ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ЛАЗЕРНОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

ОДОБРЕНО

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ФИЗИКА УЛЬТРАКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Направление подготовки (специальность) | | | | | [1] 12.04.01 \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* | | | | | | |
| **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 | 15 | 30 | | 0 |  | 27 | 0 | Э |
| Итого | 3 | 108 | 15 | 30 | | 0 | 0 | 27 | 0 |  |

АННОТАЦИЯ

В курсе рассматриваются механизмы и способы генерации и усиления ультракоротких лазерных импульсов пикосекундного и фемтосекундного диапазона. Также рассмотрены методы измерения для определения их основных параметров - длительности, интеннсивности, спектрального состава и контраста. Демонстрируются и обсуждаются схемы наиболее широко используемых лазеров ультракоротких импульсов. Приводятся примеры применения пикосекундных и фемтосекундных лазеров в физике, технике, биологии и медицине.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели курса: изучение способов создания ультракоротких импульсов, методов определения основных параметров импульсов, изучения устройства лазерных систем для генерации ультракоротких импульсов. Задача курса состоит в том, чтобы познакомить студентов с возможностями современных лазерных систем, показать современные методы определения параметров импульсов, сформировать целостное представление о современном уровне лазерной техники.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина представляет собой дисциплину цикла профессиональных дисциплин, вариативной ее части. Она базируется на курсах дисциплин «Физика: электричество и магнетизм», «Физика: волны и оптика» базовой части математического и естественнонаучного цикла, «Физика: физический практикум» вариативной части математического и естественнонаучного цикла и «Теоретические основы электротехники» и "Методы и техника лазерно-физического эксперимента" базовой части профессионального цикла дисциплин.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

|  |  |
| --- | --- |
| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
| ОПК-1 [2] – Способен к профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов в своей профессиональной деятельности | З-ОПК-1 [2] – Знать физические законы, лежащие в основе устройства и работы приборов и физических установок, включающих данные приборы; правила эксплуатации физических установок; У-ОПК-1 [2] – Уметь применять физические законы для правильной эксплуатации измерительной, диагностической и другой аппаратуры при проведении физического эксперимента с использованием плазменных или лазерных технологий В-ОПК-1 [2] – Владеть основными навыками работы с научным и технологическим оборудованием, применяемым в научно-исследовательских целях; навыками обработки и интерпретации результатов, полученных с помощью измерительной и диагностической аппаратуры. |
| ОПК-1 [1] – Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики научных исследований для создания разнообразных методик, аппаратуры и технологий производства в приборостроении | З-ОПК-1 [1] – Знать: современную научную картину мира, методы поиска, анализа и представления научно-технической информации для выявления естественнонаучной сущности проблемы, формулирования задачи, определения пути их решения и оценивания эффективности выбора с учетом специфики научных исследований. У-ОПК-1 [1] – Уметь: осуществлять поиск, анализ и представление научно-технической информации для выявления естественнонаучной сущности проблемы, формулирования задачи, определения пути их решения и оценивания эффективности выбора с учетом специфики научных исследований. В-ОПК-1 [1] – Владеть: методами поиска, анализа и представления научно-технической информации для выявления естественнонаучной сущности проблемы, формулирования задачи, определения пути их решения и оценивания эффективности выбора с учетом специфики научных 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** |
| научно-исследовательский | | | |
| Проведение научных исследований в области диагностики лазерной плазмы, лазерного термоядерного синтеза, лазерной физики и применения мощных лазеров. | Научные задачи, плазма, лазеры. | ПК-1.1 [2] - Способен к решению научных задач в области диагностики лазерной плазмы, лазерного термоядерного синтеза, лазерной физики и применения мощных лазеров  *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-1.1[2] - Знать: основы диагностики лазерной плазмы, термоядерного синтеза, лазерной физики; У-ПК-1.1[2] - Уметь: решать научные задачи в области диагностики лазерной плазмы, термоядерного синтеза, лазерной физики и применения лазеров; В-ПК-1.1[2] - Владеть: навыком решения научных задач в области диагностики лазерной плазмы, термоядерного синтеза, лазерной физики и применения лазеров |
| Проведение научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области диагностики плазмы, лазерного термоядерного синтеза и лазерной физики. | Научные исследования и опытно-конструкторские разработки, лазеры. | ПК-1.2 [2] - Способен использовать знания в области мощных лазеров, физики лазерного термоядерного синтеза и оптики в своей практической деятельности.  *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-1.2[2] - Знать: физику лазерного термоядерного синтеза, лазерную физику, физику и применение мощных лазеров, оптику; У-ПК-1.2[2] - Уметь: использовать знания в области оптики, мощных лазеров и физики лазерного термоядерного синтеза в практической деятельности ; В-ПК-1.2[2] - Владеть: навыками использования знаний в области оптики, мощных лазеров и физики лазерного термоядерного синтеза в практической деятельности |
| Анализ научно-технической информации, постановка научной проблемы, обработка и обобщение полученных результатов. | Научно-техническая информация по тематике исследований, результаты исследований. | ПК-3 [2] - Способен анализировать научно-техническую информацию, научные проблемы, результаты, перспективы по тематике проводимых исследований и разработок  *Основание:* Профессиональный стандарт: 24.078 | З-ПК-3[2] - Знать специфику и современное состояние развития исследований и разработок; методы поиска, анализа научно-технической информации для выявления естественнонаучной сущности проблемы, формулирования задачи, определения пути их решения ; У-ПК-3[2] - Уметь: проводить поиск, анализ научно-технической информации для выявления естественнонаучной сущности проблемы, формулирования задачи по тематике проводимых исследований и разработок; обобщать и критически анализировать полученную информацию; проводить критический анализ своих результатов и результатов других исследователей; В-ПК-3[2] - владеть навыками поиска и анализа научно-технической информации, выявления естественнонаучной сущности проблемы, формулирования задачи по тематике проводимых исследований и разработок, обобщения и критического анализа информации. |
| Проведение научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области диагностики плазмы, лазерного термоядерного синтеза и лазерной физики. | Научные исследования и опытно-конструкторские разработки, лазеры. | ПК-4.2 [1] - Способен использовать знания в области мощных лазеров, физики лазерного термоядерного синтеза и оптики в своей практической деятельности.  *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-4.2[1] - Знать: физику лазерного термоядерного синтеза, лазерную физику, физику и применение мощных лазеров, оптику; У-ПК-4.2[1] - Уметь: использовать знания в области оптики, мощных лазеров и физики лазерного термоядерного синтеза в практической деятельности; В-ПК-4.2[1] - Владеть: навыками использования знаний в области оптики, мощных лазеров и физики лазерного термоядерного синтеза в практической деятельности |
| Разработка функциональных и структурных схем приборов и систем с определением их физических принципов действия, установление технических требований на отдельные блоки и элементы. | Приборы и системы. | ПК-5 [1] - Способен к разработке функциональных и структурных схем приборов и систем с определением их физических принципов действия, структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы  *Основание:* Профессиональный стандарт: 29.004 | З-ПК-5[1] - Знать: принципы разработки функциональных и структурных схем приборов и систем с определением их физических принципов действия, структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы ; У-ПК-5[1] - Уметь: читать функциональные и структурные схемы приборов и систем; В-ПК-5[1] - Владеть: техническими средствами для разработки функциональных и структурных схем приборов и систем |
| производственно-технологический | | | |
| Организация работ по совершенствованию и модернизации разрабатываемых систем и элементов, поддержание единого информационного пространства планирования и управления коллективом исполнителей. | Системы и элементы, коллектив исполнителей, информационное пространство. | ПК-11 [1] - Способен к организации работ по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых приборов и систем, а также их элементов  *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.010, 40.053 | З-ПК-11[1] - Знать: принципы организации работ по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых приборов и систем, а также их элементов ; У-ПК-11[1] - Уметь: разрабатывать планы по организации работ по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых приборов и систем, а также их элементов; В-ПК-11[1] - Владеть: компьютерными средствами для организации работ по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых приборов и систем, а также их элементов |
| проектно-конструкторский | | | |
| Юстировка и контроль узлов и элементов физических установок, оценка конструкторских решений, разработка соответствующих рекомендаций. | Способы и методы проектирования в области физических установок, конструкторская документация. | ПК-7 [1] - Способен к оценке технологичности конструкторских решений, разработке технологических процессов сборки (юстировки) и контроля блоков, узлов и деталей приборов  *Основание:* Профессиональный стандарт: 29.004 | З-ПК-7[1] - Знать: методы оценки технологичности конструкторских решений и методы контроля качества узлов и блоков приборов и систем ; У-ПК-7[1] - Уметь: проводить оценку технологичности конструкторских решений и разрабатывать методики контроля качества блоков, узлов и деталей приборов и систем; В-ПК-7[1] - Владеть: программными инструментами для оценки технологичности конструкторских решений и контроля качества блоков, узлов и деталей приборов и систем |
| Проведение необходимых расчетов по проектам, анализа эффективности проектируемых элементов установок и систем. | Расчеты по проектам, физические установки различных типов. | ПК-8 [1] - Способен к проведению технических расчетов по проектам, технико-экономическому и функционально-стоимостному анализу эффективности проектируемых приборов и систем, включая оценку инновационных рисков коммерциализации проектов  *Основание:* Профессиональный стандарт: 40.011 | З-ПК-8[1] - Знать: методологию технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектируемых приборов и систем, включая оценку инновационных рисков коммерциализации проектов ; У-ПК-8[1] - Уметь: проводить технико-экономический и функционально-стоимостной анализ эффективности проектируемых приборов и систем, включая оценку инновационных рисков коммерциализации проектов; В-ПК-8[1] - Владеть: компьютерными средствами и инструментами для технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектируемых приборов и систем, включая оценку инновационных рисков коммерциализации проектов |

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 | Раздел 1 | 1-8 |  | КИ-8 | 25 | КИ-8 |  |
| 2 | Раздел 2 | 9-15 |  | КИ-15 | 25 | КИ-15 |  |
|  | *Итого за 2 Семестр* |  | 15/30/0 |  | 50 |  |  |
|  | **Контрольные мероприятия за 2 Семестр** |  |  |  | 50 |  |  |

\* – 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 |
| Э | Экзамен |

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** | **Лек., час.** | **Пр./сем., час.** | **Лаб., час.** |
|  | *2 Семестр* | 15 | 30 | 0 |
| **1-8** | **Раздел 1** | 8 | 8 |  |
| 1 - 2 | **Введение: исторический экскурс.** Основные понятия физики лазеров. Различные типы лазеров УКИ. Основоположники лазерной эры. Принцип генерации лазерного излучения. Принципы генерации УКИ. Активная и пассивная синхронизация мод. Активные среды различных типов лазеров и источники накачки. Насыщающиеся оптические среды. | Всего аудиторных часов | | |
| 2 | 2 |  |
| Онлайн | | |
|  |  |  |
| 3 - 4 | **Методы измерения УКИ** Длительность и спектр УКИ. Пространственно-временная когерентность УКИ. Автокорреляционные методы измерения УКИ. Методы измерения УКИ с помощью электронно-оптических камер. | Всего аудиторных часов | | |
| 2 | 2 |  |
| Онлайн | | |
|  |  |  |
| 5 - 6 | **Пикосекундные УКИ** Пикосекундные УКИ и основные типы лазеры для их генерации. Активные синхронизаторы мод на основе электрооптических и акустооптических модуляторов. Пассивные синхронизаторы мод на основе красителей, допированных полимеров и твердотельных матриц. | Всего аудиторных часов | | |
| 2 | 2 |  |
| Онлайн | | |
|  |  |  |
| 7 - 8 | **Фемтосекундные УКИ** Фемтосекундные УКИ и основные типы лазеры для их генерации. Керровская линза. Фемтосекундный лазер на титан-сапфире с керровской линзой. Гетероструктуры (SESAM), нанотрубки, графен как эффективные синхронизаторы мод. Стандарты времени на основе фемтосекундных лазеров. | Всего аудиторных часов | | |
| 2 | 2 |  |
| Онлайн | | |
|  |  |  |
| **9-15** | **Раздел 2** | 7 | 7 |  |
| 9 - 10 | **Методы усиления УКИ** прочность оптических материалов. Методы усиления пикосекундных импульсов. Тераваттные системы генерации пикосекундных импульсов. Методы усиления фемтосекундных импульсов. Чирпирование фемтосекундных импульсов. Растяжители импульсов на основе их чирпирования в оптических призменных системах и системах на основе дифракционных решеток. Методы временного сжатия усиленных чирпированных импульсов. Параметрическое усиление УКИ. Петаваттные системы генерации фемтосекундных импульсов. | Всего аудиторных часов | | |
| 2 | 2 |  |
| Онлайн | | |
|  |  |  |
| 11 - 12 | **Волоконные лазеры УКИ** Введите здесь подробное описание пунктОсобенности генерации и распространения УКИ в волоконных лазерах и усилителях.. Солитоны. УКИ и информационные каналы передачи данных. Оптоволоконные приборы и устройства. | Всего аудиторных часов | | |
| 2 | 2 |  |
| Онлайн | | |
|  |  |  |
| 13 - 14 | **Применение лазеров УКИ в фундаментальных и прикладных исследованиях.** Промышленное использование пикосекундных и фемтосекундных лазеров. Прецизионная обработка материалов. Быстрое зажигание термоядерной мишени. Фемтосекундные лазеры в биологии и медицине. Лазерный пинцет. Лазерная офтальмология. Оптическая когерентная томография. | Всего аудиторных часов | | |
| 2 | 2 |  |
| Онлайн | | |
|  |  |  |
| 15 | **Лазеры будущего: от фемтосекунд к аттосекундам.** Принципы генерации импульсов длительностью короче фемтосекунды. Исследования динамических молекулярных и атомных процессов в реальном времени. Принципы генерации импульсов с зетаваттной пиковой мощностью. Швингеровский предел. Ионизация вакуума и рождение электрон-позитронных пар | Всего аудиторных часов | | |
| 1 | 1 |  |
| Онлайн | | |
|  |  |  |

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** |
|  | *2 Семестр* |
| 1 - 2 | **Введение в физику лазеров ультракоротких импульсов.** Основные понятия физики лазеров. Различные типы лазеров УКИ. Основоположники лазерной эры. Принцип генерации лазерного излучения. Принципы генерации УКИ. Активная и пассивная синхронизация мод. |
| 3 - 4 | **Способы измерения УКИ.** Пространственно-временная когерентность УКИ. Автокорреляционные методы измерения УКИ. Методы измерения УКИ с помощью электронно-оптических камер. |
| 5 | **Ультракороткие импульсы пикосекундной длительности.** Пикосекундные УКИ и основные типы лазеры для их генерации. Активные синхронизаторы мод на основе электрооптических и акустооптических модуляторов. Пассивные синхронизаторы мод на основе красителей и твердотельных матриц. |
| 6 | **Фемтосекундные УКИ.** Фемтосекундные УКИ и основные типы лазеры для их генерации. Керровская линза. Фемтосекундный лазер на титан-сапфире с керровской линзой. Гетероструктуры (SESAM), нанотрубки, графен как эффективные синхронизаторы мод. |
| 7 - 8 | **Способы усиления пикосекундных и фемтосекундных импульсов.** Методы усиления пикосекундных импульсов. Тераваттные системы генерации пикосекундных импульсов. Методы усиления фемтосекундных импульсов. Чирпирование фемтосекундных импульсов. Растяжители импульсов на основе их чирпирования в оптических призменных системах и системах на основе дифракционных решеток. |
| 9 | **Использование УКИ в волоконных лазерах.** Солитоны. УКИ и информационные каналы передачи данных. Оптоволоконные приборы и устройства. |
| 10 - 11 | **Использование лазеров УКИ в промышленности.** Прецизионная обработка материалов. Быстрое зажигание термоядерной мишени. Фемтосекундные лазеры в биологии и медицине. Лазерный пинцет. Лазерная офтальмология. Оптическая когерентная томография. |
| 12 | **Принципы генерации импульсов длительностью короче фемтосекунды.** Исследования динамических молекулярных и атомных процессов в реальном времени. Принципы генерации импульсов с зетаваттной пиковой мощностью. Швингеровский предел. Ионизация вакуума и рождение электрон-позитронных пар. |

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины предусматривается использование в учебном процессе различных образовательных технологий с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов. Аудиторные занятия (30 часов) предполагают применение на лекциях технических средств обучения (проектора-оверхеда, ПК и компьютерного проектора). Внеаудиторная работа в рамках самостоятельной работы студентов (18 часов) подразумевает работу над рефератом (обзором), встречи и консультации с преподавателями, экскурсии в учебно-исследовательские лаборатории.

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** |
| ОПК-1 | З-ОПК-1 |
| У-ОПК-1 |
| В-ОПК-1 |
| ПК-1.1 | З-ПК-1.1 |
| У-ПК-1.1 |
| В-ПК-1.1 |
| ПК-1.2 | З-ПК-1.2 |
| У-ПК-1.2 |
| В-ПК-1.2 |
| ПК-3 | З-ПК-3 |
| У-ПК-3 |
| В-ПК-3 |
| ПК-5 | З-ПК-5 |
| У-ПК-5 |
| В-ПК-5 |
| ПК-7 | З-ПК-7 |
| У-ПК-7 |
| В-ПК-7 |
| ПК-8 | З-ПК-8 |
| У-ПК-8 |
| В-ПК-8 |
| ОПК-1 | З-ОПК-1 |
| У-ОПК-1 |
| В-ОПК-1 |
| ПК-11 | З-ПК-11 |
| У-ПК-11 |
| В-ПК-11 |
| ПК-3 | З-ПК-3 |
| У-ПК-3 |
| В-ПК-3 |
| ПК-4.2 | З-ПК-4.2 |
| У-ПК-4.2 |
| В-ПК-4.2 |
| ПК-5 | З-ПК-5 |
| У-ПК-5 |
| В-ПК-5 |
| ПК-7 | З-ПК-7 |
| У-ПК-7 |
| В-ПК-7 |
| ПК-8 | З-ПК-8 |
| У-ПК-8 |
| В-ПК-8 |

**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:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Сумма баллов | Оценка по 4-ех балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины |
| 90-100 | 5 – *«отлично»* | А | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы. |
| 85-89 | 4 – «*хорошо*» | В | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос. |
| 75-84 | С |
| 70-74 | D |
| 65-69 | 3 – «*удовлетворительно*» | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала. |
| 60-64 | Е |
| Ниже 60 | 2 – «*неудовлетворительно*» | F | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |

Оценочные средства приведены в Приложении.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ U43 Ultrashort Pulse Laser Technology : Laser Sources and Applications, Cham: Springer International Publishing, 2016

2. ЭИ Б 82 Лазеры: устройство и действие : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2017

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.37 К85 Лазеры ультракоротких импульсов и их применения : учебное пособие, Долгопрудный: Интеллект, 2012

2. 621.37 М47 Быстродействующая импульсная электроника : , Е. А. Мелешко, Москва: Физматлит, 2007

3. 537 З-43 Принципы лазеров : , О. Звелто, Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2008

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

Автор(ы):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Гарнов Сергей Владимирович, д.ф.-м.н., профессор |  |