

Р 31

Учреждение образования
«Международный государственный экологический институт
имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по учебной работе

М.П. И.М. А. Д. Сахарова БГУ

В. В. Журавков

2024

Регистрационный № УД-1529-24 /уч.



ОПТИКА

Учебная программа учреждения образования
по учебной дисциплине для специальности:

6-05-0533-03 Медицинская физика

2024 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 6-05-0533-03-2023 от 01.09.2023 и учебного плана учреждения высшего образования для специальности 6-05-0533-03 Медицинская физика Рег.№158-23/уч. от 07.04.2023

СОСТАВИТЕЛИ:

В.П. Зорин, доцент кафедры общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент;

Н.В. Пушкарёв, доцент кафедры общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра физико-математических дисциплин Института информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники;

В.А. Иванюкович, доцент кафедры информационных технологий в экологии и медицине учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 9.1 от 27.04. 2024);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 21.05. 2024)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Оптика представляет собой неотъемлемую часть базового курса физики и направлена на изучение взаимодействия электромагнитного излучения оптического диапазона с веществом, а также на ознакомление с основными направлениями его применения в медицине. Данная дисциплина опирается на обширный объем экспериментальных данных, для интерпретации которых используются разнообразные теоретические подходы, основанные как на законах классической теории электромагнетизма, так и на квантовых представлениях.

Цель учебной дисциплины – формирование целостного представления о физической картине окружающего мира, взаимосвязи различных физических процессов и понимании закономерностей эволюции физических систем.

Методология курса основана на последовательном изложении материала основных свойств классической модели световой волны, законов ее распространения и взаимодействия в различных средах; первичных квантовых представлений о природе света и их использования в интерпретации явлений и процессов, лежащих в основе современных оптических систем и устройств.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование представлений о методах построения моделей основных физических процессов в области взаимодействия оптического излучения с веществом;
- изучение и понимание сущности основных оптических законов и закономерностей;
- понимание принципов преемственности и соответствия в изучении оптических явлений и необходимости использования адекватного языка описания по мере усложнения изучаемых явлений;
- освоение методов экспериментальной деятельности по установлению основных закономерностей оптических явлений;
- развитие умений и навыков по применению полученных знаний для решения конкретных теоретических и практических задач в области оптики.

Обучающийся должен владеть следующими **компетенциями**: применять законы волновой и геометрической оптики, закономерности взаимодействия оптического излучения с веществом для решения задач экспериментального и теоретического исследования материальных объектов и оптических систем (БПК-15).

В результате изучения раздела физики «Оптика» студент должен в соответствии с образовательным стандартом

знать:

- основы электромагнитной теории света;
- явления интерференции и дифракции;
- принципы генерации света;

- об использовании явлений интерференции, дифракции, поляризации, рассеяния света при изучении биологических материалов;
- основные направления применения лазеров в медицине;

уметь:

- решать задачи геометрической и физической оптики;
- анализировать практически важные схемы интерференции и дифракции;

владеть:

- методами экспериментальных исследований оптических явлений;
- основными методами медицинской микроскопии;
- методами обработки результатов экспериментальных исследований;
- математическими методами решения задач по оптике.

В соответствии с учебным планом изучение дисциплины рассчитано на общее количество часов – 196. Аудиторное количество часов – 96, из них: лекции – 38 часов, практические занятия – 30 ч; лабораторные занятия – 28 ч.

Форма получения высшего образования – очная (дневная).

Форма промежуточной аттестации – экзамен в IV семестре.

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Введение

Электромагнитная природа света. Шкала электромагнитных волн. Характеристика оптического диапазона электромагнитных волн. Особенности видимого диапазона.

Место оптики в физической науке и ее роль в научно-техническом прогрессе.

2. Свойства электромагнитных волн оптического диапазона в однородной изотропной среде

Уравнения Максвелла. Граничные условия. Волновое уравнение. Плоская монохроматическая волна. Скорость электромагнитной волны. Сферические монохроматические сходящиеся и расходящиеся волны.

Плотность потока энергии и импульса электромагнитных волн. Вектор Пойнтинга. Давление электромагнитных волн.

Поляризация электромагнитных волн. Виды поляризации. Число независимых поляризаций. Волна с круговой или эллиптической поляризацией как суперпозиция волн с линейными поляризациями и линейно поляризованная волна как суперпозиция волн с круговой поляризацией. Степень поляризации. Закон Малюса.

Распространение света в однородной изотропной диэлектрической среде. Законы преломления и отражения. Поляризация света при отражении и преломлении на границе двух диэлектриков. Формулы Френеля. Закон Брюстера. Фазовые соотношения при отражении и преломлении света на границе двух диэлектриков.

Поле ускоренно движущегося электрического заряда. Излучение электрического диполя. Излучение Вавилова-Черенкова.

Фотометрия. Фотометрические энергетические и визуальные характеристики и единицы излучения. Функция видности.

3. Геометрическая оптика

Геометрическая оптика как предельный случай волновой оптики. Основные законы геометрической оптики. Принцип Ферма. Преломление света сферической поверхностью. Нулевой инвариант Аббе. Увеличение сферической поверхности. Условие Лагранжа- Гельмгольца. Центрированная оптическая система и ее кардинальные элементы. Зеркала. Тонкие линзы. Построение изображений в оптических системах. Аберрации оптических систем (сферическая, хроматическая, кома, астигматизм, дисторсия). Простейшие оптические приборы и их применение в медицине.

4. Интерференция света

Интерференция гармонических колебаний. Когерентность.

Интерференция волн. Видимость интерференционной картины. Осуществление когерентных колебаний в оптике. Интерференционные схемы. Интерференция немонохроматического света. Временная и пространственная когерентность. Стоячие волны.

Интерференция в тонких пленках. Полосы равной толщины и равного наклона. Кольца Ньютона.

Двухлучевые интерферометры. Интерферометр Жамена.

Интерферометр Майкельсона. Интерферометр Маха – Цендера.

Многолучевые интерферометры. Учет многократных отражений в многолучевых интерферометрах. Интерферометр Фабри–Перо. Пластика Люммера – Герке.

Применение интерференции. Просветление оптики, контроль качества оптических поверхностей, измерение с высокой точностью показателей преломления веществ. Интерференционные фильтры. Интерференционная спектроскопия. Применение явления интерференции в медицине.

5. Дифракция света

Принцип Гюйгенса–Френеля. Дифракция Френеля. Метод зон Френеля. Зоны Френеля. Спираль Френеля. Зонная пластинка. Дифракция Френеля на простейших преградах: круглом отверстии, круглом диске. Пятно Пуассона. Дифракция на краю полубесконечного экрана. Спираль Корню. Ближняя и дальняя зоны дифракции. Дифракционная длина. Недостатки метода зон Френеля.

Дифракция Фраунгофера. Дифракция Фраунгофера на одной щели. Дифракционная решетка. Главные максимумы. Интенсивность главных максимумов. Интерференционные минимумы. Спектральные характеристики дифракционной решетки: угловая дисперсия, линейная дисперсия, разрешающая способность, область дисперсии. Фазовые и амплитудно-фазовые решетки. Их применение.

Дифракция света на непрерывных периодических структурах. Формулы Лауэ. Дифракция рентгеновского излучения. Условие Вульфа–Брэггов.

Применение явления дифракции в медицине.

Физические основы метода голографической записи изображений. Схемы записи и восстановления тонкослойных голограмм. Схемы записи и восстановления толстослойных голограмм. Получение цветных объемных изображений. Особенности голограмм как носителей информации. Применение голограмм в медицине.

6. Распространение света в анизотропной среде

Описание анизотропных сред. Тензор диэлектрической проницаемости.

Зависимость лучевой скорости от направления распространения. Эллипсоид лучевых скоростей. Плоскости поляризации волн, распространяющихся в анизотропной среде. Оптическая ось. Одноосные и двуосные кристаллы.

Двойное лучепреломление. Обыкновенный и необыкновенный лучи в одноосных кристаллах. Построение Гюйгенса для одноосных кристаллов. Поляризация при двойном лучепреломлении. Поляризационные приборы. Полихроизм. Поляроидные пленки.

Интерференция поляризованных волн при прохождении через кристаллы. Кристаллическая пластинка в четверть, половину и в целую длину волны. Анализ состояния поляризации света. Цвета кристаллических пластинок.

Искусственная анизотропия, создаваемая деформациями, электрическим и магнитным полями. Эффект Керра. Эффект Коттона – Мутона. Эффект Погкельса.

Вращение плоскости поляризации в кристаллических телах и аморфных веществах. Элементарная теория вращения плоскости поляризации. Оптическая изометрия. Вращение плоскости поляризации в магнитном поле.

Использование явлений поляризации света и вращения плоскости поляризации при исследовании биологических тканей.

7. Взаимодействие света с веществом

Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия света. Методы измерения дисперсии. Электронная теория дисперсии света. Формула Лоренц – Лорентца. Удельная рефракция. Фазовая и групповая скорости света. Формула Релея. Применение дисперсии в анализе биологических образцов.

Поглощение света. Закон Бугера. Спектры поглощения.

Рассеяние света. Опыты Тиндаля. Рассеяние Релея и рассеяние Ми. Молекулярное рассеяние света.

Применение поглощения и рассеяния света в медицине.

8. Квантовые представления о природе света

Тепловое излучение. Правило Прево. Закон Кирхгофа. Абсолютно черное тело. Поглощательная и излучательная способность нагретого тела. Формула Вина. Закон смещения Вина. Формула Релея-Джинса. Формула Планка для теплового излучения. Приемники теплового излучения (пирометры).

Квантовая природа света. Опыт Боте. Фотоэффект. Законы фотоэффекта и их обоснование. Уравнение Эйнштейна. Красная граница фотоэффекта. Фотоэлектрические приемники света (фотоэлементы, фотоумножители, фотодиоды и электронно-оптические преобразователи).

Фотобиологические процессы. Понятие о фотобиологии и фотомедицине.

Давление света, его открытие и объяснение с точки зрения

корпускулярной и волновой теорий.

Тормозное рентгеновское излучение. Коротковолновая граница сплошного рентгеновского спектра.

Опыт Комптона. Элементарная теория эффекта Комптона.

9. Спектры атомов и молекул. Люминесценция

Линейчатые, полосатые и сплошные спектры атомов и молекул.

Виды люминесценции и их классификация. Характеристики люминесценции: спектр поглощения, спектр люминесценции, квантовый выход, длительность, поляризация люминесценции.

Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Условие усиления. Резонансное усиление света. Трехуровневая система. Инверсная заселенность энергетических уровней и коэффициент усиления. Условия стационарной генерации (баланс фаз и баланс амплитуд).

Устройство и принцип работы лазеров. Обратная связь. Роль оптического резонатора. Типы лазеров. Непрерывные и импульсные лазеры.

Свойства лазерного излучения. Применение лазеров в медицине.

10. Усиление и генерация света

Спонтанное и вынужденное излучение. Физические принципы генерации лазерного излучения. Типы лазеров. Характеристики лазерного излучения. Практическое применение лазеров в науке и технике.

11. Нелинейные явления в оптике

Нелинейные оптические эффекты: нелинейное отражение света; самофокусировка света; оптические гармоники; многофотонные процессы.

12. Оптика движущихся сред

Аберрация света. Эффект Доплера. Поперечный эффект Доплера.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

(очная (дневная) форма получения высшего образования)

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Иное	Формы контроля знаний
1	2	3	4	5	6	7
1	Введение	2			метод. пособие	опрос
2	Свойства электромагнитных волн оптического диапазона в однородной изотропной среде	4	2	4	метод. пособие	самост. работа, опрос
3	Геометрическая оптика	4	4	8	метод. пособие	самост. работа, опрос
4	Интерференция света	4	4	4	метод. пособие	самост. работа, опрос
5	Дифракция света	4	4	8	метод. пособие	самост. работа, опрос
6	Распространение света в анизотропной среде	4	4		метод. пособие	самост. работа, опрос
7	Взаимодействие света с веществом	4	4		метод. пособие	самост. работа, опрос
8	Квантовые представления о природе света	4	4	4	метод. пособие	самост. работа, опрос
9	Спектры атомов и молекул. Люминесценция	2			метод. пособие	самост. работа, опрос
10	Усиление и генерация света	2			метод. пособие	самост. работа, опрос
11	Нелинейные явления в оптике	2			метод. пособие	самост. работа,

12	Оптика движущихся сред	2			метод. пособие	самост. работа, опрос
13	Контрольная работа		4		метод. пособие	самост. работа, опрос
ВСЕГО		38	30	28		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

Основная

1. Кузнецов, С.И. Физика : Оптика. Элементы атомной и ядерной физики. Элементарные частицы : учеб. пособие для ВУЗов / С.И. Кузнецов. – М. : Юрайт, 2018. – 301 с.
2. Луцевич, А.А. Оптика и квантовая физика : пособие / А.А. Луцевич, В.Ф. Малишевский ; Мин-во образования РБ, УО "МГЭИ им. А.Д. Сахарова" БГУ. – Минск : ИВЦ Минфина, 2022. – 240 с.
3. Оптика. Решение задач : учеб. пособие / Л.И. Буров, А.С. Горбацевич, И.А. Капуцкая [и др.] ; под ред. Л.И. Букова. – Минск : Выш. шк., 2018. – 334 с.

Дополнительная

4. Бондарев, Б.В. Курс общей физики : учеб. пособие : в 3 кн. Кн. 1. Электромагнетизм. Оптика. Квантовая физика / Б.В. Бондарев, Н.П. Калашников, Г.Г. Спирин. – Изд. 2-е, стер. – Минск : Выш. шк., 2005. – 438 с.
5. Ветрова, В.Т. Физика. Сборник задач. – Минск, 2015. – 440 с.
6. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике / И. Е. Иродов. – М.: Наука, 1988. – 416 с.
7. Ландсберг, Г.С. Оптика / Г. С. Ландсберг. – М.: Физматлит, 2003. – 848 с.
8. Маскевич, А.А. Оптика: учеб. пособие / А. А. Маскевич. – Гродно: ГрГУ, 2010. – 562 с.
9. Савельев, И.В. Курс общей физики: в 5 кн. Кн. 4. Волны. Оптика / И. В. Савельев. – М.: Аст -Пресс, 2005. – 256 с.
10. Савельев, И.В. Курс общей физики: в 5 кн. Кн. 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И.В. Савельев. – М.: Астрель, 2005. – 368 с.

Инновационные подходы и методы преподавания учебной дисциплины

При изучении дисциплины рекомендуется использовать практико-ориентированный подход, который предполагает: освоение содержания образования через решения практических задач; приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности; ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры; использование процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

При реализации данной дисциплины используются следующие виды

учебных занятий: лекции, консультации, практические занятия и самостоятельная работа студента.

В рамках лекционных занятий предусмотрено использование мультимедийных средств.

В процессе проведения практических заданий используются дидактические материалы, включающие задачи повышенной сложности. Использование дидактических материалов позволяет работать хорошо успевающим студентам с большим коэффициентом полезного действия.

Изучение дисциплины предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов с рекомендуемыми учебно-методическими материалами, Internet-источниками и другими источниками.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу необходимо использовать современные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к практическим занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

Самостоятельная работа осуществляется в виде аудиторных и внеаудиторных форм. Для самостоятельной работы студентам предлагаются индивидуальные домашние задания. В рамках индивидуальных консультаций студенты обсуждают ход выполнения индивидуальных домашних заданий.

Перечень рекомендуемых средств диагностики

С целью диагностики знаний, умений и навыков студентов по данной дисциплине рекомендуется использовать:

1. контрольные работы;
2. самостоятельные работы;
3. тесты;
4. коллоквиумы по пройденному теоретическому материалу;
5. устный опрос в ходе практических занятий;
6. проверка конспектов лекций студентов.

Рекомендуемые темы самостоятельных работ

1. Поле ускоренно движущегося электрического заряда. Излучение электрического диполя. Излучение Вавилова – Черенкова. Переходное излучение.
2. Аберрации оптических систем (сферическая, хроматическая, кома, астигматизм, дисторсия).
3. Простейшие оптические приборы и их применение в медицине.
4. Двухлучевые интерферометры. Интерферометр Жамена. Интерферометр Маха – Цендера.
5. Фазовые и амлитудно-фазовые решетки. Их применение.

6. Применение явления дифракции в медицине.
7. Получение цветных объемных изображений. Особенности голограмм как носителей информации. Применение голограмм в медицине.
8. Использование явлений поляризации света и вращения плоскости поляризации при исследовании биологических тканей.
9. Применение поглощения и рассеяния света в медицине.
10. Приемники теплового излучения (пирометры).
11. Фотоэлектрические приемники света (фотоэлементы, фотоумножители, фотодиоды и электронно-оптические преобразователи).
12. Фотобиологические процессы. Понятие о фотобиологии и фотомедицине.
13. Свойства лазерного излучения. Применение лазеров в медицине.
14. Нелинейные оптические эффекты: нелинейное отражение света; самофокусировка света; оптические гармоники; многофотонные процессы.

Примерный перечень тем практических занятий

1. Плоские электромагнитные волны.
2. Отражение и преломление света. Формулы Френеля.
3. Фотометрические величины.
4. Геометрическая оптика.
5. Интерференция света.
6. Дифракция света.
7. Физические принципы получения и анализа поляризованного света.
8. Дисперсия, рассеяние и поглощение света.
9. Равновесное тепловое излучение.
10. Фотоэффект.
11. Комpton-эффект.
12. Оптические явления в движущихся средах.

Примерный перечень тем лабораторных занятий

1. Изучение оптических характеристик собирающих (положительных) тонких линз.
2. Изучение оптических характеристик рассеивающих (отрицательных) тонких линз.
3. Изучение дифракции света.
4. Экспериментальная проверка закона Малюса.
5. Изучение внешнего фотоэффекта.
6. Изучение законов излучения черного тела.
7. Моделирование оптических систем.
8. Изучение дифракции Фраунгофера на одной щели.
9. Определение радиуса кривизны линзы с помощью колец Ньютона.
10. Дифракция и интерференция.

11. Изучение дифракции света с помощью дифракционной решетки.
12. Определение длины волны лазерного излучения с помощью дифракционной решетки.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Согласования с другими дисциплинами не требуется			