

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Материаловедения, сварочных и аддитивных технологий»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №5 от 21 января 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

Направление: 15.04.01 Машиностроение

Цифровые, аддитивные технологии в сварочном производстве

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Николаева Елена
Павловна
Дата подписания: 17.06.2025

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Балановский Андрей
Евгеньевич
Дата подписания: 18.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Физические основы лазерных технологий» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-2 Способность организовать сбор, изучение научно-технической информации по теме исследований и разработок; осуществлять теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений; проведение исследований и разработок	ПК-2.8

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-2.8	Выполняет сбор, изучение научно-технической информации по использованию лазерных технологий в аддитивном производстве	Знать принцип взаимодействия лазерного излучения с металлами, полупроводниками, диэлектриками. Уметь выбрать и составить схему лазерной установки. Владеть навыками выбора оптимального типа технологического лазера для осуществления конкретного технологического процесса

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Физические основы лазерных технологий» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Современные способы сварки»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: преддипломная практика», «Прочность сварных конструкций»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 2 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины	72	72
Аудиторные занятия, в том числе:	24	24
лекции	12	12
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	12	12
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	48	48

Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение в лазерные технологии	1	2			1	2	1, 2, 3, 4	8	Устный опрос
2	Оптические свойства металлов	2	2			2	2	1, 2, 3, 4	8	Устный опрос
3	Физические свойства лазерной плазмы	3	2			3	2	1, 2, 3, 4	8	Устный опрос
4	Лазерные технологические установки	4	2			4	2	1, 2, 3, 4	8	Устный опрос
5	Лазерная технология полупроводников	5	2			5	2	1, 2, 3, 4	8	Устный опрос
6	Лазерная химия	6	2			6	2	1, 2, 3, 4	8	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		12				12		48	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение в лазерные технологии	Возможности лазерного излучения, как уникального инструмента, позволяющего выполнять широчайший спектр техно-логических операций в различных областях промышленности, начиная от микро- и нано- электроники и заканчивая резкой и сваркой больших деталей в судостроении, авиастроении и космических технологиях. Понятие критических плотностей мощности. Классификация лазерных технологических процессов. Взаимодействие мощного лазерного излучения с веществом. Механизмы поглощения лазерного излучения полупроводниками и диэлектриками.

2	Оптические свойства металлов	Описание оптических свойства металлов в параметрах комплексного показателя преломления. Пространственно-временные характеристики лазерного излучения как источника тепла. Различные типы лазерных импульсов. Процессы нагрева материалов при воздействии лазерного излучения. Нелинейные случаи нагрева материала лазерным излучением.
3	Физические свойства лазерной плазмы	Процессы, возникающие при превышении порога плазмообразования. Характеристики и свойства лазерной плазмы. Методы измерения температуры лазерной плазмы. Возможности использования лазерной плазмы в качестве источника рентгеновского излучения. Методы исследования взаимодействия мощного лазерного излучения с веществом.
4	Лазерные технологические установки	Основные элементы современной лазерной технологической установки. Принципы фокусировки мощного лазерного излучения. Правила оптимальной компоновки оптических энергетических систем. Оптические материалы, прозрачные в области излучения СО ₂ -лазеров. Схемы построения зеркальных фокусирующих систем, параметры лазерных зеркал.
5	Лазерная технология полупроводников	Технологические операции в микроэлектронике, осуществляемые с использованием лазерного излучения
6	Лазерная химия	Монохроматичность лазерного излучения как основа лазер-ной химии: лазерное разделение изотопов, лазерный синтез новых материалов и лазерное получение особо чистых веществ. Возможности использования лазерного разделения изотопов для материалов атомной промышленности.

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 3

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	ПР-1	2
2	ПР-2	2
3	ПР-3	2
4	ПР-4	2
5	ПР-5	2
6	ПР-6	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	12
2	Подготовка к зачёту	6
3	Подготовка к практическим занятиям	6
4	Проработка разделов теоретического материала	24

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: В ходе проведения аудиторных занятий используются интерактивные методы обучения: работа в малых группах, исследовательский метод.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Практические работы составляют важную часть теоретической и практической профессиональной подготовки по дисциплине, направлены на развитие исследовательских умений – наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, правильно оформлять результаты.

Цель практических работ: экспериментальное подтверждение и проверка существующих теоретических положений (физических законов, зависимостей); получение конкретных практических навыков обращения с современным оборудованием и аппаратурой, определенных рабочей программой дисциплины. За время, отведенное на подготовку к практическим работам, обучающийся должен предварительно изучить теоретический материал по литературе из основного и дополнительного списка рабочей программы дисциплины; ознакомиться с порядком выполнения работы; сформулировать ответы на контрольные вопросы. Все обучающиеся выполняют одновременно одну и ту же работу. Отчет по практической работе должен содержать: название и цель работы, список оборудования; краткое описание хода работы и необходимые рисунки, схемы процессов и оборудования; результаты, их обсуждение и выводы. Защита отчета проходит в форме устного опроса каждого обучающегося на последующих занятиях. Критерии оценки одинаковые для всех практических работ: обучающийся должен объяснить цель, описать ход проведения работы, объяснить полученные результаты, ответить на контрольные вопросы. При защите отчета допускается дискуссия.

Результаты опроса являются основанием для оценки полноты и правильности выполнения усвоения материала учебного занятия. Если обучающийся допускает неточности при ответах на контрольные вопросы, преподаватель формулирует правильный ответ и/или предлагает самостоятельно проработать данную тему по основной и/или дополнительной литературе.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Подготовка к практическим работам: изучить основную и дополнительную литературу по теме предстоящего занятия, ответить на контрольные вопросы. Перечень заданий, вопросов или тем, которые будут рассмотрены на занятиях, сообщаются заранее.

Оформление отчетов по практическим работам: по окончании работы обучающийся должен подготовить отчет в соответствии с требованиями, приведёнными в методических указаниях.

Проработка отдельных разделов теоретического курса: целью проработки отдельных разделов теоретического курса является углубленное изучение некоторых тем. Темы для самостоятельного изучения сообщаются в начале семестра. Вопросы по темам, подлежащим самостоятельному изучению, входят в список вопросов для подготовки к зачету. Рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу, в процессе изучения которой составить конспект. Конспектирование предполагает письменную фиксацию читаемого текста, его свертывание (компрессию) до отдельных основных, наиболее важных положений и позволяющий восстановить исходную информацию. Обучающийся, по своему усмотрению, составляет краткий, подробный или смешанный конспект. Краткий конспект включает терминологию и/или положения общего характера. Подробный конспект включает также доказательства этих положений, пояснения, иллюстративный материал. В смешанном конспекте некоторые смысловые части представлены в виде пунктов плана, тезисов, а другие – более подробно. Конспект составляется письменно в отдельной тетради или в виде печатного текста на листах А4, набранного на компьютере, или в электронной форме. В конце конспекта помещается список использованной при его написании литературы.

Подготовка к зачету заключается в повторении теоретического материала. Контрольные вопросы и критерии оценки сообщаются заранее.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 3 | Устный опрос

Описание процедуры.

Процедура устного опроса одинакова для всех разделов и тем. Наименования тем совпадают с названиями практических работ. Проводится индивидуальный опрос каждого студента после выполнения студентом соответствующей практической работы и подготовки отчета. Результаты опроса являются основанием для оценки полноты и правильности выполнения практических работ, усвоения материала аудиторного занятия. В случае допущения студентом неточности при ответе на контрольный вопрос преподаватель формулирует правильный ответ. При неправильном ответе студенту предлагается устранить недостатки в подготовке, после чего процедура устного опроса повторяется.

Критерии оценивания.

Критерии оценки – одинаковы для всех тем и разделов:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изученного;
- 3) формулирование ответа в соответствии с нормами литературного русского языка.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПК-2.8	Демонстрирует основные навыки сбора, изучения научно-технической информации по использованию лазерных технологий в аддитивном производстве	Устный опрос

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Для подготовки к зачёту студентам выдаётся список вопросов. Студенту предлагается ответить на один вопрос по каждому разделу дисциплины. В зависимости от ответа студента преподаватель может задать дополнительные вопросы, связанные с темами дисциплины. В случае допущения студентом неточности при ответе на контрольный вопрос преподаватель формулирует правильный ответ. При неправильном ответе студенту предлагается устранить недостатки в подготовке, после чего процедура устного опроса повторяется.

Пример задания:

Тема 1: «Введение в лазерные технологии»

Примерные вопросы для контроля:

1. Что такое «запрет Паули»?
2. Какие процессы определяют характерные времена электрон-фотонного, электрон-электронного и электрон-фононного взаимодействия?
3. Как оцениваются характерные частоты взаимодействия?

Тема 2: «Оптические свойства металлов»

Примерные вопросы для контроля:

1. Как изменяется характер нагрева материала вследствие учета зависимости поглощающей способности от температуры для умеренных и больших плотностей мощности лазерного излучения?
2. Как узнать, к каким изменениям аналитического решения теплопроводности приводит учет первого и второго типа нелинейностей?
3. Принципы оценки характерных параметров нагрева при учете нелинейностей.

Тема 3: «Физические свойства лазерной плазмы»

Примерные вопросы для контроля:

1. Как возникает лазерная плазма?
2. Каковы основные свойства лазерной плазмы?
3. Как оценить характер автоколебательных процессов, возникающих вследствие экранировки поверхности лазерной плазмой?

Тема 4: «Лазерные технологические установки»

Примерные вопросы для контроля:

1. Каковы принципы построения лазерных технологических установок на основе СО₂-лазеров?
2. Каковы причины ограничения энергосъёма лазеров с диффузионным и с конвективным охлаждением?
3. Как оценить предельные энергетические характеристики различных типов лазеров
4. Объясните преимущества и недостатки различных СО₂-лазеров для выполнения конкретных технологических процессов.

Тема 5: «Лазерная технология полупроводников»

Примерные вопросы для контроля:

1. Какие выводы можно сделать из анализа полученных аналитических решений уравнения теплопроводности?
2. Как сформулировать задачу постановки уравнения теплопроводности при нагреве лазерным излучением?
3. Как установить начальные и граничные условия?

Тема 6: «Лазерная химия»

Примерные вопросы для контроля:

1. Какие методы могут применяться для лазерного разделения изотопов?
2. Основные принципы лазерной стереолитографии.
3. Основные принципы лазерного разделения изотопов и лазерной очистки веществ для микроэлектроники и атомной промышленности.
4. Преимущества и недостатки различных методов для разделения изотопов конкретных элементов.
5. Принципы селективного возбуждения атомов и молекул лазерным излучением.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
<p>Хорошо усвоил программный материал и грамотно его излагает; свободно и уверенно оперирует представленной информацией.</p> <p>При ответе подробно излагает материал, дает правильное определение основных понятий; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры из учебной литературы и/или составленные самостоятельно.</p> <p>Излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.</p> <p>Знает общие принципы классификации лазерных технологических процессов.</p> <p>Владеет навыками сопоставления и анализа результатов исследований.</p> <p>Свободно и уверенно оперирует</p>	<p>Не усвоил программный материал и неграмотно его излагает; неуверенно оперирует представленной информацией.</p> <p>При ответе обнаруживает незнание большей части соответствующего вопроса, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл.</p> <p>Не может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры из учебной литературы и/или составленные самостоятельно.</p> <p>Излагает материал беспорядочно и неуверенно.</p> <p>Не знает общих принципов классификации лазерных технологических процессов.</p> <p>Не владеет навыками сопоставления и анализа результатов исследований.</p>

<p>представленной информацией. Участвует в коллективных работах и в обсуждениях полученных результатов. Отвечает на контрольные вопросы. Демонстрирует основные навыки сбора, изучения научно-технической информации по использованию лазерных технологий.</p>	<p>Неуверенно оперирует представленной информацией. Не участвует в коллективных работах и в обсуждениях полученных результатов. Не отвечает на контрольные вопросы. Не демонстрирует основные навыки сбора, изучения научно-технической информации по использованию лазерных техно-логий.</p>
--	---

7 Основная учебная литература

1. Теория сварочных процессов : учеб. для вузов по спец. "Оборуд. и технология сварочн. пр-ва / Под ред. Фролова В. В., 1988. - 559.
2. Теория сварочных процессов : учебник для вузов по направлению подготовки дипломированных специалистов "Машиностроительные технологии и оборудование", специальность "Оборудование и технология сварочного производства" / А. В. Коновалов [и др.]; под ред. В. М. Нервного, 2007. - 748.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Григорьянц А. Г. Лазеры на парах меди: конструкция, характеристики и применения / А. Г. Григорьянц, М. А. Казарян, Н. А. Лябин, 2005. - 312.
2. Лазерная техника и технология : учеб. пособие для техн. вузов: в 7 кн. Кн. 6. Основы лазерного термоупрочнения сплавов/А. Г. Григорьянц, А. Н. Сафонов / под ред. А. Г. Григорьянца, 1988. - 158.
3. Лазерная техника и технология : учеб. пособие для техн. вузов: В 7 кн. Кн. 5. Лазерная сварка металлов/А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов / Под ред. А. Г. Григорьянца, 1988. - 206.
4. Григорьянц Александр Григорьевич. Основы лазерной обработки материалов / Александр Григорьевич Григорьянц, 1989. - 300.
5. Григорьянц Александр Григорьевич. Оборудование и технология лазерной обработки материалов : учеб. для ПТУ / Александр Григорьевич Григорьянц, Игорь Николаевич Шиганов, 1990. - 157.
6. Застрогин Ю. Ф. Лазерные приборы вибрационного контроля и точного позиционирования / Ю. Ф. Застрогин, О. Ю. Застрогин, А. З. Кулебякин, 1995. - 314.
7. Лазерные технологии на машиностроительном заводе / АН Респ. Башкортостан, Отд-ние физ.-мат. и техн. наук, 1993. - 263.
8. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов : справочник / Н. Н. Рыкалин [и др.], 1985. - 496.
9. Мамутов Евсей Леонидович. Электронно-лучевая сварка деталей большой толщины. Инженерный поиск / Евсей Леонидович Мамутов, 1992. - 232.
10. Войтович А. П. Магнитооптика газовых лазеров / А. П. Войтович, 1984. - 208.
11. Применение лазеров : пер. с англ. / Б. Д. Томпсон, Д. Оуэнс, Ф. Ароновиц, 1974. - 445.

12. Карлов Н. В. Лазерная термохимия : лекции / Н. В. Карлов, Н. А. Кириченко, Б. С. Лукьянчук, 1992. - 295.
13. Энциклопедия низкотемпературной плазмы Газовые и плазменные лазеры / С. И. Яковленко [и др.], 2005. - X,820.
14. Харичева Дина Леонидовна. Теплофизические процессы при лазерной пайке керамики с металлом / Д. Л. Харичева, Д. С. Швайка; Под общ. ред. А. Г. Григорьянца, 2001. - 56.
15. Федоров Б. Ф. Лазеры : основы устройства и применение / Б. Ф. Федоров, 1988. - 189.
16. Структура и прочность материалов при лазерных воздействиях / Под общ. ред. Шестерикова С. А., 1988. - 223.
17. Справочник по лазерной технике / А.П. Напартович, В.Н. Белоусов, 1991. - 543.
18. Рожков Олег Владимирович. Особенности конструирования лазеров : учеб. пособие / Олег Владимирович Рожков; МВТУ им. Н. Э. Баумана, 1986. - 55.
19. Радиотехника Химические лазеры : обзор / А. С. Башкин [и др.], 1975. - 382.
20. Плохоцкий З. Что такое лазер : физические основы, устройство, работа, свойства, приложения / З. Плохоцкий; Пер. с польского Э. Т. Брука-Левинсона, 1987. - 207.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Мультипроектор "BenQ MW621ST" с экраном
2. Проектор мультимедиа BenQ MW621ST(с экраном 2*2м)
3. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
4. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
5. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1

6. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
7. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
8. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
9. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
10. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
11. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
12. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
13. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
14. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
15. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
16. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
17. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
18. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1