

Учреждение образования
«Международный государственный экологический университет
им. А.Д. Сахарова»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-воспитательной и
идеологической работе

МП ОУ им. А.Д. Сахарова

Красовский В.И.

Регистрационный № УД- 422-14/баз.

ФИЗИКА. ОПТИКА

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

1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность

2014 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Н.В. Пушкарёв, доцент кафедры физики и высшей математики Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова» кандидат физико-математических наук;

А.И. Тимошенко, доцент кафедры ядерной и радиационной безопасности Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова», кандидат физико-математических наук.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.А. Иванюкович, заведующий кафедрой экологических информационных систем Учреждения образования «Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова», кандидат физико-математических наук, доцент;

О.В. Гусакова, заведующая кафедрой ядерной и радиационной безопасности Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова», кандидат физико-математических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики и высшей математики Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова» (протокол № 5 от 7 мая 2014 г.);

Научно-методическим советом Учреждения образования «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова» (протокол № 9 от 20 мая 2014 года)

Ответственный за редакцию:

Н.В. Пушкарёв
(И.О.Фамилия)

Ответственный за выпуск:

Н.В. Пушкарёв
(И.О.Фамилия)

УМО Сахару

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Раздел физики «Оптика» специальности 1-100 01 01 «Ядерная и радиационная безопасность» обеспечивает базовую подготовку по физике будущих инженеров, необходимую им для решения теоретических и практических задач в области ядерной и радиационной безопасности. Она разбивается на ряд разделов, содержание которых представляет собой последовательное изложение оптических и атомных явлений, постулатов и законов.

Основной целью данной дисциплины является 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 от основных свойств классической модели световой волны, законов ее распространения и взаимодействия в различных средах до первичных квантовых представлений о природе света и их использования в интерпретации явлений и процессов, лежащих в основе современных оптических систем и устройств.

Задачи 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.

По окончании изучения раздела будущие специалисты должны представлять физическую теорию как синтез обобщений, наблюдений, практического опыта, экспериментальных данных, с одной стороны, а с другой стороны быть способными устанавливать математическую взаимосвязь между различными физическими явлениями и эффектами.

Раздел «Оптика» должен быть изложен на соответствующем математическом уровне и с достаточной широтой, позволяющей четко обозначить междисциплинарные границы. Содержание раздела и математический аппарат, используемый в нем, тесно связан с другими дисциплинами блока естественнонаучных дисциплин (обязательный компонент: «Высшая математика», «Теория вероятностей и математическая статистика»), а также блока общепрофессиональных и специальных дисциплин: «Дифференциальные и интегральные уравнения», «Векторный и

тензорный анализ», «Методы математической физики», «Теоретическая механика».

В процессе обучения преподаватель должен:

- объяснять студенту основные принципы и законы физики и их математические выражения;
- знакомить его с основными физическими явлениями, методами их наблюдения и экспериментального исследования, а также с общепринятыми методами точного измерения физических величин, с методами анализа результатов эксперимента, с основными физическими приборами и лабораторными установками;
- формировать у студента навыки экспериментальной работы, ознакомить его с основными принципами математической обработки физического эксперимента, научить правильно выражать физические концепции и идеи;
- учить студента количественно формулировать и решать физические задачи, оценивать порядки физических величин;
- давать студенту ясное представление о границах применимости физических моделей и гипотез;
- развивать у него любознательность и интерес к изучению физики;
- прививать студенту диалектическое понимание важнейших этапов истории развития физики, ее философских и методологических проблем.

В результате изучения раздела физики «Оптика и основы атомной физики» студент должен в соответствии с образовательным стандартом:

знать:

- общие методы измерений физических величин;
- основы электромагнитной теории света;
- явления интерференции и дифракции;
- принципы генерации света;

уметь:

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

владеть:

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

Объем материала, указанного в типовой программе, может быть полностью выполнен лишь при полном и целесообразном использовании лекций и практических занятий, правильной организации самостоятельной работы студентов. План курса лекций определяется лектором.

Курс не является совокупностью обзорных лекций по отдельным проблемам, а представляет собой единое логически связанное изложение основного фундаментального материала программы. Этот материал должен быть изложен на лекциях с полным экспериментальным и математическим обоснованием и достаточно подробно. Со вспомогательным материалом студент должен быть ознакомлен на качественном описательном или даже понятийно-терминологическом уровне.

В соответствии с учебным планом изучение дисциплины рассчитано на общее количество часов 202. Аудиторное количество часов 110, из них: лекции – 58 часов, практические занятия – 24 часа, лабораторные занятия – 28 часов.

2. ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Название темы	Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия	Всего
1	Введение	2			2
2	Свойства электромагнитных волн оптического диапазона в однородной изотропной среде	10	4		14
3	Геометрическая оптика	6	4	4	14
4	Интерференция света	6	4	4	14
5	Дифракция света	8	4	4	16
6	Распространение света в анизотропной среде	4	4		8
7	Взаимодействие света с веществом	4	2		6
8	Квантовые представления о природе света	6	4	8	18
9	Спектры атомов и молекул. Люминесценция	4		4	8
10	Усиление и генерация света.	4			4
11	Нелинейные явления в оптике	2			2
12	Оптика движущихся сред	2	2		4
	Итого:	58	28	24	110

3. 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.

Поляризация света при полном внутреннем отражении. Отражение света поверхностью металлов. Распространение света в однородных проводящих средах. Комплексный показатель преломления.

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

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. Уравнение эйконала. Преломление света сферической поверхностью. Нулевой инвариант Аббе. Увеличение сферической поверхности. Условие Лагранжа-Гельмгольца. Центрированная оптическая система и ее кардинальные элементы. Тонкие линзы. Построение изображений в оптических системах.

Аберрации оптических систем (сферическая, хроматическая, кома, астигматизм, дисторсия). Простейшие оптические приборы и их применение в медицине. Распространение света в неоднородной изотропной среде в приближении геометрической оптики.

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 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. 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.

Приближение Кирхгофа. Формула дифракции Френеля-Кирхгофа.

Дифракция Фраунгофера. Дифракция Фраунгофера на одной щели. Дифракционная решетка. Фазовые и амплитудно-фазовые решетки. Наклонное падение лучей на дифракционную решетку.

Дифракция света на непрерывных периодических и непериодических структурах. Дифракция на ультразвуковых волнах.

Формулы Лауэ. Дифракция рентгеновского излучения Условие Вульфа-Брэггов.

Спектральные приборы, их принципиальная схема и классификация. Фурье-спектрометр, интерферометр интенсивности.

Характеристики спектральных приборов. Угловая и линейная дисперсии, разрешающая способность, дисперсионная область. Сравнение характеристик спектральных аппаратов. Дифракционная теория оптических приборов. 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 Погкельса.

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. 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. Энергетический спектр сложных 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. Порог генерации. Условия стационарной генерации. Управление параметрами лазерного излучения. Типы лазеров. Непрерывные и импульсные лазеры. Метод модулированной добротности.

Свойства лазерного излучения. Применение лазеров в медицине.

11. Нелинейные явления в оптике.

Источники нелинейной поляризованности. Квадратичная нелинейность и нелинейности более высоких уровней.

Генерация гармоник. Условия пространственного синхронизма для удвоения частоты.

Самовоздействие света в нелинейной среде. Основные причины возникновения нелинейности показателя преломления. Самофокусировка и самодефокусировка. Длина самофокусировки.

Многофотонное поглощение света. Параметрические эффекты.

12. Оптика движущихся сред.

Аберрация света. Эффект Доплера. Поперечный эффект Доплера.

Оптические измерения в неинерциальных системах отсчета.

4.ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

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).

Рекомендуемые темы 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. Комптон-эффект.
12. Оптические явления в движущихся средах.

Перечень тем лабораторных занятий:

1. Определение фокусного расстояния линзы.
2. Молекулярная рефракция.
3. Интерференция света.
4. Изучение дифракции света.
5. Изучение спектра атома водорода.
6. Изучение фотоэффекта.

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

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

Основная литература:

1. Волновые процессы. Основные законы. Иродов И.Е. М.: Лаборатория базовых знаний, 1999. - 256 с.
2. Квантовая физика. Основные законы. Иродов И.Е. М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. - 272 с.
3. Савельев И.В. Курс физики. т.3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. (1989) М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989.—304 с.
4. Сивухин Д.В. Т. 4. Оптика. М. Наука, 1980, 752 с.
5. Сивухин Д.В. Т. 5. Атомная физика. М. Наука, 1986. 420 с.
6. Ландсберг Г.С. Оптика. М.: Наука, 1976. 926 с.
7. Матвеев А.Н. Оптика: Учеб. пособие. М.: Высшая школа. 1985. 351 с.
8. Калитеевский Н.И. Волновая оптика. М.: Высшая школа. 1978. 384 с.
9. Цыпенюк Ю.М. Квантовая микро- и макрофизика. М.: Физматкнига, 2006. 640 с.
10. Матвеев А.Н. Атомная физика: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1989. 450 с.
11. Шпольский Э.В. Атомная физика. М.: Наука., 1974. 575 с.
12. Сборник задач по общему курсу физики: Оптика./ В.Л.Гинзбург, Л.М.Левин, Д.В.Сивухин, Е.С.Четвериков, И.А.Яковлев; Под ред. Д.В.Сивухина. М.: Наука, 1977. 320 с.
13. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. М.: Наука, 1979. 368 с.
14. Иродов И.Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике: Учебное пособие. М.: Энергоатомиздат, 1984. 216 с.
15. Н.С. Лешенюк, Е.Е. Апанасевич. Пособие по решению задач по физике (оптика). МГЭУ им. А.Д. Сахарова. 2005.

Дополнительная литература:

16. Фейнман Р. .Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1976. 438 с.
17. А.Пиппард. Физика колебаний. В 2 томах. М. Высшая школа.1985. 456 с.
18. Крауфорд Ф. Волны. М.: Наука, 1984. 511 с.
19. Наркевич И.И., Волмянский Э.И., Лобко С.И. Учебник «Физика», 2004, Мн. «Новое знание». 679 с.