

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.И. Чуприс

(подпись)

29.06.2018

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 5588/уч.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальностей
1- 31 04 01 Физика (по направлениям)
Направление 1-31 04 01-01 Физика
(научно-исследовательская деятельность)

Минск 2018 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 01-2013, учебных планов № G31-214/уч., G31и-215/у. от 20.02.2018 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

О.Г. Романов — заведующий кафедрой компьютерного моделирования Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой лазерной физики и спектроскопии физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 18 от 22 июня 2018 г.);

Советом физического факультета (протокол № 12 от 28 июня 2018 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины "Моделирование процессов взаимодействия лазерного излучения с веществом" разработана для специальности 1-31 04 01 - Физика (по направлениям) направления специальности 1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность). Дисциплина «Моделирование процессов взаимодействия лазерного излучения с веществом» относится к циклу дисциплин специализации 1-31 04 01-01 05 Лазерная физика и спектроскопия.

Дисциплина предполагает знание студентами основ математического моделирования, охватывает основные вопросы волновой оптики, физики лазеров, физики взаимодействия лазерного излучения с веществом, рассматривает основные численные методы, применяемые при решении задач в данных областях. Материал дисциплины основан на знаниях и представлениях, заложенных в дисциплинах «Оптика», «Физика лазеров», «Нелинейная оптика».

Цель учебной дисциплины — формирование у студентов комплексных знаний, умений и навыков, необходимых при решении теоретических и практических задач в области взаимодействия лазерного излучения с материалами различной природы (металлы, диэлектрики, биологические ткани).

Основные задачи учебной дисциплины — усвоение основных принципов физических явлений, имеющих место при взаимодействии лазерного излучения с веществом, ознакомление с эффективными методами численного и компьютерного моделирования данных явлений.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

знать:

- основные закономерности процесса генерации лазерного излучения и методы моделирования данного явления;
- основные механизмы взаимодействия лазерного излучения с веществом и методы моделирования данных процессов;
- численные методы, применяемые при решении задач вычислительной электродинамики и лазерной физики;

уметь:

- разрабатывать физико-математические и численные модели для решения задач распространения лазерного излучения в линейных и нелинейных средах;
- разрабатывать физико-математические и численные модели, описывающие процессы взаимодействия лазерного излучения с веществом;

владеть:

- навыками применения численных методов при решении задач вычислительной электродинамики;
- навыками построения численных схем для решения уравнений Максвелла.

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Академические компетенции:

- Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- Владеть системным и сравнительным анализом.
- Владеть исследовательскими навыками.
- Уметь работать самостоятельно.
- Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Социально-личностные компетенции:

- Быть способным к социальному взаимодействию.
- Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- Быть способным к критике и самокритике (критическое мышление).
- Уметь работать в команде.

Профессиональные компетенции:

- Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики и математики, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента.
- Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру.
- Пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, научно-технической и патентной литературой.
- Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования.
- Применять знания физических основ современных технологий, методы внедрения инноваций в научно-производственной, научно-педагогической и научно-технической деятельности.

Общее количество часов – 40; аудиторное количество часов – 22, из них: лекции – 16, аудиторный контроль УСП – 6. Форма получения высшего образования – очная, дневная. Занятия проводятся на 5-ом курсе в 9-ом семестре. Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет (1 зачетная единица).

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. **Основные физико-математические модели процессов взаимодействия лазерного излучения с веществом.** Основные уравнения нелинейной оптики: укороченное волновое уравнение, параксиальное приближение, нелинейное уравнение Шредингера, вид уравнений для различных моделей оптической нелинейности. Модели лазерного прогревания биологических тканей. Поглощение и рассеяние излучения. Однослойные и многослойные модели биологических тканей. Постановка задачи о термическом действии лазерного излучения на материалы.

2. **Эффективные методы численного моделирования.** Численное решение (1+1) и (2+1) волновых уравнений в нелинейной среде – сравнение эффективности различных методов и их практическая реализация. Методы решения 3D уравнения теплопроводности, уравнения диффузии излучения и их практическая реализация. Методы решения 3D уравнение теплопроводности в задаче лазерного плавления материалов и их практическая реализация.

3. **Термическое действие лазерного излучения на материалы.** Выбор материала путем задания его оптических и теплофизических констант; учет изменения свойств материала при фазовом переходе; непрерывный или импульсный режим работы лазера; изменение мощности источника в широком диапазоне; неподвижный или движущийся источник; расчет поля температур в процессе нагревания и остывания после выключения источника.

4. **Взаимодействие низкоинтенсивного лазерного излучения с биологическими тканями.** Произвольный выбор материала путем задания его оптических и теплофизических констант; непрерывный режим работы лазера; изменение мощности источника в диапазоне 0...1 Вт; расчет поля температур в процессе нагревания и остывания после выключения источника; однослойные и многослойные модели ткани; модели различного уровня сложности для учета поглощения и рассеяния излучения в материале.

5. **Оптоакустические эффекты при воздействии импульсного лазерного излучения на биологические ткани.** Лазерное термооптическое возбуждение звука. Оптоакустическая томография. Уравнения движения среды в форме Лагранжа. Численный метод решения уравнений движения в одномерной геометрии: плоская, цилиндрическая, сферическая геометрии. Воздействие импульсного лазерного излучения на микро- и нанообъекты.

6. **Распространение световых пучков в нелинейных средах.** Начальная структура пучка (гауссов, вихрь, бесселев и др.); линейный режим распространения; нелинейный режим распространения; различные типы нелинейности (резонансная, керровская, тепловая); модели различного уровня сложности для учета нелинейных свойств материала.

7. **Самофокусировка и оптические солитоны.** Нелинейное изменение показателя преломления среды в поле лазерного пучка. Компенсация дифракционной расходимости. Расчет структуры пучка в условиях самофокусировки. Определение условий самоканалирования.

8. **Оптическая бистабильность и эффекты самоорганизации в нелинейных интерферометрах.** Моделирование режима оптической бистабильности; моделирование переходных процессов и динамики нелинейных интерферометров. Моделирование эффектов самоорганизации дифракционных оптических структур в нелинейных интерферометрах

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7		9
1	Основные физико-математические модели процессов взаимодействия лазерного излучения с веществом	2						Устный опрос
2	Эффективные методы численного моделирования	2						Устный опрос
3	Термическое действие лазерного излучения на материалы	2					2	Устный опрос, проверка рефератов
4	Взаимодействие низкоинтенсивного лазерного излучения с биологическими тканями	2					2	Устный опрос, проверка рефератов
5	Оптоакустические эффекты при воздействии импульсного лазерного излучения на биологические ткани	2						Устный опрос
6	Распространение световых пучков в нелинейных средах	2					2	Устный опрос, проверка рефератов
7	Самофокусировка и оптические солитоны	2						Устный опрос
8	Оптическая бистабильность и эффекты самоорганизации в нелинейных интерферометрах	2						Устный опрос
	Всего	16					6	Зачет

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы: Учеб. пособие для вузов. - М.: Наука, 1989.
2. Саульев В.К. Интегрирование уравнений параболического типа методом сеток. М.:Физматгиз, 1960.
3. А.Г. Григорянц. Основы лазерной обработки материалов, М.: Машиностроение, 1989
4. И.Р.Шен. Принципы нелинейной оптики. М., Наука. 1989.
5. Х.Гиббс. Оптическая бистабильность. Управление светом с помощью света. М., Мир. 1988.
6. Л.М. Лямшев. Лазерное термооптическое возбуждение звука. М., Наука. 1989

Перечень дополнительной литературы

1. О.Г.Романов, А.Л.Толстик. Пространственно-временные структуры световых полей в нелинейных интерферометрах. – Мн.: БГУ, 2009. – 187 с.
2. Н.Бломберген. Нелинейная оптика. М.: Мир. 1966.
3. П.А.Апанасевич. Основы теории взаимодействия света с веществом. Мн.: Наука и техника. 1977.
4. Н.Н.Розанов Оптическая бистабильность и гистерезис в распределенных нелинейных системах. М.: Наука. 1997.

Перечень используемых средств диагностики результатов

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Реферативные работы.
2. Устные опросы.

Примерный перечень заданий УСР

1. Моделирование термомеханического действия импульсного лазерного излучения на поглощающие среды.
2. Моделирование процесса распространения оптического излучения в рассеивающих и поглощающих материалах.
3. Моделирование самовоздействия сингулярных световых пучков в резонансных средах.
4. Моделирование пространственно-временной структуры оптических солитонов.

Мероприятия для контроля управляемой самостоятельной работой

Для контроля УСР используются проверки рефератов.

Перечень тем реферативных работ

1. Расчет поля температур и зоны плавления в процессе нагревания материалов под действием высокоинтенсивного непрерывного лазерного излучения.
2. Расчет поля температур и зоны плавления в процессе нагревания материалов под действием высокоинтенсивного импульсного лазерного излучения.
3. Моделирование процесса распространения оптического излучения в рассеивающих и поглощающих материалах. Однородные биологические ткани.
4. Моделирование процесса распространения оптического излучения в рассеивающих и поглощающих материалах. Неоднородные многослойные биологические ткани (на примере кожи).
5. Расчет поля температур в процессе нагревания биологических тканей с различным коэффициентом поглощения под действием низкоинтенсивного лазерного излучения.
6. Расчет поля температур в процессе нагревания кожи под действием оптического излучения различного спектрального состава.
7. Самофокусировка сингулярных световых пучков в резонансных средах.
8. Светлые и темные пространственные солитоны в резонансных средах.

Методика формирования итоговой оценки

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования (постановление Министерства Образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г.);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний студентов по дисциплине в Белорусском государственном университете (№ 382-ОД от 18.08.2015 г.);
3. Критериев оценки знаний и компетенций студентов по 10-бальной шкале.

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать устные опросы и рефераты. Устные опросы и проверка рефератов проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить задания в дополни-

тельное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Оценка каждого из устных ответов проводится по десятибалльной шкале. Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднеарифметическая оценок за устные ответы и рефераты. Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета, к зачету допускаются студенты, чья оценка текущей успеваемости не менее 4 баллов.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название 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)
Оптическая обработка информации	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 18 от 22 июня 2018 г)
Нанопотоника. Волоконная оптика	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 18 от 22 июня 2018 г)
Когерентная оптика и голография	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 18 от 22 июня 2018 г)

