Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 01/08-577

от 28.08.2025 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## ФИЗИЧЕСКАЯ ОПТИКА

Направление подготовки (специальность) [1] 03.03.01 Прикладные математика и физика

| Семестр | Трудоемкость, кред. | Общий объем курса, час. | Лекции, час. | Практич. занятия, час. | Лаборат. работы, час. | В форме практической подготовки, час. | СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 2 | 72 | 32 | 16 | 0 | | 24 | 0 | З |
| Итого | 2 | 72 | 32 | 16 | 0 | 0 | 24 | 0 | |

## АННОТАЦИЯ

Курс является одним из центральных в обучении бакалавров по профилю физики твердого тела.

Излагается теория излучения электромагнитных волн.

Из уравнений Максвелла строится геометрооптическое приближение, и выводятся основные законы геометрической оптики.

Рассматриваются вопросы дифракции и интерференции света, отражение и преломление световых волн на границе раздела.

Далее обсуждаются механизмы взаимодействия

излучения с заряженными частицами, эффект Вавилова-Черенкова, описываются современные методы лазерного ускорения частиц.

В конце курса даётся квантовая теория излучения.

Обсуждаются законы взаимодействия электромагнитного излучения с атомами и молекулами, необходимые для описания современных достижений физики лазеров.

Проводится обзор современных достижений лазерной физики, оптических и синхротронных методов исследований.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Излагается теория излучения электромагнитных волн.

Из уравнений Максвелла строится геометрооптическое приближение, и выводятся основные законы геометрической оптики.

Рассматриваются вопросы дифракции и интерференции света, отражение и преломление световых волн на границе раздела.

Далее обсуждаются механизмы взаимодействия

излучения с заряженными частицами, эффект Вавилова-Черенкова, описываются современные методы лазерного ускорения частиц.

В конце курса даётся квантовая теория излучения.

Обсуждаются законы взаимодействия электромагнитного излучения с атомами и молекулами, необходимые для описания современных достижений физики лазеров.

Проводится обзор современных достижений лазерной физики, оптических и синхротронных методов исследований.

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная дисциплина готовит студентов к научной деятельности в области физики лазеров, исследования вещества оптическими и рентгеновскими методами.

Предполагается, что студент знаком с содержанием основных разделов курсов «Высшей математики» и «Общей физики». Приобрел начальную практику выполнения и обработки результатов экспериментальных работ в учебных физических лабораториях.

## 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

| **Код и наименование компетенции** | **Код и наименование индикатора достижения компетенции** |
|---|---|

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

| **Задача профессиональной деятельности (ЗПД)** | **Объект или область знания** | **Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)** | **Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции** |
|---|---|---|---|
| научно-исследовательский | | | |
| участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий; участие в обобщении полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований | модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области суперкомпьютерного моделирования инженерно-физических процессов в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства | ПК-4 [1] - Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования<br><br>*Основание:* Профессиональный стандарт: 25.049, 40.008, 40.011 | З-ПК-4[1] - Знать основные методики и методы исследования в сфере своей профессиональной деятельности ;<br>У-ПК-4[1] - Уметь анализировать и критически оценивать применяемые методики и методы исследования.;<br>В-ПК-4[1] - Владеть навыками выбора и критической оценки применяемых методик и методов исследования в сфере своей профессиональной деятельности |
| инновационный | | | |
| участие в модернизации существующих, разработке и внедрении новых методов освоения производственно-технологических процессов и новой продукции в сфере высоких и наукоемких технологий | объекты техники, технологии и производства | ПК-5 [1] - Способен управлять программами освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию<br><br>*Основание:* Профессиональный стандарт: 29.002, 40.011 | З-ПК-5[1] - Знать основные методы и принципы управления программами освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию в сфере своей профессиональной деятельности. ;<br>У-ПК-5[1] - Уметь |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | находить оптимальные решения при освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию. ;<br>В-ПК-5[1] - Владеть навыками нахождения оптимальных решений для освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию |

## 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| **Направления/цели воспитания** | **Задачи воспитания (код)** |
|---|---|
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19) |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (В22) |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры безопасности при работе с лазерным излучением (В27) |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры безопасности при работе на экспериментальных и промышленных установках высокой мощности (В28) |

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

| № п.п | Наименование раздела учебной дисциплины | Недели | Лекции/ Практ. (семинары )/ Лабораторные работы, час. | Обязат. текущий контроль (форма*, неделя) | Максимальный балл за раздел** | Аттестация раздела (форма*, неделя) | Индикаторы освоения компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *7 Семестр* | | | | | | |
| 1 | Часть 1 | 1-8 | 16/8/0 | | 25 | КИ-8 | З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5 |
| 2 | Часть 2 | 9-16 | 16/8/0 | | 25 | КИ-16 | З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5 |
| | *Итого за 7 Семестр* | | 32/16/0 | | 50 | | |
| | **Контрольные мероприятия за 7 Семестр** | | | | 50 | З | З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5 |

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

| Обозначение | Полное наименование |
|---|---|
| КИ | Контроль по итогам |
| З | Зачет |

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели | Темы занятий / Содержание | Лек., час. | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|---|---|---|---|---|
| | *7 Семестр* | 32 | 16 | 0 |
| **1-8** | **Часть 1** | 16 | 8 | 0 |
| 1 | **Тема 1** Микроскопические и макроскопические уравнения Максвелла, их происхождение. Распространение электромагнитных волн в вакууме и сплошной однородной изотропной среде. Виды сред и их откликов. Вывод волнового уравнения. Решения волнового | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 1 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | уравнения в виде плоских и сферических монохроматических волн. Распространение энергии и вектор Пойнтинга (изотропный случай). | | | |
| 2 | **Тема 2**<br>Векторные волны. Свойство поперечности электромагнитной волны. Полная, естественная и частичная поляризация. Матрица когерентности. Степень поляризации. Виды полной поляризации. Понятие двулучепреломления. Схемы поляризаторов, закон Малюса. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 1 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 3 | **Тема 3**<br>Распространение ЭМВ в анизотропных средах. Одноосные и двухосные кристаллы. Обыкновенная и необыкновенная волна. Распространение энергии. Набор примеров применения: эффект Поккельса, эффект Фарадея, оптическая индикатриса, коноскопические фигуры, поляриметрия. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 1 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 4 | **Тема 4**<br>Отражение и преломление поляризованного света. Формулы Френеля. Угол Брюстера, угол полного внутреннего отражения. Стопа Столетова. Просветляющие покрытия и понятие интерференции. Распространение импульса по оптоволокну. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 1 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 5 | **Тема 5**<br>Фурье-разложение светового импульса во времени и пространстве. Спектроскопия, преобразование светового пучка пространством и линзой. Принцип суперпозиции. Дифракция Френеля и Фраунгофера качественно, дифракция Фраунгофера как фурье-разложение. Гауссов пучок, его распространение, преобразование линзой, свойства гауссова пучка (каустическая поверхность, перетяжка, угол расходимости, поперечное распределение, изменение волнового фронта). | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 1 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 6 | **Тема 6**<br>Геометрическая оптика: принцип Ферма, переход к медленным переменным, условия применимости, параксиальное приближение, распространение в однородной изотропной среде, законы отражения и преломления, зеркала и преломляющие поверхности вращения. Матричная оптика: основные принципы, расчет матриц основных оптических элементов, преобразования радиусов волнового фронта. Правила знаков в матричной и геометрической оптике. Неидеальность оптических поверхностей. Понятие об аберрациях света и разрешающей способности оптических систем. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 1 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 7 | **Тема 7**<br>Двухлучевая интерференция. Полосы равного наклона и равной толщины. Типы интерферометров. Интерферометры Юнга, Маха-Цендера, Майкельсона, звездный интерферометр Майкельсона. Интерферометрия как метод исследований в физике плазмы и космических исследованиях. Пространственная и временная | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 1 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | когерентность. Радиоинтерферометрия. Корреляционные функции, автокорреляция сигнала. | | | |
| 8 | **Тема 8**<br>Многолучевая интерференция. Интерферометр Фабри-Перо, его характеристики, использование для спектроскопии. Принцип работы лазера. Замкнутый резонатор, открытый резонатор. Оптические резонаторы лазеров: различные схемы, устойчивость резонатора, добротность. Поперечные и продольные моды. Понятие цилиндрических векторных пучков. | Всего аудиторных часов<br>2<br>Онлайн<br>0 | 1<br>0 | 0<br>0 |
| **9-16** | **Часть 2** | 16 | 8 | 0 |
| 9 | **Тема 9**<br>Общий принцип дифракции и интерференции: принцип суперпозиции полей. Дифракция Френеля в цилиндрически симметричном случае: отверстие и диск. Зоны Френеля, спираль Френеля. Зонные пластинки, амплитудные, фазовые шаблоны. Плоские линзы (прожектора, фары) и рентгеновская оптика. Дифракция Френеля в одномерном случае: полуплоскость, щель, полоса. Спираль Корню. | Всего аудиторных часов<br>2<br>Онлайн<br>0 | 1<br>0 | 0<br>0 |
| 10 | **Тема 10**<br>Дифракция Фраунгофера на щели, квадратном и круглом отверстии. Дифракция Фраунгофера как преобразование Фурье. Дифракционные решетки: общая формула, картина дифракции. Дифракционная решетка как спектральный прибор. Разрешение и область дисперсии. Амплитудные, отражательные, фазовые решетки. Одномерные, двумерные и трехмерные решетки. Дифракция на кристаллах и рентгеноструктурный анализ, рентгеновские методы исследования вещества. | Всего аудиторных часов<br>2<br>Онлайн<br>0 | 1<br>0 | 0<br>0 |
| 11 | **Тема 11**<br>Скалярный и векторный потенциал ЭМП. Волновые уравнения для запаздывающих потенциалов. Понятие дальней (волновой) зоны. Мультипольное разложение. Дипольное излучение в классической оптике, диаграмма направленности, интенсивность, полная мощность. Излучение движущегося заряда: циклотронное и синхротронное излучение. Эффект Вавилова-Черенкова, эффект Доплера. Методы лазерного ускорения частиц: ультракороткие импульсы, CPA/OPCPA (пример на применение дифракционных решеток и нелинейных сред). | Всего аудиторных часов<br>2<br>Онлайн<br>0 | 1<br>0 | 0<br>0 |
| 12 | **Тема 12**<br>Классический линейный осциллятор в поле ЭМВ и ансамбль осцилляторов. Дисперсия среды: диэлектрическая проницаемость, коэффициент преломления, коэффициент поглощения, нормальная и аномальная дисперсия. Сечения истинного, полного поглощения. Физика поглощения и рассеяния, отражения и преломления. Предельные случаи: рэлеевское рассеяние (в атмосфере), томпсоновское рассеяние на свободных электронах, резонансная флуоресценция. Зондирование плазмы радиоволнами. Рентгеновское поглощение и метод | Всего аудиторных часов<br>2<br>Онлайн<br>0 | 1<br>0 | 0<br>0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | XAFS. Аномальная (резонансная) рентгеновская дифракция. | | | |
| 13 | **Тема 13**<br>Уширение линий поглощения и излучения: естественная, столкновительная, доплеровская ширина в газах, штарковское уширение в кристаллах и уширение за счет столкновений с фононами решетки. Фазовая и групповая скорость, распространение импульса в среде с дисперсией. Элементы нелинейной оптики. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 1 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 14 | **Тема 14**<br>Атомные спектры. Понятие квантования ЭМП, мультипольного разложения и свойств фотона. Одноэлектронные и многоэлектронные спектры. Спектры ионизированной плазмы. L-S и j-j-связь. Происхождение номенклатуры уровней и правил отбора. Заполнение уровней. Молекулярные спектры: колебательные и вращательные уровни и правила отбора. Схемы переходов известных лазеров. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 1 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 15 | **Тема 15**<br>Квантовая физика излучения. Тепловое излучение (модель замкнутого резонатора, формула Планка). Принцип действия лазера. Порог генерации. Усиление. Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна (термодинамический подход). Сечение спонтанного и вынужденного излучения, безызлучательные процессы, трех- и четырехуровневые схемы, время жизни уровня. Кратность вырождения, распределения Больцмана, Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна для квантовых частиц. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 1 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |
| 16 | **Тема 16**<br>Квантовый ансамбль двухуровневых атомов. Матрица плотности. Скоростные уравнения для населенностей и поляризации. Времена релаксации. Применение лазерной физики, синхротронного излучения и оптических методов для исследований вещества. | Всего аудиторных часов | | |
| | | 2 | 1 | 0 |
| | | Онлайн | | |
| | | 0 | 0 | 0 |

Сокращенные наименования онлайн опций:

| **Обозначение** | **Полное наименование** |
|---|---|
| ЭК | Электронный курс |
| ПМ | Полнотекстовый материал |
| ПЛ | Полнотекстовые лекции |
| ВМ | Видео-материалы |
| АМ | Аудио-материалы |
| Прз | Презентации |
| Т | Тесты |
| ЭСМ | Электронные справочные материалы |
| ИС | Интерактивный сайт |

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** |
|---|---|
| | *7 Семестр* |

| | |
|---|---|
| 1 - 2 | **Тема 1**<br>Распространение плоских и сферических волн, их свойства, энергетика, интенсивность и мощность. Операции с тензорами – умение выводить основные векторные соотношения, подготовка к выводу формул для анизотропных сред. |
| 3 - 4 | **Тема 2**<br>Поляризация и поляризаторы. Анализ поляризации света. Двулучепреломление в одноосных кристаллах. Пластинки в полволны и четверть волны. |
| 5 - 6 | **Тема 3**<br>Формулы Френеля. Стопа Столетова, угол Брюстера, просветляющие покрытия. Спектральные разложения и фурье-анализ. |
| 7 - 8 | **Тема 4**<br>Геометрическая оптика: принцип Ферма, преломляющие поверхности, основные плоскости и правила знаков, построение изображений. Матричная оптика: вывод формул для стандартных элементов матричным методом. Двухлучевая интерференция: полосы равного наклона и равной толщины, двухлучевые интерферометры. Интерферометр Фабри-Перо. |
| 9 - 10 | **Тема 5**<br>Дифракция Френеля на отверстии, щели и других шаблонах, амплитудных и фазовых. Дифракция Фраунгофера на щели и решетке. Дифракционная решетка как спектральный прибор. |
| 11 - 12 | **Тема 6**<br>Дипольное излучение. Излучение движущихся источников заряда. Дисперсия, исследование плазмы, поглощение и рассеяние, фазовая и групповая скорость. |
| 13 - 14 | **Тема 7**<br>Атомные и молекулярные спектры, распределение Больцмана, кратность вырождения уровней. |
| 15 - 16 | **Тема 8**<br>Тепловое излучение. Лазеры. Спонтанное и вынужденное излучение в лазерах, безызлучательные процессы. Сечения, скорости переходов, времена жизни уровней, физика лазерных переходов, уширение линий. |

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Программой курса предусмотрено, что студент должен продемонстрировать результаты освоения методов физической оптики в рамках самостоятельной работы при решении Большого домашнего задания.

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций и также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в изучении материала, повторении ранее пройденных тем, подготовке к письменным тестам. Для того чтобы дать современное состояние физической оптики, предусмотрено широкое использование современных научных работ и публикаций по данной теме, посещение лабораторий НИЯУ МИФИ. Рекомендуется посещение студентами научных семинаров и конференций, проводимых в НИЯУ МИФИ, а также в других московских университетах и институтах.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

| **Компетенция** | **Индикаторы освоения** | **Аттестационное мероприятие (КП 1)** |
|---|---|---|
| ПК-4 | З-ПК-4 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | У-ПК-4 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | В-ПК-4 | З, КИ-8, КИ-16 |
| ПК-5 | З-ПК-5 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | У-ПК-5 | З, КИ-8, КИ-16 |
| | В-ПК-5 | З, КИ-8, КИ-16 |

**Шкалы оценки образовательных достижений**

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

<table>
<tr><th>Сумма баллов</th><th>Оценка по 4-х балльной шкале</th><th>Отметка о зачете</th><th>Оценка ECTS</th></tr>
<tr><td>90-100</td><td>5 – «отлично»</td><td rowspan="7">«зачтено»</td><td>A</td></tr>
<tr><td>85-89</td><td rowspan="3">4 – «хорошо»</td><td>B</td></tr>
<tr><td>75-84</td><td>C</td></tr>
<tr><td>70-74</td><td rowspan="2">D</td></tr>
<tr><td>65-69</td><td rowspan="2">3 – «удовлетворительно»</td></tr>
<tr><td>60-64</td><td>E</td></tr>
<tr><td>ниже 60</td><td>2 – «неудовлетворительно»</td><td>«не зачтено»</td><td>F</td></tr>
</table>

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и

навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ S96 Principles of Lasers : , Svelto, Orazio. , Boston, MA: Springer US, 2010

2. ЭИ И 83 Задачи по квантовой физике : учебное пособие, Иродов И. Е., Москва: Лаборатория знаний, 2020

3. ЭИ И 83 Задачи по общей физике : учебное пособие для вузов, Иродов И. Е., Москва: Лаборатория знаний, 2021

4. 537 З-43 Принципы лазеров : , Звелто О., Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 535 А95 Физическая оптика : учебник для вузов, Никитин С.Ю., Ахманов С.А., Москва: Наука, 2004

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

https://online.mephi.ru/

http://library.mephi.ru/

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

В результате освоения данной дисциплины студент должен знать основные понятия, методы, законы и уравнения физической оптики.

Должен научиться использовать методы физической оптики применительно к исследованию распространения оптического излучения в различных средах, знать основные экспериментальные методики, основанные на принципах физической оптики.

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В результате освоения данной дисциплины студент должен знать основные понятия, методы, законы и уравнения физической оптики.

Должен научиться использовать методы физической оптики применительно к исследованию распространения оптического излучения в различных средах, знать основные экспериментальные методики, основанные на принципах физической оптики.

Автор(ы):

Кашурникова Ольга Владимировна

Маймистов Андрей Иванович, д.ф.-м.н., профессор