

Белорусский государственный университет



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 04 02 Радиофизика

2016 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 02-2013 и учебных планов №G31-164/уч.–2013 и №G31и-189/уч.–2013.

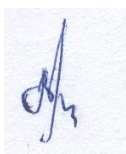
СОСТАВИТЕЛИ:

А. А. Афоненко, проф. кафедры квантовой радиофизики и оптоэлектроники, доктор физико-математических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой квантовой радиофизики и оптоэлектроники
(протокол № 3 от 22.11.2016);

Советом факультета радиофизики и компьютерных технологий
(протокол № 4 от 20.12.2016).



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная программа по дисциплине «Взаимодействие лазерного излучения с веществом» разработана для студентов специализации 1-31 04 02 03 «Квантовая радиофизика и лазерные системы» вышеуказанной специальности.

Актуальность изучения учебной дисциплины определяется необходимостью детального знакомства специалистов с процессами взаимодействия лазерного излучения с прозрачными и непрозрачными средами, линейными и нелинейными оптическими явлениями, процессами поглощения и рассеяния света для решения различных задач научного и прикладного назначения.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен знать классификацию и механизмы процессов взаимодействия излучения с веществом, уметь применять математический аппарат для анализа соответствующих физических явлений и компьютерное моделирование для решения физических и технических задач.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ, РОЛЬ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: формирование систематизированных теоретических знаний и практических навыков, необходимых для специалистов в области квантовой радиофизики и лазерных систем.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение физических процессов взаимодействия излучения с веществом;
- формирование навыков применения теоретических знаний для решения физических и технических задач.

Учебная дисциплина «Взаимодействие лазерного излучения с веществом» относится к циклу дисциплин специализации. Базовыми учебными дисциплинами для ее изучения являются «Прикладная электродинамика», «Теоретическая физика», «Оптоэлектроника», «Квантовая радиофизика» и высшая математика. В свою очередь в учебной дисциплине «Взаимодействие лазерного излучения с веществом» изложены различные аспекты взаимодействия излучения с веществом и методы их теоретического описания, включая классические и квантовые явления, линейные и нелинейные оптические процессы, рассеяние света и др.

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Взаимодействие лазерного излучения с веществом» формируются следующие профессиональные компетенции:

- разрабатывать и совершенствовать радиофизические методы исследований;
- работать с научно-технической информацией с использованием современных информационных технологий;
- формулировать выводы и рекомендации по применению результатов научно-исследовательской работы;
- разрабатывать численные алгоритмы и программы;
- составлять отчеты и презентации по исследовательской работе;
- в составе группы специалистов или самостоятельно разрабатывать радиоэлектронные устройства и системы;
- рассчитывать и анализировать режимы работы радиоэлектронных систем и намечать пути их улучшения;
- прогнозировать направления развития радиоэлектронных систем;
- создавать автоматизированные системы проектирования на основе разработок новых и применения известных программных средств;
- разрабатывать математические модели радиоэлектронных устройств и систем и проводить вычислительные эксперименты при решении задач проектирования и оптимизации радиоэлектронных систем и устройств;
- обеспечивать обучение персонала правилам безопасности и осуществлять своевременную проверку знаний.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- явления взаимодействия лазерного излучения с объектами, рассеивающей средой;
- способы регистрации электрических сигналов;

уметь:

- определять и оценивать параметры и характеристики лазеров, приемников оптического излучения, систем регистрации электрических сигналов;
- проектировать системы квантовой радиофизики для решения физических и технических задач;

владеть:

- методами интерпретации измерительной информации относительно определяемых параметров исследуемых сред, объектов.

Объем дисциплины составляет 124 учебных часов, в том числе 62 аудиторных часов, из них лекции – 34, лабораторные работы – 28 часа.

Дисциплина читается в восьмом семестре. Форма получения образования очная. Форма текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА:

1. *Излучение и вещество.* Физические величины для описания электромагнитного поля. Основы физических теорий для описания взаимодействия электромагнитного поля и вещества (классическая механика, квантовая механика, статистика, квантовое электромагнитное поле). Лазерное излучение. Вещество. Основные свойства лазерного излучения. Классификация видов взаимодействия лазерного излучения с веществом. Взаимодействие излучения с прозрачными средами. Нелинейная оптика. Взаимодействие излучения с непрозрачными средами.

2. *Индукированная линейная поляризация.* Гармонический осциллятор в монохроматическом поле. Линейная оптическая поляризация. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Нормальная и аномальная дисперсия. Распространение и затухание монохроматических волн. Коэффициент поглощения излучения и поглощаемая энергия.

3. *Квантовомеханическая теория поглощения и испускания света.* Взаимодействие излучения с квантовыми системами. Оператор электромагнитного взаимодействия. Формализм матрицы плотности. Квантовомеханический расчет диэлектрической проницаемости. Плотность электромагнитных мод. Квантовомеханический расчет спектров с использованием теории возмущений. Вероятность спонтанных и вынужденных переходов. Коэффициент поглощения. Механизмы уширения спектральных линий (естественное, столкновительное, доплеровское). Закон излучения Кирхгофа. Молекулярные спектры поглощения (электронные, колебательные и вращательные термы, правила отбора для излучательных переходов). Прикладное программное обеспечение для анализа спектральных характеристик газовых сред (HITRAN). Формат базы данных, осуществление поиска, интерполяция статистических сумм, расчет спектров поглощения. Основы газового анализа.

4. *Свойства линейной восприимчивости.* Линейная восприимчивость в частотном и временном представлении. Соотношения Крамерса – Кронига. Связь между действительной и мнимой частями диэлектрической проницаемости материала.

5. *Нелинейная оптическая поляризация.* Нелинейная поляризация и восприимчивость. Эффект Керра. Электрострикция и электрокалорический эффект. Тепловой эффект. Феноменологическое разложение по степеням поля. Классификация нелинейных оптических явлений. Волновое уравнение с нелинейным источником. Условия фазового синхронизма. Генерация второй и третьей оптических гармоник. Обращение волнового фронта при четырехволновом взаимодействии. Методы осуществления фазового синхронизма. Самофокусировка и самодефокусировка лазерных пучков в нелинейной среде. Критическая мощность самофокусировки. Самофокусировка коротких лазерных импульсов. Фазовая самомодуляция. Сжатие лазерных импульсов.

6. *Нестационарные эффекты.* Когерентный ансамбль атомов. Сверхизлучение. Самоиндуцированная прозрачность.

7. *Многофотонное возбуждение и нелинейная ионизация.* Однофотонное возбуждение (фотовозбуждение). Многофотонное возбуждение. Многофотонное возбуждение в немонахроматическом поле. Роль промежуточного резонанса. Многофотонная резонансная спектроскопия. Фотоионизация и туннельный эффект. Нелинейная ионизация. Прямой процесс многофотонной ионизации. Резонансный процесс многофотонной ионизации. Метод многофотонной резонансной ионизационной спектроскопии. Двухступенчатая селективная фотоионизация атомов. Селективное воздействие лазерного излучения на молекулы.

8. *Рассеяние света.* Физические основы процессов рассеяния. Сечения и коэффициенты рассеяния и экстинкции. Индикатриса рассеяния. Спонтанное рассеяние света атомами и молекулами. Вынужденное рассеяние света. Вынужденное комбинационное рассеяние света атомами. Спонтанное рассеяние света однородной средой. Вынужденное рассеяние света однородной средой. Рассеяние Ми и Рэлея. Стационарная теория переноса излучения.

9. *Механическое (пондеромоторное) действие света.* О световом давлении. Градиентные силы, действующие на заряд в стоячей электромагнитной волне. Резонансное давление света на атомы. Радиационное охлаждение атомных частиц в ловушках. Оптическая левитация прозрачных частиц. Светоиндуцированный дрейф частиц в газе.

10. *Лазерное воздействие на свободные заряды и лазерный нагрев плазмы.* Разогрев свободного электрона в поле электромагнитной волны. Поглощение электроном энергии из лазерного поля за счет обратнотормозного эффекта. Электронная лавина и образование плазмы в фокусе лазерного пучка. Нагрев плазмы. Оптический пробой прозрачных диэлектриков. Тепловые эффекты при взаимодействии мощного лазерного излучения с веществом. Лазерно-индуцированное плавление, испарение и абляция вещества. Разлет и нагрев эрозионной лазерной плазмы. Оптическая генерация мощных акустических импульсов в газах и конденсированных средах.

11. *Взаимодействие оптического излучения с биологическими объектами.* Оптические свойства тканей организма (отражение, поглощение и рассеяние). Проникающая способность оптического излучения. Механизмы воздействия лазерного излучения на биоткань. Фотобиологическое действие оптического излучения. Тепловые воздействия на биологические ткани (коагуляция, рассечение). Нелинейные процессы взаимодействия лазерного излучения с биотканями (фотоабляция, оптический пробой, плазма).

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР	Формы контроля знаний
		лекции	практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия	иное		
	2	3	4	5	6	7	9
1	Излучение и вещество	2					Устный опрос
2	Индукционная линейная поляризация						
2.1	Комплексная диэлектрическая проницаемость.	2					Устный опрос
2.2	Распространение и затухание монохроматических волн.	2					Устный опрос
3	Квантовомеханическая теория поглощения и испускания света						
3.1	Взаимодействие излучения с квантовыми системами.	2					Устный опрос
3.2	Скорость вынужденных и спонтанных переходов. Закон излучения Кирхгофа.	2					Устный опрос
3.3	Молекулярные спектры поглощения.	2					Устный опрос
	Л.р. Пакет прикладных программ HITRAN для анализа спектров пропускания атмосферы и отдельных газов. Программа поиска в базе данных "SEARCH" и отображения результатов поиска "PLOT"			5			Отчет по лабораторной работе
	Л.р. Пакет прикладных программ HITRAN для анализа спектров пропускания атмосферы и отдельных газов. Программа расчета спектров пропускания и поглощения "TRANS".			5			Отчет по лабораторной работе
	Л.р. Пакет прикладных программ HITRAN для анализа спектров пропускания атмосферы и отдельных газов. Компьютерный расчет спектра пропускания смешанных газов SPECTRA.			5			Отчет по лабораторной работе

4	Свойства линейной восприимчивости	2					Письменный тест по 1-й части курса
5	Нелинейная оптическая поляризация						
5.1	Нелинейная восприимчивость.	2					Устный опрос
5.2	Волновое уравнение с нелинейным источником. Условие фазового синхронизма.	2					Устный опрос
5.3	Основные нелинейные явления	2					Устный опрос
	Л.р. Численные моделирование процесса генерации второй гармоники			5			
6	Нестационарные эффекты	2					Устный опрос
7	Многофотонное возбуждение и нелинейная ионизация	2					Устный опрос
8	Рассеяние света						
8.1	Физические основы процессов рассеяния.	2					Устный опрос
8.2	Теория Ми	2					Устный опрос
	Л.р. Расчет индикатрисы и сечения рассеяния света малыми частицами			8			Отчет по лабораторной работе
8.3	Стационарная теория переноса излучения.	2					Устный опрос
9	Механическое (пондеромоторное) действие света	1					Устный опрос
10	Лазерное воздействие на свободные заряды и лазерный нагрев плазмы	1					Устный опрос
11	Взаимодействие оптического излучения с биологическими объектами	2					Письменный тест по 2-й части курса

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

Основная

1. *Делоне Н. Б.* Взаимодействие лазерного излучения с веществом: Курс лекций: Учебн. Руководство. – М.: Наука, 1989. – 280 с.
2. *Коротеев Н.И., Шумай И.Л.* Физика мощного лазерного излучения. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 312 с.
3. *Борен К., Хафмен Д.* Поглощение и рассеяние света малыми частицами: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 664 с.
4. Прикладная лазерная медицина. Учебное и справочное пособие / Под ред. *Х.-П. Берлиена, Г.Й. Мюллера*: Пер. с нем. – М.: Интерэксперт, 1997. – 356 с.

Дополнительная

5. *Тучин В.В.* Исследование биотканей методами светорассеяния // Успехи физических наук. – 1997. – Т. 167, № 5. – С. 517–539.
6. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Электродинамика сплошных сред. – М.: Наука, 1982. – 620 с.

ДИАГНОСТИКА КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТА

Учебным планом специальности в качестве формы текущей аттестации по учебной дисциплине «Взаимодействие лазерного излучения с веществом» предусмотрен экзамен. Оценка учебных достижений студента производится по десятибалльной шкале.

Для промежуточного контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций студентов используются следующие формы:

- устный опрос;
- письменный тест;
- отчеты по лабораторным работам с их устной защитой.

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИТОГОВОЙ ОЦЕНКИ

Итоговая оценка формируется в соответствии с:

1. Правилами проведения аттестации (постановление Министерства образования Республики Беларусь №53 от 29.05.2012 г.).
2. Положением о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в Белорусском государственном университете (Приказ ректора БГУ от 18.08.2015 № 382-ОД).
3. Критериями оценки знаний по десятибалльной шкале (письмо Министерства образования Республики Беларусь №09-10/53-ПО от 28.05.2013г.).

**ПРОТОКОЛ
СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ИЗУЧАЕМОЙ
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)*
Прикладная электродинамика	Общей физики	Без изменений	Изменения не требуются, протокол №3 от 22.11.2016
Теоретическая физика	Общей физики	Без изменений	Изменения не требуются, протокол №3 от 22.11.2016
Оптоэлектроника	Квантовой радиофизики и оптоэлектроники	Без изменений	Изменения не требуются, протокол №3 от 22.11.2016
Квантовая радиофизика	Квантовой радиофизики и оптоэлектроники	Без изменений	Изменения не требуются, протокол №3 от 22.11.2016

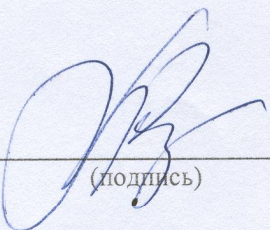
ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ
К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ
ДИСЦИПЛИНЕ НА 2017 / 2018 УЧЕБНЫЙ ГОД

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
	Без изменений и дополнений	

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
КР и ОЭ (протокол № 1 от 5.09 2017 г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

д.ф.н.н., профессор
(степень, звание)

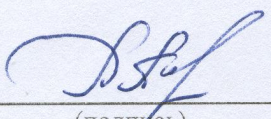

(подпись)

М. М. Кугейко
(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Зам. Декана факультета

к.ф.н.н., доцент
(степень, звание)


(подпись)

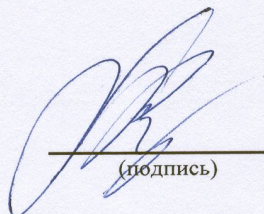
С. В. Малов
(И.О.Фамилия)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ
К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ
ДИСЦИПЛИНЕ НА 2018 / 2019 УЧЕБНЫЙ ГОД

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
1.	Внесены изменения в протокол согласования учебной программы с другим дисциплинами.	Положение о разработке программ от 06.04.2015г.

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
Кр и ОЭ (протокол № 1 от 30.08 2018 г.)
(название кафедры)

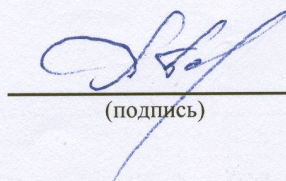
Заведующий кафедрой
д.ф.-м.н., профессор
(ученая степень, ученое звание)


(подпись)

М. М. Кугейко
(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Зем. Декан факультета
к.ф.-м.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)


(подпись)

С. В. Малый
(И.О.Фамилия)