

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет инновационных технологий

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

 С.В. Шидловский
" 29 " 08 2020 г.

Рабочая программа дисциплины

Физико-технические основы лазерных систем

Направление подготовки

27.03.05 Инноватика

Направленность (профиль) подготовки:

«Управление инновациями в наукоёмких технологиях»

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Программу составил(и)

Солдатов Анатоли Николаевич,
профессор кафедры управления инновациями
факультета инновационных технологий,
доктор физико-математических наук



ПОДПИСЬ

Рецензент (ы)

Юдин Николай Александрович,
профессор кафедры управления инновациями
факультета инновационных технологий,
доктор технических наук



ПОДПИСЬ

Руководитель ООП

Вусович Ольга Владимировна,
доцент кафедры управления инновациями
факультета инновационных технологий,
кандидат химических наук



ПОДПИСЬ

Преподаватели: *Солдатов Анатоли Николаевич,* профессор кафедры управления инновациями факультета инновационных технологий, доктор физико-математических наук

Рабочая программа дисциплины является обязательным приложением к основной образовательной программе «Управление инновациями в наукоёмких технологиях» и разработана в соответствии с *Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 27.03.05 Инноватика* (Приказ Министерства образования и науки РФ от 11 августа 2016 г. N 1006).

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии факультета инновационных технологий (УМК ФИТ ТГУ) № 12 от 27.06.2019 года.

1. Код и наименование дисциплины

Б1.В.07 Физико-технические основы лазерных систем

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Физико-технические основы лазерных систем» входит в Блок 1. Дисциплины (модули). Вариативная часть учебного плана ООП «Управление инновациями в наукоёмких технологиях» по направлению подготовки 27.03.05 Инноватика и является обязательной для изучения.

3. Год/годы и семестр/семестры обучения.

3 курс, 5 семестр.

4. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия (если есть).

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у учащихся в результате освоения дисциплин «Физика», «Математика».

Формируемые в процессе изучения дисциплины компетенции являются основой для изучения дисциплин: *практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности, защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.*

5. Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

| Вид учебной работы | Трудоемкость в академических часах (5 семестр) |
|---|--|
| Общая трудоемкость | 216 |
| Контактная работа: | 107,5 |
| Лекции (Л): | 34 |
| Практические занятия (ПЗ) | 32 |
| Лабораторные работы (Лаб) | 34 |
| Иная контактная работа во время теоретического обучения (Крто): Групповые и (или) индивидуальные консультации Зачет | 5 |
| Иная контактная работа во время экзаменационной сессии (Кратт): Групповая консультация перед экзаменом Экзамен | 2,3 2 |
| Самостоятельная работа обучающегося | 75 |
| Подготовка к экзамену (контроль) | 33,7 |
| Вид промежуточно аттестации | экзамен |

6. Формат обучения

Очный, с применением электронного обучения в системе «Электронный университет – MOODLE» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=835>

7. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
(Соответствующая карта компетенций во вложенном файле).

| Формируемые компетенции (код компетенции, уровень (этап) освоения) | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|--|---|
| ПК-9 , II уровень (способность использовать когнитивный подход и воспринимать (обобщать) научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования) | Знать: - основные понятия и определения физики лазеров; - свойства лазерного излучения; - конструкции и параметры излучения лазеров; - правила по технике безопасности при работе с лазерами Уметь: - провести сравнительную оценку различных вариантов использования лазерных источников под конкретные цели и задачи инновационного проекта; - спланировать и провести необходимый эксперимент; - использовать компьютер для обработки экспериментальных данных; - готовить научно-технические отчеты по результатам выполненной работы; Владеть: - методами контроля и измерения лазерных характеристик; - навыками работы с современной измерительной техникой и сопутствующими программными продуктами. |

8. Содержание дисциплины и структура учебных видов деятельности

8.1. Общая структура дисциплины учебных видов деятельности

| № п/п | Наименование разделов и (или) тем | Всего (час.) | Л (час) | ПЗ (час) | Лаб (час) | СРС (час.) |
|-------|--|--------------|---------|----------|-----------|------------|
| 1. | Основные понятия и теория оптических квантовых генераторов | 34 | 8 | 8 | 0 | 18 |
| 2. | Компоненты лазеров и вспомогательные устройства | 23 | 4 | 4 | 0 | 15 |

| | | | | | | |
|----|---|-------------|----|----|----|-------------|
| 3. | Классификация. Различные типы лазеров | 102 | 20 | 18 | 32 | 32 |
| 4. | Перспективы и тенденции развития лазерной отрасли в России и за рубежом | 16 | 2 | 4 | 0 | 10 |
| | Групповые и (или) индивидуальные консультации во время теоретического обучения | 5 | | | | |
| | Подготовка к экзамену | 33,7 | | | | 33,7 |
| | Контактная работа во время экзаменационной сессии | 2,3 | | | | |
| | Итого в 5 семестре: | 216 | | | | |

8.2. Содержание дисциплины

| № | Раздел дисциплины | Содержание раздела дисциплины |
|---|--|---|
| 1 | Основные понятия и теория оптических квантовых генераторов | Основные понятия физики лазеров и квантовой электроники. Историческая справка. Развитие физики лазеров в Томском госуниверситете и в г. Томске. Спонтанное и вынужденное излучение, поглощение. Принцип работы лазера. Схемы накачки. Спектр электромагнитных волн. Длина волны и частота лазерного излучения. Единицы измерения. Общая теория оптического квантового усилителя и генератора. Двух- и трехуровневые лазеры. Четырехуровневый лазер. Вероятности переходов, формирование инверсии населенностей в лазерах. Свойства лазерных пучков: Поляризация, Ширина линии, Резонатор, Угол расходимости пучка, Временные характеристики выходного лазерного излучения, Фокусировка лазерного излучения. Оптические резонаторы. Свойства лазерных пучков. M2-фактор. |
| 2 | Компоненты лазеров и вспомогательные устройства | Компоненты лазеров и вспомогательные устройства: Зеркала, Поляризаторы, Материалы для стекол, Модуляторы, Модуляторы добротности, Нелинейные оптические элементы, Приемники излучения. Параметры лазерного излучения: средняя мощность генерации, энергия в импульсе, импульсная мощность, удельные характеристики генерации, КПД лазера (общий КПД, квантовый КПД, физический КПД). |
| 3 | Классификация. Различные типы лазеров | Техника безопасности при работе с лазерами и лазерным излучением. Классификация лазеров. Газовые лазеры. Лазеры на нейтральных атомах: He-Ne лазеры. Лазеры на парах металлов: Структура исследований, Техника эксперимента, Повышение предельных характеристик ЛПМ, Способы высокоскоростного управления выходными характеристиками ЛПМ, Лазер на парах бария, Лазер на парах кальция, Лазер на парах стронция, Многоцветные ЛПМ. Ионные лазеры: Аргоновый лазер, He-Cd-лазер. Лазеры на ионах Ba, Ca, Sr. Молекулярные газовые лазеры: CO ₂ -лазер, СО-лазер. Азотный лазер. |

| | | |
|---|---|--|
| | | Эксимерный лазер. Лазер на алюмоиттриевом гранате с неодимом. Излучатели твердотельных лазеров. Волоконные лазеры. Диодные лазеры. Лазеры на красителях. |
| 4 | Перспективы и тенденции развития лазерной отрасли в России и за рубежом | Пико- и фемтосекундные лазеры. Уникальные лазерные установки. Рынок лазеров в России и зарубежом. |

9. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Учебно-методическое обеспечение по дисциплине включает:

- комплект презентаций;
- конспекты лекций, написанные обучающимся;
- учебную (основную и дополнительную) литературу;
- комплект оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся;
- критерии оценки знаний, умений, навыков, практического опыта по всем видам контроля знаний у обучающихся.

9.1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Программа дисциплины предусматривает контактную работу (аудиторная, внеаудиторная) и самостоятельную работу обучающихся.

Аудиторная контактная работа обучающихся – это работа обучающихся по освоению дисциплины, выполняемая в учебных помещениях НИ ТГУ (аудиториях, лабораториях, компьютерных классах и т.п.) при непосредственном участии преподавателя, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий, согласно расписанию учебных занятий и экзаменационной сессии.

По дисциплине предусмотрены следующие основные виды аудиторной контактной работы: лекции, практические занятия. К аудиторной контактной работе также относится контактная работа во время аттестации (Кратт), в которую входит консультация перед экзаменом, сдача экзамена.

Внеаудиторная контактная работа - контактная работа в период теоретического обучения (Крто), в которую входят групповые и/или индивидуальные консультации обучающихся во время теоретического обучения, сдача зачета.

Изучать курс рекомендуется в соответствии с той последовательностью, которая обозначена в рабочей программе. Все темы взаимосвязаны и позволяют студентам постепенно осваивать теорию и практику.

Лекции

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана. На лекциях излагается основной теоретический материал курса. На первой лекции лектор предупреждает студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс. Лекции проходят в очном формате с применением ДОТ посредством технологии организации онлайн-встреч

(вебинаров) и совместной работы в режиме реального времени через Интернет в ЭУ «Moodle».

Практические занятия

Практические занятия предусматривают закрепление основных теоретических вопросов данной дисциплины и формирование умений и навыков, необходимых для анализа и интерпретации различного рода информации. Задания подобраны так, чтобы охватить как можно больше вопросов, что способствует более глубокому усвоению пройденного материала. Особое внимание уделяется практической направленности предлагаемых задач, развитию и совершенствованию способностей представлять результаты своей работы, логически аргументированно обосновывать свою позицию.

Решение практических задач сводится к следующей последовательности выполнения действий: полное и четкое выяснение условия; уточнение знаний и практического опыта, на основе которых может быть решена задача; составление плана решения.

Примерная схема решения задачи:

- а) что дано (сущность анализируемого действия, процесса, явления);
- б) что известно и в какой степени известное может помочь решению поставленной задачи;
- в) гипотезы решения;
- г) методы решения;
- д) способы предупреждения ошибок;
- е) выводы и предложения.

Самостоятельная работа

Учебный процесс в высшем учебном заведении в значительной степени строится на самостоятельной работе студентов, без которой трудно в полной мере овладеть сложным программным материалом и научиться в дальнейшем постоянно совершенствовать приобретенные знания и умения.

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС) и материально-технических ресурсов НИ ТГУ. ЭИОС университета для выполнения

самостоятельной работы студента включает: электронный университет «MOODLE», сайт научной библиотеки ТГУ.

Выполнение самостоятельной работы студентом усиливает мотивацию к аудиторной и внеаудиторной активности, что обеспечивает необходимый уровень знаний по изучаемой дисциплине и позволяет повысить готовность студентов к аттестации по дисциплине.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию в часы аудиторной работы. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия и предполагает:

- изучение лекций и качественную подготовку ко всем видам учебных занятий;
- изучение основной и дополнительной литературы по предмету, использование ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет;
- подготовку отчетов по лабораторным работам;
- подготовку к текущему контролю и промежуточной аттестации.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов проходит в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просмотреть основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнить задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- выполнить индивидуальные задания по указанию преподавателя.

Правила самостоятельной работы с литературой: при работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил. Правильный подбор литературы рекомендуется преподавателем и приводится в п.11.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая в тетради все выкладки и тезисы (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода). Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект. Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые понятия и положения. Такой лист помогает запомнить основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Различают два вида чтения: первичное и вторичное. Первичное - это внимательное, неторопливое чтение, при котором можно остановиться на трудных местах. После него не должно остаться ни одного непонятого слова. Содержание не всегда может быть понятно после первичного чтения. Задача вторичного чтения - полное усвоение смысла прочитанного в целом (по счету это чтение может быть и не вторым, а третьим или четвертым). Самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования у себя теоретических знаний и практических навыков.

Если во время выполнения обучающимися внеаудиторной самостоятельной работы у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю за консультацией для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. Групповые и(или) индивидуальные консультации проводятся по расписанию. Расписание консультаций можно уточнить у преподавателя либо на кафедре, а также в электронном курсе в «Moodle».

В процессе изучения дисциплины предусмотрены несколько форм контроля. Оценка знаний, умений и навыков деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций по дисциплине, проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Итоговая оценка по дисциплине определяется по формуле:

$$O_{\text{итоговая}} = 0,5 * O_{\text{накопленная}} + 0,5 * O_{\text{итогового контроля}},$$

где $O_{\text{накопленная}}$ – средняя арифметическая оценка, состоящая из оценок, накопленных за прохождение текущего контроля и выполнение самостоятельной работы;

$O_{\text{итогового контроля}}$ – оценка итогового контроля. Проставляется за прохождение контрольного испытания (сдача **экзамена**) в устной форме по билетам, которые содержат два теоретических вопроса.

Оценка ставится по пятибалльной шкале. Округление оценки производится в пользу студента.

Методические рекомендации по выполнению всех форм текущего контроля представлены в Фонде оценочных средств.

При подготовке к зачёту и экзамену вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. Владеть навыками, полученными на практических занятиях.

10. Форма промежуточной аттестации и фонд оценочных средств

Форма промежуточной аттестации: зачёт, экзамен.

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений создан фонд оценочных средств по дисциплине, включающий оценочные и методические материалы, позволяющие оценивать знания, умения, навыки и уровень приобретенных компетенций.

Типовые контрольные задания, используемые для оценки результатов обучения и характеризующие этапы формирования соответствующих компетенций, представлены в фонде оценочных средств.

Карты компетенций и критерии оценивания представлены в Фонде оценочных средств.

11. Ресурсное обеспечение

11.1 Литература и учебно-методическое обеспечение

1. Л.В. Тарасов, Четырнадцать лекций о лазерах / Издательство: ЛИБРОКОМ, 2011. – 174 с.

2. О. Звелто, Принципы лазеров / Пер. под науч. Ред. Т.А. Шмаонова. 4-ое изд. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. – 720 с.

3. Айхлер Ю., Айхлер Г.-И. Лазеры. Исполнение, управление, применение / Серия: МИР физики и техники // М.: Техносфера, 2008. — 442 с.

Дополнительная литература:

1. Н.В. Карлов. Лекции по квантовой электронике. М., Наука, 1988.

2. А.Н. Солдатов, Е.Л. Латуш, Г.Д. Чеботарев, Н.А. Юдин, А.В. Васильева, Ю.П. Полуниин, О.О. Пруцаков, Импульсно-периодические лазеры на парах стронция и кальция/под ред. А.Н. Солдатова, Е.Л. Латуша. – Томск: ТМЛ-Пресс, 2012. - 520 с.

3. В.А. Малышев, Основы квантовой электроники и лазерной техники / Издательство: Высшая школа, 2005. - 543 с.

4. В.П. Вейко, М.Н. Либенсон, Г.Т. Червяков, Е.Б. Яковлев, Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика/Под ред. В.И. Конова. – М.: Физматлит. 2008. – 312 с.

11.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, в т.ч. информационные справочные системы

1. Борейшо, А.С. Лазеры: устройство и действие. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / А.С. Борейшо, С.В. Ивакин. — Электрон.дан. — СПб. : Лань, 2016. — 304 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72972> — Загл. с экрана.

2. Земский, В.И. Физика и техника импульсных лазеров на красителях. [Электронный ресурс] : Монографии / В.И. Земский, Ю.Л. Колесников, И.К. Мешковский. — Электрон.дан. — СПб. : НИУ ИТМО, 2005. — 176 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/43763> — Загл. с экрана.

3. Голубенко, Ю.В. Волоконные технологические лазеры. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / Ю.В. Голубенко, А.В. Богданов, Ю.В. Иванов. — Электрон.дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 50 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/52342> — Загл. с экрана.

4. Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru

5. Международная база данных Scopus по разделу физика столкновений и элементарные процессы <http://www.scopus.com/home.url>

11.3 Описание материально-технической базы

Образовательный процесс по дисциплине обеспечивается в специальных помещениях:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий всех видов; групповых и индивидуальных консультаций; проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;

- помещения для самостоятельной работы.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью (рабочее место преподавателя, комплекты учебной мебели для обучающихся, маркерная доска и (или) доска флипчарт), оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Оборудование и технические средства обучения

Для проведения лекций, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации необходима аудитория, оснащенная оборудованием и техническими средствами обучения: компьютер преподавателя или ноутбук с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НИ ТГУ, мультимедиа-проектор, широкоформатный экран (телевизор), акустическая система (для отображения презентаций).

Для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации необходима аудитория, оснащенная оборудованием и техническими средствами обучения: компьютер преподавателя (ноутбук), персональные студенческие компьютеры с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НИ ТГУ, мультимедиа-проектор, широкоформатный экран (телевизор), акустическая система (для отображения презентаций).

Для проведения лабораторных работ необходима аудитория, оснащенная оборудованием и техническими средствами обучения: компьютер преподавателя (ноутбук), персональные компьютеры для обучающихся с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НИ ТГУ, мультимедиа-проектор, широкоформатный экран, акустическая система, специализированное оборудование (**ОБЯЗАТЕЛЬНО**). Перечень лабораторного оборудования можно взять у заведующих лабораториями.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечивающие доступ к электронной образовательной среде НИ ТГУ.

Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Для проведения лекционных и практических занятий необходимо лицензионное обеспечение: ОС Windows 10 Pro, Microsoft Office стандартный 2010, Dr. Web Desktop Security Suite, браузер последней версии.

Для проведения практических занятий, лабораторных работ необходимо лицензионное программное обеспечение: ОС Windows 10 Pro, Microsoft Office стандартный 2010, Dr. Web Desktop Security Suite, браузер последней версии.

12. Язык преподавания – русский.