

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

Долматов О.Ю.

«01» 09 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2018 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

КВАНТОВЫЕ ЗАКОНЫ АТОМНОЙ ФИЗИКИ			
Направление подготовки/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Ядерные физика и технологии		
Специализация	Пучковые и плазменные технологии		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	3	семестр	5
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	32	
	Практические занятия	32	
	Лабораторные занятия	24	
	ВСЕГО	88	
Самостоятельная работа, ч		128	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		Курсовой проект	
ИТОГО, ч		216	

Вид промежуточной аттестации

Экзамен, диф.зачет, КП	Обеспечивающее подразделение	ОЯТЦ
------------------------	------------------------------	------

Заведующий кафедрой –
руководитель
отделения на правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

	А.Г. Горюнов
	П.Н. Бычков
	Ю.М. Черепенников

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п.5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	И.УК(У)-1.1	Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие	УК(У)-1.1В1	Владеет опытом применения законов естественных наук и математических методов и моделей для решения задач теоретического и прикладного характера
				УК(У)-1.1У1	Умеет решать задачи теоретического и прикладного характера
				УК(У)-1.131	Знает законы естественных наук и математические методы теоретического характера
ОПК(У)-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	И.ОПК(У)-1.3.	Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, основ оптики, квантовой механики и атомной физики в инженерной деятельности	ОПК(У)-1.3В6	Владеет опытом расчета параметров оптического излучения через инверсную среду с учетом потерь энергии
				ОПК(У)-1.3У6	Умеет правильно применять основные законы квантовой механики при решении физических задач
				ОПК(У)-1.336	Знает особенности применения законов атомной физики в науке, промышленности и медицине

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Способность анализировать линейчатые спектры излучения и поглощения атомов.	И.ОПК(У)-1.3
РД 2	Выполнять расчеты траекторий движения частиц в центральном поле. Понимать угол рассеяния и дифференциальное сечение в статистической теории рассеяния. Применять знания о туннельном эффекте микрочастиц, вычислять его с потенциалом прямоугольной формы и с произвольным потенциалом. Выполнять расчёты в электрической модели атома Томсона.	И.УК(У)-1.1 И.ОПК(У)-1.3
РД 3	Применять знания математического аппарата для описания процессов	И.УК(У)-1.1

	рассеяния, теории Бора-Зоммерфельда, в расчетах релятивистской и квантовой механики.	И.ОПК(У)-1.3
РД 4	Знать устройство и принцип работы ускорителей и лазеров.	И.ОПК(У)-1.3

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел (модуль) 1. Явления с проявлением атомистической природы вещества и первые модели атома	РД1	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	6
Раздел (модуль) 2. Законы электромагнитного излучения веществ и законы Кирхгофа	РД2	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	16
		Самостоятельная работа	9
Раздел (модуль) 3. Статистическая теория рассеяния	РД2	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 4. Полуквантовая теория Бора для атома водорода и формализм Бора – Зоммерфельда	РД3	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	12
Раздел (модуль) 5. Релятивистская механика. Связь массы и энергии (формула Эйнштейна)	РД3	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	11
Раздел (модуль) 6. Ускорители заряженных частиц и лазеры	РД4	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	14
Раздел (модуль) 7. Квантовая механика и ее основные постулаты и законы	РД3	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	11
Курсовой проект	РД1, РД3	Самостоятельная работа	64

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Явления с проявлением атомистической природы вещества и первые модели атома

История атомистики. Опыты Перрена и их объяснения Эйнштейном – свидетельство атомистической структуры веществ. Электрическая модель атома Дж. Дж. Томсона (1903 гг.) и её противоречия с наблюдаемым линейчатым спектром излучения водорода и других веществ. Планетарная модель атома Резерфорда.

Темы лекций:

1. История атомистики. Опыты Перрена.
2. Электрическая модель атома Дж. Дж. Томсона (1903 гг.).

Темы практических занятий:

1. Модель атома Томсона.
2. Планетарная модель атома Резерфорда.

Раздел 2. Законы электромагнитного излучения веществ и законы Кирхгофа

Модели электромагнитного излучения веществ. Интегральные и спектральные характеристики излучения. Законы Кирхгофа теплового равновесного излучения. Законы Стефана-Больцмана и Вина. Формула Релея-Джинса. Гипотеза квантов энергии и формула Планка.

Темы лекций:

1. Модели электромагнитного излучения веществ.
2. Законы Кирхгофа, формула Планка.

Темы практических занятий:

1. Интегральные и спектральные характеристики излучения. Законы Кирхгофа теплового равновесного излучения.
2. Законы Стефана-Больцмана и Вина. Формула Релея-Джинса. Гипотеза квантов энергии и формула Планка.

Названия лабораторных работ:

1. Устройство и характеристики рентгеновской трубки, общие правила работы с рентгеновской трубкой.
2. Спектр излучения рентгеновской трубки. Изучение ХРИ.
3. Монохроматизация излучения рентгеновской трубки.

Раздел 3. Статистическая теория рассеяния
--

Движение частиц (тел) в поле центральной силы, его особенности. Задача Кеплера. Траектории движения в полярных координатах. Теория рассеяния центральным (кулоновским) полем. Аксиальная симметрия процесса рассеяния. Связь полярного угла с углом рассеяния и прицельным параметром. Статистическая теория рассеяния. Формула Резерфорда. Планетарная модель атома Резерфорда.

Темы лекций:

1. Особенности движения тел в центральном поле. Траектории движения тел задачи Кеплера в полярных координатах. Теория рассеяния центральным (кулоновским) полем. Аксиальная симметрия процесса рассеяния.
2. Связь угла рассеяния с прицельным параметром. Вывод формулы Резерфорда. Опыт Резерфорда и его интерпретация. Планетарная модель атома Резерфорда.

Темы практических занятий:

1. Движение частиц (тел) в поле центральной силы. Задача Кеплера. Траектории движения в полярных координатах.
2. Рассеяние центральным кулоновским полем. Связь полярного угла с углом рассеяния и прицельным параметром. Статистическая теория рассеяния. Формула Резерфорда. Планетарная модель атома Резерфорда.

Раздел 4. Полуквантовая теория Бора для атома водорода и формализм Бора – Зоммерфельда

Критика модели атома Резерфорда. Постулаты Бора. Квантование момента количества движения. Опыт Франка и Герца. Тормозное излучение и тормозное рентгеновское излучение. Характеристическое рентгеновское излучение. Электронные оболочки атомов. Опыт и формула Мозли. Главное, орбитальное и магнитное квантовые числа электронов в атоме. Спектроскопические обозначения состояний электрона в атоме. Спин электрона. Сложение угловых моментов. Полный угловой момент электрона на орбите. Тонкое расщепление уровней. Принцип Паули. Заполнение электронных оболочек в сложных атомах. Периодическая система элементов Д. Менделеева. Расчёт простых и сложных периодов химических элементов. Магнитный момент электрона. Опыт Штерна и Герлаха. Эффект Зеемана и эффект Штарка.

Темы лекций:

1. Постулаты Бора. Опыт Франка и Герца. Тормозное излучение и тормозное рентгеновское излучение. Характеристическое рентгеновское излучение. Электронные оболочки атомов. Квантование момента количества движения. Спектроскопические обозначения состояний электрона в атоме. Спин электрона.
2. Сложение угловых моментов. Полный угловой момент электрона на орбите. Принцип Паули. Периодическая система элементов Д. Менделеева. Магнитный момент электрона. Опыт Штерна и Герлаха. Эффект Зеемана и эффект Штарка.

Темы практических занятий:

1. Постулаты Бора. Квантование момента количества движения.
2. Задачи на применение теории Бора-Зоммерфельда.

Раздел 5. Релятивистская механика. Связь массы и энергии (формула Эйнштейна)

Движение заряженной частицы в магнитном поле. Вывод уравнения движения. Скорость. Траектория. Селектор скоростей. Зависимость массы от скорости. Уравнение Эйнштейна-Ньютона. Движение заряженной частицы в постоянном электрическом поле с использованием уравнения Ньютона и уравнения Эйнштейна-Ньютона. Сравнение зависимостей координаты и скорости от времени в классическом и релятивистском подходах. Движение заряженной частицы в бесконечном однородном постоянном электрическом поле с использованием уравнения Ньютона и Эйнштейна-Ньютона. Различия законов движения, полученных из этих уравнений. Импульс силы, работа силы с использованием уравнения Эйнштейна-Ньютона. Связь массы и энергии (формула Эйнштейна).

Темы лекций:

1. Движение заряженной частицы в магнитном поле. Вывод уравнения движения. Уравнение Эйнштейна-Ньютона.
2. Движение заряженной частицы в бесконечном однородном постоянном электрическом поле с использованием уравнения Ньютона и Эйнштейна-Ньютона. Связь массы и энергии (формула Эйнштейна).

Темы практических занятий:

1. Движение заряженной частицы в постоянном электрическом поле с использованием уравнения Ньютона и уравнения Эйнштейна-Ньютона. Сравнение зависимостей координаты и скорости от времени в классическом и релятивистском подходах.
2. Применение формулы Эйнштейна (связь массы и энергии) при решении задач субатомной физики.

Раздел 6. Ускорители заряженных частиц и лазеры

Типы ускорителей заряженных частиц, принцип их работы. Ускорительная трубка. Линейный резонансный ускоритель. Циклотрон. Фазотрон. Изохронный циклотрон. Электронные и протонные синхрофазотроны. Крупнейшие существующие, проектируемые ускорители, коллайдеры и их основные характеристики. Бетатроны. Принцип работы. Их применение в промышленности и в медицине. Лазеры. Свойства лазерного излучения. Основные элементы и принцип работы лазера. Типы лазеров и области их применения.

Темы лекций:

1. Ускорительная трубка. Линейный резонансный ускоритель. Циклотрон. Фазотрон. Изохронный циклотрон. Электронные и протонные синхрофазотроны.
2. Крупнейшие существующие, проектируемые ускорители, коллайдеры и их основные характеристики. Бетатроны. Принцип работы. Их применение в промышленности и в медицине. Лазеры.

Темы практических занятий:

1. Принципы работы ускорителей:
 - а) (ускорительной трубки, линейного резонансного ускорителя);
 - б) (циклотрона, фазотрона, изохронного циклотрона);
 - в) электронных и протонных синхротронов и синхрофазотронов).
2. Примеры современных и проектируемых ускорителей и коллайдеров, их основные характеристики.
3. Бетатроны. Принцип работы и их применение в промышленности и в медицине.
4. Лазеры:
 - а) спонтанное излучение и поглощение фотона;
 - б) вынужденное (индуцированное излучение), свойства лазерного излучения.
 - в) скорости перехода, коэффициенты излучения Эйнштейна;
 - г) основные элементы и принцип работы лазера;
 - ж) типы лазеров и области их применения.

Названия лабораторных работ:

1. Измерение длины волны лазерного излучения.

Раздел 7. Квантовая механика и ее основные постулаты и законы

Фотоэффект и дуальность света. Гипотеза Л. де Бройля. Опыты К. Дэвиссона и Л. Джермера. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллической решётке. Дуальность движущихся частиц. Опыт Бибирмана, Сушкина и Фабриканта. Статистические закономерности в квантовой механике. Сведения из теории вероятностей и статистики. Операторы. Собственные функции и собственные значения операторов. Принцип соответствия. Основные операторы квантовой механики и их свойства. Оператор Гамильтона. Оператор квадрата момента импульса в сферических координатах. Волновая функция микрочастицы. Волновая функция микрочастицы. Уравнение Шрёдингера. Вектор тока вероятностей микрочастицы. Закон сохранения электрического заряда. Стационарное решение уравнения Шрёдингера и его свойства. Волновая функция свободной частицы. Одномерное решение уравнения Шрёдингера для свободной частицы. Частица в потенциальной яме с бесконечными стенками. Туннельный эффект для потенциального барьера прямоугольной формы. Туннельный эффект для потенциального барьера произвольной формы. Квантовый гармонический осциллятор. Движение частицы в центральном поле. Радиальное уравнение и его решение. Квантовая теория атома водорода.

Темы лекций:

1. Фотоэффект и дуальность света. Гипотеза Л. де Бройля. Опыты К. Дэвиссона и Л. Джермера. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллической решётке. Статистические закономерности в квантовой механике.
2. Операторы. Собственные функции и собственные значения операторов. Принцип соответствия. Основные операторы квантовой механики и их свойства. Оператор Гамильтона. Оператор квадрата момента импульса в сферических координатах.
3. Волновая функция микрочастицы. Уравнение Шрёдингера. Закон сохранения электрического заряда. Стационарное решение уравнения Шрёдингера и его свойства.
4. Туннельный эффект для потенциального барьера прямоугольной и произвольной формы. Квантовый гармонический осциллятор. Движение частицы в центральном поле. Радиальное уравнение и его решение. Квантовая теория атома водорода.

Темы практических занятий:

1. Экспериментальные основы квантовой механики. Статистические закономерности квантовой механики.
2. Операторы. Собственные значения и собственные функции операторов. Принцип соответствия при записи операторов физических величин. Основные операторы квантовой механики (оператор Гамильтона, оператор квадрата момента импульса и др.).
3. Волновая функция микрочастицы. Уравнение Шрёдингера. Математические требования к волновой функции. Плотность вероятности и плотность тока вероятности. Стационарное уравнение Шрёдингера.
4. Прохождение микрочастиц через потенциальные барьеры. Туннельный эффект для потенциального барьера прямоугольной формы. Туннельный эффект для потенциальных барьеров произвольной формы. Квантовый гармонический осциллятор.

Названия лабораторных работ:

1. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах, определение характеристик кристаллов.

Пример темы для курсового проекта:

Движение частицы в потенциальной яме и ее туннелирование сквозь потенциальный барьер.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Выполнение курсовой работы или проекта, работа над междисциплинарным проектом;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Шпольский, Э. В. Атомная физика: учебник: в 2 томах / Э. В. Шпольский. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, [б. г.]. — Том 1: Введение в атомную физику — 2010. — 560 с. — ISBN 978-5-8114-1005-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/442> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Шпольский, Э. В. Атомная физика: учебник: в 2 томах / Э. В. Шпольский. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, [б. г.]. — Том 2: Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома — 2010. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1006-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/443> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Кузнецов, С. И. Курс физики с примерами решения задач: учебное пособие / С. И. Кузнецов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, [б. г.]. — Часть III: Оптика. Основы атомной физики и квантовой механики. Физика атомного ядра и элементарных частиц — 2014. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-1719-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/53685> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Физический энциклопедический словарь / Гл. ред. А. М. Прохоров. — Москва: Советская энциклопедия, 1983. — 928 с.
2. Пономарёв Л.И. Под знаком кванта. М. Физматлит. 2007. – 415с.
3. Маленькая энциклопедия «Физика микромира». Под ред. Д.В. Ширкова. М.: Советская энциклопедия. – 1980. – 527с.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. <http://www.lib.tpu.ru/> - Научно-техническая библиотека ТПУ
2. <http://www.sciencedirect.com/>
3. <http://www.springerlink.com/>
4. Сборник программного обеспечения для студентов НИ ТПУ, режим доступа <https://vap.tpu.ru>
5. Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» - <http://www.rosatom.ru/>

Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных:

1. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>
2. Справочно-правовая система КонсультантПлюс – <http://www.consultant.ru/>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru>
4. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
6. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>
7. Электронная библиотека Grebennikon - <http://www.lib.tsu.ru/ru/news/elektronnaya-biblioteka-grebennikon-0>

Свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Document Foundation LibreOffice.

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ):

1. Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian Academic;
2. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
3. Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player;
4. Google Chrome; Mozilla Firefox ESR;
5. MathWorks MATLAB Full Suite R2017b;
6. PTC Mathcad Prime 6 Academic Floating

7. Требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, стр. 4 326	Комплект учебной мебели на 46 посадочных мест; компьютер - 1 шт.; проектор - 1 шт.; экран 1 шт.; доска аудиторная настенная - 1 шт.;
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, 123	Доска аудиторная настенная - 5 шт.; комплект учебной мебели на 16 посадочных мест; компьютер - 1 шт.; проектор - 1 шт.; лабораторный комплекс на базе УИМ2-2Д - 1 шт.; оборудование лабораторного стенда для изучения гамма-гамма корреляций - 1 шт.; лабораторная установка «Рентгеновское излучение кристаллических структур (метод Лауэ)» - 1 шт.; радиометр 20046 - 1 шт.; оборудование к лабораторному стенду для изучения потока космических м-мезонов - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, 125А	Доска аудиторная настенная - 2 шт.; тумба стационарная - 1 шт.; комплект учебной мебели на 18 посадочных мест; компьютеры - 6 шт.; принтер - 1 шт.; проектор - 1 шт.

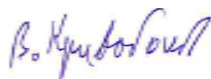
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», специализация «Пучковые и плазменные технологии» (прием 2018 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность		ФИО
Доцент		Черепенников Ю.М.

Программа одобрена на заседании НОЦ Б.П. Вейнберга ИЯТШ (протокол от 28.06.2018 г. № 24-а).

Заведующий кафедрой –
руководитель Научно-
образовательного центра Б.П.
Вейнберга
на правах кафедры, д.ф.-м.н,
профессор



Кривобоков В.П./

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ Б.П. Вейнберга (протокол)
2019/20 уч. год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	протокол № 38 от 28.06.2019 г.
2020/2021 уч. год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	протокол № 43 от 01.09.2020 г.