ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОТОНИКИ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ  
  
Протокол № 1/12-577   
  
от 19.12.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ИНТЕГРАЛЬНАЯ И ВОЛОКОННАЯ ОПТИКА

|  |  |
| --- | --- |
| Направление подготовки (специальность) | [1] 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Семестр** | **Трудоемкость, кред.** | **Общий объем курса, час.** | **Лекции, час.** | **Практич. занятия, час.** | **Лаборат. работы, час.** | **В форме практической подготовки/ В интерактивном режиме, час.** | **СРС, час.** | **КСР, час.** | **Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП** |
| 2 | 3 | 108 | 7 | 23 | 0 |  | 42 | 0 | Э |
| Итого | 3 | 108 | 7 | 23 | 0 | 64 | 42 | 0 |  |

АННОТАЦИЯ

Курс знакомит студентов с физическими основами волновой оптики, физическими принципами распространения электромагнитных волн в изотропных и анизотропных средах, физическими основами распространения электромагнитного поля в волноводах различных типов.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Назначение программы учебной дисциплины состоит в повышении уровня подготовки специалистов, расширении их научного кругозора с учетом возрастающей роли лазеров в современных фундаментальных физических исследованиях и прикладных задачах.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина логически и содержательно-методически связана со следующими дисциплинами: фотоника, взаимодействие излучения с веществом, оптика кристаллов и оптические материалы, оптоэлектроника.

Курс посвящен изучению физических основ волновой оптики, физических принципов распространения электромагнитных волн в изотропных и анизотропных средах, физических основ распространения электромагнитного поля в волноводах различных типов.

Овладение данной дисциплиной необходимо выпускникам магистерской программы для следующих областей профессиональной деятельности по исследованию и разработке:

• установок и систем в области физики конденсированного состояния вещества;

• установок и систем волоконной оптики;

• использования нелинейно-оптических процессов при разработке новых установок, материалов и изделий;

• методов повышения безопасности лазерных установок, материалов и технологий;

• способов применения лазерных пучков в решении технологических проблем;

• лазерных установок и технологий, обладающих высокой эффективностью, безопасностью и защищенностью.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

|  |  |
| --- | --- |
| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
| ОПК-2 [1] – Способен организовать проведение научного исследования и разработку, представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с методами и средствами оптических и лазерных исследований | З-ОПК-2 [1] – Знать: специфику методов и средств оптических и лазерных исследований и разработок  У-ОПК-2 [1] – Уметь: формулировать цель и задачу исследования, разработки; намечать пути решения поставленной задачи; представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности  В-ОПК-2 [1] – Владеть: методами и навыками оптических и лазерных исследований |

Профессиональные компетенции в соотвествии 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** |
| проектно-конструкторский |  |  |  |
| проведение фундаментальных научно-исследовательских работ с использованием гибридных лазерных систем фотоники (под гибридными лазерными системами понимаются устройства объединяющие в себе несколько подходов к формированию лазерного излучения, такие как связка полупроводникового лазера и системы волоконных и твердотельных усилителей, что позволяет использовать преимущества каждого блока системы); разработка новых методов в области лазерных технологий и создание приборов и систем на их основе | полупроводниковые, волоконные, твердотельные лазеры и усилители, и другие лазерные приборы, системы и технологии различного назначения; элементная база, системы, материалы, методы и технологии, обеспечивающие оптическую передачу, прием, обработку, запись и хранение информации; процессы генерации, усиления, модуляции, распространения и детектирования лазерного излучения; | ПК-3 [1] - способен разрабатывать функциональные и структурные схемы приборов и систем лазерной техники с определением их физических принципов действия, структурно-логических связей и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы  *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-3[1] - Знать: физические принципы действия приборов и систем лазерной техники, ; У-ПК-3[1] - Уметь: проводить сравнительный анализ изделий-аналогов; формулировать технические требования на отдельные блоки, узлы и элементы приборов и систем лазерной техники; разрабатывать и исследовать новые способы и принципы функционирования приборов и систем лазерной техники ; В-ПК-3[1] - Владеть: методами анализа и расчета ожидаемых параметров разрабатываемых приборов и систем лазерной техники. |

4. 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** |
|  | *2 Семестр* |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Первый раздел | 1-8 | 4/12/0 |  | 25 | Т-8 | З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2 |
| 2 | Второй раздел | 9-15 | 3/11/0 |  | 25 | Т-15 | З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3 |
|  | *Итого за 2 Семестр* |  | 7/23/0 |  | 50 |  |  |
|  | **Контрольные мероприятия за 2 Семестр** |  |  |  | 50 | Э | З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3 |

\* – 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** |
| Т | Тестирование |
| Э | Экзамен |

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** | **Лек., час.** | **Пр./сем., час.** | **Лаб., час.** |
|  | *2 Семестр* | 7 | 23 | 0 |
| **1-8** | **Первый раздел** | 4 | 12 | 0 |
| 1 | **Тема 1** Основные уравнения волновой оптики. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Частотная дисперсия. Соотношения Крамерса-Кронига. Волновое уравнение | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 1 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 2 - 3 | **Тема 2** Плоские волны в однородных средах. Плоские волны в изотропной среде. Поляризация волн. Отражение и преломление плоских волн на плоской границе раздела изотропных сред Закон Снеллиуса. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение. Угол Брюстера. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 0 | 4 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 4 | **Тема 3** Плоские волны в анизотропной среде. Уравнение Френеля. Линейная поляризованность и ортогональность плоских волн. Оптические оси анизотропной среды. Преломление плоских волн на границе раздела изотропной и анизотропной сред | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 1 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 5 - 6 | **Тема 4** Симметричные планарные световоды. Планарный световод со ступенчатым профилем. Числовая апертура световода. Вытекающие моды. Фазовая и групповая скорости мод. Планарные световоды с градиентными профилями. Световод с параболическим профилем показателя преломления. Связь лучевых и модовых представлений | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 3 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 7 | **Тема 5** Трехслойный несимметричный световод. Связанные планарные световоды. Интерференция четной и нечетной мод в световоде из двух разделенных слоев. Уравнения связанных мод. Направленный ответвитель. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 0 | 2 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 8 | **Тема 6** Волновая теория волоконного световода со ступенчатым профилем показателя преломления. Характеристическое уравнение для волновых чисел мод. Градиентный многомодовый волоконный световод. Лучевая оптика градиентных волоконных световодов. Оптимальные профили | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 1 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| **9-15** | **Второй раздел** | 3 | 11 | 0 |
| 9 | **Тема 7** Специфика нелинейно-оптических явлений в волоконных световодах. Основы электродинамики нелинейных процессов в световодах. Линейные эффекты, влияющие на развитие нелинейных процессов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 0 | 2 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 10 | **Тема 8** Физические причины оптических нелинейностей материала световода. Электрострикционный механизм образования нелинейного показателя преломления и нелинейной поляризации, ответственной за вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюена | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 1 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 11 - 12 | **Тема 9** Четырехфотонные параметрические процессы в световодах. Фазовое согласование взаимодействующих волн, волновая расстройка. Соотношения Мэнли-Роу. Четырехфотонное параметрическое смешение частот, коэффициенты преобразования, условия эффективного преобразования. Четырехфотонные параметрические световодные усилители световых сигналов, их коэффициент усиления и ширина полосы | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 3 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 13 | **Тема 10** Вынужденное комбинационное рассеяние. Возникновение и усиление излучения стоксовой частоты в присутствии накачки в световоде с потерями. Порог наблюдения вынужденного комбинационного рассеяния. Комбинационные усилители: порог усиления, коэффициент усиления, ширина полосы усиления, соотношение сигнал/шум | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 1 | 1 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 14 | **Тема 11** Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюена. Преобразование накачки в стоксово излучение в световоде с потерями. Порог наблюдения вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюена Усилители на его основе: коэффициент усиления, спектр усиления, соотношение сигнал/шум | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 0 | 2 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
| 0 | 0 | 0 |
| 15 | **Тема 12** Фазовая самомодуляция и спектральное уширение импульсов. Совместное влияние на импульсы нелинейности и дисперсии групповой скорости, нелинейное самосжатие (саморастяжение) световых импульсов в световоде. Волоконно-решеточные и солитонные компрессоры световых импульсов. Сопоставление порогов нелинейных эффектов в волоконных световодах | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 0 | 2 | 0 |
| Онлайн | Онлайн | 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 |

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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 физики волоконно-оптических линий связи, предусмотрено широкое использование современных научных работ и публикаций по данной теме, посещение лабораторий НИЯУ МИФИ. Рекомендуется посещение студентами научных семинаров и конференций, в том числе, проводимых в НИЯУ МИФИ, а также в других московских университетах и институтах.

6. 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)** |
| ОПК-2 | З-ОПК-2 | Э, Т-8 |
| ОПК-2 | У-ОПК-2 | Э, Т-8 |
| ОПК-2 | В-ОПК-2 | Э, Т-8 |
| ПК-3 | З-ПК-3 | Э, Т-15 |
| ПК-3 | У-ПК-3 | Э, Т-15 |
| ПК-3 | В-ПК-3 | Э, Т-15 |

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 535 С16 Оптика и фотоника. Принципы и применения Т.1 , Долгопрудный: Интеллект, 2012

2. 535 С16 Оптика и фотоника. Принципы и применения Т.2 , Долгопрудный: Интеллект, 2012

3. 535 Я60 Оптика и лазеры, включая волоконную оптику и оптические волноводы : , М. Янг, М.: Мир, 2005

4. 535 К38 Оптические солитоны : от световодов к фотонным кристаллам, Ю. С. Кившарь, Г. П. Агравал, М.: Физматлит, 2005

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 681.7 А25 Нелинейная волоконная оптика : , Г. Агравал , М.: Мир, 1996

2. 004 И74 Информационная оптика : Учеб. пособие для вузов, Н. Н. Евтихиев [et al.], М.: МЭИ, 2000

3. 621.37 С53 Теория оптических волноводов : , Снайдер А.,Лав Дж.;Пер. с англ., М.: Радио и связь, 1987

4. 621.37 У58 Планарные и волоконные оптические волноводы : , Х.-Г. Унгер; Пер. с англ., М.: Мир, 1980

5. 535 Ш47 Принципы нелинейной оптики : , Шен И.Р.;Пер.с англ., М.: Наука, 1989

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

https://online.mephi.ru/

http://library.mephi.ru/

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Предполагается, что студенты знакомы с содержанием основных разделов курсов «Высшая математика», «Общая физика», «Квантовая механика», «Атомная физика», «Фотоника».

Курс посвящен изучению физических основ волновой оптики, физических принципов распространения электромагнитных волн в изотропных и анизотропных средах, физических основ распространения электромагнитного поля в волноводах различных типов.

При изучении курса «Интегральная и волоконная оптика» необходимо разобраться в следующих вопросах.

Основные уравнения волновой оптики. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Частотная дисперсия. Соотношения Крамерса-Кронига. Волновое уравнение.

Плоские волны в однородных средах. Плоские волны в изотропной среде. Поляризация волн. Отражение и преломление плоских волн на плоской границе раздела изотропных сред Закон Снеллиуса. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение. Угол Брюстера.

Плоские волны в анизотропной среде. Уравнение Френеля. Линейная поляризованность и ортогональность плоских волн. Оптические оси анизотропной среды. Преломление плоских волн на границе раздела изотропной и анизотропной сред.

Симметричные планарные световоды. Планарный световод со ступенчатым профилем. Числовая апертура световода. Вытекающие моды. Фазовая и групповая скорости мод. Планарные световоды с градиентными профилями. Световод с параболическим профилем показателя преломления. Связь лучевых и модовых представлений.

Трехслойный несимметричный световод. Связанные планарные световоды. Интерференция четной и нечетной мод в световоде из двух разделенных слоев. Уравнения связанных мод. Направленный ответвитель.

Волновая теория волоконного световода со ступенчатым профилем показателя преломления. Характеристическое уравнение для волновых чисел мод. Градиентный многомодовый волоконный световод. Лучевая оптика градиентных волоконных световодов. Оптимальные профили.

Специфика нелинейно-оптических явлений в волоконных световодах. Основы электродинамики нелинейных процессов в световодах. Линейные эффекты, влияющие на развитие нелинейных процессов.

Физические причины оптических нелинейностей материала световода. Электрострикционный механизм образования нелинейного показателя преломления и нелинейной поляризации, ответственной за вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюена.

Четырехфотонные параметрические процессы в световодах. Фазовое согласование взаимодействующих волн, волновая расстройка. Соотношения Мэнли-Роу. Четырехфотонное параметрическое смешение частот, коэффициенты преобразования, условия эффективного преобразования. Четырехфотонные параметрические световодные усилители световых сигналов, их коэффициент усиления и ширина полосы.

Вынужденное комбинационное рассеяние. Возникновение и усиление излучения стоксовой частоты в присутствии накачки в световоде с потерями. Порог наблюдения вынужденного комбинационного рассеяния. Комбинационные усилители: порог усиления, коэффициент усиления, ширина полосы усиления, соотношение сигнал/шум

Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюена. Преобразование накачки в стоксово излучение в световоде с потерями. Порог наблюдения вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюена Усилители на его основе: коэффициент усиления, спектр усиления, соотношение сигнал/шум.

Фазовая самомодуляция и спектральное уширение импульсов. Совместное влияние на импульсы нелинейности и дисперсии групповой скорости, нелинейное самосжатие (саморастяжение) световых импульсов в световоде. Волоконно-решеточные и солитонные компрессоры световых импульсов. Сопоставление порогов нелинейных эффектов в волоконных световодах.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Целью курса является ознакомление студентов с физическими основами волновой оптики, физическими принципами распространения электромагнитных волн в изотропных и анизотропных средах, физическими основами распространения электромагнитного поля в волноводах различных типов.

Необходимо дать возможность студентам разобраться в следующих вопросах.

Основные уравнения волновой оптики. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Частотная дисперсия. Соотношения Крамерса-Кронига. Волновое уравнение.

Плоские волны в однородных средах. Плоские волны в изотропной среде. Поляризация волн. Отражение и преломление плоских волн на плоской границе раздела изотропных сред Закон Снеллиуса. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение. Угол Брюстера.

Плоские волны в анизотропной среде. Уравнение Френеля. Линейная поляризованность и ортогональность плоских волн. Оптические оси анизотропной среды. Преломление плоских волн на границе раздела изотропной и анизотропной сред.

Симметричные планарные световоды. Планарный световод со ступенчатым профилем. Числовая апертура световода. Вытекающие моды. Фазовая и групповая скорости мод. Планарные световоды с градиентными профилями. Световод с параболическим профилем показателя преломления. Связь лучевых и модовых представлений.

Трехслойный несимметричный световод. Связанные планарные световоды. Интерференция четной и нечетной мод в световоде из двух разделенных слоев. Уравнения связанных мод. Направленный ответвитель.

Волновая теория волоконного световода со ступенчатым профилем показателя преломления. Характеристическое уравнение для волновых чисел мод. Градиентный многомодовый волоконный световод. Лучевая оптика градиентных волоконных световодов. Оптимальные профили.

Специфика нелинейно-оптических явлений в волоконных световодах. Основы электродинамики нелинейных процессов в световодах. Линейные эффекты, влияющие на развитие нелинейных процессов.

Физические причины оптических нелинейностей материала световода. Электрострикционный механизм образования нелинейного показателя преломления и нелинейной поляризации, ответственной за вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюена.

Четырехфотонные параметрические процессы в световодах. Фазовое согласование взаимодействующих волн, волновая расстройка. Соотношения Мэнли-Роу. Четырехфотонное параметрическое смешение частот, коэффициенты преобразования, условия эффективного преобразования. Четырехфотонные параметрические световодные усилители световых сигналов, их коэффициент усиления и ширина полосы.

Вынужденное комбинационное рассеяние. Возникновение и усиление излучения стоксовой частоты в присутствии накачки в световоде с потерями. Порог наблюдения вынужденного комбинационного рассеяния. Комбинационные усилители: порог усиления, коэффициент усиления, ширина полосы усиления, соотношение сигнал/шум

Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюена. Преобразование накачки в стоксово излучение в световоде с потерями. Порог наблюдения вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюена Усилители на его основе: коэффициент усиления, спектр усиления, соотношение сигнал/шум.

Фазовая самомодуляция и спектральное уширение импульсов. Совместное влияние на импульсы нелинейности и дисперсии групповой скорости, нелинейное самосжатие (саморастяжение) световых импульсов в световоде. Волоконно-решеточные и солитонные компрессоры световых импульсов. Сопоставление порогов нелинейных эффектов в волоконных световодах.

Курс содержит лекции и практические занятия. На практических занятиях следует разбирать сложные вопросы, вызвавшие затруднение на лекциях, а также решать громоздкие задачи, связанные с текущей темой.

Для поддержания интереса студентов к темам курса, следует постоянно делать обзоры современного состояния оптических линий, рассказывать новые работы, выполненные в институтах Российской академии наук, университетах и научных центрах, в том числе зарубежных, и статьи в соответствующих научных журналах.

Автор(ы):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Буфетов Игорь Алексеевич, д.ф.-м.н., профессор |  |

Рецензент(ы):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Евтихиев Н.Н. |  |