

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко»

Физико-технического института
Физико-математический факультет

Кафедра фундаментальной физики, электроники и систем связи

УТВЕРЖДАЮ
Директор физико-технического института
Калошин Д. Н.
(подпись, расшифровка подписи)
2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

на 2024/2025 учебный год

Учебной ДИСЦИПЛИНЫ «КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ»

Направление подготовки:
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Профиль подготовки:
Оптические системы и сети связи

Квалификация выпускника:
Бакалавр

Форма обучения:
Очная

Год набора 2022

Тирасполь, 2024

Рабочая программа дисциплины «Квантовая теория» разработана в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **111.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи** и основной профессиональной образовательной программы по профилю подготовки «**Оптические системы и сети связи**».

Составитель рабочей программы:

профессор, д-р физ.-мат. наук



Берил С. И.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры фундаментальной физики, электроники и систем связи

«30» августа 2024 г. протокол № 1

Зав. кафедрой, отвечающей за реализацию дисциплины

«30» авг 2024 г.  Берил С. И., профессор, д-р ф.-м. наук

Зав. выпускающей кафедрой фундаментальной физики, электроники и систем связи

«30» авг 2024 г.  Берил С. И., профессор, д-р ф.-м. наук

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «**Квантовая теория**» являются:

- изучение законов окружающего мира в их взаимосвязи;
- овладение фундаментальными принципами и методами решения научно-технических задач;
- формирование навыков по применению приложений фундаментальной физики к грамотному научному анализу ситуаций, с которыми бакалавру придется сталкиваться при создании или использовании новой техники и новых технологий;
- освоение основ квантовой теории, позволяющей описать ряд явлений в природе, и пределов применимости теории для решения современных и перспективных профессиональных задач.

Задачами курса являются освоение студентами необходимого объема материала квантовой теории и выработка практических навыков применения полученных знаний в специальности в соответствии с целями освоения дисциплины.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина **Б1.В.ДВ.04.01 «Квантовая теория»** относится к дисциплинам по выбору вариативной части цикла Б.1.

3. Требования к результатам освоения дисциплины.

Изучение дисциплины направлено на формирование компетенций, приведенных в таблице ниже:

Категория компетен-ций	Код и наименование	Код и наименование индикатора достижения
Обязательные профессиональные компетенции и индикаторы их достижения		
Проведение экспериментов по заданной методике, анализ результатов и составление рекомендаций по улучшению технико-экономических показателей инфокоммуникационного оборудования; проведение измерений и наблюдений, составление описания проводимых	ПК-2 Способен организовывать и проводить экспериментальные испытания с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов;	ИД-1пк-2 Знает правила работы с различными информационными системами и базами данных ИД-2пк-2 Умеет работать с различными информационными системами и базами данных; обрабатывать информацию с использованием современных технических средств; ИД-3пк-2 Владеет навыками сбора, анализа и обработки статистической информации с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов телекоммуникационного оборудования
	ПК-17 Способен к	ИД-1пк-17 Знает общие принципы функционирования аппаратных,

исследований, подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; математическое моделирование инфокоммуникационных процессов и объектов на базе как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ; составление отчета по выполненному заданию, участие во внедрении результатов исследований и разработок.	проведению регламентных работ на сетевых устройствах и программном обеспечении инфокоммуникационной системы	программных и программно-аппаратных средств администрируемой сети ИД-2пк-17 Знает архитектуру аппаратных, программных и программно-аппаратных средств администрируемой сети; различных протоколов уровней модели взаимодействия открытых систем ИД-3пк-17 Умеет устанавливать операционные системы сетевых устройств; осуществлять мониторинг администрируемых сетевых устройств, составлять расписание резервного копирования операционных систем сетевых устройств, разбирать и собирать администрируемые сетевые устройства ИД-4пк-17 Умеет использовать современные средства контроля производительности администрируемой сети; пользоваться нормативно-технической документацией в области инфокоммуникационных технологий ИД-5пк-17 Владеет навыками планирования расписания и архивирование параметров операционных систем сетевых устройств ИД-6 пк-17 Владеет навыками перезагрузки операционных систем сетевых устройств, регламентного обслуживания оборудования в соответствии с рекомендациями производителя
--	---	--

4. Структура и содержание дисциплины.

4.1. Распределение трудоемкости в з. е. / часах по видам аудиторной и самостоятельной работы студентов по семестрам:

Се- мestr	Количество часов						Форма итог. контрол я
	Трудо- емкость, з. е. /часы	В том числе					
		Аудиторных				Сам. работа	
		Всего	Лекций	Лаб. раб.	Практ. занятия		
6	5/180	70	36		34	74	экзамен
Всего:	5/180	70	36		34	74	36

4.2. Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины

№ раз- дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеауд. работа (СР)
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Нерелятивистская квантовая механика	96	32	24		40
2	Релятивистская квантовая механика. Теория многих частиц	48	4	10		34

№ раз- дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеауд. работа (СР)
			Л	ПЗ	ЛР	
Итого:		180	36	34		74+36

4.3. Тематический план по видам учебной деятельности

Лекции

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем часов	Тема лекции	Учебно-наглядные пособия
Нерелятивистская квантовая механика				
1	1	2	Физика на рубеже XIX–XX века. Теория Бора.	Учебные плакаты, видео-лекции (по наличию)
2	1	2	Стационарное уравнение Шредингера.	Учебные плакаты, видео-лекции (по наличию)
3	1	2	Нестационарное уравнение Шредингера.	Учебные плакаты, видео-лекции (по наличию)
4	1	2	Прохождение частиц сквозь потенциальный барьер.	Учебные плакаты, видео-лекции (по наличию)
5	1	2	Соотношение неопределенностей Гейзенберга.	Учебные плакаты, видео-лекции (по наличию)
6	1		Теоремы Эренфеста.	Учебные плакаты, видео-лекции (по наличию)
7	1	2	Классический и квантовый осцилляторы.	Учебные плакаты, видео-лекции (по наличию)
8	1	2	Теория представлений.	Учебные плакаты, видео-лекции (по наличию)
9	1		Квантовая теория излучения.	Учебные плакаты, видео-лекции (по наличию)

10	1	2	Стационарная теория возмущений.	Учебные плакаты, видеолекции (по наличию)
11	1	2	Нестационарная теория возмущений.	Учебные плакаты, видеолекции (по наличию)
12	1	2	Теория водородоподобного атома.	Учебные плакаты, видеолекции (по наличию)
13	1	2	Упругое рассеяние частиц.	Учебные плакаты, видеолекции (по наличию)
14	1	2	Эффект Штарка.	Учебные плакаты, видеолекции (по наличию)
15	1	2	Эффект Зеемана.	Учебные плакаты, видеолекции (по наличию)
16	1	2	Уравнение Паули.	Учебные плакаты, видеолекции (по наличию)
Итого по разделу часов		32		
Релятивистская квантовая механика. Теория многих частиц				
17	2	2	Уравнение Клейна-Гордона.	Учебные плакаты, видеолекции (по наличию)
18	2	2	Периодический закон Д.И. Менделеева.	Учебные плакаты, видеолекции (по наличию)
Итого по разделу часов		4		
Итого:		36		

Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем часов	Тема практического занятия	Учебно-наглядные пособия
Нерелятивистская квантовая механика				
1	1	2	Полуклассическая теория Бора.	Сборники задач, метод. пособие.
2	1	2	Частица в потенциальной яме.	Сборники задач, метод. пособие.
3	1	2	Прохождение частиц через барьер.	Сборники задач, метод. пособие.
4	1	2	Операторы.	Сборники задач, метод. пособие.
5	1	2	Линейный гармонический осциллятор.	Сборники задач, метод. пособие.
6	1	1	Нестационарная теория возмущений.	Сборники задач, метод. пособие.
7	1	2	Движение в центрально-симметричном поле.	Сборники задач, метод. пособие.
8	1	2	Теория водородоподобного атома.	Сборники задач, метод. пособие.
9	1	2	Упругое рассеяние частиц силовым центром.	Сборники задач, метод. пособие.
10	1	2	Стационарная теория возмущений.	Сборники задач, метод. пособие.
11	1	2	Эффект Зеемана.	Сборники задач, метод. пособие.
12	1	2	Уравнение Паули.	Сборники задач, метод. пособие.
Итого по разделу часов		24		
Релятивистская квантовая механика. Теория многих частиц				
13	2	2	Уравнения Клейна–Гордона и Дирака.	Сборники задач, метод. пособие.
14	2	2	Принцип Паули. Метод Томаса-Ферми.	Сборники

				задач, метод. пособие.
15	2	2	Движение в однородном магнитном поле.	Сборники задач, метод. пособие.
16	2	2	Атомные уровни энергии.	Сборники задач, метод. пособие.
17	2	2	Молекула водорода.	Сборники задач, метод. пособие.
Итого по разделу часов		10		
Итого:		34		

Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	№ п/п	Тема и вид СРС*)	Трудоемкость (в часах)
Нерелятивистская квантовая механика			
Раздел 1	1	Введение. (Физика на рубеже XIX-XX столетий) Квантовая теория света. Формула Планка и проблема излучения абсолютно черного тела. Теория фотонов Эйнштейна. Опыты Вавилова с флуктуациями света. Полуклассическая теория Бора. Волновые свойства частиц. Волны де Бройля. Волновые пакеты. Фазовая и групповая скорости света (1, 2, 3).	4
	2	Стационарное уравнение Шредингера. Получение уравнения Шредингера. Условия, налагаемые на волновые функции. Собственные функции и собственные значения. Частицы в потенциальной яме. Свободное движение частиц. Нормировка волновых функций в случае непрерывного спектра (1, 2, 3).	4
	3	Нестационарное уравнение Шредингера. Переход к нестационарному уравнению Шредингера. Плотность заряда и плотность тока. Квантовые ансамбли. Квазиклассическое приближение. Связь между уравнениями Шредингера и Гамильтона–Якоби. Метод ВКБ (уравнение эйконала). Пример квантования в квазиклассическом приближении. Прохождение частиц сквозь потенциальный барьер (туннельный эффект). Вырывание электронов из металла. Холодная эмиссия. Контактная разность потенциалов. Альфа-распад (1, 2, 3).	4
	4	Математический аппарат квантовой механики и ее статистическое толкование. Операторы, матрицы. Средние значения операторов. Вывод соотношения неопределенностей Гейзенберга. Классические и квантовые скобки Пуассона. Теоремы Эренфеста. Переход от квантовых уравнений движения к классическим (1, 2, 3).	4

	5	Линейный гармонический осциллятор. Осциллятор по классической теории (теория Бора). Собственные функции и собственные значения энергии. Нулевая энергия гармонического осциллятора и соотношение неопределенностей. Элементы теории представлений в квантовой механике (координатное, импульсное, энергетическое) (1, 2, 3).	4
	6	Квантовая теория излучения. Спонтанные и вынужденные переходы. Дипольное излучение. Теория переходных процессов. Нестационарная теория возмущений. Излучение гармонического осциллятора. Квантовые усилители (лазеры) (1, 2, 3).	4
	7	Общая теория движения частиц в центрально-симметричном поле. Уравнение Шредингера в сферических координатах. Разделение переменных. Собственные функции. Физический смысл квантовых чисел l и m . Момент количества движения в квантовой механике. Ротатор. Классическое и квантовое рассмотрение. Правила отбора. Квантовое вырождение (1, 2, 3).	4
	8	Теория водородоподобного атома (проблема Кеплера). Собственные функции и собственные значения энергии. Круговые орбиты (вырождение по l и m). Правила отбора. Спектр излучения водородоподобных атомов. Учет движения ядра. Атом водорода в квазиклассическом приближении (1, 2, 3).	4
	9	Упругое рассеяние частиц силовым центром. Борновское приближение. Рассеяние на юкавовском силовом центре.	4
	10	Стационарная теория возмущений и ее приложения. Основные уравнения стационарной теории возмущений. Первое приближение. Невырожденный случай. Вырожденный случай. Основы теории дисперсии. Эффект Штарка. Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана. Спин электрона. Уравнение Паули. Разделение переменных (спиновых и координатных функций) (1, 2, 3).	4
Итого по разделу часов			40
Релятивистская квантовая механика. Теория многих частиц			
Раздел 2	11	Скалярное релятивистское волновое уравнение Клейна–Гордона. Классическая релятивистская механика и уравнение Клейна–Гордона. Плотность заряда и плотность тока. Релятивистская теория водородоподобного атома (без учета спина) (1, 2, 3).	4
	12	Уравнение Дирака. Плотность заряда и тока.	4
	13	Теория атома гелия без учета спиновых состояний. Основные положения и уравнения. Кулоновское взаимодействие электронов. Вариационный метод (1, 2, 3).	4
	14	Тождественность частиц. Принцип неразличимости частиц. Принцип Паули. Строение сложных атомов. Периодический закон Д.И. Менделеева. Периодичность свойств химических элементов. Статистический метод Томаса–Ферми (1, 2, 3).	4

	15	Движение в однородном магнитном поле. Уровни Ландау (1, 2, 3).	4
	16	Обменное взаимодействие (1, 2, 3).	2
	17	Атомные уровни энергии (1, 2, 3).	4
	18	Связь Рассела–Саундерса и (jj) -связь (1, 2, 3).	2
	19	Основные виды химической связи (1, 2, 3).	4
	20	Молекула водорода. Теория Гайтлера–Лондона (1, 2, 3).	2
Итого по разделу часов			34
Итого			74

*) *Примечание:*

1 – проработка учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе);

2 – подготовка к контрольной работе;

3 – выполнение домашнего задания (решение задач и упражнений).

5. Примерная тематика курсовых проектов (работ): Не предусмотрены.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

6.1. Обеспеченность обучающихся учебниками, учебными пособиями

№ п/п	Наименование учебника, уч. пособия	Автор	Год издания	Кол-во экз.	Эл. версия	Место размещения эл. версии
Основная литература						
1	Квантовая механика (нерелятивистская теория). Теоретическая физика, т. III.	Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц	2008		+	кафедра
2	Квантовая механика	П. В. Елютин, В. Д. Кривченков	2001		+	кафедра
3	Фейнмановские лекции по физике. т. 8–9. Квантовая механика.	Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс	2011		+	кафедра
4	Задачи по квантовой механике.	В. М. Галицкий, Б. М. Карнаков, В. И. Коган.	2001		+	кафедра
5	Задачи по квантовой механике. Т. 1, 2.	З. Флюгге	2010		+	кафедра
Дополнительная литература						
1	Квантовая механика. (Краткий курс теоретической физики, т. II).	Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц	1972	1	+	кафедра
2	Квантовая механика и интегралы по траекториям.	Р. Фейнман, Ф. Хиббс	1970	1	+	кафедра

3	Лекции по квантовой механике.	Э. Ферми	1968	1	+	кафедра
4	Квантовая механика.	А. С. Давыдов	1973	1	+	кафедра
5	Квантовая механика и атомная физика.	А. А. Соколов, И. М. Тернов	1970	1	+	кафедра
6	Курс теоретической физики. Т. II. Квантовая механика.	В. Г. Левич, Ю. А. Вдовин, В. А. Мямлин	1970	1	+	кафедра
7	Основы квантовой механики.	Д. И. Блохинцев	1973	1	+	кафедра
Итого по дисциплине: 70 % печатных изданий 100 % электронных						

6.2. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. <https://teach-in.ru/file/synopsis/pdf/kvanttheory1-M.pdf>
2. <https://www.nsu.ru/n/physics-department/uchebno-metodicheskie-posobiya/%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B%20%D0%BA%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9%20%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%202018/Ginzburg2018.pdf>
3. <https://books.ifmo.ru/file/pdf/900.pdf>
4. <https://elib.spbstu.ru/dl/2379.pdf/download/2379.pdf>

6.3. Методические указания и материалы по видам занятий

1. В. М. Галицкий, Б. М. Карнаков, В. И. Коган. Задачи по квантовой механике. М., Едиториал УРСС, 2001.
2. З. Флюгге. Задачи по квантовой механике. Т. 1, 2. М., Едиториал УРСС, 2010.
3. И. Е. Иродов. Задачи по квантовой физике. М., Высшая школа, 1991.
4. Л. К. Мартинсон. Сборник основных формул по курсам "Квантовая механика", "Атомная и ядерная физика". М., АСТ, 2009.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитории физико-математического факультета. Компьютерный класс со специализированным программным обеспечением вычислительного центра ПГУ.

8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Приступая к изучению дисциплины «Квантовая теория», студент должен знать физику и математику в пределах программы вуза. При рассмотрении и анализе некоторых процессов и явлений (особенно их теоретических аспектов) желательно наличие дополнительных знания по математике.

В процессе освоения дисциплины необходимо регулярно обращаться к списку рекомендованной (основной и дополнительной) литературы.

9. Технологическая карта дисциплины

Курс III
группа ФМ22ДР62ФТ1 (311) семестр 6
2024–2025 учебный год

Преподаватель-лектор: **проф. Берил С. И.**

Преподаватель, ведущий практические занятия: **доц. Старчук А. С.**

Кафедра **Фундаментальной физики, электроники и систем связи**

Семестр	Количество часов						Форма итогового контроля
	Трудоемкость, з. е. / часы	В том числе					
		Аудиторных				Самост. работы	
		Всего	Лекций	Лаб. раб.	Практ. занятий		
6	5/180	70	36		34	74	экзамен

Форма текущей аттестации	Расшифровка	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
Посещение лекционных занятий	<i>Рассчитывается согласно приложению 4 положения БРС</i>	0	10
Работа на практических занятиях	<i>Рассчитывается согласно приложению 5 положения БРС</i>	0	10
Модульный контроль № 1		0	10
Модульный контроль № 2		0	10
Контрольная работа	За каждую решенную задачу 10 баллов	0	30
Итого количество баллов по текущей аттестации		45	70
Промежуточная аттестация	Экзамен	10	30
Итого по дисциплине		55	100