

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 17.03.2026 10:37:43 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323	 МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Рабочая программа дисциплины "Лазерные исследования наноматериалов" по направлению подготовки (специальности) 03.04.02 "Физика" направленности (профилю) Физика новых материалов и высоких технологий ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
--	---	--	--------

Рабочая программа дисциплины (модуля)*

Лазерные исследования наноматериалов

Направление подготовки (специальность)

03.04.02 Физика

Направленность (профиль)

Физика новых материалов и высоких технологий

Присваиваемая квалификация (степень)

магистр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2026

*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2026 г.



Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
 - 6.1. Перечень видов оценочных средств
 - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
 - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
 - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
 - 7.1. Рекомендуемая литература
 - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
 - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель – освоение обучающимися:

- фундаментальных знаний в области лазерного материаловедения;
- знаний особенностей оптических свойств наноматериалов и их взаимодействия с лазерным излучением (в первую очередь материалов, нашедших практическое применение);
- навыков применения этих знаний.

Задачи:

- изложение основных положений об оптических свойствах наноматериалов;
- изложение основных положений о взаимодействии наноматериалов с лазерным излучением;
- описание основных методов исследования наноматериалов с помощью лазерного излучения и получаемой информации;
- изучение примеров применения указанных методов при решении материаловедческих задач;

Индикаторы достижения компетенции ПК-2:

ПК-2.1. Обладает знаниями основных теоретических положений и методов в области физики наноструктурированных материалов.

ПК-2.2. Демонстрирует умения сбора и анализа информации по тематике проводимых научных исследований в области физики наноструктурированных материалов

ПК-2.3. Имеет практический опыт (навыки) проведения научно-исследовательских работ в области физики наноструктурированных материалов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.В.ДВ.04.01

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Базовые знания по общей физике и математике в объеме, предусмотренном Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению «Физика»/«Химия» уровня бакалавриат.

Фазовые превращения в дисперсных системах

Современные технологии поиска и обработки информации

Определение кристаллических структур

Образование кристаллов

Компьютерные технологии в профессиональной деятельности

2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Производственная практика (преддипломная практика)

Производственная практика (научно-исследовательская работа)

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПК-2: Способен к анализу данных научной литературы, научно-технической документации, других информационных ресурсов и формулировке на его основе задач, связанных с реализацией профессиональных функций

Знать:

Для достижения индикатора ПК-2.1: фундаментальные разделы лазерных технологий в наноматериаловедении

Уметь:

Для достижения индикатора ПК-2.2: анализировать взаимосвязь природы наноматериала и его оптических свойств; ориентироваться в основных направлениях исследования нано-материалов.

Владеть:

Для достижения индикатора ПК-2.3: модельным аппаратом для описания взаимодействия лазерного излучения с наноматериалами; навыками работы со современной научной литературой по применению лазеров в нано-



материаловедении в своей профессиональной деятельности

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	• фундаментальные разделы лазерных технологий в наноматериаловедении,
3.1.2	• основные разделы взаимодействия лазерного излучения с веществом, рассмотренные с материаловедческих позиций,
3.1.3	• современные достижения лазерного наноматериаловедения и физические принципы работы лазерных методов исследования;
3.2	Уметь:
3.2.1	применять лазерные методы при решении наноматериаловедческих задач;
3.3	Владеть:
3.3.1	владеть модельным аппаратом, используемым для описания взаимодействия лазерного излучения с наноматериалами.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану : 144	Виды контроля в семестрах: экзамены 3
в том числе :	
аудиторные занятия : 32	
самостоятельная работа : 90,7	
часов на контроль : 18	
контактная работа: 35,3	
ИКР: 3,3	

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	Раздел 1. Особенности оптических свойств материалов и лазерного излучения на наномасштабах			
1.1	Геометрия, структура и оптические свойства наночастиц. Оптические свойства металлических и полупроводниковых наночастиц. Зависимость от формы и размера. /Лек/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.2	Методы преодоления дифракционного предела. Лазерный пинцет. Использование оптических свойств наночастиц на практике: фотокатализ, фотосенсорика, фотоэлектрохимии, преобразовании солнечной энергии, биомедицинском детектировании и терапии, охране окружающей среды /Пр/	3	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.3	Особенности оптических свойств материалов и лазерного излучения на наномасштабах /Ср/	3	30,7	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.4	Нелинейнооптические явления в полупроводниковых наночастицах. Методы преодоления дифракционного предела. Лазерный пинцет. Использование оптических свойств наночастиц на практике: фотокатализ, фотосенсорика, фотоэлектрохимии, преобразовании солнечной энергии, биомедицинском детектировании и терапии, охране окружающей среды /Лек/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
	Раздел 2. Лазерные методы исследования нанообъектов			
2.1	Спектроскопия КР нанообъектов. Усиление СКР в поле плазмонного резонанса /Лек/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



2.2	Спектроскопия электронного поглощения. Поглощение на плазмонном резонансе. Поглощение на межзонных переходах наночастиц. /Лек/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.3	Фотолюминесцентная спектроскопия нанообъектов. Влияние примесей и дефектов структуры, поверхности, размера и ширины запрещенной зоны. Фотолюминесцентная спектроскопия с временным разрешением. Релаксация носителей заряда, рекомбинация электронно-дырочных пар, роль поверхности наночастиц. Фотолюминесценция одиночных наночастиц и мерцающая фотолюминесценция /Лек/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.4	Лазерная сканирующая конфокальная микроскопия субмикронных биологических объектов. Измерение размеров и концентрации наночастиц, динамическое рассеяние света. Фотоакустическая спектроскопия /Лек/	3	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.5	Лазерные методы исследования нанообъектов /Пр/	3	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.6	Лазерные методы исследования нанообъектов /Ср/	3	26	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 3. Лазерные методы получения и обработки нанообъектов				
3.1	Влияние длительности лазерного импульса на механизмы абляции (фемто- пико- нано-). Механизмы формирования наночастиц при лазерной абляции. Схемы установок получения наночастиц лазерной абляцией. Осаждение нанополюсов лазерной абляцией. Метод лазерно-индуцированного жидкостного травления с тыльной стороны. Лазерная очистка поверхности от наночастиц. Оптическая лазерная нанолитография. УФ лазеры, проблемы и перспективы литографии в экстремальном УФ-диапазоне. Получение наноструктурированных поверхностей интерференционной нанолитографией. Лазерная наносферная литография. Лазерная сканирующая нанолитография в режиме ближнего поля /Лек/	3	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.2	Лазерные методы получения и обработки нанообъектов /Пр/	3	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.3	Лазерные методы получения и обработки нанообъектов /Ср/	3	34	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 4. Иная контактная работа				
4.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	3	3,3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Перечень видов оценочных средств

Вопросы к самостоятельной работе, отчеты по практическим занятиям, вопросы к экзаменам

6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации представлены в фондах оценочных средств по дисциплине

6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену

1. Влияние размеров полупроводниковых наночастиц на спектры оптического поглощения.
2. Что такое плазмонный резонанс?



3. Проявление плазмонного резонанса на спектрах оптического поглощения металлических наночастиц.
4. Влияние размера металлических наночастиц и его анизотропии на их спектр оптического поглощения.)
5. Условие реализации Релеевского механизма рассеяния света.
6. Как зависит интенсивность рассеяния света наночастицами от его длины волны?
7. Как влияет соотношение длины волны света и размера наночастиц на угловое распределение интенсивности рассеяния?
8. Причины и механизмы нелинейно-оптических явлений.
9. Проявление и результаты нелинейно-оптических эффектов.
10. Ближнепольная оптическая микроскопия.
11. Роль апконверсионных эффектов в преодолении дифракционного предела.
12. Принцип работы лазерного пинцета.
13. Использование наночастиц в фотокатализе.
14. Использование наночастиц в фотосенсорике.
15. Использование наночастиц в фотоэлектрохимии.
16. Использование наночастиц в фототерапии.
17. Специфика СКР нанобъектов, получаемая информация.
18. Механизм плазмонного усиления СКР
19. Механизмы примесного и поверхностного тушения люминесценции полупроводниковых наночастиц.
20. Способы минимизации поверхностного тушения люминесценции наночастиц.
21. Влияние размера полупроводниковых наночастиц и их ширины запрещенной зоны на интенсивность люминесценции.
22. Механизмы релаксации неравновесных носителей, ответственных за фотолюминесценцию наночастиц.
23. Механизм мерцающей фотолюминесценции наночастиц
24. Лазерная сканирующая конфокальная микроскопия
25. Динамическое рассеяние свет.
26. Определение размера наночастиц оптическим методом.
27. Информация о наночастицах, получаемая методом фотоакустической спектроскопии
28. Различия условий получения наночастиц лазерной абляции в жидкости и газах.
29. Механизмы диспергирования наночастиц при лазерной абляции.
30. Зависимость размера наночастиц от интенсивности лазерного излучения.
31. Зависимость размера наночастиц от продолжительности лазерной коллоидного раствора.
32. Влияние длительности лазерного импульса на механизмы абляции (фемто- пико- нано-)
33. Механизмы формирования наночастиц при лазерной абляции
34. Схемы установок получения наночастиц лазерной абляцией
35. Особенности метода лазерного напыления тонких пленок

6.4. Критерии оценивания

Экзамен проводится устно-письменно, в традиционной форме, по билетам, вопросы которых охватывают все разделы курса.

Билет включает 3 вопроса.

На подготовку к ответу обучающемуся даётся не менее 30 минут, но не более 60 минут, в течение которых обучающийся готовит конспект ответа, раскрывающего тему каждого вопроса билета.

Во время ответа преподаватель может задать уточняющие вопросы по теме излагаемого вопроса. После ответа на основные вопросы билета преподаватель вправе задать дополнительные вопросы по любой теме из списка вопросов, вынесенных на экзамен. В качестве дополнительных используются вопросы, не требующие длительного вывода и трудоемких вычислений.

Оценка «отлично» («А» по системе ECTS) ставится, если обучающийся показал глубокое знание предмета, дал исчерпывающие ответы на поставленные вопросы, способен без подготовки или после небольших затрат времени ответить на дополнительные вопросы.

Оценка «хорошо» («В» по системе ECTS) ставится, если обучающийся владеет материалом, но неуверенно себя чувствует при ответах на дополнительные вопросы.

Оценка «хорошо» («С» по системе ECTS) ставится, если обучающийся владеет материалом, но при ответе упускает отдельные моменты, неуверенно себя чувствует при ответах на дополнительные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» («D» по системе ECTS) ставится, если обучающийся ориентируется в поставленных вопросах, может сформулировать основные положения, но теряется при ответах на дополнительные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» («E» по системе ECTS) ставится, если обучающийся ориентируется в поставленных вопросах, может сформулировать основные положения, но не способен дать полные ответы а вопросы билета, теряется при ответах на дополнительные вопросы.

Если обучающийся не способен дать ответы на вопросы билета, ему выставляется оценка



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Рабочая программа дисциплины "Лазерные исследования наноматериалов" по направлению подготовки (специальности) 03.04.02 "Физика" направленности (профилю) Физика новых материалов и высоких технологий ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 7

«неудовлетворительно» («F» по системе ECTS).

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
ЛП.1	Гусев А. И.	Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии	Москва : Физматлит, 2007	
ЛП.2	Пул Ч., Оуэнс Ф., Головин Ю. И.	Нанотехнологии: учебное пособие	Москва : Техносфера, 2007	
ЛП.3	Смирнов В.И.	Физические основы нанотехнологий и наноматериалы: учебное пособие (https://znanium.com/catalog/document?id=434808)	Вологда : Инфра -Инженерия, 2023	ЭБС
ЛП.4	Суворов Э. В.	Материаловедение: методы исследования структуры и состава материалов: учебник для спо (https://urait.ru/bcode/589228)	Москва : Юрайт, 2026	ЭБС

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Лань. - URL: http://e.lanbook.com/
Э2	Университетская библиотека онлайн [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / ООО Директмедиа Паблишинг. - URL: http://biblioclub.ru/
Э3	Юрайт [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Юрайт. - URL: https://urait.ru/
Э4	Znanium.com [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / Научно-издательский центр ИНФРА-М. - URL: http://znanium.com/
Э5	eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. – URL: http://elibrary.ru/defaultx.asp

7.3 Перечень информационных технологий

7.3.1 Программное обеспечение

Adobe Connect Acrobat

Adobe Reader

OpenOffice

ПО Kaspersky

7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

- Origin.
- AdobeAcrobatPro.
- Программное обеспечение образовательного ресурсного центра по направлению физика Научного парка СПбГУ:
- ПО для записи и анализа экспериментальных данных CassyLab.
- ПО для записи и анализа экспериментальных данных SpectraLab.
- Вычислительная среда «Барсик».
- «Опыт Милликена».
- NI ELVIS.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные стандартным оборудованием, используемым для обучения в СПбГУ в соответствии с требованиями материально-технического обеспечения, в т. ч.:

- компьютерный класс;
- помещения для подготовки преподавателей к проведению учебных занятий.



Предусмотрено ознакомление обучающихся с работой научно-исследовательских установок и измерений, выполняемых в ресурсном центре оптических и лазерных методов исследования материалов Научного парка СПбГУ. Среди них:

1. Конфокальный люминесцентный микроскоп с временным разрешением
2. Экспресс-рамановский спектрометр SENTERRA
3. Лазерный анализатор размера частиц SZ100
4. Рамановский спектрометр HoribaJobin-YvonLabRam HR800
5. Спектрофлуориметр Lumina
6. Модульный спектрофлуориметр Fluorolog-3

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение учебной дисциплины следует начинать с тщательного изучения рабочей программы дисциплины и получения при необходимости у преподавателя ответов на возникшие вопросы.

Обучающийся должен регулярно посещать лекции, принимать активное участие в семинарских и лабораторных занятиях, планомерно выполнять все домашние задания и оперативно реагировать на замечания и рекомендации преподавателя.

Необходимым условием освоения дисциплины является подготовка к лекциям, их рациональное конспектирование и пост-лекционное повторение пройденного материала при подготовке к семинарским занятиям и лабораторным работам.

Подготовку к семинарским занятиям и лабораторным работам следует начинать с ознакомления с их содержанием. В процессе подготовки следует изучить рекомендованную литературу и при необходимости получить консультацию у преподавателя по интересующим вопросам. Прежде, чем приступить к лабораторной работе, необходимо тщательно проработать план её выполнения.

В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, MS Office365, форумы, электронная почта и др.).

Порядок ознакомления с оборудованием ресурсного центра оптических и лазерных методов исследования материалов Научного парка СПбГУ определяется нормативными актами СПбГУ. Выполнение работ в ресурсном центре оптических и лазерных методов исследования материалов Научного парка СПбГУ осуществляется через процедуру подачи заявок по форме, определенной в соответствующем регламенте выполнения работ.

10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося (мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения и с нарушением слуха, ассистивные информационные технологии).

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ с помощью специальных технических и программных средств к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах.

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и особенностям восприятия информации.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий.

При проведении промежуточной аттестации по дисциплине обучающимся с инвалидностью и с ограниченными



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Рабочая программа дисциплины "Лазерные исследования наноматериалов" по направлению подготовки
(специальности) 03.04.02 "Физика" направленности (профилю) Физика новых материалов и высоких
технологий ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 9

возможностями здоровья обеспечивается по их заявлению предоставление в доступной форме в зависимости от их индивидуальных особенностей инструкции о порядке проведения промежуточной аттестации, оценочных средств и возможности ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование предоставленных ЧелГУ или собственных технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

