Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

_____ А.М. Дигурова

«29» июня 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Теория излучения»

Направление 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Профили: Физика. Математика.

Квалификация (степень) выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

(год начала подготовки 2016 год)

Владикавказ 2020

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению 44.03.05 – Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки. Профиль подготовки – Физика, математика), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 9 февраля 2016 г. №91, учебным планом подготовки бакалавра по направлению 44.03.05 –Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки. Профиль подготовки – Физика, математика), утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «СОГУ» (протокол № 9 от 30 апреля 2020 г.).

Составитель: Туриев А.М.

Рабочая программа обсуждена и утверждена на заседании кафедры физики и астрономии
(протокол № 10 от 25 июня 2020г.)
Зав. кафедрой _____ А.М Туриев

Одобрена советом физико-технического факультета
(протокол № 6 от «27» июня 2020 г.)
Председатель совета факультета _____ И.В. Тваури

1. Цели изучения дисциплины

Цель курса заключается в приобретении студентами современных знаний в области квантовой теории излучения. Программа включает квантовую теорию свободного электромагнитного поля и квантовую теорию взаимодействия поля с веществом. Механизмы уширения спектральных линий, релаксация, квантовая кинетика рассматриваются с позиций квантовых статистических ансамблей. Курс содержит обсуждение некоторых квантовых эффектов в эксперименте и последние достижения в их теоретическом описании. Курс призван способствовать формированию целостной картины физических представлений и явлений, связанных с электромагнитным полем.

Задачи дисциплины: развитие навыков анализа процессов, происходящих при взаимодействии излучения с веществом с квантовых позиций и и пониманию студентом роли и места дисциплины в ряду других физических наук. Студент должен иметь современное представление о квантовой структуре электромагнитного поля и квантовом характере взаимодействия поля с веществом. Студент должен уметь пользоваться математическим аппаратом описания исследуемых явлений. Необходимо привить способность самостоятельной работы с учебной и научной литературой; научить студентов проводить вычисления, необходимые при решении задач квантовой электродинамики; привить навыки изложения учебного материала и материала исследовательского характера.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Теория излучения» является курсом по выбору, который входит в вариативную часть профессионального цикла учебного плана.
Для успешного освоения дисциплины студент должен владеть материалом следующих курсов:

- Математический анализ;
- Линейная алгебра;
- Классическая электродинамика;

3. Требования к уровню освоения дисциплины

Дисциплина «Теория излучения» вносит вклад в формирование следующих компетенций, требуемых ФГОС ВПО по направлению 011200.68 Физика:

ОК-1, ОК-3;

ПК-1, ПК-2, ПК-5.

В результате изучения курса «Теория излучения» студент должен:

знать основные законы квантовой электродинамики, понимать содержание этих законов, знать пределы применимости моделей квантовой электродинамики;

уметь формулировать основные определения предмета; применять законы и уравнения квантовой теории излучения для конкретных физических ситуаций; проводить необходимые математические преобразования при решении задач; объяснять содержание фундаментальных принципов и законов, а также способы решения задач;

обладать навыками применения общих методов расчета процессов излучения и поглощения к решению конкретных физических задач; публичного выступления перед аудиторией с изложением учебного и научного материала.

4. Общая трудоемкость дисциплины и виды учебной работы.

Общая трудоемкость дисциплины: 3 зачетных единицы

Вид учебной работы	Трудоемкость (в соответствии с учебным планом) (час)	Распределение по семестрам (час)
	Всего 108	3
Аудиторные занятия	24	24
Лекции	12	12
Практические занятия	12	12
Семинары		
Лабораторные работы		
В том числе аудиторные занятия в активной и интерактивной форме – не менее 30% от ауд. часов	10	10
Другие виды работ		
Самостоятельная работа	84	84
Курсовой проект (работа)		
Расчетно-графические работы		
Реферат		
Расчетно-графические работы		
Формы текущего контроля		
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом	зачет	зачет

5. Содержание учебной дисциплины

5.1. Разделы учебной дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Аудиторные часы				Самостоятельная работа
		Всего	Интерактивная форма (не менее 30%)	Лекции	Практические занятия	
1	Уравнение Шредингера и зависимость волновой функции от времени.	4	2	2	2	14
2	Понятие о квантовании свободного электромагнитного поля.	4	2	2	2	14
3	Операторы рождения и уничтожения частиц	4	2	2	2	14
4	Понятие электромагнитного вакуума	4		2	2	14
5	Матрица плотности	4	2	2	2	14
6	Взаимодействие излучения с веществом.	4	2	2	2	14
	Итого	24ч,/ 0,66	10ч,/ 42 %	12ч	12ч	84ч

		зач.ед.				

5.2. Содержание разделов дисциплины

1. *Уравнение Шредингера и зависимость волновой функции от времени.* Суперпозиционные собственные функции. Теория возмущений как основной математический аппарат. Гамильтониан квантовой частицы. Расчет волновых функций состояния частицы.
2. *Понятие о квантовом излучении.* Формула Планка и коэффициенты Эйнштейна. Гармонический осциллятор (квантовый и классический). Собственные состояния и векторы.
3. *Операторы рождения и уничтожения частиц и их алгебраические свойства.* Спектр и базисная система оператора числа частиц. Пространство чисел заполнения. Операторы физических величин для электромагнитных полей.
4. *Понятие электромагнитного вакуума.* Его характерные свойства. Состояния квантованного поля излучения. Понятие фотона. Свойства фотона. Оператор фазы фотона. Операторы рождения и уничтожения для фотонов.
5. *Матрица плотности в квантовой теории и ее свойства*. Оператор временной эволюции. Временная эволюция элементов матрицы плотности. Уравнения, описывающие релаксацию динамических подсистем. Кинетические уравнения.
6. *Основные физические механизмы взаимодействия излучения с веществом*. Поглощение и рассеяние. Фазовые соотношения в процессах поглощения и испускания. Матричный элемент оператора в базисе волновых функций – основа математического формализма фундаментальной квантовой теории. Правила отбора для матричных элементов. Вероятности мультипольных переходов.

5.3. Лабораторный практикум: не предусмотрен

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины: рабочая программа дисциплины, основная и дополнительная литература.

6.1 Основная литература

1. Ф. Дайсон. Релятивистская квантовая механика. М.: Издательство Института компьютерных исследований, НИЦ, 2009. (В свободном доступе на сайте РФФИ http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_18125)
2. И.Л. Бухбиндер. Модели теории поля. Томск: Изд-во ТГПУ, 2012.

6.2 Дополнительная литература:
1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Курс теоретической физики, Т III, Квантовая механика. М: Наука, 2004.
2. В.Б. Берестецкий, Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Курс теоретической физики, т. IV, Квантовая Электродинамика. М: Наука, 2002.
3. В. Гайтлер. Квантовая теория излучения. М.: Мир,1956.-450с.
4. Н.Б. Делоне. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. литературы, 1989.-280с.
5. У. Люиселл. Излучение и шумы в квантовой электронике. М.: Наука, 1972
6. Р. Фейнман. Введение в квантовую электродинамику. М: Мир, 1964.

6.3 Средства обеспечения дисциплины
1. Рекомендуемая литература и учебно-методические пособия по предмету.
2. Мультимедиа материалы, иллюстрирующие физические эффекты и законы, открытие которых отмечено Нобелевскими премиями. Официальный сайт Нобелевской премии.

Образовательные ресурсы. URL: http://nobelprize.org/educational/physics/ (дата обращения: 31.03.2012)
3. Анимации физических явлений и учебные пособия. Университет Нового Южного Уэллса, Австралия. URL: http://www.animations.physics.unsw.edu.au/(дата обращения: 31.03.2011)

6.4 Материально-техническое обеспечение дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела (темы) учебной дисциплины (модуля)	Наименование материалов обучения, пакетов программного обеспечения	Наименование технических и аудиовизуальных средств используемых с целью демонстрации материала
1	Уравнение Шредингера и зависимость волновой функции от времени.		Лекционная аудитория
2	Понятие о квантовании свободного электромагнитного поля.		Набор слайдов
3	Операторы рождения и уничтожения частиц		Лекционная аудитория
4	Понятие электромагнитного вакуума		Набор слайдов
5	Матрица плотности		Лекционная аудитория
6	Взаимодействие излучения с веществом.		Мультимедийный проектор

7 Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:

7.1. Методические рекомендации преподавателю
Выполнение заданий, вынесенных на самостоятельную работу, в том числе решение задач, проверяются преподавателем в течение семестра, по ним выставляются оценки, которые учитываются при выставлении зачета. Студенты должны систематически приглашаться к доске для развития навыков устной речи в данной предметной области.
7.2. Студентам предлагается использовать рекомендованную литературу и Интернет ресурсы для более прочного усвоения учебного материала, изложенного на лекциях, а также для изучения материала, запланированного для самостоятельной работы.
7.3. Все практические занятия по данному курсу проводятся в интерактивной форме в виде семинаров или дискуссий. После короткого вводного доклада преподавателя или студента проводится обсуждение заданной темы с участием всех студентов группы.

8. Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

8.1. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы:

- Состояния и их физически наблюдаемые величины: операторы и кет - векторы. Стационарные состояния.
- Уравнение Шредингера и зависимость волновой функции от времени. Суперпозиционные собственные функции.

- Теория возмущений как основной математический аппарат.
- Метод контактных преобразований.
- Матричная формулировка теории возмущений на основе алгебры проекторов. Операторы проектирования и их свойства.
- Гамильтониан квантовой частицы. Расчет волновых функций состояния частицы.
- Понятие о квантовом излучении. Формула Планка и коэффициенты Эйнштейна.
- Гармонический осциллятор (квантовый и классический).Собственные состояния и вектора.
- Операторы рождения и уничтожения частиц и их алгебраические свойства.
- Спектр и базисная система оператора числа частиц. Пространство чисел заполнения.
- Операторы физических величин (вектор потенциала, напряженностей электрического и магнитного поля и энергии) для электромагнитных полей.
- .Общая схема квантования свободного электромагнитного поля.
- Энергетический спектр и стационарные состояния свободного электромагнитного поля. Разложение электромагнитного поля по свободным типам колебаний.
- Понятие электромагнитного вакуума. Его характерные свойства.
- Свойства фотона. Оператор фазы фотона.
- Свойства матрицы плотности в квантовой теории.
- Оператор временной эволюции. Уравнение Лиувилля-Неймана.
- Когерентность в ансамблях квантовых излучателей.
- Основные физические механизмы взаимодействия излучения с веществом. Поглощение, рассеяние.
- Форма контура линии излучения.
- Фазовые соотношения в процессах поглощения и испускания.
- Матричный элемент оператора в базисе волновых функций.
- Вероятности мультипольных переходов Правила отбора для матричных элементов.
- Представление взаимодействия. Операторы взаимодействия.

8.2. Примерная тематика курсовых работ: не предусмотрена учебным планом.

8.3. Примерный перечень вопросов к промежуточной аттестации:

Билет № 1
1. Эффекты взаимодействия излучения с веществом.
2. Релаксация динамических подсистем.
Билет № 2
1. Эффективные гамильтонианы и методы решения уравнения Шредингера.
2. Общая схема квантования свободного электромагнитного поля.
Билет № 3
1. Основы теории возмущений.

2. Гармонический осциллятор (квантовый и классический).Собственные состояния и вектора.

Билет № 4

1. Основные физические механизмы взаимодействия излучения с веществом.
2. Параметры спектральной линии.

Билет № 5

1. Релаксация динамической подсистемы как процесс взаимодействия с диссипативной подсистемой.
2. Понятие о квантовом излучении. Формула Планка и коэффициенты Эйнштейна.

Билет № 6

1. Уширение спектральных линий.
2. Контактные преобразования в теории возмущений.

Билет № 7

1. Функции пропускания и прямые методы расчета прозрачности среды. Роль характеристик сред и геометрии трассы.
2. Форма контура линии излучения.

Билет № 8

1. Понятие о динамической и диссипативной подсистемах.
2. Вероятности мультипольных переходов. Правила отбора для матричных элементов.

Билет № 9

1. Представление взаимодействия. Операторы взаимодействия.
2. Основы многофотонных процессов..

Билет № 10

1. Операторы физических величин (вектор потенциала, напряженностей электрического и магнитного поля и энергии) для электромагнитных полей.
2. Суперпозиционные собственные функции.

Билет № 11

1. Энергетический спектр и стационарные состояния свободного электромагнитного поля.
2. Понятие электромагнитного вакуума. Его характерные свойства.

Билет № 12

1. Свойства фотона. Оператор фазы фотона
2. Разложение электромагнитного поля по свободным типам колебаний.

Билет № 13

1.. Квантовые характеристики взаимодействия(спин, поляризация,электрическая имагнитная восприимчивости, влияние их на распространение поля).
2. Оператор временной эволюции. Уравнение Лиувилля-Неймана.

Билет № 14

1. Операторы рождения и уничтожения частиц и их алгебраические свойства.
2. Понятие электромагнитного вакуума. Его характерные свойства.

Билет № 15

1. Состояния и их физически наблюдаемые величины: операторы и кет – векторы. Стационарные состояния.
2. Вырожденная теория возмущений.

Билет № 16

1. Гамильтониан квантовой частицы . Расчет волновых функций состояния частицы.
2. Когерентность в ансамблях квантовых излучателей.

Билет № 17

1. Фазовые соотношения в процессах поглощения и испускания
2. Спектр и базисная система оператора числа частиц. Пространство чисел заполнения.

8.4. Формы контроля самостоятельной работы

Студент должен сдать решения задач для самостоятельной работы.

Раз в 3 недели проводится коллоквиум, на котором студенты должны отвечать на вопросы, сформулированные в п. 8.1.