


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

И.А. Хагиров
подпись
« 26 » _____ Май 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***Б1.О.13.07 ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ
(АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА)***

(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

Физика и технология радиоэлектронных приборов и устройств

(наименование направленности (профиля) / специализации)

Форма обучения

очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация

бакалавр

Краснодар 2023

Рабочая программа дисциплины Б1.О.13.07 «Физический практикум (атомная и ядерная физика)» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика»

код и наименование направления подготовки

Программу составил(и):

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



подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.О.13.07 «Физический практикум (атомная и ядерная физика)» утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники ФТФ, протокол № 9 от 10 апреля 2023 г.


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



подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 10 от 20 апреля 2023 г.

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



подпись

Рецензенты:

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

Исаев В.А., д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры теоретической физики и компьютерных технологий ФГБОУ ВО «КубГУ»

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Дисциплина Б1.О.13.07 «Физический практикум (атомная и ядерная физика)» входит в блок естественно-научных дисциплин, предназначенных для формирования у учащихся естественно-научного мировоззрения и твердых знаний о процессах и явлениях, связанных с физическими свойствами микромира и квантовыми явлениями на уровнях атомно-молекулярной и субатомарной структуры вещества, а также элементарных частиц. Актуальность дисциплины «Физический практикум (атомная и ядерная физика)» 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 «Физический практикум (атомная и ядерная физика)» ставит своей целью изучение физических свойств микромира и квантовых явлений на уровнях атомно-молекулярной и субатомарной структуры вещества и элементарных частиц.

1.2 Задачи дисциплины

Основные задачи освоения дисциплины:

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

- 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 атомно-молекулярном строении вещества, экспериментальным и теоретическим методам исследования внутреннего строения атомов и молекул;

- основным законам, идеям и принципам атомной физики; физическим эффектам и явлениям, обусловленным, в основном, электронными оболочками атомов и молекул;

- 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:*

- с научной точки зрения осмысливать и интерпретировать основные положения атомных и молекулярных явлений;

- применять полученные знания для правильной интерпретации основных явлений атомной физики;

- надлежащим образом оценивать порядки физических величин;

- использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники;

- настраивать и эксплуатировать экспериментальные приборы для исследования внутреннего строения атомов;

- применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов;
- 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 взаимодействиях 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;
- *сформировать:*
- навыки применения основных методов физико-математического анализа для решения конкретных задач физики атомов и молекул;
- навыки физико-математического моделирования;
- умение с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и экспериментальных измерений;
- навыки правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лаборатории;
- навыки обработки и интерпретирования результатов эксперимента;
- умение анализировать физический смысл полученных результатов.
- навыки применения основных методов физико-математического анализа для решения конкретных задач физики атомных ядер и элементарных частиц;
- умение анализировать физический смысл полученных результатов.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.О.13.07 «Физический практикум (атомная и ядерная физика)» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре по очной форме обучения. Вид промежуточной аттестации: зачет.

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с дисциплинами обязательной части Блока 1 «Математический анализ», «Физика», «Физический практикум» и дисциплин вариативной части Блока 1. Для освоения данной дисциплины необходимо владеть методами математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, решением алгебраических и дифференциальных 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:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	
<p>ИОПК-1.1 Понимает теоретические и методологические основания избранной области физики и радиофизики</p> <p>ИОПК-1.2 Понимает актуальные проблемы и тенденции развития соответствующей научной области и области профессиональной деятельности</p>	<p>В результате обучения по дисциплины обучающиеся должны знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – современные представления об атомном строении вещества, основные законы, идеи и принципы атомной физики, их становление и развитие в исторической последовательности, их математическое описание, теоретическое исследование и практическое использование; – современные методы физико-математического моделирования и теоретического исследования явлений физики атома, методы наблюдения атомных явлений, их экспериментальное исследование и практическое использование; – принципы устройства и функционирования экспериментальных приборов для исследования внутреннего строения атомов; – 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; – экспериментальные 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. <p>В результате обучения по дисциплины обучающиеся должны уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – с научной точки зрения осмысливать и интерпретировать основные положения атомных явлений, оценивать порядки физических величин, использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники; – в практической деятельности применять знания о физических свойствах объектов и явлений для создания гипотез и теоретических моделей, проводить анализ границ их применимости; – применять соответствующие методы проведения физических исследований и измерений; – применять основные методы физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач и физического моделирования в производственной практике; – применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов; – настраивать и эксплуатировать экспериментальные приборы для исследования внутреннего строения атомов; – применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов;

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	<ul style="list-style-type: none"> – с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и измерений, анализировать физический смысл полученных результатов; – 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 естественнонаучных задач и 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. <p>В результате обучения по дисциплины обучающиеся должны владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами проведения физических исследований и измерений; – навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; – навыками обработки и интерпретирования результатов физико-математического моделирования, теоретического расчета и экспериментального исследования; – навыками правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лаборатории; – навыками обработки и интерпретирования результатов эксперимента; – навыками применения полученных теоретических знаний для решения прикладных задач; – методами проведения физических исследований и измерений; – навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; – навыками обработки и интерпретирования результатов физико-математического моделирования, теоретического расчета и экспериментального исследования; – навыками применения полученных теоретических знаний для решения прикладных задач.
<p>ОПК-2 Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять научные данные</p>	
<p>ИОПК-2.1 Умеет определять достоверность, полноту, актуальность и непротиворечивость экспериментальных данных</p> <p>ИОПК-2.2 Умеет оценивать погрешности экспериментальных данных</p>	<p>В результате обучения по дисциплины обучающиеся должны знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – современные представления об атомном строении вещества, основные законы, идеи и принципы атомной физики, их становление и развитие в исторической последовательности, их математическое описание, теоретическое исследование и практическое использование;

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	<ul style="list-style-type: none"> – современные методы физико-математического моделирования и теоретического исследования явлений физики атома, методы наблюдения атомных явлений, их экспериментальное исследование и практическое использование; – принципы устройства и функционирования экспериментальных приборов для исследования внутреннего строения атомов; – 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; – экспериментальные 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. <p>В результате обучения по дисциплины обучающиеся должны уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – с научной точки зрения осмысливать и интерпретировать основные положения атомных явлений, оценивать порядки физических величин, использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники; – в практической деятельности применять знания о физических свойствах объектов и явлений для создания гипотез и теоретических моделей, проводить анализ границ их применимости; – применять соответствующие методы проведения физических исследований и измерений; – применять основные методы физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач и физического моделирования в производственной практике; – применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов; – настраивать и эксплуатировать экспериментальные приборы для исследования внутреннего строения атомов; – применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов; – с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и измерений, анализировать физический смысл полученных результатов; – 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;

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	<ul style="list-style-type: none"> – применять основные методы физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач и 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. <p>В результате обучения по дисциплины обучающиеся должны владеть</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами проведения физических исследований и измерений; – навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; – навыками обработки и интерпретирования результатов физико-математического моделирования, теоретического расчета и экспериментального исследования; – навыками правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лаборатории; – навыками обработки и интерпретирования результатов эксперимента; – навыками применения полученных теоретических знаний для решения прикладных задач; – методами проведения физических исследований и измерений; – навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; – навыками обработки и интерпретирования результатов физико-математического моделирования, теоретического расчета и экспериментального исследования; – навыками применения полученных теоретических знаний для решения прикладных задач.

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения		
		очная	очно-заочная	заочная
		5 семестр (часы)		
Контактная работа, в том числе:				

Аудиторные занятия (всего):		68,2	68,2		
занятия лекционного типа		–	–		
лабораторные занятия		68	68		
практические занятия		–	–		
семинарские занятия		–	–		
Указываются виды работ в соответствии с учебным планом		–	–		
Иная контактная работа:		–	–		
Контроль самостоятельной работы (КСР)		–	–		
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2		
Самостоятельная работа, в том числе:		3,8	3,8		
Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		–	–		
Контрольная работа		–	–		
Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		–	–		
Реферат/эссе (подготовка)		–	–		
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)		3,8	3,8		
Подготовка к текущему контролю		–	–		
Контроль:		–	–		
Подготовка к экзамену		–	–		
Общая трудоемкость	час.	72	72		
	в том числе контактная работа	68,2	68,2		
	зач. ед	2	2		

2.2 Содержание дисциплины

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

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СРС
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение в атомную физику	4			4	
2	Планетарная модель атома Резерфорда–Бора	8			8	
3	Уравнения Шредингера и квантовая теория атома водорода	11			10	1
4	Многоэлектронные атомы	8			8	
5	Оптические квантовые генераторы	5			4	1
6	Радиоактивность	8			8	
7	Взаимодействие ядерного излучения с веществом	9			8	1
8	Эксперименты в физике высоких энергий	14,8			14	0,8
9	Современные астрофизические представления. Открытые вопросы физики ядра и частиц	4			4	
	ИТОГО по разделам дисциплины	71,8			68	3,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)					
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Подготовка к текущему контролю					
	Общая трудоемкость по дисциплине	72				

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

Согласно учебному плану, занятия лекционного типа по данной дисциплине не предусмотрены.

2.3.2 Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия)

Согласно учебному плану, занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия) по данной дисциплине не предусмотрены.

2.3.3. Лабораторные занятия

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Введение в атомную физику	Предмет и задачи атомной физики. Микромир. Масштабы. Экспериментальные данные о строении атома. Серийные закономерности в атомных спектрах, комбинационный принцип Ритца, термы. Классическая модель атома Томсона. Элементы классической теории электромагнитного излучения. Элементы квантовой оптики. Кванты света (фотоны). Тепловое излучение: классический и квантово-механический подход. Фотоэффект: его виды и законы. Формула Эйнштейна. Давление излучения. Поглощение излучения. Излучение Вавилова–Черенкова. Эффект Комптона.	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / отчет и защита выполненной лабораторной работы
2	Планетарная модель атома Резерфорда–Бора	Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома. Вывод формулы Резерфорда для рассеяния α -частиц. Следствия из опытов Резерфорда. Экспериментальная проверка формулы Резерфорда. Планетарная модель атома Резерфорда. Столкновение частиц. Сечение	Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / отчет и защита выполненной лабораторной работы

		<p>рассеяния.</p> <p>Спектральные серии атома водорода. Элементарная боровская теория атома водорода. Постулаты Бора. Экспериментальное подтверждение дискретной структуры энергетических уровней атомов, опыты Франка и Герца. Боровская модель атома водорода. Спектральные серии водородоподобных систем. Недостатки теории Бора.</p>	
3	Уравнения Шредингера и квантовая теория атома водорода	<p>Временное и стационарное уравнения Шредингера. Квантование. Уравнения Шредингера в операторной форме. Оператор Гамильтона. Определение энергетического спектра системы как задача на собственные значения оператора Гамильтона.</p> <p>Квантово-механическое описание атома водорода. Уравнение Шредингера для атома водорода. Физический смысл квантовых чисел. Разделение переменных. Угловое и радиальное распределение электронной плотности. Энергетический спектр. Операторы момента импульса и проекции момента импульса и их собственные значения. Правила отбора. Нормальное состояние атома. Волновые функции и распределение плотности вероятности. 1s-состояние электрона в атоме водорода.</p>	<p>Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / отчет и защита выполненной лабораторной работы</p>
4	Многочелюстные атомы	<p>Квантование водородоподобных атомов. Кратность вырождения энергетических уровней. Символика состояний электрона в атоме. Распределение плотности вероятности. Уровни и спектры щелочных металлов. Правила отбора и спектральные серии. Тонкая структура спектральных линий водородоподобных атомов.</p> <p>Орбитальные магнитный и механический моменты. Спин и собственный магнитный момент электрона. Экспериментальное доказательство существования спина, опыты Штерна–Герлаха. Полный момент импульса. Описание состояний электрона в атоме с помощью наборов квантовых чисел. Спин-орбитальное взаимодействие.</p>	<p>Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / отчет и защита выполненной лабораторной работы</p>
5	Оптические квантовые генераторы	<p>Вынужденное (индуцированное) излучение. Оптические квантовые генераторы (лазеры). Важнейшие типы лазеров. Основные компоненты лазера. Свойства лазерного излучения.</p>	<p>Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / отчет и защита выполненной лабораторной работы</p>
6	Радиоактивность	<p>Радиоактивные превращения ядер. Естественная и искусственная радиоактивность. Статистический характер радиоактивного распада. Законы радиоактивного распада. Радиоактивные семейства. Виды радиоактивного распада.</p> <p>Альфа-распад ядер. Энергетическое рассмотрение альфа-распада. Спектры альфа-частиц. Зависимость периода полураспада от энергии альфа-частиц. Механизм альфа-распада. Туннельный эффект.</p> <p>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</p>	<p>Ответы на контрольные вопросы / выполнение практических заданий / отчет и защита выполненной лабораторной работы</p>

		гамма-перехода и правила отбора. Внутренняя конверсия электронов. Ядерная изомерия. Резонансное поглощение излучения. Эффект Мессбауэра и его практическое применение	
7	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 / отчет и защита выполненной лабораторной работы
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 / отчет и защита выполненной лабораторной работы
9	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 / отчет и защита выполненной лабораторной работы

Лабораторные работы

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Количество часов
1	1, 2	Определение отношения заряда электрона к его массе методом магнетрона	4
2	1, 2	Атомные модели Дж. Томсона и Э. Резерфорда	4
3	2	Опыт Франка и Герца	4
4	2, 3	Изучение серийных закономерностей в спектре атома водорода	6
5	2, 3	Спектр атома водорода. Атом Бора	4
6	4	Изучение спектра атома натрия	8

7	5	Изучение неон-гелиевого лазера	4
8	6	Погрешности при ядерно-физических измерениях	4
9	8	Изучение газоразрядного счетчика	4
10	8	Изучение сцинтилляционного детектора	4
11	6	Определение активности источника	4
12	8	Изучение сцинтилляционного гамма-спектрометра	6
13	7	Изучение распространения бета-излучения в некоторых материалах и в воздухе	4
14	9	Изучение углового распределения космических лучей	4
15	7	Дозиметрические величины и их измерения	4
Итого:			68

Методические указания к лабораторным работам

Проведение всех занятий лабораторного практикума предусмотрено в специализированной учебной «Лаборатории атомной и ядерной физики», снабженной всем необходимым оборудованием, компьютерами и экспериментальными установками для эффективного выполнения соответствующих лабораторных работ.

По лабораторному практикуму в рамках дисциплины «Физический практикум (атомная и ядерная физика)» в качестве основных источников используются подготовленные преподавателями кафедры оптоэлектроники КубГУ учебно-методические пособия:

Барков А.П., Дорош В.С., Лысенко В.Е., Никитин В.А., Прохоров В.П., Хотнянская Е.Б. Атомная физика: учебно-методическое пособие.– Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2016.

Основы ядерной физики: лабораторный практикум / составители А. П. Барков, В. С. Дорош, В. А. Никитин, В. П. Прохоров, Е. Б. Хотнянская; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кубанский государственный университет. – 2-е изд., испр. и доп. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2019. – 120 с. – ISBN 978-5-8209-1699-1.

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 «Физический практикум (атомная и ядерная физика)».

Лабораторная работа № 1.

Определение отношения заряда электрона к его массе методом магнетрона.

Цель работы:

– изучить движение электрона при суперпозиции постоянных электрического и магнитного полей;

– измерить зависимость анодного тока от индукции магнитного поля при различных анодных напряжениях и рассчитать удельный заряд электрона;

– оценить погрешности измерений.

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Как устроен магнетрон со сплошным анодом?
2. Выведите распределение потенциала в пространстве между катодом и анодом.
3. На чем основан принцип определения e/m методом магнетрона?
4. Как записывается формула, определяющая силу Лоренца?
5. Выведите формулу для магнитного поля на оси соленоида.
6. Начертите схему установки для определения e/m электрона с использованием магнетрона.
7. Выведите формулу для определения e/m электрона применительно к вашему опыту.

Лабораторная работа № 2.

Опыт Франка и Герца.

Цель работы:

- изучить процесс возбуждения атомов инертного газа электронами;
- измерить первые потенциалы возбуждения (резонансные потенциалы) инертных газов и определить исследуемые инертные газы;
- оценить погрешности измерений.

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Что подтверждается опытом Франка и Герца?
2. Каковы условия упругого и неупругого соударения электрона с атомом?
3. Вывести формулы относительной убыли энергии электрона при упругом и неупругом соударении его с атомом.
4. Сформулировать постулаты Бора.
5. Что называется характеристикой задержки лампы?
6. Объясните форму анодной характеристики, изображенной на рис. 9 учебно-методического пособия.
7. Условие $\lambda e \ll E_2 - E_1 < E_1$ является условием неупругого столкновения электрона с атомом сразу по достижении энергии возбуждения резонансного уровня. По всему ли объему лампы происходят такие неупругие столкновения U , если нет, то в каких именно областях лампы и почему?

Лабораторная работа № 3.

Изучение неон-гелиевого лазера.

Цель работы:

- изучить принцип работы и механизм генерации неон-гелиевого лазера;
- измерить основные характеристики лазерного излучения;
- оценить погрешности измерений.

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Чем принципиально отличается излучение лазера от излучения газового разряда?
2. Каков механизм образования инверсии населенности в Ne-He смеси?
3. Объясните термин «отрицательная абсолютная температура», применяемый иногда при описании инверсии.
4. Каков спектр излучения газового лазера?
5. Что такое собственный тип колебаний резонатора?
6. Какова роль уровня 1S неона?
7. Что такое диэлектрическое зеркало, его достоинства?
8. Как зависит усиление в активной среде от давления газовой смеси в трубке и ее диаметра?
9. Покажите, является ли исследуемый Ne-He лазер одночастотным?

Лабораторная работа № 4.

Изучение сериальных закономерностей в спектре атома водорода.

Цель работы:

- изучить сериальные закономерности в видимой области спектра атома водорода;
- измерить длины волн основных линий спектра водорода в серии Бальмера и рассчитать величину постоянной Ридберга;
- оценить погрешности измерений.

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Какими квантовыми числами характеризуется отдельный электрон в атоме? Какие значения они принимают? Каков их физический смысл?
2. Какой вид аналитических соотношений для серийной структуры атомов водорода?
3. Выведите формулы для вычисления постоянной Ридберга.
4. Какие виды серий наблюдаются в спектре одноэлектронных атомов?
5. В каком диапазоне длин волн лежат конкретные серии (Лаймана, Бальмера, Пашена, Брэкета, Пфунда) и каковы их сериальные закономерности?
5. Что такое спектральные термы, каков их физический смысл?
6. Какие спектральные серии доступны для изучения на данной экспериментальной установке?
7. Что такое энергия ионизации атома и как оценить ее величину для водородоподобных атомов?
8. Как влияет учет конечной величины массы ядра на значение постоянной Ридберга?
9. Может ли модель Бора объяснить линейчатый молекулярный спектр водорода?

Лабораторная работа № 5.

Спектр атома водорода. Атом Бора.

Цель работы:

- моделирование экспериментальной обработки спектра поглощения атома водорода;
 - определение уровней энергии;
 - построение формулы Бальмера;
 - визуализация полуклассических моделей атома водорода.
- Приборы и принадлежности:

– компьютер с программой «Физика микромира».

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Как представляется строение атома по модели Резерфорда?
2. В чем заключается содержание постулатов Бора?
3. Когда атом излучает свет?
4. Как определяется частота света, испускаемого атомом?
5. Какой процесс называется ионизацией атома?
6. Какая серия линий получила название серии Лаймана?
7. Чему равна энергия кванта света?

Лабораторная работа № 6.

Атомные модели Дж. Томсона и Э. Резерфорда.

Цель работы:

– моделирование экспериментов по зондированию альфа-частицами гипотетических мишеней с целью определения модели атома, адекватной реальной.

Приборы и принадлежности:

– компьютер с программой «Физика микромира».

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Чем отличаются модели атомов, предложенные Дж. Томсоном и Э. Резерфордом?
2. Почему модель атома Дж. Томсона не получила дальнейшего развития?
3. Возможно ли воспроизвести опыт Э. Резерфорда, используя в качестве мишени не золото, а фольгу из другого материала (например, свинца), а вместо α -частиц – пучок электронов или протонов?
4. Что такое прицельный параметр?
5. В каких случаях угол рассеяния Θ максимален? От чего это зависит?
6. Как связан прицельный параметр с углом рассеяния?

Лабораторная работа № 7.

Изучение спектра атома натрия.

Цель работы:

– изучить спектр излучения натрия и измерить длины волн линий 1d и 2d желтого дублета натрия;

– изучить тонкую структуру энергетических уровней атома натрия;

– вычислить экспериментально постоянную тонкой структуры α .

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и

рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Какие виды связи существуют в сложных атомах? В чем их различие?
2. Каким образом и для чего вводится понятие термина атома? Что оно означает?
3. У некоторого атома значение результирующего квантового числа S спинового момента равно 2. При этом значение квантового числа L результирующего орбитального момента равно 3. Написать все возможные термы.
4. У некоторого атома значение результирующего квантового числа S спинового момента равно 2. При этом значение квантового числа L результирующего орбитального момента равно 1. Написать все возможные термы.
5. Каков физический смысл «правил отбора»? Возможен ли в принципе переход с $\Delta L = 2$?
6. По данным рис. 29 и 40 вычислите энергию термов $3D_{3/2,5/2}$. Равны ли в точности значения энергии этих термов?
7. На какие серии принято делить спектры сложных атомов? К какой серии принадлежит исследуемая в данной работе линия?
8. Что такое спин-орбитальное взаимодействие?
9. Запишите электронную конфигурацию атома натрия в основном состоянии и терм основного состояния атома.
10. Перечислите способы возбуждения атомов. Какой способ возбуждения свечения используется в данной работе?

Лабораторная работа № 8.

Погрешности при ядерно-физических измерениях.

Цель работы:

- изучить особенности расчётов погрешностей в ядерной физике;
- на основе серии экспериментальных измерений оценить параметры полученного распределения и сопоставить эти параметры с теоретическими выводами;
- научиться оценивать величины погрешностей результатов измерений с учётом доверительной вероятности и рационально планировать простейшие эксперименты.

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Что такое статистическая погрешность?
2. Что такое дисперсия случайной величины?
3. Каким законам распределения подчиняются случайные события?
4. В каком случае распределения Пуассона и Гаусса совпадают?
5. Приведите примеры необходимых и достаточных условий для выполнения распределения Пуассона, Гаусса.
6. Как связаны между собой величина дисперсии и величина среднего значения, если выполняется распределение Гаусса?
7. Как зависит точность измерений от числа событий? Объясните назначение коэффициентов Стьюдента.
8. Как рационально выбрать время измерений в случае определения отношения двух разных по величине интенсивностей?

9. Как рационально распределить время в случае определения двух разных по величине интенсивностей?
10. Оцените величину систематической погрешности в случае измерения активности источника ($\sim 3 \cdot 10^3$ расп./с), если разрешающее время детектора равно $3 \cdot 10^{-3}$ с.
11. Рассчитайте (оцените) время, необходимое для измерения скорости счета с точностью 1 %, если пробное измерение за 1 мин дало 100 импульсов.
12. Сделайте аналогичный расчет, но с учетом фона (30 имп./мин).

Лабораторная работа № 9.

Изучение газоразрядного счетчика.

Цель работы:

– изучение физических принципов работы газоразрядных детекторов ядерных излучений, знакомство с различными типами счетчиков, экспериментальное определение счетной характеристики, разрешающего времени и эффективности гейгеровского счетчика.

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Какие существуют виды газоразрядных счетчиков?
2. Покажите и объясните вольтамперную характеристику газонаполненного счетчика.
3. Объясните принципы включения и работы гейгеровского счетчика.
4. Каков принцип работы при гашении разряда в самогасящемся счетчике?
5. В чем заключается особенность галогенного счетчика?
6. От чего зависит эффективность работы гейгеровского счетчика?
7. Что определяет счетная характеристика гейгеровского счетчика?

Лабораторная работа № 10.

Изучение сцинтилляционного детектора.

Цель работы:

– изучение метода регистрации ядерного излучения с помощью сцинтилляционного (люминесцентного) счетчика, знакомство с различными типами сцинтилляторов, экспериментальное определение счетной характеристики и эффективности сцинтилляционного блока детектирования.

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Объясните принцип работы кристаллического сцинтилляционного счетчика. Какова роль активатора?
2. В чем заключается особенность работы органических сцинтилляторов?
3. Какие виды сцинтилляторов известны?
4. Как зависит световыход сцинтиллятора от содержания активатора?
5. Объясните принцип работы ФЭУ.

6. От каких факторов и как зависит эффективность работы сцинтилляционного детектора?
7. Какими преимуществами обладают кристаллические сцинтилляционные детекторы по сравнению со счетчиками Гейгера?
8. Объясните полученные графики зависимости N от U . Почему наблюдается рост N с увеличением U , чему равно рабочее напряжение для данных условий?
9. Объясните полученное значение эффективности регистрации γ -квантов на сцинтилляционном устройстве.
10. Перечислите основные характеристики ФЭУ.

Лабораторная работа № 11.

Определение активности источника.

Цель работы:

– изучение явления радиоактивного распада ядер атомов и методов определения активности, измерение активности источника с помощью торцевого счетчика.

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Выведите закон радиоактивного распада.
2. Приведите схему распада использовавшегося в работе радиоактивного источника. Напишите уравнение распада.
3. Назовите методы определения активности, их преимущества и недостатки.
4. Перечислите основные поправочные коэффициенты. Какими поправочными коэффициентами можно пренебречь?
5. Как устроен и как работает торцевой счетчик?
6. Какую роль играет диафрагма, помещенная перед окошком счетчика?
7. Почему источник необходимо располагать на некоторой высоте над поверхностью дна защитного домика?
8. Для чего стенки защитного домика покрывают алюминием и плексиглазом. Какова должна быть толщина покрытия?
9. Можно ли на использовавшейся в работе измерительной установке определить активность α - и γ -активных источников?
10. Предложите методы экспериментального определения основных поправочных коэффициентов.

Лабораторная работа № 12.

Изучение сцинтилляционного гамма-спектрометра.

Цель работы:

– изучение принципа работы сцинтилляционного однокристалльного гамма-спектрометра, градуировка гамма-спектрометра по излучению Cs-137 ($^{137}_{55}\text{Cs}$), экспериментальное определение разрешающей способности гамма-спектрометра.

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные

вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Из каких основных частей (блоков) состоит сцинтилляционный гамма-спектрометр?
2. Объясните физические процессы, происходящие в сцинтилляторе под действием гамма-квантов (на примере кристалла NaI(Tl)).
3. Как работает дискриминатор?
4. В чем заключается принцип работы схемы антисовпадений?
5. Объясните схему распада Cs-137.
6. Как можно убедиться, что излучение, регистрируемое детектором, действительно является гамма-излучением?
7. В результате каких явлений возникают гамма-кванты? Объясните пути отдачи избыточной энергии возбужденными ядрами.
8. Что такое метастабильные уровни?
9. Какие процессы вносят вклад в образование пика полного поглощения?
10. Оцените энергетическое разрешение спектрометра. Возможно ли наблюдение «тонкой структуры» гамма-спектра Cs-137 на данном спектрометре?
11. Какова относительная роль фотоэффекта, Комптон-эффекта и эффекта рождения пар в формировании спектра Cs-137?
12. Чему равны значения естественной ширины гамма-излучения ядер и время жизни ядер в возбужденных состояниях?
13. Как изменится форма спектра при увеличении и при уменьшении энергии гамма-квантов?

Лабораторная работа № 13.

Изучение распространения бета-излучения в некоторых материалах и в воздухе.

Цель работы:

– экспериментально проверить закономерности ослабления бета-излучения в веществе, определить линейные коэффициенты ослабления бета-частиц изотопа Sr-92 ($^{92}_{38}\text{Sr}$) в алюминии и свинце с помощью торцевого счетчика.

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Что называется бета-распадом? Как возникает β -излучение?
2. Почему уменьшается энергия β -частиц при прохождении через слой поглотителя? Чем обусловлено поглощение β -излучения веществом?
3. Сформулируйте закон, которому подчиняется поглощение β -излучения.
4. Опишите принцип действия торцевого счетчика.
5. Что называется «мертвым временем» счетчика и чем оно определяется?

Лабораторная работа № 14.

Изучение углового распределения космических лучей.

Цель работы:

– изучение свойств, состава космических лучей, взаимодействия их с атмосферой Земли и экспериментальное определение углового распределения интенсивности космических лучей.

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Назовите состав космических первичных лучей и дайте им краткую характеристику.
2. Как меняется интенсивность и состав космических лучей при прохождении через атмосферу?
3. С чем связано угловое распределение космических частиц?
4. Как объяснить, что жесткая и мягкая компоненты имеют примерно одинаковый закон распределения по углам?
5. В чем заключается принцип работы схемы совпадений?
6. Покажите цепь взаимодействий космических лучей в атмосфере.
7. В чем заключается широтный эффект?

Лабораторная работа № 15.

Дозиметрические величины и их измерения.

Цель работы:

– изучение свойств ионизирующих излучений, дозиметрических величин и их единиц, знакомство с методами проведения дозиметрических измерений и дозиметрическими приборами.

Содержание отчета

Подробный письменный отчет, содержащий структурированную схему исследования, необходимые теоретические сведения, иллюстративный материал, полученные экспериментальные данные, основные расчетные соотношения и рассчитанные параметры, необходимые графические зависимости и таблицы данных. Анализ и объяснение полученных результатов. Письменные ответы на контрольные вопросы и задания, приведенные в описании работы.

Контрольные вопросы:

1. Что такое ионизирующее и косвенно ионизирующее излучения?
2. Какие виды излучения наиболее опасны при внешнем и внутреннем облучении?
3. Какие процессы лежат в основе биологического действия ионизирующего излучения?
4. Что такое поглощенная доза, какова ее размерность?
5. Определите понятия «эквивалентная доза», «коэффициент качества».
6. Что такое керма?
7. В чем заключается «защита временем», «защита расстоянием»?
8. Чем определяется выбор материала защитных экранов?
9. Какие материалы используются для защиты от α -, β - и γ -излучения?
10. В чем различие между «узким» и «широким» пучком γ -излучения?
11. Из каких компонентов должна состоять нейтронная защита?
12. В чем отличие дозиметрических приборов от радиометрических?
13. Назовите важнейшие типы дозиметров.

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)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка учебного (теоретического материала), подготовка к текущей и промежуточной аттестации (зачёту, тестам и вопросам)	<p>1. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017 г.</p> <p>2. Атомная физика: учебно-методическое пособие / [А.П. Барков, В.С. Дорош, В.Е. Лысенко и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. – Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2016.</p> <p>3. Электронный курс «Физика атома» (включает в себя: 1) электронный курс лекций; 2) контрольные вопросы по разделам учебного курса; 3) практические задания по разделам учебного курса; 4) тесты по разделам учебного курса); режим доступа: http://moodle.kubsu.ru/</p> <p>4. Основы ядерной физики: лабораторный практикум / составители А. П. Барков, В. С. Дорош, В. А. Никитин, В. П. Прохоров, Е. Б. Хотнянская; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кубанский государственный университет. – 2-е изд., испр. и доп. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2019. – 120 с. – ISBN 978-5-8209-1699-1.</p> <p>5. 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</p> <p>6. 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</p> <p>7. 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</p> <p>8. 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</p> <p>9. 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</p> <p>10. 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.</p> <p>11. 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.</p> <p>12. 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.</p>
2	Подготовка к практическим занятиям	<p>1. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017 г.</p> <p>2. Атомная физика: учебно-методическое пособие / [А.П. Барков, В.С. Дорош, В.Е. Лысенко и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. – Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2016.</p>

		<p>3. Электронный курс «Физика атома» (включает в себя: 1) электронный курс лекций; 2) контрольные вопросы по разделам учебного курса; 3) практические задания по разделам учебного курса; 4) тесты по разделам учебного курса); режим доступа: http://moodle.kubsu.ru/</p> <p>4. Основы ядерной физики: лабораторный практикум / составители А. П. Барков, В. С. Дорош, В. А. Никитин, В. П. Прохоров, Е. Б. Хотнянская; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кубанский государственный университет. – 2-е изд., испр. и доп. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2019. – 120 с. – ISBN 978-5-8209-1699-1.</p> <p>5. 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</p> <p>6. 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</p> <p>7. 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</p> <p>8. 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</p> <p>9. 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</p> <p>10. 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.</p> <p>11. 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.</p> <p>12. 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.</p>
3	<p>Подготовка к выполнению лабораторных работ. Оформление технического отчёта по лабораторным работам.</p>	<p>1. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой оптоэлектроники, протокол № 6 от «01» марта 2017 г.</p> <p>2. Атомная физика: учебно-методическое пособие / [А.П. Барков, В.С. Дорош, В.Е. Лысенко и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. – Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2016.</p> <p>3. Основы ядерной физики: лабораторный практикум / составители А. П. Барков, В. С. Дорош, В. А. Никитин, В. П. Прохоров, Е. Б. Хотнянская; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кубанский государственный университет. – 2-е изд., испр. и доп. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2019. – 120 с. – ISBN 978-5-8209-1699-1.</p>

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

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,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, лабораторный компьютерный практикум, разработка программ численного расчета основных характеристик, домашние задания, тестирование, защита лабораторных работ, консультации с преподавателем, самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к практическими занятиям, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних заданий, подготовка к тестированию, зачету или экзамену). проблемное обучение, модульная технология, самостоятельная работа студентов.

Для проведения части лекционных занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого (занятия в интерактивной форме), позволяющего студенту воспринимать особенности изучаемой дисциплины, играющие решающую роль в понимании и восприятии, а также в формировании профессиональных компетенций. По ряду тем дисциплины лекции проходят в классическом стиле.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, анализа педагогических задач, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

По изучаемой дисциплине студентам предоставляется возможность пользоваться учебно-методическими материалами и рекомендациями, размещенными в электронной информационно-образовательной среде Модульного Динамического Обучения КубГУ.

Таким образом, **основными образовательными технологиями, используемыми в учебном процессе, являются:** интерактивная лекция с мультимедийной системой и активным вовлечением студентов в учебный процесс; обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем и с последующим разбором этих вопросов на практических занятиях; лабораторные занятия – работа студентов в малых группах в режимах взаимодействия «преподаватель – студент», «студент – преподаватель», «студент – студент». При проведении практических и лабораторных учебных занятий предусмотрено развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Физический практикум (атомная и ядерная физика)».

Оценочные средства включают контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме ответов на контрольные вопросы, выполнения практических и тестовых заданий, подготовке докладов-презентаций по темам рефератов и **промежуточной аттестации** в форме вопросов для подготовки к зачету и решения задач.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности ИОПК-1.1 Понимает теоретические и методологические основания избранной области физики и радиофизики ИОПК-1.2 Понимает актуальные проблемы и тенденции развития соответствующей научной области и области профессиональной деятельности	знать: – современные представления об атомном строении вещества, основные законы, идеи и принципы атомной физики, их становление и развитие в исторической последовательности, их математическое описание, теоретическое исследование и практическое использование; – современные методы физико-математического моделирования и теоретического исследования явлений физики атома, методы наблюдения атомных явлений, их экспериментальное исследование и практическое использование; – принципы устройства и функционирования экспериментальных приборов для исследования внутреннего строения атомов; – 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	Рабочая тетрадь Лабораторная работа Вопросы для устного (письменного) опроса по теме, разделу	Вопросы на зачете

		<p>исследования явлений физики атомного ядра и элементарных частиц;</p> <ul style="list-style-type: none"> – экспериментальные 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. <p><u>уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – с научной точки зрения осмысливать и интерпретировать основные положения атомных явлений, оценивать порядки физических величин, использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники; – в практической деятельности применять знания о физических свойствах объектов и явлений для создания гипотез и теоретических моделей, проводить анализ границ их применимости; – применять соответствующие методы проведения физических исследований и измерений; – применять основные методы физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач и физического моделирования в производственной практике; 		
--	--	--	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> – применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов; – настраивать и эксплуатировать экспериментальные приборы для исследования внутреннего строения атомов; – применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов; – с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и измерений, анализировать физический смысл полученных результатов; – 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 естественнонаучных задач и 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 		
--	--	--	--	--

		<p>измерений, анализировать физический смысл полученных результатов.</p> <p><u>владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – методами проведения физических исследований и измерений; – навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; – навыками обработки и интерпретирования результатов физико-математического моделирования, теоретического расчета и экспериментального исследования; – навыками правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лаборатории; – навыками обработки и интерпретирования результатов эксперимента; – навыками применения полученных теоретических знаний для решения прикладных задач; – методами проведения физических исследований и измерений; – навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; – навыками обработки и интерпретирования результатов физико-математического моделирования, теоретического расчета и экспериментального исследования; – навыками применения полученных теоретических знаний 		
--	--	--	--	--

		для решения прикладных задач.		
	<p>ОПК-2 Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять научные данные</p> <p>ИОПК-2.1 Умеет определять достоверность, полноту, актуальность и непротиворечивость экспериментальных данных</p> <p>ИОПК-2.2 Умеет оценивать погрешности экспериментальных данных</p>	<p>знать:</p> <p>– современные представления об атомном строении вещества, основные законы, идеи и принципы атомной физики, их становление и развитие в исторической последовательности, их математическое описание, теоретическое исследование и практическое использование;</p> <p>– современные методы физико-математического моделирования и теоретического исследования явлений физики атома, методы наблюдения атомных явлений, их экспериментальное исследование и практическое использование;</p> <p>– принципы устройства и функционирования экспериментальных приборов для исследования внутреннего строения атомов;</p> <p>– 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;</p> <p>– экспериментальные методы изучения ядерных реакций, принципы ускорения элементарных частиц и ядер, физические принципы работы ускорителей</p>	Рабочая тетрадь Лабораторная работа Вопросы для устного (письменного) опроса по теме, разделу	Вопросы на зачете

	<p>элементарных частиц и их классификацию;</p> <ul style="list-style-type: none">– 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. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">– с научной точки зрения осмысливать и интерпретировать основные положения атомных явлений, оценивать порядки физических величин, использовать полученные знания в различных областях физической науки и техники;– в практической деятельности применять знания о физических свойствах объектов и явлений для создания гипотез и теоретических моделей, проводить анализ границ их применимости;– применять соответствующие методы проведения физических исследований и измерений;– применять основные методы физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач и физического моделирования в производственной практике;– применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов;– настраивать и эксплуатировать экспериментальные приборы для исследования внутреннего строения атомов;		
--	--	--	--

		<p>– применять имеющиеся теоретические знания для проведения и истолкования экспериментов;</p> <p>– с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и измерений, анализировать физический смысл полученных результатов;</p> <p>– применять полученные знания для правильной интерпретации основных явлений физики ядра и элементарных частиц и надлежащей оценки порядков физических величин;</p> <p>– применять соответствующие методы проведения физических исследований и измерений;</p> <p>– применять основные методы физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач и физического моделирования в производственной практике;</p> <p>– применять полученные теоретические знания для решения конкретных прикладных задач в профессиональной области;</p> <p>– с помощью адекватных методов оценивать точность и погрешность теоретических расчетов и экспериментальных измерений, анализировать физический смысл полученных результатов.</p> <p><u>владеть:</u></p> <p>– методами проведения физических исследований и измерений;</p> <p>– навыками применения основных методов</p>		
--	--	---	--	--

	<p>физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач;</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками обработки и интерпретирования результатов физико-математического моделирования, теоретического расчета и экспериментального исследования; – навыками правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лаборатории; – навыками обработки и интерпретирования результатов эксперимента; – навыками применения полученных теоретических знаний для решения прикладных задач; – методами проведения физических исследований и измерений; – навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; – навыками обработки и интерпретирования результатов физико-математического моделирования, теоретического расчета и экспериментального исследования; – навыками применения полученных теоретических знаний для решения прикладных задач. 		
--	--	--	--

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Перечень вопросов и заданий

1. Контрольные вопросы по учебной программе.
2. Практические задания по учебной программе.

3. Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (зачет)

Контрольные вопросы по учебной программе

Физический практикум (атомная физика)

Раздел 1.

В чем заключается единство корпускулярных и волновых свойств электромагнитного излучения?

Какие явления являются экспериментальным доказательством квантовых свойств излучения? его волновых свойств?

Какие характеристики фотона определяют его корпускулярные свойства? волновые свойства?

Выразите массу фотона через длину волны.

Какова скорость движения фотонов в разных средах?

Как изменится (представьте графически) вид вольтамперной характеристики при одинаковых облученностях катода, но при разных длинах волн падающего излучения?

Раздел 2. Планетарная модель атома Резерфорда–Бора.

1. Каков физический смысл чисел m и n в обобщенной формуле Бальмера?
2. Каковы длины волн самых коротковолновой и длинноволновой линий серии Пашена?
3. Какова длина волны, соответствующая границе серии Бальмера?
4. Какова частота головной линии серии Лаймана?
5. Атомы водорода находятся в состоянии с $n = 5$. Сколько линий содержит его спектр излучения?

6. В чем состоит суть комбинационного принципа Ритца?

7. Используя комбинационный принцип, покажите на одном из примеров, как можно получить частоту для второй длинноволновой линии серии Пашена.

8. Каковы различия между моделью атома Резерфорда и теорией Бора?

9. Почему модель атома Резерфорда несовместима с представлениями классической физики?

10. Разъясните смысл постулатов Бора. Как с их помощью объяснить линейчатый спектр атома водорода?

11. Исходя из теории Бора, определите скорость движения электрона на произвольном энергетическом уровне.

12. Определите максимальную длину волны света, при которой возможна ионизация атома водорода, находящегося в основном состоянии.

13. Какую энергию (в эВ) должен иметь фотон, чтобы перевести атом водорода из основного состояния в состояние с $n = 5$?

14. Сравните первый боровский радиус для атома водорода и для He^+ .

15. В чем заключаются противоречия и недостатки теории атома Бора?

16. В чем сущность опытов Франка и Герца?

17. Какие основные выводы можно сделать на основании опытов Франка и Герца?

18. При каком ускоряющем потенциале будет наблюдаться резкое падение анодного тока в опытах Франка и Герца, если трубку заполнить атомарным водородом?

19. Объясните, на каких участках вольтамперной характеристики имеют место упругие и на каких – неупругие столкновения электронов с атомами.

Разделы 3, 4.

Запишите стационарное уравнение Шредингера для водородоподобной системы. Приведите примеры водородоподобных систем.

Почему наиболее подходящей координатной системой для рассмотрения атома

водорода является сферической? Проанализируйте (качественно) ход решения стационарного уравнения Шредингера для атома водорода в сферических координатах. Какие выводы следуют из его решения?

Запишите собственные значения энергии электрона в атоме водорода, определяемые решением уравнения Шредингера, и проанализируйте их. В чем отличие и сходство с результатами теории Бора?

Какие величины для электрона в атоме определены, если известны квантовые числа n , l и m_l ?

Почему квантовая механика не использует представление об электронных орбитах? Что характеризуют квантовые числа n , l и m_l ?

Какие величины, характеризующие электрон в атоме водорода, квантуются? Запишите соответствующие формулы.

Представьте символическую запись электронов в состояниях с: 1) $n = 3, l = 0, 1, 2$; 2) $n = 4, l = 2$; 3) $n = 2, l = 1$.

Каков физический смысл распределения плотности заряда в электронном облаке?

Сформулируйте правила отбора для орбитального и магнитного квантовых чисел. Всегда ли они выполняются? Как может изменяться главное квантовое число?

Какие переходы соответствуют серии Пашена? Используйте символическую запись состояний.

Каков квантово-механический смысл первого боровского радиуса?

В чем отличие выводов квантовой механики и теории Бора для $1s$ -состояния электрона в атоме водорода?

Электрон в атоме водорода находится в $1s$ -состоянии. Определите наиболее вероятное расстояние электрона от ядра.

Можно ли говорить о сходстве спектров испускания атомов щелочных металлов и атома водорода? Почему?

Запишите и прокомментируйте формулу для определения спектральных термов щелочных металлов.

Какие значения может принимать проекция спина электрона на заданное направление? Запишите закон квантования спина электрона.

Чему равен модуль спинового магнитного момента электрона?

В чем отличие отношений магнитного и механического моментов, обусловленных орбитальным движением электрона, и собственного магнитного момента и спина электрона?

Что представляет собой магнетон Бора?

Чему равно отношение проекций орбитальных магнитного и механического моментов электрона на произвольную ось z ?

Нарисуйте и объясните направления орбитальных механического и магнитного моментов.

Запишите выражение для модуля орбитального магнитного момента.

Какие значения может принимать проекция орбитального магнитного момента на заданное направление?

В чем заключается суть спин-орбитального взаимодействия? Чем оно определяется?

Всегда ли, на сколько и почему происходит расщепление энергетических уровней в результате спин-орбитального взаимодействия?

Назовите и поясните факты и теоретические предпосылки существования спина электрона.

Почему опыты Штерна и Герлаха являются прямым доказательством существования спина электрона?

По каким законам квантуются полный момент импульса электрона и его проекция?

Чему равно максимальное значение проекции момента импульса для L- и M-электронов?

Каково максимальное число электронов в p -состоянии? Ответ обоснуйте.

Сколько электронов в атоме, у которого в основном состоянии заполнены К- и L-оболочка?

Сколько разных состояний у электрона с главным квантовым числом $n = 3$?

Сколько электронов может находиться в подоболочке с $n = 5, l = 2$?

Какие значения могут принимать m_l и m_s при $n = 5, l = 4$?

Каково максимальное число электронов на подоболочке с орбитальным квантовым числом? Ответ обоснуйте.

Каково максимальное число электронов в атоме с главным квантовым числом n ? Ответ обоснуйте.

Каково общее число электронов в атоме, К- и L-оболочки которого полностью заполнены?

Раздел 5.

Какое условие необходимо для возникновения вынужденного излучения в веществе?

Система атомов находится в термодинамическом равновесии. Возможно ли усиление данной средой падающего на нее излучения? Ответ обоснуйте.

Как осуществляются состояния с инверсией заселенностей?

В чем отличие и сходство лазерного излучения и обычного света?

Можно ли создать лазер на фермионах?

Возможна ли работа лазера по двухуровневой схеме активной среды?

Объясните принцип действия и конструкцию газового лазера.

Какую функцию выполняет оптический резонатор и простейшие типы конструкций.

Чем объяснить большую интенсивность света в лазерах?

Каковы свойства лазерного излучения? Приведите числовые примеры.

Физический практикум (ядерная физика)

1. Основные характеристики и свойства атомных ядер.

Чем объясняется тонкая структура спектральных линий?

Чем объясняется сверхтонкая структура спектральных линий?

Чему равна энергия связи в ядре?

Почему при расчете энергии связи ядер используется масса нейтрального водорода, а не масса протона? В чем разница?

Что больше – масса атомного ядра или масса частиц, входящих в его состав? Какие выводы отсюда следуют?

Объясните зависимость удельной энергии связи от массовых чисел.

Почему прочность ядер уменьшается при переходе к тяжелым элементам?

При каких процессах и почему может выделяться ядерная энергия?

2. Радиоактивность и ее характеристики. Закон радиоактивного распада.

В чем физический смысл постоянной радиоактивного распада? Как можно прийти к выводу, что радиоактивные свойства элемента обусловлены структурой его ядра? Можно ли указать, какие ядра и когда распадутся в радиоактивном образце за рассматриваемое время? Почему?

Что такое активность и удельная активность препарата?

Какие характеристики радиоактивного распада определяют его интенсивность?

Нарисуйте график зависимости $\ln A$ (A – активность препарата) от времени. Какие данные могут быть из него получены?

Как и во сколько раз изменится число ядер радиоактивного вещества за время, равное двум периодам полураспада?

Как (по какому закону) изменяется со временем активность нуклида?

Выразите среднее время жизни радиоактивного ядра через постоянную радиоактивного распада.

Что продолжительнее – четыре периода полураспада или три средних времени жизни радиоактивного ядра?

Какая доля нуклида распадётся на протяжении двух средних времён жизни радиоактивного ядра?

Каково соотношение между средним временем жизни радиоактивного ядра и периодом полураспада?

Какая доля начального количества радиоактивного изотопа распадётся за время, равное средней продолжительности жизни этого изотопа?

3. Виды радиоактивных процессов и их свойства.

Каковы свойства α -излучения?

Может ли ядро ${}^9_5\text{B}$ испустить α -частицу?

Как изменится энергия испускаемых α -частиц с увеличением периода полураспада радиоактивного элемента? Ответ обоснуйте.

Как объяснить огромное различие в периодах полураспада α -радиоактивных ядер?

Что общего и в чём различие β^- и β^+ распадов?

Запишите схему e -захвата. Что сопровождает e -захват? В чём его отличие от β^\pm -распадов?

Запишите и объясните правила смещения для трёх типов β -распадов.

Почему электронный захват называют также К-захватом? Объясните его механизм.

Почему при α -распаде одинаковых ядер энергии α -частиц одинаковы, а при β -распаде одинаковых ядер энергии β -частиц различны?

Укажите как можно больше различий между α -, β - и γ -излучениями.

Как объяснить появление электронов (позитронов) при β^- -радиоактивном (β^+ -радиоактивном) распаде ядер?

Наблюдается ли радиоактивный распад свободных протонов? нейтронов? Почему?

Почему для объяснения β -распада возникла необходимость гипотезы о существовании нейтрино (антинейтрино)?

Наблюдается ли γ -излучение свободных нуклонов? Ответ обоснуйте.

Как можно отличить β -электроны от электронов конверсии?

Когда может наблюдаться парная конверсия?

Когда возникает спонтанное деление тяжёлых ядер?

4. Резонансное поглощение γ -излучения (эффект Мессбауэра)

Что такое естественная ширина энергетического уровня ядра? естественная ширина линии γ -излучения?

Наблюдается ли резонансное поглощение γ -излучения на свободных ядрах? Почему?

В чём суть эффекта Мессбауэра?

На какую величину сдвинуты друг относительно друга линии излучения и поглощения γ -квантов? Ответ обоснуйте.

Почему эффект Мессбауэра может служить тончайшим «инструментом» различного рода измерений?

5. Физические основы детекторов частиц и радиоактивных излучений.

Что лежит в основе методов наблюдения и регистрации радиоактивных излучений?

Каков принцип действия полупроводникового счётчика? В чём преимущество использования твёрдой среды по сравнению с газом?

В чём 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 «газоразрядные 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?

6. Ядерные реакции и их основные типы.

Чем отличаются прямые ядерные взаимодействия от реакций, идущих с образованием компаунд-ядра?

Зависит ли характер распада составного ядра (испускание им частицы b) от способа его образования? Почему?

В чем отличия радиоактивного распада и ядерных реакций?

Когда имеет место рассеяние частиц? ядерная реакция?

Какие частицы (нейтроны или α -частицы) более эффективны в качестве «снарядов» для проведения ядерных реакций?

Оцените энергию, выделяющуюся в одном акте деления ${}_{92}^{235}\text{U}$.

Почему α -частицы, испускаемые радиоактивными препаратами, не могут вызывать ядерных реакций в тяжелых элементах?

При захвате нейтрона ядром ${}_{12}^{24}\text{Mg}$ образуется радиоактивный изотоп ${}_{11}^{24}\text{Na}$. Какие частицы испускаются в данной ядерной реакции?

Характерно ли для медленных нейтронов неупругое рассеяние на ядрах? Почему?

Охарактеризуйте нейтроны деления. Какие они бывают?

Почему реакция деления тяжелых ядер сопровождается испусканием нейтронов деления?

Как можно осуществить цепную ядерную реакцию?

По каким признакам можно классифицировать ядерные реакции? Является ли их классификация однозначной?

Каков характер цепной реакции деления, если: 1) $k < 1$; 2) $k = 1$; 3) $k > 1$?

Почему деление тяжелых ядер и синтез атомных ядер сопровождаются выделением большого количества энергии? Когда на один нуклон выделяется большая энергия? Почему?

Почему на Солнце и звездах идеально решается проблема удержания и термоизоляции плазмы?

Практические задания по учебной программе

1. Закономерности в спектрах атомов водорода и водородоподобных атомов. Рассеяние α -частиц веществом. Формула Резерфорда

1. Какому элементу принадлежит водородоподобный спектр, длины волн которого в четыре раза короче, чем у атомарного водорода?

2. Вычислить постоянную Ридберга R , если известно, что для ионов He^+ разность длин волн между головными линиями серий Бальмера и Лаймана $\Delta\lambda=133.7$ нм.
3. Найти длину волны головной линии той спектральной серии ионов He^+ , у которой интервал частот между крайними линиями $\Delta\omega=5.18 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$.
4. Найти границы спектральной области, в пределах которой расположены линии серии Бальмера атомарного водорода.
5. Определить длины волн головных линий серии Лаймана для водорода и He^+ .
6. Найти длины волн коротковолновых границ водородных серий Лаймана и Бальмера
7. Фотон головной линии серии Лаймана иона гелия поглощается водородным атомом в основном состоянии и ионизует его. Определить кинетическую энергию, которую получит электрон при такой ионизации.
8. Найти длину волны резонансной линии Li^{++} .
9. Найти энергию связи электрона в основном состоянии водородоподобных ионов, в спектре которых длина волны третьей линии серии Бальмера равна 108.5 нм.
10. Найти скорость фотоэлектронов, вырываемых электромагнитным излучением с длиной волны 18 нм из ионов He^+ , которые находятся в основном состоянии и покоятся.
11. Найти границы спектральной области, в пределах которой расположены линии серии Пашена атомарного водорода.
12. Альфа-частица с кинетической энергией $K=0.27$ МэВ рассеялась золотой фольгой на угол 60° . Найти соответствующее значение прицельного параметра.
13. Узкий пучок α -частиц с кинетической энергией $K=600$ кэВ падает нормально на золотую фольгу содержащую $n=1.1 \cdot 10^{19}$ ядер/см². Найти относительное число α -частиц, рассеянных под углами $\nu > 60$.
14. Узкий пучок α -частиц падает нормально на серебряную фольгу. За ней установлен счетчик, регистрирующий частицы, рассеянные в соответствии с формулой Резерфорда. При замене серебряной фольги на платиновую той же массовой толщины число регистрируемых в единицу времени α -частиц возросло в $\eta=1.52$ раза. Найти порядковый номер платины, считая, что порядковый номер серебра и массовые числа обоих элементов известны.
15. Узкий пучок α -частиц с кинетической энергией $K = 600$ кэВ падает нормально на золотую фольгу содержащую $n = 1.1 \cdot 10^{19}$ ядер/см². Найти относительное число α -частиц, рассеянных под углами 60-90.
16. Узкий пучок α -частиц с кинетической энергией $K = 0.50$ МэВ падает нормально на золотую фольгу массовой толщины $\rho d=1.5$ мг/см². Поток частиц в пучке составляет $I_0=5 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$. Найти число α -частиц, рассеянных фольгой за $\tau=30$ мин в интервале углов: 59-61; свыше 60;
17. Узкий пучок протонов, имеющих скорость $\psi = 6 \cdot 10^6$ м/с, падает нормально на серебряную фольгу толщины $d=1$ мкм. Найти вероятность рассеяния протонов под углами $\nu > 90^\circ$.
18. Узкий пучок α -частиц с кинетической энергией $K = 600$ кэВ падает нормально на золотую фольгу содержащую $n=1.1 \cdot 10^{19}$ ядер/см². Найти относительное число α -частиц, рассеянных под углами $\nu > 90$, 60-120.
19. Найти эффективное сечение ядра атома урана, соответствующее рассеянию α -частиц с кинетической энергией $K=1.5$ МэВ в интервале углов свыше $\nu_0= 60^\circ$.
20. Эффективное сечение ядра атома золота, отвечающее рассеянию моноэнергетических α -частиц в интервале углов от 90° до 180° , равно $\Delta\sigma=0.5 \cdot 10^{-21} \text{ см}^2$. Определить кинетическую энергию α -частиц.
21. Эффективное сечение ядра атома золота, отвечающее рассеянию моноэнергетических α -частиц в интервале углов от 90° до 180° , равно $\Delta\sigma=0.5 \cdot 10^{-21} \text{ см}^2$.

Определить дифференциальное сечение рассеяния $d\sigma/d\zeta$, соответствующее углу $\nu=60^\circ$.

2. Постулаты Бора. Модель атома Бора

1. Найти для водородоподобного иона радиус n -й боровской орбиты и скорость электрона на ней. Вычислить эти величины для первой боровской орбиты атома водорода и иона He^+ .
2. Найти для водородоподобного иона радиус n -й боровской орбиты и скорость электрона на ней. Вычислить эти величины для второй боровской орбиты атома водорода и иона Li^{++} .
3. Определить для атома водорода и иона He^+ : энергию связи электрона в основном состоянии и потенциал ионизации.
4. Определить для атома водорода и иона He^+ : первый потенциал возбуждения и длину волны головной линии серии Лаймана.
5. Определить для атома водорода и иона Li^{++} : энергию ионизации.
6. Определить для атома водорода и иона He^+ : скорость электрона на второй боровской орбите.
7. Определить для атома водорода и иона He^+ : кинетическую энергию электрона в основном состоянии.
8. Для атома водорода и иона Li^{++} определить: кинетическую энергию электрона в основном состоянии.
9. Найти энергию ионизации для ионов He^+ и Li^{++} .
10. Определить радиус первой боровской орбиты для иона Li^{++} .

3. Квантование атомов. Электромагнитные переходы. Правила отбора и спектральные серии.

1. Определить потенциал ионизации и первый потенциал возбуждения атома Na, у которого квантовые дефекты основного терма $3S$ и $3P$ равны соответственно 1.37 и 0.88.
2. Найти энергию связи валентного электрона в основном состоянии атома Li, если известно, что длины волн головной линии резкой серии и ее коротковолновой границы равны соответственно 0.813 и 0.349 мкм.
3. Сколько спектральных линий, разрешенных правилами отбора, возникает при переходе атома лития в основное состояние из состояния $4S$, $4P$?

4. Многоэлектронные атомы. Оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Приближение LS- и jj-связей. Терм. Состояние.

1. Найти возможные значения полных механических моментов электронных оболочек атомов в состояниях 4P и 5D .
2. Дописать недостающие компоненты мультиплетов $^2P_{3/2}$, 3D_1 , $^4F_{5/2}$, 3P_2 , 5D_4 , $^4P_{1/2}$.
3. Возможны ли следующие состояния: 2S_1 , 3S_0 , 3P_0 , $^3S_{1/2}$, $^2S_{1/2}$, 3D_0 , $^2D_{1/2}$?
4. Какие из следующих оптических переходов разрешены: $^2S_{1/2} - ^2D_{3/2}$, $^2P_{3/2} - ^2D_{3/2}$, $^1S_0 - ^3P_1$, $n^1S_0 - n^1S_0$?
5. Один из электронов атома гелия имеет главное квантовое число 1 другой 2. Записать возможные электронные конфигурации и спектроскопические обозначения соответствующих состояний.
6. Какие состояния возможны у P, D и F термов, ограниченные величиной спина s от 0 до $5/2$? Записать возможные спектроскопические обозначения состояний.
7. Во внешней оболочке атома находятся три электрона с орбитальными квантовыми числами 1, 2, 3. Определить возможные состояния атома.
8. Найти возможные состояния атома углерода, электронная конфигурация которого $1s^2 2s^2 2p 3d$.

5. Периодическая таблица элементов. Основные термы атомов.

1. Выписать электронную конфигурацию и с помощью правила Хунда найти основной терм атома Cl.
2. Найти с помощью правила Хунда полный механический момент атома в основном состоянии, если его незаполненная подоболочка содержит три d-электрона.
3. Найти с помощью правила Хунда полный механический момент атома в основном состоянии, если его незаполненная подоболочка содержит семь d-электронов.
4. Определить основное состояние атома марганца и иона Mn^{++} .
5. Найти с помощью правил Хунда полный механический момент атома в основном состоянии, если его незаполненная подоболочка содержит три d-электрона
6. Найти с помощью правил Хунда полный механический момент атома в основном состоянии, если его незаполненная подоболочка содержит один s-электрон.

6. Энергия связи атомного ядра.

Пользуясь табличными значениями масс нуклидов найти энергию связи и удельную энергию связи для ядра ${}^{16}_8O$.

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

Вычислить энергию связи нейтрона в ядре ${}^{14}_7N$, если известно, что энергия связи ядер ${}^{14}_7N$ и ${}^{13}_7N$ равна соответственно 104,66 и 94,10 МэВ.

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

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

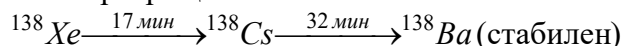
7. Основной закон радиоактивного распада.

Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадается за время t , равное половине периода полураспада?

Активность радиоактивного препарата уменьшается в четыре раза за $t = 8$ дней. Найти период полураспада этого препарата.

${}^{234}_{92}U$ является продуктом распада основного изотопа урана ${}^{238}_{92}U$. Определить период полураспада ${}^{234}_{92}U$, если его содержание в естественном уране в настоящее время составляет 0,0055 %. Период полураспада ${}^{238}_{92}U$ равен $T_{1/2} = 4,51 \cdot 10^9$ лет. Считать, что вначале наработанного ${}^{234}_{92}U$ не было.

Радионуклид ${}^{138}Xe$, образующийся с постоянной скоростью $q = 1,0 \cdot 10^{10}$ ядро/с, испытывает превращение по схеме



(над стрелками указаны периоды полураспада). Вычислить суммарную активность данного препарата через 60 минут после начала накопления.

Радионуклид ${}^{99}Mo$ с периодом полураспада 67 часов в результате β -распада превращается в стабильный нуклид ${}^{99}Tc$. При этом 75% β -превращений идет через изомерное состояние ${}^{99}Tc^m$, период полураспада которого 6,04 часов. Определить число стабильных ядер ${}^{99}Tc$ в препарате через 20 часов после начала накопления, считая, что

^{99}Mo образуется с постоянной скоростью $q = 1,0 \cdot 10^{10}$ ядро/с.

8. α -распад.

Оценить период полураспада T радиоактивного ядра, испускающего α -частицы с энергией 1 МэВ, если ядро $^{232}_{90}\text{Th}$ имеет период полураспада $T = 1,4 \cdot 10^{10}$ лет и испускает α -частицы с энергией 4 МэВ, а для ядра $^{212}_{84}\text{Po}$ период полураспада равен $T = 3 \cdot 10^{-7}$ с и $E_{\alpha} = 8,8 \text{ МэВ}$.

Оценить высоту кулоновского барьера для α -частиц, испускаемых ядрами $^{222}_{86}\text{Rn}$, у которых период полураспада $T = 3,8$ суток. Какова у этих ядер ширина барьера для α -частиц с энергией $E = 5,5 \text{ МэВ}$?

Полагая, что перед α -распадом в ядре образуется самостоятельная α -частица, оценить отношение интенсивностей двух групп α -частиц с кинетическими энергиями 6,3 МэВ и 7,5 МэВ, испускаемых ядрами ^{220}Rn . В обоих случаях частоту ударов о стенку потенциального барьера считать одинаковой.

Вычислить отношение проницаемостей для α -частиц, испускаемых ядрами ^{226}Th , с энергией 6,33 и 6,22 МэВ.

Определить отношение высоты центробежного барьера к высоте кулоновского барьера для α -частиц, испускаемых ядрами ^{209}Po , с орбитальным моментом $l = 2$. Закруглением вершины кулоновского барьера пренебречь.

9. β -распад.

Вычислить максимальное значение импульса электронов, испускаемых ядрами ^{10}Be , если известно, что дочерние ядра оказываются непосредственно в основном состоянии.

Исследование ядерных свойств ^{152}Eu на прецизионной установке TRISTAN (Франция, Гренобль) показало, что в результате электронного захвата и последующего испускания нейтрино это ядро переходит в возбужденное ядро ^{152}Sm , а затем в основное состояние путем испускания γ -кванта с энергией $E_{\gamma} = 963 \text{ кэВ}$. Ширина этой линии оказалась равной $\Delta E = 13 \text{ эВ}$, а время жизни возбужденного состояния $\tau = 40 \text{ фс}$. Оценить энергию вылетевшего нейтрино.

Определить энергию отдачи атома лития, которое образуется в основном состоянии при поглощении электрона с К-оболочки ядром атома бериллия.

При радиоактивном распаде ^{60}Co испускается электрон, спин которого параллелен импульсу. Считая, что электроны вылетают из образца изотропно, оценить, на какой угол φ повернется диск, подвешенный на нити, если образец кобальта перенесен на одну из поверхностей диска. Толщина диска достаточна для полного поглощения в нем электронов, вылетающих в сторону диска. Активность препарата $\frac{dN}{dt} = 0,37 \text{ ТБк} = 0,637, \text{ расн/с}$,

модуль кручения нити равен $a = 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{см}}{\text{рад}}$.

Ядро ^7_4Be перегружено протонами и испытывает превращение $^7_4\text{Be} \rightarrow ^7_3\text{Li}$. Массы этих атомов равны соответственно 7,0169 и 7,0160 а.е.м. Определить тип указанного превращения.

10. γ -распад.

С какой относительной скоростью надо сближать кристаллический источник, содержащий возбужденные ядра $^{191}_{77}\text{Ir}$ (энергия возбуждения 129 кэВ), с мишенью,

содержащей свободные ядра ${}^{191}_{77}\text{Ir}$, чтобы наблюдать максимальное поглощение γ -квантов в мишени?

Свободное покоящееся ядро массы M переходит из возбужденного состояния в основное, испуская, испуская γ -квант. Найти энергию γ -кванта и энергию отдачи R , если энергия возбуждения равнялась W . Численный ответ получить для ${}^{191}_{77}\text{Ir}$, если $W = 129 \text{ кэВ}$ /

Для измерения гравитационного смещения частоты с помощью эффекта Мессбауэра использовали γ -лучи, испускаемые возбужденным ядром ${}^{57}_{26}\text{Fe}$ (энергия γ -лучей $E = 14,4 \text{ кэВ}$, ширина линии $\Gamma = 4 \cdot 10^{-9} \text{ эВ}$). При какой разности высот между приемником (поглотителем) и источником γ -линия сместится на 1 % от ширины линии (при этом еще можно заметить изменение поглощения γ -лучей)?

На спектрометре высокого разрешения GAMS4 в Гренобле (Франция) у изотопа ${}^{49}_{22}\text{Ti}$ зарегистрирован каскадный переход из высоковозбужденного в основное состояние с последовательным испусканием двух γ -квантов с энергиями $E_1 = 5 \text{ МэВ}$ и $E_2 = 1,5 \text{ МэВ}$. Прецизионные измерения формы линии E_2 показали, что она имеет ширину $\Delta E = 400 \text{ эВ}$. Оценить время жизни уровня с энергией E_2 .

Источник, содержащий ядра изотопа ${}^{57}_{26}\text{Fe}$, которые испускают γ -кванты с энергией $E_\gamma = 14,4 \text{ кэВ}$ и шириной линии $\Gamma = 4 \cdot 10^{-9} \text{ эВ}$, помещен в центр вращающегося диска, а поглотитель из того же материала – на радиусе $R = 1 \text{ м}$. С какой частотой Ω нужно вращать диск, чтобы смещение $\Delta\omega$ частоты поглотителя относительно излучателя равнялось 1/10 ширины линии Мессбауэра?

11. Взаимодействие излучения веществом.

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.

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 $3,35 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

Найти среднюю длину свободного пробега γ -квантов в среде, слой половинного ослабления которой равен 4,50 см.

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

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

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

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 $A = 50$.

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

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

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

12. Прохождение заряженных частиц через вещество.

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

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 $A = 50$.

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

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

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

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (зачет)

Физический практикум (атомная физика)

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

2. Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома. Вывод формулы Резерфорда для рассеяния α -частиц.

3. Следствия из опытов Резерфорда. Экспериментальная проверка формулы Резерфорда. Планетарная модель атома Резерфорда. Столкновение частиц. Сечение рассеяния.

4. Модель атома водорода по Н. Бору. Теория Н. Бора для атома водорода. Постулаты Бора.

5. Доказательство существования дискретной структуры энергетических уровней атомов.

6. Опыты Франка и Герца.

7. Спектральные серии водородоподобных атомов. Принцип соответствия. Недостатки теории Бора.

8. Гипотеза де Бройля и ее экспериментальное подтверждение на примере дифракции электронов, атомов, нейтронов.

9. Опыты Девиссона – Джермера и Томсона.

10. Волновой пакет. Статистический характер связи корпускулярных и волновых свойств.

11. Основы квантово-механического представления о строении атома.

12. Уравнение Шредингера для атома водорода. Физический смысл квантовых чисел. Правила отбора.

13. Атомы щелочных металлов. Спектры атомов щелочных металлов. Серии в спектрах щелочных металлов и их происхождение. Закон Мозли.

14. Гипотеза Уленбека и Гаудсмита. Спин электрона.

15. Принцип Паули и заполнение атомных состояний электронами. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Объяснение периодических свойств и строения системы элементов Д. Менделеева.

16. Полный магнитный момент одноэлектронного атома. Гиромагнитное отношение для орбитальных моментов. Энергия атома в магнитном поле.

17. Опыты Штерна и Герлаха.

18. Спонтанное и вынужденное (индуцированное) излучение. Физические основы

построения ОКГ. Важнейшие типы ОКГ. Основные компоненты лазера. Свойства и характеристики лазерного излучения.

Физический практикум (ядерная физика)

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. Энергия связи ядра. Полуэмпирическая формула Вайцзеккера для энергии связи ядра.
4. Капельная модель ядра. Область применения и недостатки капельной модели.
5. Радиоактивные превращения ядер. Законы радиоактивного распада. Виды радиоактивного распада.
6. Альфа-распад ядер. Механизм альфа-распада.
7. Бета-распад ядер. Элементы теории бета-распада.
8. Нейтрино и его свойства. Несохранение четности при слабых взаимодействиях.
9. Гамма-излучение ядер и внутренняя конверсия электронов.
10. Эффект Мессбауэра и его практическое применение.
11. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях.
12. Энергетическая схема ядерной реакции. Порог эндонергетической реакции.
13. Импульсные диаграммы рассеяния при ядерных взаимодействиях.
14. Ядерные реакции с образованием компаунд ядра.
15. Взаимодействие нейтронов с ядрами. Фотоядерные реакции.
16. Ядерные реакции в звездах. Протонно-протонный цикл. Углеродно-азотный цикл.
17. Взаимодействие заряженных частиц, нейтронов и гамма-квантов с веществом. Потери энергии на ионизацию и возбуждение атомов.
18. Основные характеристики процесса прохождения заряженных частиц через вещество.
19. Биологическое действие ионизирующих излучений. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений.
20. Методы регистрации частиц. Классификация детекторов элементарных частиц и радиоактивных излучений.
21. Экспериментальные методы изучения ядерных реакций и регистрации частиц в физике высоких энергий.
22. Космические лучи. Состав, происхождение и распространение космического излучения.

Критерии оценивания результатов обучения

Студенты обязаны сдать зачет в соответствии с расписанием и учебным планом. Зачет является формой контроля усвоения студентом учебной программы по дисциплине или ее части, выполнения практических, контрольных, реферативных работ.

Результаты сдачи зачета по дисциплине «Физический практикум (атомная и ядерная физика)» должны оцениваться как итог деятельности студента в семестре, а именно – по посещаемости занятий лабораторного практикума, результатам выполнения лабораторных работ, успешного отчета по выполнению работ практикума, выполнения самостоятельной работы.

Критерии оценки знаний студентов на зачете.

Оценка «зачтено» – выставляется при условии, если студент показывает хорошие знания изученного учебного материала; самостоятельно, логично и последовательно излагает и интерпретирует материалы учебного курса; полностью раскрывает смысл

предлагаемого вопроса; владеет основными терминами и понятиями изученного курса; показывает умение переложить теоретические знания на предполагаемый практический опыт. Допускаются незначительные ошибки. Обязательно:

– выполнение, оформление и успешная защита каждой лабораторной работы;

Оценка «не зачтено» – выставляется, если не раскрыто основное содержание учебного материала; при наличии серьезных упущений в процессе изложения учебного материала; в случае отсутствия знаний основных понятий и определений курса или присутствии большого количества ошибок при интерпретации основных определений; если студент показывает значительные затруднения при ответе на предложенные основные и дополнительные вопросы; при условии отсутствия ответа на основной и дополнительный вопросы. Помимо этого, лабораторные работы в полном объеме не выполнены, не оформлены и не прошли защиту во время выполнения отчета.

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 учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1. Учебная литература

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

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

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

3. Основы ядерной физики: лабораторный практикум / составители А. П. Барков, В. С. Дорош, В. А. Никитин, В. П. Прохоров, Е. Б. Хотнянская; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кубанский государственный университет. –

2-е изд., испр. и доп. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2019. – 120 с. – ISBN 978-5-8209-1699-1.

4. 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>

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

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

6. 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>

7. 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>

8. 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>

9. 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.

10. 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.

11. 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.

5.2. Периодическая литература

Указываются печатные периодические издания из «Перечня печатных периодических изданий, хранящихся в фонде Научной библиотеки КубГУ» <https://www.kubsu.ru/ru/node/15554>, и/или электронные периодические издания, с указанием адреса сайта электронной версии журнала, из баз данных, доступ к которым имеет КубГУ:

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека GREBENNİKON.RU <https://grebennikon.ru/>

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных:

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect www.sciencedirect.com
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>

6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks <https://link.springer.com/>
17. «Лекториум ТВ» <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

Информационные справочные системы:

1. Консультант Плюс – справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

Ресурсы свободного доступа:

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>;
6. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/>;
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина «Образование на русском» <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал «Русский язык» <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал «Учеба» <http://www.ucheba.com/>;
14. Законопроект «Об образовании в Российской Федерации». Вопросы и ответы http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy_i_otvety

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы

КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru/>;
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>

5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

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.

Методика самостоятельной работы предварительно разъясняется преподавателем и в последующем может уточняться с учетом индивидуальных особенностей студентов. Время и место самостоятельной работы выбираются студентами по своему усмотрению планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять равномерно на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Самостоятельную работу над дисциплиной следует начинать с изучения программы, которая содержит основные требования к знаниям, умениям и навыкам обучаемых. Обязательно следует вспомнить рекомендации преподавателя, данные в ходе установочных занятий. Затем следует приступить к изучению отдельных разделов и тем в порядке, предусмотренном программой.

Получив представление об основном содержании раздела, темы, необходимо изучить материал по теме, изложенный в учебнике. Целесообразно составить краткий конспект или схему, отображающую смысл и связи основных понятий данного раздела и включенных в него тем (или более продуктивно – дополнить конспект лекции). Обязательно следует записывать возникшие вопросы, на которые не удалось ответить самостоятельно.

Необходимо изучить список рекомендованной литературы и убедиться в её наличии в личном пользовании или в подразделениях библиотеки в бумажном или электронном виде. Всю основную учебную литературу желательно изучать с составлением конспекта. Чтение литературы, не сопровождаемое конспектированием, мало результативно. Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала. Эти навыки обязательны для любого специалиста с высшим образованием независимо от выбранного направления. Написание конспекта должно быть творческим – нужно не переписывать текст из источников, но пытаться кратко излагать своими словами содержание ответа, при этом максимально его структурируя и используя символы и условные обозначения (в этом Вам помогут вопросы выносимые на зачетное тестирование и экзамен). Копирование и заучивание неосмысленного текста трудоемко и по большому счету не имеет познавательной и практической ценности. При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю при посещении занятий и консультаций, либо в индивидуальном порядке. При чтении учебной и научной литературы необходимо всегда следить за точным и полным пониманием значения терминов и содержания понятий, используемых в тексте. Всегда следует уточнять значения по словарям или энциклопедиям, при необходимости записывать.

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 к соответствующим разделам основной дисциплины «Цифровая обработка сигналов».

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

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 практическим занятиям необходимо готовится предварительно, до начала занятия. Необходимо ознакомиться с краткой теорией в рекомендованном задачнике по соответствующей теме и проработать примеры решений разобранных в задачнике упражнений. В ходе подготовки, так же следует вести конспектирование, а возникшие вопросы задать ведущему преподавателю в начале практического занятия или в консультационной форме.

К лабораторным работам следует подготовиться предварительно, ознакомившись с краткой, но специфической теорией, размещенной в соответствующей методичке. Рекомендуется ознакомиться заранее и с методическими рекомендациями по проведению соответствующей лабораторной работы, и в случае необходимости провести предварительные расчёты.

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 являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

Успешная реализация преподавания дисциплины «Физический практикум (атомная и ядерная физика)» предполагает наличие минимально необходимого для реализации бакалаврской программы перечня материально-технического обеспечения:

- 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).

Лаборатория атомной и ядерной физики оснащена следующим экспериментальным инструментарием:

- установка ФКЛ-6 с осциллографом CQ-5010A;
- установка ЛКК-2 с самописцем Н307/1;
- 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)».

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (ауд. <u>205с, 209с</u>)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: 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), № 205с (проектор SANYO PLC-SW20A).	1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corp.). 2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation). 3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. 4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран. 5. Система компьютерной математики MATHCAD с необходимыми пакетами расширений (© Parametric Technology Corporation). 6. Система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами (© The MathWorks).
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (ауд. <u>205с, 206с, 207с, 209с</u>)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: 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).	1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corp.). 2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation). 3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. 4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран. 5. Система компьютерной математики MATHCAD с необходимыми пакетами расширений (© Parametric Technology Corporation).

		6. Система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами (© The MathWorks).
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ: ауд. 205с «Учебная лаборатория атомной и ядерной физики» (ауд. 225с).	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения и работы: презентационной техникой (проектор, экран, компьютер / ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО), а также достаточным количеством посадочных мест: № 205с (проектор SANYO PLC-SW20A).	1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corp.). 2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation). 3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. 4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран. 5. Система компьютерной математики MATHCAD с необходимыми пакетами расширений (© Parametric Technology Corporation). 6. Система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами (© The MathWorks).
Учебные аудитории для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения и работы: презентационной техникой (проектор, экран, компьютер / ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО), а также достаточным количеством посадочных мест: № 205с (проектор SANYO PLC-SW20A).	1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corp.). 2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation). 3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет. 4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран. 5. Система компьютерной математики MATHCAD с необходимыми пакетами расширений (© Parametric Technology Corporation). 6. Система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами (© The MathWorks).

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы	1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corp.).

	Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	<p>2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation).</p> <p>3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.</p> <p>4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран.</p> <p>5. Система компьютерной математики MATHCAD с необходимыми пакетами расширений (© Parametric Technology Corporation).</p> <p>6. Система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами (© The MathWorks).</p>
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. <u>205С</u>)	<p>Мебель: учебная мебель</p> <p>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы</p> <p>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corp.).</p> <p>2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation).</p> <p>3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.</p> <p>4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран.</p> <p>5. Система компьютерной математики MATHCAD с необходимыми пакетами расширений (© Parametric Technology Corporation).</p> <p>6. Система компьютерной математики MATLAB + SIMULINK с необходимыми тулбоксами (© The MathWorks).</p>

«Учебная лаборатория атомной и ядерной физики», ауд. 225с		
Лабораторные работы по дисциплине: «Физический практикум (атомная и ядерная физика)»	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.)	~