению с газом?
 В чем сходство и различие электронных и трековых детекторов?
 Какие возможности для исследования открываются при помещении камеры Вильсона в магнитное поле?
 Приведите, пояснив, основные характеристики детекторов.
 Дайте характеристику явления, лежащего в основе работы черенковского счетчика.
 В чем сходство и различие вильсоновской и диффузионной камер?
 Как в черенковском счетчике можно разделить частицы по массам?
 Чем лучше регистрировать высокоэнергетичные микрочастицы: камерой Вильсона или пузырьковой камерой? Почему?
 Какие из приведенных счетчиков могли бы быть объединены единым названием «газо-разрядные счетчики»?
 В чем общность и различие всех рассмотренных трековых детекторов?
 Почему пропорциональная камера одновременно выполняет функции трекового детектора?
 В каких трековых детекторах при прочих равных условиях длина трека самая короткая? Почему?
 Можно ли с помощью счетчиков Гейгера–Мюллера измерять энергию частиц? Почему?

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.

Ниже приводятся примеры практических заданий для рабочей программы.

Полный комплект практических заданий для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.Б.09 «Физика атомного ядра и частиц».

7. Взаимодействие излучения веществом.

1. Определить, во сколько раз уменьшается интенсивность узкого пучка тепловых нейтронов после прохождения пластин алюминия толщиной 3 см. На выходе из пластин регистрируется пучок первоначальной ширины.

2. Поток нейтронов из реактора, имеющих максвелловское распределение по скоростям с температурой $T = 370\text{ К}$, пропускается через тонкий поликристаллический фильтр из прессованного порошка графита. Найти, какая доля нейтронов проходит через такой фильтр. Максимальное межплоскостное расстояние для решетки графита равно $3,35 \cdot 10^{-10}\text{ м}$.

3. Найти среднюю длину свободного пробега γ -квантов в среде, слой половинного

ослабления которой равен 4,50 см.

4. Вычислить энергию γ -кванта, образовавшего в поле покоящегося тяжелого ядра пару электрон–позитрон, если известно, что для каждой частицы пары $Bp = 3,0 \text{ КГс} \cdot \text{см}$.

5. Сколько слоев половинного ослабления в пластинке, ослабляющей узкий пучок моноэнергетического рентгеновского излучения в 1000 раз?

8. Прохождение заряженных частиц через вещество.

1. Оценить, какая доля протонов космического излучения дойдет до поверхности Земли, не испытав ядерного взаимодействия. Протоны ультрарелятивистские.

2. Оценить, насколько толща Земли ослабляет поток нейтрино, приходящих с противоположной стороны земного шара. Усредненное по энергетическому спектру сечение поглощения нейтрино на атомных ядрах грунта равно $\rho = 5,5 \text{ г/см}^3$. Эффективная относительная атомная масса $A = 50$.

3. Найти кинетическую энергию электронов, которые, проходя среду с показателем преломления $n = 1,50$ излучают свет под углом $\theta = 30^\circ$ к направлению своего движения.

4. Вычислить радиационные потери электрона с кинетической энергией 20 МэВ на единицу пути в алюминии.

5. Во сколько раз радиационные потери электрона в свинце больше, чем в алюминии?

Тестовые задания по учебной программе

В процессе подготовки и выполнения тестовых 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.

Тестовые задания состоит из ряда теоретических вопросов по тематическим разделам рабочей программы учебной дисциплины.

Система оценок выполнения контрольного тестирования:

- «отлично» – количество правильных ответов от 85% до 100%;
- «хорошо» – количество правильных ответов от 70% до 84%;
- «удовлетворительно» – количество правильных ответов от 55% до 69%.

Ниже приводятся примеры контрольного тестирования в виде двух вариантов тестовых заданий к разделу 2 учебной дисциплины.

Полный комплект тестовых заданий для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.Б.09 «Физика атомного ядра и частиц».

Тест № 1.

1. Определить массу изотопа $^{15}_7\text{N}$, если изменение массы при образовании ядра составляет $0,2508 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$:

- 1) $2,48 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$;
- 2) $1,96 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$;
- 3) $19,6 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$;
- 4) $2,48 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$;
- 5) $24,8 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$;
- 6) затрудняюсь ответить.

2. Определить во сколько раз начальное количество ядер радиоактивного изотопа уменьшится за три года, если за один год оно уменьшилось в 4 раза:

- 1) в 128 раз;

- 2) в 32 раза;
- 3) в 256 раз;
- 4) в 64 раза;
- 5) в 16 раз;
- 6) затрудняюсь ответить.

3. Во сколько раз меньше нейтронов содержит ядро атома азота ${}^{14}_7\text{N}$, чем ядро цинка ${}^{65}_{30}\text{Zn}$:

- 1) 2,5;
- 2) 2;
- 3) 5;
- 4) 3.6;
- 5) нет правильного ответа;
- 6) затрудняюсь ответить.

4. Определить период полураспада радиоактивного изотопа, если $5/8$ начального количества ядер этого изотопа распалась за время $t = 849$ с:

- 1) 12 мин;
- 2) 36 мин;
- 3) 24 мин;
- 4) 18 мин;
- 5) 20 мин;
- 6) затрудняюсь ответить.

5. Определить, какую долю кинетической энергии теряет нейтрон при упругом столкновении с покоящимся ядром углерода ${}^{12}_6\text{C}$, если после столкновения частицы движутся вдоль одной прямой. Массу нейтрального атома углерода принять равной $19,9272 \cdot 10^{-27}$ кг:

- 1) 0.288;
- 2) 0.332;
- 3) 0.466;
- 4) 0.178;
- 5) нет правильного ответа;
- 6) затрудняюсь ответить.

6. Имеется 4 г радиоактивного изотопа кобальта. Сколько граммов кобальта распадется за 216 сут, если его период полураспада 72 сут:

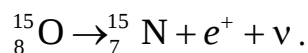
- 1) 5.4;
- 2) 2;
- 3) 3.5;
- 4) 4;
- 5) нет правильного ответа;
- 6) затрудняюсь ответить.

7. В ядро атома азота ${}^{14}_7\text{N}$ попадает α -частица и остается в нем. При этом образуется ядро некоторого элемента и испускается протон. Каков порядковый номер этого элемента в периодической системе элементов Менделеева:

- 1) 6;
- 2) 9;
- 3) 8;
- 4) 7;

- 5) нет правильного ответа;
- 6) затрудняюсь ответить.

8. Ядро атома изотопа кислорода $^{15}_8\text{O}$ претерпевает β -распад



Масса атома $^{15}_8\text{O}$ равна 15,003072 а.е.м., кинетическая энергия родившегося позитрона $W = 8 \cdot 10^{-14}$ Дж. Если кинетическая энергия образовавшегося ядра пренебрежимо мала, то энергия нейтрино равна:

- 1) $1,99 \cdot 10^{-13}$ Дж;
- 2) $1,99 \cdot 10^{-14}$ Дж;
- 3) $2,66 \cdot 10^{-13}$ Дж;
- 4) $2,66 \cdot 10^{-14}$ Дж;
- 5) нет правильного ответа;
- 6) затрудняюсь ответить.

9. В цепочке радиоактивных превращений ^{235}U в ^{207}Pb содержится несколько α - и β -распадов. Сколько распадов в этой цепочке:

- 1) 13;
- 2) 11;
- 3) 9;
- 4) 7;
- 5) 15;
- 6) затрудняюсь ответить.

10. Мощность атомной станции 200 МВт. Расход ядерного горючего ^{235}U в течение суток составляет 540 г. При делении одного ядра урана выделяется 200 МэВ энергии. КПД этой станции равен:

- 1) 24%;
- 2) 28%;
- 3) 32%;
- 4) 35%;
- 5) 39%;
- 6) затрудняюсь ответить.

Тест № 2.

1. Длина волны голубого света 500 нм, а желтого 600 нм. Фотоны какого света имеют большую энергию:

- 1) голубого;
- 2) желтого;
- 3) энергии фотонов одинаковые.

2. Если цинковую пластинку освещать синими лучами с небольшой интенсивностью, то фотоэффект не возникает. Возникнет ли фотоэффект, если увеличить интенсивность синих лучей в несколько раз:

- 1) да;
- 2) нет.

3. Во время фотоэффекта при уменьшении интенсивности света количество электронов, вырываемых светом с поверхности металла за 1 с:

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется.

4. Два металла с разными работами выхода электронов освещаются светом с одинаковой длиной световой волны, большей красной границы фотоэффекта. Из какого металла фотоэлектроны вылетают с большей скоростью:

- 1) из металла с большей работой выхода;
- 2) из металла с меньшей работой выхода;
- 3) из обоих металлов фотоэлектроны вылетают с одинаковой скоростью.

5. Какой электрод необходимо освещать в полупроводниковом фотоэлементе, чтобы возник фотоэффект:

- 1) *p*-полупроводник;
- 2) *n*-полупроводник;
- 3) *p-n* переход.

6. Сколько электронов содержится в электронной оболочке нейтрального атома, в атомном ядре которого содержится 4 протона и 5 нейтронов:

- 1) 0;
- 2) 4;
- 3) 5;
- 4) 9.

7. Чем отличается излучение лазера от излучения лампы накаливания:

- 1) лазерное излучение когерентно, а лампы накаливания – нет;
- 2) излучение лазера монохроматично, а лампы – некогерентно;
- 3) лазеры создают направленное излучение, а лампы – нет.

8. В каком из перечисленных ниже приборов, прохождение быстрой заряженной частицы вызывает образование скрытого изображения следа этой частицы:

- 1) счетчик Гейгера;
- 2) камера Вильсона;
- 3) пузырьковая камера;
- 4) толстослойная фотоэмульсия.

9. Из радиоактивного вещества вылетают α -, β - и γ -лучи. Куда будут отклоняться α - и β -лучи:

- 1) α -лучи влево, β -лучи вправо;
- 2) α -лучи вправо, β -лучи влево;
- 3) α -лучи к нам, β -лучи от нас;
- 4) α -лучи от нас, β -лучи к нам.

10. Изменяется ли химическая природа элемента при испускании его ядрами гамма-излучения:

- 1) да;
- 2) нет.

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.

Ниже приводится пример контрольной работы.

Полный комплект контрольных работ для рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.Б.09 «Физика атомного ядра и частиц».

Контрольная работа № 3

Вариант 1.

1. Неподвижная частица массы M распадается на 2 γ -кванта. Определите импульс каждого γ -кванта.

2. В начальный момент активность некоторого изотопа составляла $1,2 \cdot 10^6$ Бк. Какова будет его активность по истечении половины периода полураспада?

3. При делении одного ядра ^{235}U на два осколка выделяется около 200 МэВ энергии. Сколько энергии (в Дж) выделится при сжигании в ядерном реакторе 20-ти граммов этого изотопа?

Текущий и рубежный контроль осуществляются по контрольным вопросам по изучаемой дисциплине, по итогам выполнения лабораторных работ и индивидуальных практических заданий, в форме тестовых заданий или в виде подготовленного реферата.

4.2. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

4.2.1. Вопросы, выносимые на экзамен по дисциплине «Физика атомного ядра и частиц» для направления подготовки: 03.03.03 Радиофизика

В процессе подготовки и сдачи экзамена 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.

1. Общие свойства атомных ядер. Протон-нейтронная модель ядра.
2. Заряд, размеры, и массы ядер. Методы их определения. Изотопы, изобары, изотоны. Плотность ядерного вещества.
3. Измерения в микромире и единицы измерения физических величин в ядерной физике.
4. Энергия связи ядра. Полуэмпирическая формула Вайцеккера для энергии связи ядра.
5. N-Z диаграмма атомных ядер. Магические ядра. Стабильные и радиоактивные ядра.
6. Спин и магнитный момент нуклонов и ядра. Ядерный магнетон. Методы определения спина и магнитного момента ядра.
7. Сверхтонкая структура спектральных линий. Дипольный и квадрупольный электрические моменты ядра.
8. Квантовомеханическое описание ядерных состояний. Четность волновой функции. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Статистики ядер.
9. Изотопический спин ядра. Пространственная инверсия. Зарядовое сопряжение. Обращение времени. СРТ-теорема.
10. Капельная модель ядра. Область применения и недостатки капельной модели.
11. Физическое обоснование оболочечной модели ядра. Область применения и недостатки оболочечной модели.
12. Обобщенная модель ядра и область ее применения.

13. Общие свойства ядерных сил. Мезонная теория ядерных сил.
14. Дейтрон – связанное состояние в n-p-системе. Основные характеристики дейтрона.
15. Характер и специфические особенности ядерных сил. Нуклон-нуклонные и нуклон-ядерные взаимодействия. Область стабильности ядер.
16. Метод рассеяния в физике атомного ядра и элементарных частиц. Амплитуда рассеяния на ядре и формфактор ядра.
17. Радиоактивные превращения ядер. Законы радиоактивного распада. Виды радиоактивного распада.
18. Альфа-распад ядер. Механизм альфа-распада.
19. Бета-распад ядер. Элементы теории бета-распада.
20. Нейтрино и его свойства. Несохранение четности при слабых взаимодействиях.
21. Гамма-излучение ядер и внутренняя конверсия электронов.
22. Эффект Мессбауэра и его практическое применение.
23. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях.
24. Энергетическая схема ядерной реакции. Порог эндоэнергетической реакции.
25. Импульсные диаграммы рассеяния при ядерных взаимодействиях.
26. Законы сохранения момента количества движения, четности и изотопического спина при ядерных взаимодействиях.
27. Ядерные реакции с образованием компаунд ядра. Резонансные ядерные реакции.
28. Реакции прямого ядерного взаимодействия. Реакции срыва.
29. Взаимодействие нейтронов с ядрами.
30. Ядерные реакции под действием легких заряженных частиц. Фотоядерные реакции.
31. Деление атомных ядер. Энергетические условия деления и элементарная теория деления.
32. Вынужденное и спонтанное деление ядер. Вторичные нейтроны. Коэффициент размножения.
33. Цепной процесс ядерного деления и его практическое применение.
34. Ядерные реакторы. Синтез легких ядер.
35. Термоядерные реакции. Проблемы управляемого термоядерного синтеза.
36. Ядерные реакции в звездах. Протонно-протонный цикл. Углеродно-азотный цикл.
37. Взаимодействие заряженных частиц, нейтронов и гамма-квантов с веществом. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов.
38. Основные характеристики процесса прохождения заряженных частиц через вещество.
39. Биологическое действие ионизирующих излучений. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений.
40. Характеристика известных типов фундаментальных взаимодействий. Константы и радиусы взаимодействия.
41. Полевая теория взаимодействий элементарных частиц. Кванты полей, переносчиков взаимодействий.
42. Классификация элементарных частиц в рамках Стандартной Модели.
43. Квантовые числа и законы сохранения. Частицы и взаимодействия. Классификация стабильных и квазистабильных элементарных частиц.
44. Частицы и античастицы. Принцип зарядового сопряжения. Странность. Четность. Изотопический спин. Законы сохранения в мире элементарных частиц.
45. Методы регистрации частиц. Классификация детекторов элементарных частиц и радиоактивных излучений.
46. Экспериментальные методы изучения ядерных реакций и регистрации частиц в физике высоких энергий.
47. Общие принципы ускорения элементарных частиц и ядер и физические принципы работы ускорителей.
48. Классификация ускорителей элементарных частиц. Методы измерения спинов и

магнитных моментов элементарных частиц и ядер.

49. Современные методы получения пучков высоких энергий. Встречные пучки.

50. Основные свойства электромагнитного взаимодействия. Типовые процессы электромагнитного взаимодействия.

51. Классификация и квантовые характеристики адронов. Барионы и мезоны. Кварки.

52. Кварковая структура адронов. Цветовое взаимодействие, понятие о квантовой хромодинамике, глюоны.

53. Изотопическая и унитарная симметрии. Цветовая симметрия сильных взаимодействий. Потенциал сильного взаимодействия.

54. Основные характеристики слабого взаимодействия. Законы сохранения в слабых взаимодействиях.

55. Симметрии и законы сохранения. СРТ-инвариантность. Несохранение пространственной и зарядовой четности в слабых взаимодействиях.

56. Модель электрослабого взаимодействия. Понятие о локальной калибровочной инвариантности и о спонтанном нарушении симметрии.

57. Проблема объединения фундаментальных взаимодействий. Теория Великого объединения.

58. Модель горячей Вселенной. Космологический нуклеосинтез в горячей Вселенной. Нуклеосинтез в звездах.

59. Космические лучи. Состав, происхождение и распространение космического излучения.

60. Открытые вопросы физики атомного ядра и элементарных частиц, проблемы и перспективы.

4.2.2. Тематика экзаменационных задач по дисциплине «Физика атомного ядра и частиц» для направления подготовки: 03.03.03 Радиофизика

Тема 1. Энергия связи ядра.

Тема 2. Закон радиоактивного распада.

Тема 3. Альфа-распад.

Тема 4. Бета-распад.

Тема 5. Эффективное сечение реакции.

Тема 6. Энергия реакции.

Тема 7. Порог реакции.

Тема 8. Энергетические уровни ядра.

Тема 9. Распад элементарных частиц.

Тема 10. Аннигиляция элементарных частиц.

Тема 11. Энергетический порог реакции.

Тема 12. Лептонные и барионные заряды.

Тема 13. Странность.

Тема 14. Кварки.

4.2.3. Примеры экзаменационных билетов по дисциплине «Физика атомного ядра и частиц» для направления подготовки: 03.03.03 Радиофизика

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Общие свойства атомных ядер. Протон-нейтронная модель ядра.

2. Симметрии и законы сохранения. СРТ-инвариантность. Несохранение пространственной и зарядовой четности в слабых взаимодействиях.

3. Задача. (Распад частиц.) Остановившийся π -мезон распался на мюон и антинейтрино. Найти кинетическую энергию мюона.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Заряд, размеры, и массы ядер. Методы их определения. Изотопы, изобары, изотоны. Плотность ядерного вещества.

2. Экспериментальные методы изучения ядерных реакций и регистрации частиц в физике высоких энергий.

3. Задача. (Аннигиляция частиц.) Релятивистский позитрон с кинетической энергией K_e налетает на покоящийся свободный электрон. В результате аннигиляции возникают два γ -кванта с одинаковыми энергиями. Определить угол θ между направлениями их разлета.

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. 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>

2. 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>

3. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 384 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/277>

4. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 2. Физика ядерных реакций [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 326 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/279>

5. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 3. Физика элементарных частиц [Электронный ресурс]: учеб. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2008. – 432 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/280>

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. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 1: Физика атомного ядра. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008.

2. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 2: Физика ядерных реакций. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008.

3. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: учебник: [в 3 т.] / Т. 3: Физика элементарных частиц. Изд. 6-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2008.

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

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

6. 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.).

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

8. Проскурякова Е.А. Физика элементарных частиц [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 104 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/87587>

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

Физика элементарных частиц и атомного ядра

Ядерная физика

Ядерная физика и инжиниринг

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

1. Электронная библиотека ЮРАЙТ: 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
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/>
14. «Ядерная физика в Интернете»: <http://nuclphys.sinp.msu.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».

В соответствии с этим при проведении оперативного контроля могут использоваться

контрольные вопросы как к выполняемым работам лабораторного практикума, так и к соответствующим разделам основной дисциплины «Физика атомного ядра и частиц».

Контроль осуществляется посредством тестирования студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины и выполнения письменных контрольных работ.

По итогам выполнения каждой лабораторной работы студент составляет подробный письменный отчет, опираясь на который должен в беседе с преподавателем продемонстрировать знание теоретического и экспериментального материала, относящегося к работе. Проверка знаний студента основана на контрольных вопросах, приведенных в описании работы и дополнительных вопросах, касающихся соответствующих разделов основной дисциплины «Физика атомного ядра и частиц». После выполнения лабораторной работы студент представляет откорректированный в ходе защиты письменный отчет о ней.

Дополнительная форма контроля эффективности усвоения материала и приобретения практических навыков заключается в открытой интерактивной защите работы на устном выступлении перед аудиторией сокурсников. В этом случае защита проходит в режиме краткого доклада на конференции.

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 «Физика атомного ядра и частиц» также относится электронный вариант учебного пособия по ядерной физике, включающий в себя:

- лекционный курс дисциплины «Физика атомного ядра и частиц»;
- контрольные вопросы по каждому разделу учебной дисциплины;
- список задач по каждому разделу учебной дисциплины.

К средствам обеспечения освоения дисциплины «Физика атомного ядра и частиц» также относятся электронные варианты дополнительных учебных, научно-популярных и научных изданий по ядерной физике.

Рекомендуется следующий график и календарный план самостоятельной работы студентов по учебным неделям (8 недель):

Типовые задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Тема или задание текущей работы	Кол-во часов	Форма представления результатов	Сроки выполнения (недели)
6	Взаимодействие ядерного излучения с веществом	6	Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение практических заданий, тестов и контрольных работ.	1
8	Эксперименты в физике высоких энергий	6	Устный ответ.	1

			Текстовый документ. Реферат. Выполнение практических заданий, тестов и контрольных работ.	
9	Электромагнитные взаимодействия	6	Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение практических заданий, тестов и контрольных работ.	1
10	Сильные взаимодействия	6	Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение практических заданий, тестов и контрольных работ.	1
11	Слабые взаимодействия	6	Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение практических заданий, тестов и контрольных работ.	1
13	Объединение взаимодействий	6	Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение практических заданий, тестов и контрольных работ.	1
14	Открытые вопросы физики ядра и частиц	5	Устный ответ. Текстовый документ. Реферат. Выполнение практических заданий, тестов и контрольных работ.	2
Итого:		41		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: 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 MATLAB Wavelet Toolbox
	Mathworks Simulink, Signal Processing Toolbox
	Mathworks Fuzzy Logic Toolbox Neural Network Toolbox Optimization Toolbox Statistics Toolbox Partial Differential Equation Toolbox DSP System Toolbox Communications System Toolbox Financial Toolbox 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. Естественно-научный образовательный портал:
<http://www.en.edu.ru/catalogue/>
7. Физическая энциклопедия:
<http://www.femto.com.ua/articles/>
8. Академик – Словари и энциклопедии на Академике:

http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/
http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/150/Атомная_физика/

9. Википедия – свободная энциклопедия.

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

10. Физическая энциклопедия

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

11. Ядерная физика в интернете. Справочная информация. Проект кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ, осуществляемый при поддержке НИИЯФ МГУ

www.nuclphys.sinp.msu.ru/

12. Физика атомного ядра | Ядерная физика в Интернете | НИИЯФ МГУ

www.sinp.msu.ru/ru/project/8343

www.sinp.msu.ru/en/node/8343

(Электронные версии учебников, статей. Справочная информация. Учебные материалы курса «Физика атомного ядра и элементарных частиц»)

13. Ядерная физика в Интернете | Единое окно доступа | Кафедра общей ядерной физики физического факультета МГУ и НИИЯФ МГУ

www.window.edu.ru/resource/621/34621

14. Ядерная физика – Википедия

www.ru.wikipedia.org/wiki/Ядерная_физика

15. Ядерная физика – Narod.ru

www.profbeckman.narod.ru/YadFiz.htm

16. Физика нейтрино – Видеотека

www.elementy.ru/video?pubid=432031

17. Институт Ядерной Физики им. Г.И.Будкера СО РАН

www.inp.nsk.su/

18. DMOZ – World: Russian: Наука: Физика: Ядерная физика: Справочная информация

www.dmoz.org/

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

Успешная реализация преподавания дисциплины «Физика атомного ядра и частиц» предполагает наличие минимально необходимого для реализации бакалаврской программы перечня материально-технического обеспечения:

- лекционные аудитории (оборудованные видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и имеющие выход в Интернет);
- компьютерные классы для проведения практических занятий;
- дисплейный класс с персональными компьютерами для проведения лабораторных 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).

Лаборатория атомной и ядерной физики оснащена следующим экспериментальным инструментарием:

- установка ФКЛ-6 с осциллографом CQ-5010A;
- установка ЛКК-2 с самописцем НЗ07/1;
- Ne-He лазер ЛГН-203 с вольтметром, компьютером и принтером;
- лабораторные комплексы ЛКК-4 и ЛКК-5;
- спектрографы ДФС-8 и кварцевый ИСП-28;

- фотоэлектронные кассета МОРС-6 (многоканальная оптическая регистрирующая система) для спектрографа ДФС-8;
- фотоэлектронные кассета МОРС-6 (многоканальная оптическая регистрирующая система) для спектрографа ИСП-28;
- искровой генератор ИВС-29;
- спектрометр СЭПР-2;
- дозиметр ДРГЗ-02 и дозиметр-радиометр МКС-05;
- сигнализатор загрязненности;
- лабораторная установка по измерению периода полураспада;
- радиометры с осциллографом и пересчетным прибором;
- лабораторная установка УЛП-1;
- сцинтилляционные приборы различных типов;
- персональные компьютеры с установленным программным комплексом «Физика микромира (МГУ)».

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	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – ауд. 201, корп. С: Комплект учебной мебели на 150 мест; доска учебная магнитно-маркерная; проектор интерактивный Epson EB-585Wi; трибуна интерактивная SmartOne PRO15; Лицензионное программное обеспечение: Microsoft Windows 8, 10; Microsoft Office Professional Plus (№73–АЭФ/223-ФЗ/2018; Соглашение Microsoft ESS 72569510). 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).
2	Практические занятия	Аудитория, оснащенная тремя меловыми или маркерными досками, презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО), а также достаточным количеством посадочных мест: № 209с (проектор EPSON EB-1776W), № 205с (проектор SANYO PLC-SW20A).
3	Лабораторные занятия	«Учебная лаборатория атомной и ядерной физики»: ауд. 225с (см. нижеследующую таблицу).
4	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитории: 209с, 207с, 205с
5	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитории: 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: 208с, 204с
--	--	--

«Учебная лаборатория атомной и ядерной физики», ауд. 225с		
Лабораторные работы по дисциплинам: «Физика атомного ядра и частиц», «Физика атомного ядра и элементарных частиц»	Оборудование и программно-техническое оснащение учебной лаборатории, относящиеся только к данным дисциплинам:	Кол-во
	Установка ФКЛ-6 с осциллографом CQ-5010A	1
	Установка ЛКК-2 с самописцем Н307/1	1
	Ne-He лазер ЛГН-203 с вольтметром, компьютером и принтером	1
	Лабораторные комплексы ЛКК-4 и ЛКК-5	2
	Спектрографы ДФС-8 и кварцевый ИСП-28	2
	Фотоэлектронные кассета МОРС-6 (многоканальная оптическая регистрирующая система) для спектрографа ДФС-8	2
	Фотоэлектронные кассета МОРС-6 (многоканальная оптическая регистрирующая система) для спектрографа ИСП-28	2
	Дозиметр ДРГЗ-02 и дозиметр-радиометр МКС-05	2
	Сигнализатор загрязненности	1
	Лабораторная установка по измерению периода полураспада	1
	Радиометры с осциллографом и пересчетным прибором	1
	Лабораторная установка УЛП-1	1
	Сцинтилляционные приборы различных типов	1
	Персональные компьютеры с установленным программным комплексом «Физика микромира (МГУ)»	2
	Наборные комплекты для проведения лабораторных работ (соединительные модули, шнуры, кабели, переходы и др.)	~