

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор

МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ

О. И. Родькин

« 21 »

мая

2024

Регистрационный № УД- 1543-24 /уч.



ОПТИКА

**Учебная программа учреждения образования
по учебной дисциплине для специальности:**

7-07-0533-03 Ядерная и радиационная безопасность

Учебная программа составлена на основе ОСВО 7-07-0533-03-2023 от 10.08.2023 и учебного плана учреждения высшего образования для специальности 7-07-0533-03 Ядерная и радиационная безопасность №161-23/уч. от 07.04.2023

СОСТАВИТЕЛИ:

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

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

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;

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 наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

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

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № _____ от _____ 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. Дисциплина «Оптика» необходима для изучения специальных дисциплин (дозиметрия, радиохимия, теплотехника, материаловедение и технология конструкционных материалов, кинетика и динамика ядерных реакторов и др.).

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: БПК-7. Применять законы волновой и геометрической оптики, закономерности взаимодействия оптического излучения с веществом для решения исследовательских задач.

В результате изучения раздела физики «Оптика» студент должен **знать:**

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

- принципы генерации света;
- приемы использования 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.

Изучение дисциплины рассчитано на 216 ч; аудиторных часов 106, из которых: лекции – 40 ч, практические занятия – 40 ч; лабораторные занятия – 26 ч.

Форма получения высшего образования – очная (дневная).

Форма промежуточной аттестации – зачет и экзамен в IV семестре.

Трудоемкость дисциплины составляет 6 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.

Суперпозиция электромагнитных волн. Понятие о преобразовании Фурье.

Немонохроматические волны и их представление.

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.

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. 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. Влияние размеров источника света на видимость интерференционной

картины. Интерференция немонахроматического 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. 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. Недостатки метода зон Френеля.

Дифракция Фраунгофера. Дифракция Фраунгофера на одной щели. Дифракционная решетка. Фазовые и амплитудно-фазовые решетки. Дифракция света на непрерывных периодических и непериодических структурах. Дифракция на ультразвуковых волнах.

Дифракция рентгеновского излучения. Условие Вульфа – Брэгга.

Спектральные приборы, их принципиальная схема и классификация.

Характеристики спектральных приборов. Угловая и линейная дисперсии, разрешающая способность, дисперсионная область. Разрешающая способность оптических приборов.

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.

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

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

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 Лоренца – Лоренца. 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. Физическая сущность рассеяния Мандельштама – Бриллюэна и комбинационного рассеяния.

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.

Опыт Комптона. Элементарная теория эффекта Комптона.

9. Спектры атомов и молекул. Люминесценция

Естественная ширина спектральной линии. Уширение спектральной линии. Однородное и неоднородное уширение.

Линейчатые, полосатые и сплошные спектры молекул.

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

Эффект Зеемана. Элементарная теория эффекта Зеемана. Связь эффекта Зеемана с эффектом Фарадея.

10. Усиление и генерация света

Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Условие усиления. Зависимость населенности энергетических уровней от плотности излучения. Инверсная населенность уровней.

Лазеры. Принципиальная схема лазера. Типы лазеров. Непрерывные и импульсные лазеры.

Свойства лазерного излучения. Применение лазеров в медицине.

11. Нелинейные явления в оптике

Нелинейное отражение света.

Генерация гармоник.

Самофокусировка и самодефокусировка.

Многофотонные процессы.

12. Оптика движущихся сред

Аберрация света. Опыт Физо. Эффект Доплера. Поперечный эффект Доплера.

Оптические измерения в неинерциальных системах отсчета.

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	6	4	метод. пособие	сам. раб, коллоквиум
3	Геометрическая оптика	4	6	6	метод. пособие	опрос, контр. работа
4	Интерференция света	4	6	4	метод. пособие	сам. раб, конт. раб.
5	Дифракция света	6	6	4	метод. пособие	сам. раб, конт. раб.
6	Распространение света в анизотропной среде	4	4		метод. пособие	сам. раб, опрос
	Контрольная работа №1		2			
7	Взаимодействие света с веществом	4	2		метод. пособие	сам. раб, опрос
8	Квантовые представления о природе света	4	4	4	метод. пособие	сам. раб, коллоквиум
9	Спектры атомов и молекул. Люминесценция	2		4	метод. пособие	опрос
10	Усиление и генерация света	2			метод. пособие	опрос
11	Нелинейные явления в оптике	2			метод. пособие	опрос
12	Оптика движущихся сред	2	2		метод. пособие	сам. раб, конт. раб.
	Контрольная работа №2		2			
ВСЕГО		40	40	26		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА*****Основная***

1. 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.
2. Гершензон, Е. М. Оптика и атомная физика : учеб. пособие для ВУЗов / Е. М. Гершензон, Н. Н. Малов, А. Н. Мансуров. – М. : Изд-й центр "Академия", 2000. – 408 с.
3. Кузнецов, С. И. Физика : Оптика. Элементы атомной и ядерной физики. Элементарные частицы : учеб. пособие для ВУЗов / С. И. Кузнецов. – М. : Юрайт, 2018. – 301 с.
4. Луцевич, А. А. Оптика и квантовая физика / А. А. Луцевич, В. Ф. Малишевский. – Минск : МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, 2022. – 240 с.
5. Макаренко, Г. М. Физика : учеб. пособие : в 3 т. Т. 3. Оптика. Элементы квантовой физики / Г. М. Макаренко. – Минск : Изд-во "Дизайн ПРО", 1998. – 208 с.
6. Оптика. Решение задач : учеб. пособие / Л. И. Буров, А. С. Горбачевич, И. А. Капуцкая [и др.] ; под ред. Л. И. Бурова. – Минск : Выш. шк., 2018. – 334 с.
7. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие : в 5 т. Т. 4. Оптика / Д. В. Сивухин. – 3-е изд., стер. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 792 с.
8. Ташлыкова-Бушкевич, И. И. Физика : учебник : в 2 ч. Ч. 2. Оптика. Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества / И. И. Ташлыкова-Бушкевич. – Минск : Выш. шк., 2014. – 232 с.

Дополнительная

9. Зисман, Г. А. Курс общей физики : учебное пособие : в 3 томах / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. – 7-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. – Том 3 : Оптика. Физика атомов и молекул. Физика атомного ядра и микрочастиц – 2019. – 504 с.
10. Иродов, И. Е. Задачи по общей физике : учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов. – 18-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 420 с.
11. Иродов, И. Е. Квантовая физика. Основные законы : учебное пособие / И. Е. Иродов ; художник Н. А. Лозинская, Н. А. Новак. – 8-е изд. – Москва : Лаборатория знаний, 2021. – 261 с.
12. Можаров, Г. А. Основы физической оптики : учебное пособие для вузов / Г. А. Можаров. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 196 с.

13. Савельев, И. В. Курс общей физики : учебное пособие для вузов : в 5 томах / И. В. Савельев. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022 – Том 4 : Волны. Оптика – 2022. – 252 с.
14. Фриш, С. Э. Курс общей физики : учебник : в 3 томах / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. – 10-е изд. – Санкт-Петербург : Лань, 2021 – Том 3 : Оптика. Атомная физика – 2021. – 656 с.
15. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: учеб.пособие для студентов физических специальностей вузов. в 5т. / Д. В. Сивухин. – М. : Физматлит, 2017. – 376 с.
16. Трофимова, Т. И. Физика : учебник для инженерно-технических специальностей вузов / Т. И. Трофимова. – М. : Академия, 2017. – 557 с.
17. Трофимова, Т. Н. Курс физики / Т. Н. Трофимова. – М. : Высш. шк, 1990. – 479 с.

Инновационные подходы и методы преподавания учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержание образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

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.).

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, контрольных работ по темам и разделам курса (модуля).

Перечень рекомендуемых средств диагностики

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

- 1) индивидуальные задания;
- 2) контрольные работы;
- 3) самостоятельные работы;
- 4) коллоквиумы по пройденному теоретическому материалу;
- 5) устный опрос в ходе практических занятий;
- 6) проверку конспектов лекций студентов;
- 7) тестирование, включая компьютерное.

Рекомендуемые темы практических занятий

1. Плоские электромагнитные волны.
2. Поляризация электромагнитных волн. Отражение и преломление света. Формулы Френеля.
3. Фотометрические величины.
4. Геометрическая оптика.
5. Интерференция света.
6. Дифракция света.
7. Распространение света в анизотропной среде. Физические принципы получения и анализа поляризованного света.
8. Вращение плоскости поляризации. Оптическая изомерия.
9. Дисперсия, рассеяние и поглощение света.
10. Равновесное тепловое излучение.
11. Фотоэффект.
12. Комптон-эффект.
13. Оптические явления в движущихся средах.

Перечень тем лабораторных занятий

1. Определение показателя преломления стекла.
2. Изучение оптических характеристик рассеивающих (отрицательных) тонких линз.
3. Рефрактометрический анализ растворов.
4. Определение радиуса кривизны линзы с помощью колец Ньютона.
5. Изучение дифракции света.
6. Экспериментальная проверка закона Малюса.
7. Определение концентрации оптически активных веществ с помощью поляриметра.
8. Определение концентрации окрашенных растворов с помощью спектрофотометра.
9. Изучение законов теплового излучения.
10. Изучение внешнего фотоэффекта.

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)
Согласование с другими дисциплинами не требуется			