



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета

/Н.М. Буднев

20 апреля 2024 г.



Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.В.17 Релятивистская физика

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Фундаментальная физика


Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

Форма обучения: Очная

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол №42 от «15» апреля 2024 г.

Председатель


Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:

Протокол №7

От «15» марта 2024 г.

И.о. зав. кафедрой


С.В. Ловцов

Иркутск 2024 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля).....	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП.....	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля).....	3
4. Содержание и структура дисциплины (модуля).....	4
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов.....	4
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	4
4.3. Содержание учебного материала.....	5
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.....	6
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС).....	7
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	8
4.5. Примерная тематика курсовых работ.....	8
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	9
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).....	10
7. Образовательные технологии.....	10
8. Оценочные средства (ОС).....	10
Приложение: фонд оценочных средств	

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

При изучении дисциплины «Релятивистская физика» студенты знакомятся с теоретическими основами описания физических процессов и экспериментов, которые демонстрируют отличия классической теории от квантового описания. Дисциплина «Релятивистская физика» представляет собой теоретическую основу и введение в последующий курс квантовой механики. Математической и методической базой курса являются все разделы курса математики и теоретической физики, изученные студентами к началу 4 семестра. В результате изучения курса студент приобретает первоначальные знания о квантовой природе материи, а также фундаментальные знания о базовых подходах к описанию квантовых систем.

Цели курса

Целью курса «Релятивистская физика» является ознакомление с основными идеями и предпосылками, лежащими в основе описания квантовых эффектов, возникающих в реальных физических экспериментах. Эта дисциплина способствует проведению демаркации между научным и антинаучным подходом в изучении окружающего мира, позволяет научить строить физические модели происходящего и устанавливать связь между явлениями, прививать понимание причинно-следственной связи между явлениями.

Задачи курса

- изучение основных физических процессов, в которых проявляется квантовая природа частиц, в том числе фотонов;
- освоение математического и логического аппарата, а также физических законов, которым подчиняются физические процессы с квантовыми эффектами;
- формирование у студентов знаний основ квантовой теории описания окружающего мира, а также отличий классического и квантового описания;
- ознакомление студентов с историей и логикой возникновения квантовой механики и основных её открытий.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Релятивистская физика» входит в часть, формируемую участниками образовательного процесса. «Релятивистская физика» начинает цикл физических дисциплин теоретической физики и предполагает знание основ классической механики и основ всех разделов высшей математики. Таким образом, для освоения данной дисциплины студент должен обладать знаниями по следующим дисциплинам: «Теоретическая механика», «Общая физика», «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения».

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	ПК-1: Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
Индикаторы компетенции	ИДК _{ПК 1.1} Применяет физико-математический аппарат в сфере своей профессиональной деятельности
Результаты обучения	Знает: основные методы решения задач, применяющиеся в квантовой теории. Умеет: применять основные физические законы, которым подчиняются изучаемые процессы, и выводить из них требуемые соотношения; Владеет: навыками решения квантово-механических задач.
Индикаторы компетенции	ИДК _{ПК 1.2} знает основополагающие принципы, понятия релятивистской физики.

Результаты обучения	<p>Знать: основные физические процессы, в которых проявляется квантовая природа фотонов.</p> <p>Уметь: пользоваться основными методами решения задач, применяющиеся в квантовой теории</p> <p>Владеть: математическим аппаратом, применяющемся в квантовомеханическом подходе.</p>
---------------------	---

4. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа, в том числе 52 часа контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 40 часов.

Форма промежуточной аттестации: зачет.

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				
					Лекции	Семинарские /практические /лабораторные занятия	Консультации		
1	1-2	4	72	40	-	40	-	20	Практическое задание; вопросы и задачи к зачету
Итого:			72	40	-	40	-	20	

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
4	Тема 1-16	Задание в виде задачи	После пройденных тем	20	Демонстрация готовых решений	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практиче-

						ских занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ.
--	--	--	--	--	--	---

4.3. Содержание учебного материала

Раздел 1. Квантовые эффекты с участием фотонов

- Тема 1. Введение в предмет. Понятие основного состояния системы. Квантование энергии на примере сбрасывания гамма-кванта возбужденным электроном в атоме водорода. Поляризация вакуума. Основные ускорители элементарных частиц и ядер.
- Тема 2. Эффект Комптона. Расчет изменения длины волны фотона, рассеиваемого на электроне. Описание физического эксперимента на парафине, демонстрирующего эффект Комптона. Расчет фундаментальной постоянной - постоянной Планка.
- Тема 3. Эффект лазерной конверсии. Эксперимент по рассеянию фотонов на тяжелых ядрах.
- Тема 4. Природа процесса взаимодействия частиц – обменный механизм. Понятие виртуальной «шубы». Типы фундаментальных взаимодействий, основные обменные частицы.
- Тема 5. Рассеяние пучка фотонов на ультрарелятивистских электронах.
- Тема 6. Ковариантные и ковариантные вектора. Четырехимпульс частицы. Эквидистантный спектр.
- Тема 7. Эффект Мессбауэра. Возможность поглощения и излучения фотонов без отдачи связанными ядрами.

Раздел 2. Релятивизм

- Тема 8. Четырехмерное пространство Минковского. Элементы дифференциальной геометрии, преобразования Лоренца. Понятие метрического тензора и нормы пространства.
- Тема 9. Группа Лоренца, движения пространства Минковского. Понятие вектора в данном пространстве.
- Тема 10. Скалярные величины на группе Лоренца. Понятие тензора в данном пространстве.
- Тема 11. Классификация физических величин по тензорной размерности (скаляр, вектор, тензор, спинор). Процедура свертки.
- Тема 12. Понятие поля. Электромагнитное поле как ультрарелятивистский объект. Число степеней свободы.
- Тема 13. Связь между корпускулярной и волновой характеристиками света. Плоская монохроматическая волна.
- Тема 14. Гипотеза Де Бройля. Эксперимент по рассеянию электронных пучков на тонкой фольге.
- Тема 15. Понятие волновой функции. Волновая функция свободной частицы. Гипотеза Планка-Эйнштейна о связи свойств свободной монохроматической волны с дина-

мическими характеристиками частицы с массой $m=0$, импульсом q и энергией $E=qc$.

Тема 16. Принцип неопределенности Гейзенберга. Физическая интерпретация.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Раздел 1, Тема 1	Введение в предмет. Понятие основного состояния системы. Квантование энергии на примере сбрасывания гамма-кванта возбужденным электроном в атоме водорода. Поляризация вакуума. Основные ускорители элементарных частиц и ядер.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
2.	Раздел 1, Тема 2	Эффект Комптона. Расчет изменения длины волны фотона, рассеиваемого на электроне. Описание физического эксперимента на парафине, демонстрирующего эффект Комптона. Расчет фундаментальной постоянной - постоянной Планка.	2	Задание на семинаре в виде задачи	
3.	Раздел 1, Тема 3	Эффект лазерной конверсии. Эксперимент по рассеянию фотонов на тяжелых ядрах.	2	Задание на семинаре в виде задачи	
4.	Раздел 1, Тема 4	Природа процесса взаимодействия частиц – обменный механизм. Понятие виртуальной «шубы». Типы фундаментальных взаимодействий, основные обменные частицы.	2	Задание на семинаре в виде задачи	
5.	Раздел 1, Тема 5	Рассеяние пучка фотонов на ультрарелятивистских электронах.	2	Задание на семинаре в виде задачи	
6.	Раздел 1, Тема 6	Ковариантные и ковариантные вектора. Четырехимпульс частицы. Эквидистантный спектр.	2	Задание на семинаре в виде задачи	
7.	Раздел 1, Тема 7	Эффект Мессбауэра. Возможность поглощения и излучения фотонов без отдачи связанными ядрами.	4	Задание на семинаре в виде задачи	
8.	Раздел 2, Тема 8	Четырехмерное пространство Минковского. Элементы дифференциальной геометрии, преобразования Лоренца. Понятие метрического тензора и нормы пространства.	4	Задание на семинаре в виде задачи	
9.	Раздел 2, Тема 9	Группа Лоренца, движения пространства Минковского. Понятие вектора в данном пространстве.	2	Задание на семинаре в виде задачи	
10.	Раздел 2, Тема 10	Скалярные величины на группе Лоренца. Понятие тензора в данном пространстве.	2	Задание на семинаре в виде задачи	
11.	Раздел 2, Тема 11	Классификация физических величин по тензорной размерности (скаляр, вектор, тензор, спинор). Процедура свертки.	4	Задание на семинаре в виде задачи	

12.	Раздел 2, Тема 12	Понятие поля. Электромагнитное поле как ультрарелятивистский объект. Число степеней свободы.	2	Задание на семинаре в виде задачи
13.	Раздел 2, Тема 13	Связь между корпускулярной и волновой характеристиками света. Плоская монохроматическая волна.	4	Задание на семинаре в виде задачи
14.	Раздел 2, Тема 14	Гипотеза Де Бройля. Эксперимент по рассеянию электронных пучков на тонкой фольге.	2	Задание на семинаре в виде задачи
15.	Раздел 2, Тема 15	Понятие волновой функции. Волновая функция свободной частицы.	2	Задание на семинаре в виде задачи
16.	Раздел 2, Тема 16	Принцип неопределенности Гейзенберга. Физическая интерпретация.	2	Задание на семинаре в виде задачи

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Часы
1	Понятие основного состояния системы. Квантование энергии на примере сбрасывания гамма-кванта возбужденным электроном в атоме водорода. Поляризация вакуума. Основные ускорители элементарных частиц и ядер.	Внеаудиторная: изучение литературы, конспектирование	Сделать обзор действующих ускорителей элементарных частиц	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Стронские сайты	1
2	Эффект Комптона.		Сделать расчет обратного эффекта Комптона.		1
3	Эффект лазерной конверсии.		Сделать расчет эффекта Доплера.		1
4	Природа процесса взаимодействия частиц – обменный механизм.		Сделать обзор по всем обменным частицам с указанием их масс.		1
5	Рассеяние пучка фотонов на ультрарелятивистских электронах.		Сделать обзор современных установок по ускорению частиц до сверхвысоких энергий		1
6	Ковариантные и ковариантные вектора. Четырехимпульс частицы. Эквидистантный спектр.		Изучить модель атома водорода и уровни возбуждения в нем.		1
7	Эффект Мессбауэра.		Сделать обзор установок, на которых наблюдался эффект Мессбауэра.		1
8	Четырехмерное пространство Минковского.		Рассмотреть различия евклидова пространства, пространства Минковского и Римана.		1

9	Группа Лоренца, движения пространства Минковского.		Выписать законы преобразования основных физических величин в релятивистском случае.		0,5
10	Скалярные величины на группе Лоренца. Понятие тензора в данном пространстве.		Доказать, что энергия не имеет тензорной размерности		0,5
11	Классификация физических величин по тензорной размерности (скаляр, вектор, тензор, спинор). Процедура свертки.		Доказать, что импульс не имеет тензорной размерности		1
12	Понятие поля. Электромагнитное поле как ультрарелятивистский объект. Число степеней свободы.		Рассмотреть свойства скалярного поля пи-мезонов		2
13	Связь между корпускулярной и волновой характеристиками света. Плоская монохроматическая волна.		Оценить эффект «дрожания электрона»		2
14	Гипотеза Де Бройля. Эксперимент по рассеянию электронных пучков на тонкой фольге.		Дать полное описание эксперимента по рассеянию электронных пучков на тонкой фольге		2
15	Понятие волновой функции.		Вычислить волновую функцию свободной частицы		2
16	Принцип неопределенности Гейзенберга.		Вычислить постоянную Планка исходя из экспериментальных измерений комптон-эффекта		2

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Студентам для самостоятельного углубленного изучения дисциплины предлагаются задачи по изучаемым разделам. Предполагается, что студент самостоятельно изучит дополнительные параграфы по пройденной теме, представленные в литературе из п. 5, а затем решит предложенные квантово-механические задачи. Оценка самостоятельной работы студентов проводится на практических занятиях.

4.5. Примерная тематика курсовых работ

Учебным планом не предусмотрено написание курсовых работ.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Валл А. Н. Квантовая механика в задачах: учеб.-метод. пособие / А. Н. Валл, О. Н. Солдатенко. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2010. – 87 с. нф А623906; физмат 30856 (100 экз.)

дополнительная литература

1. Блохинцев Д. И. Основы квантовой механики / Д. И. Блохинцев. – 5-е изд. – М. : Наука, 1976. – 664 с. (4)
2. Ландау Л. Д. Квантовая механика : Теоретическая физика, том III / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – 5-е изд. – М. : Наука, 1989. – 767 с. (56 экз.)
3. Липкин Г. Квантовая механика. Новый подход к некоторым проблемам / Г. Липкин. – М. : Мир, 1977. – 592 с. (нф А 37855, 767271, фм 767272, 3 экз.)

б) периодические издания

- нет

в) список авторских методических разработок

- 1 (основная литература)

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://library.isu.ru/> - Научная библиотека ИГУ;

Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ:

- <https://isu.bibliotech.ru/> - ЭЧЗ «БиблиоТех»;
- <http://e.lanbook.com> - ЭБС «Издательство «Лань»;
- <http://rucont.ru> - ЭБС «Рукопт» - межотраслевая научная библиотека, содержащая оцифрованные книги, периодические издания и отдельные статьи по всем отраслям знаний, а также аудио-, видео-, мультимедиа софт и многое другое;
- <http://ibooks.ru/> - ЭБС «Айбукс»- интернет ресурсы в свободном доступе;

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебная аудитория для проведения практических занятий. Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов. На занятиях могут использоваться мультимедийные средства: проектор, переносной экран, ноутбук. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

7. Образовательные технологии

При изучении данной дисциплины используются следующие образовательные технологии:

1. Практические занятия, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
2. Консультации – еженедельно для всех желающих студентов.
3. Текущий контроль за деятельностью студентов осуществляется в основном на практических занятиях при дискуссии о результатах выполненных практических работ.

8. Оценочные средства (ОС)

Фонд оценочных средств представлен в приложении.

8.1. Оценочные средства для входного контроля: не требуются.

8.2. Оценочные средства текущего контроля.

Контрольные задачи для проведения текущего контроля:

1. Вычислить длину волны фотона после рассеяния его на электроны.
2. Вычислить комптоновскую длину электрона
3. Вычислить комптоновскую длину пи-мезона (с учетом заряда)
4. Вычислить энергию фотона, рассеянного на ультрарелятивистском электроны в направлении движения электрона.
5. Вычислить энергию отдачи при переходе ядра из возбужденного в основное состояние.
6. Вычислить длину волны фотона, долетающего от быстро движущейся частицы.
7. Доказать, что расстояние между бесконечно близкими точками инвариантно относительно перехода в любую лоренцевскую систему.
8. Доказать, что квадрат 4-импульса является инвариантом на группе Лоренца.
9. Оценить величину необходимой длины волны электрона, чтобы заметить дифракцию электрона на протоне.

8.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации — зачет.

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Устный опрос для контроля самостоятельной работы;	Раздел 1. Квантовые эффекты с участием фотонов.	ПК-1
2.	Зачет	Раздел 2. Релятивизм.	

Пример вопросов для собеседования

1. Сделать расчет обратного эффекта Комптона.
2. Сделать расчет эффекта Доплера.
3. Привести различия евклидова пространства, пространства Минковского и Римана. Выписать нормы для всех пространств.
4. Выписать законы преобразования основных физических величин в релятивистском случае.
5. Оценить эффект «дрожания электрона».

Примерный перечень вопросов и заданий к зачету

1. Расчет изменения длины волны фотона, рассеиваемого на электроны (Эффект Комптона).
2. Расчет обратного эффекта Комптона.
3. Типы фундаментальных взаимодействий, основные обменные частицы.
4. Ковариантные и ковариантные вектора.
5. Четырехмерное пространство Минковского.
6. Расчет энергии пучка фотонов, рассеянного на ультрарелятивистских электронах.
7. Преобразования Лоренца. Преобразования основных физических величин (энергия, время, длина, скорость).
8. Понятие вектора в пространстве Минковского.
9. Скалярные величины на группе Лоренца.
10. Расчет эффекта Мессбауэра.

11. Классификация физических величин по тензорной размерности (скаляр, вектор, тензор, спинор).
12. Понятие поля. Электромагнитное поле как ультрарелятивистский объект.
13. Связь между корпускулярной и волновой характеристиками света.
14. Гипотеза Де Бройля. Длина волны Де Бройля.
15. Понятие волновой функции. Волновая функция свободной частицы.
16. Принцип неопределенности Гейзенберга.

Разработчики:



доцент кафедры теоретической физики

С.В. Ловцов

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической физики

«15» марта 2024 г. Протокол №7 И.о. зав. кафедрой



С.В. Ловцов

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.