Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
_____/Н.М. Буднев
«22» апреля 2020 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.В.10 Релятивистская физика

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Тип образовательной программы: Академический бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки: Фундаментальная физика

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

Форма обучения: Очная

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол №25 от «21» апреля 2020 г.

Председатель_____
Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
Протокол №8
От «14» апреля 2020 г.

И.о. зав. кафедрой _____
С.В. Ловцов

Иркутск 2020 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. Объем дисциплины и виды учебной работы.....4
5. Содержание дисциплины.....4
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.....6
7. Примерная тематика курсовых работ.....8
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....9
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):.....10
10. Образовательные технологии:.....10
11. Оценочные средства (ОС):.....10
Приложение: фонд оценочных средств

1. Цели и задачи дисциплины (модуля):

При изучении дисциплины «Квантовая природа фотонов» студенты знакомятся с теоретическими основами описания физических процессов и экспериментов, которые демонстрируют отличия классической теории от квантового описания. Дисциплина «Квантовая природа фотонов» 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 «Квантовая природа фотонов» 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 «Квантовая природа фотонов» входит в вариативную часть общенаучного цикла ОПОП. «Квантовая природа фотонов» 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):

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-3: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	***Знать:*** основные физические процессы, в которых проявляется квантовая природа фотонов. ***Уметь:*** пользоваться основными методами решения задач, применяющиеся в квантовой теории ***Владеть****:* математическим аппаратом, применяющемся в квантово-механическом подходе.
ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	***Знать:*** основные методы решения задач, применяющиеся в квантовой теории. ***Уметь:*** применять основные физические законы, которым подчиняются изучаемые процессы, и выводить из них требуемые соотношения; ***Владеть****:* навыками решения квантово-механических задач.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестр
		4
Аудиторные занятия (всего)	44 / 1,2	44
Лекции	-	-
Практические занятия (ПЗ)	40 / 1,1	40
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4/0,1	4
Самостоятельная работа (всего)	28 / 0,8	28
Вид промежуточной аттестации (зачет)		
Контактная работа (всего)	47 / 1,3	47
Общая трудоемкость часы / зачетные единицы	72/2	72

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины

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

Тема 16. Принцип неопределенности Гейзенберга. Физическая интерпретация.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми дисциплинами

№	Наименование обеспечиваемых дисциплин	№ разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых дисциплин						
1.	Квантовая теория	10	11	12	13	14	15	16
2.	Атомная физика	8	9	10	11	12	13	14
3.	Физика атомного ядра и элементарных частиц	6	7	8	9	10	11	12
4.	Релятивистская квантовая теория	1	2	3	4	5	6	7

5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Раздел	Тема	Виды занятий в часах		
			Лекции	Практ.	СРС
1.	Раздел 1	Тема 1	-	2	1
2.		Тема 2	-	2	1
3.		Тема 3	-	2	1
4.		Тема 4	-	2	1
5.		Тема 5	-	2	2
6.		Тема 6	-	2	2
7.		Тема 7	-	4	2
8.	Раздел 2	Тема 8	-	4	2
9.		Тема 9	-	2	2
10.		Тема 10	-	2	2
11.		Тема 11	-	4	2
12.		Тема 12	-	2	2
13.		Тема 13	-	4	2
14.		Тема 14	-	2	2
15.		Тема 15	-	2	2
16.		Тема 16	-	2	2

6. 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	ОПК- 3 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	

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ 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 Сторонние 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		2
6	Ковариантные и ковариантные вектора. Четырехимпульс частицы. Эквидистантный спектр.		Изучить модель атома водорода и уровни возбуждения в нем.		2
7	Эффект Мессбауэра.		Сделать обзор утсановок, на которых наблюдался эффект Мессбауэра.		2
8	Четырехмерное пространство Минковского.		Рассмотреть различия евклидова пространства, пространства Минковского и Римана.		2
9	Группа Лоренца, движения пространства Минковского.		Выписать законы преобразования основных физических величин в релятивистском случае.		2

10	Скалярные величины на группе Лоренца. Понятие тензора в данном пространстве.		Доказать, что энергия не имеет тензорной размерности		2
11	Классификация физических величин по тензорной размерности (скаляр, вектор, тензор, спинор). Процедура свертки.		Доказать, что импульс не имеет тензорной размерности		2
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

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

В разделе 6.1. студентам для самостоятельного углубленного изучения дисциплины предлагаются задачи по изучаемым разделам и график их изучения. Предполагается, что студент самостоятельно изучит дополнительные параграфы по пройденной теме, представленные в литературе из п. 8, а затем решит предложенные в п. 6.1 квантово-механические задачи. Оценка самостоятельной работы студентов проводится в виде контрольных опросов на практических занятиях.

7. Примерная тематика курсовых работ

Учебным планом не предусмотрено написание курсовых работ .

8. 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.)

б) 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. Давыдов А.С. Квантовая механика : учеб. пособие для студ. ун-тов и тех. вузов / А. С. Давыдов. – 3-е изд., стер. – СПб. : БХВ-Петербург, 2011. – 703 с. (нф А626992, 1 экз.)
4. Галицкий В.М. Задачи по квантовой механике : учеб. пособие для физ. спец. вузов / В. М. Галицкий, Б. М. Карнаков, В. И. Коган. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1992. – 878 с. (нф А 505332, 1 экз.)
5. Липкин Г. Квантовая механика. Новый подход к некоторым проблемам / Г. Липкин. – М. : Мир, 1977. – 592 с. (нф А 37855, 767271, фм 767272, 3 экз.)
6. Боум А. Квантовая механика: основы и приложения / А. Боум. – М. : Мир, 1990. – 720 с. (нф А 465010, 1 экз.)

в) 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 «Руконт» - 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;

9. 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.

10. 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.

11. Оценочные средства (ОС):

Фонд оценочных средств представлен в приложении.

11.1. Оценочные средства для входного контроля: не требуются.

11.2. Оценочные средства текущего контроля.

Контрольные задачи для проведения текущего контроля:

1. Вычислить длину волны фотона после рассеяния его на электроне.
2. Вычислить комптоновскую длину электрона
3. Вычислить комптоновскую длину пи-мезона (с учетом заряда)
4. Вычислить энергию фотона, рассеянного на ультрарелятивистском электроне 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.

11.3. 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; Зачет	Раздел 1. Квантовые эффекты с участием фотонов.	ОПК- 3, ПК-1
2.		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 электроне (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:

профессор кафедры теоретической физики А.Е. Калошин

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической физики

«14» апреля 2020 г. Протокол № 8 И.о. зав. кафедрой _____ С.В. Ловцов

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