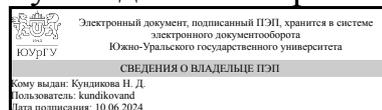


УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



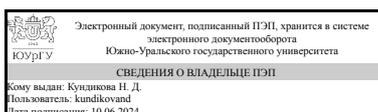
Н. Д. Кундикова

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ФД.03 Современный физический эксперимент
для направления 03.03.01 Прикладные математика и физика
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Оптоинформатика

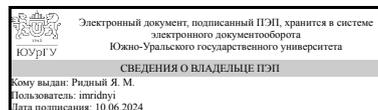
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика, утверждённым приказом Минобрнауки от 07.08.2020 № 890

Зав.кафедрой разработчика,
д.физ.-мат.н., проф.



Н. Д. Кундикова

Разработчик программы,
к.физ.-мат.н., доцент



Я. М. Ридный

1. Цели и задачи дисциплины

Целью курса является воспитание естественнонаучного мировоззрения, как основного способа познания окружающего мира. Основными задачами являются: 1) Освоение принципов работы современных измерительных приборов. 2) Знакомство с современными проблемами оптики. 3) Формирование у студентов естественнонаучной картины мира.

Краткое содержание дисциплины

В курсе рассматриваются современные измерительные приборы и современные проблемы физики. Изучаются явления на границе раздела оптических сред, основные характеристики световодов, спектроскопия комбинационного рассеяния, зондовая сканирующая микроскопия, эллипсометрия, электронная микроскопия, методы оптической микроскопии.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|
| ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе математические, методы исследований и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре | Знает: принципы работы современных приборов для физических исследований, оптического, электронного и зондового сканирующего микроскопа, спектрометра комбинационного рассеяния, эллисометра. Умеет: работать на современных измерительных приборах. Имеет практический опыт: планирования и проведения физического эксперимента, выбора подходящего прибора для конкретных исследований |

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|---|---|
| Нет | Не предусмотрены |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Нет

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 90,5 ч. контактной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах | |
|--|-------------|------------------------------------|--|
| | | Номер семестра | |
| | | 7 | |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 144 | 144 | |
| <i>Аудиторные занятия:</i> | 80 | 80 | |
| Лекции (Л) | 32 | 32 | |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 48 | 48 | |
| Лабораторные работы (ЛР) | 0 | 0 | |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i> | 53,5 | 53,5 | |
| Подготовка к экзамену | 30 | 30 | |
| Подготовка к коллоквиумам | 23,5 | 23,5 | |
| Консультации и промежуточная аттестация | 10,5 | 10,5 | |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен) | - | экзамен | |

5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | |
|-----------|--|---|---|----|----|
| | | Всего | Л | ПЗ | ЛР |
| 1 | Явления на границе раздела оптических сред | 12 | 4 | 8 | 0 |
| 2 | Основные характеристики световодов | 18 | 6 | 12 | 0 |
| 3 | Методы оптической микроскопии | 8 | 4 | 4 | 0 |
| 4 | Электронная микроскопия | 10 | 4 | 6 | 0 |
| 5 | Эллипсометрия | 10 | 4 | 6 | 0 |
| 6 | Зондовая сканирующая микроскопия | 12 | 6 | 6 | 0 |
| 7 | Спектроскопия комбинационного рассеяния | 10 | 4 | 6 | 0 |

5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во часов |
|----------|-----------|--|--------------|
| 1 | 1 | Явления на границе раздела оптических сред. | 4 |
| 2 | 2 | Основные характеристики световодов. | 6 |
| 3 | 3 | Методики оптической микроскопии. | 2 |
| 4 | 3 | Принцип работы оптического микроскопа. Разрешение. Проблемы увеличения разрешения. | 2 |
| 5 | 4 | Принцип работы электронного микроскопа. Проблемы электронной микроскопии. "Тонкий" фазовый объект в электронной микроскопии. Анализ аберраций в электронном микроскопе. Анализ передаточной функции электронного микроскопа. | 4 |
| 6 | 5 | Теория эллипсометрического метода. Методы математической обработки результатов эллипсометрических измерений. | 2 |
| 7 | 5 | Определение оптических характеристик материалов методом эллипсометрии. Перспективы развития и проблемы эллипсометрических методов. | 2 |
| 8 | 6 | Принцип работы зондового сканирующего микроскопа. Особенности работы. Обработка полученной информации и восстановление полученных изображений. Измерительные методики. | 2 |
| 9 | 6 | Измерение рельефа поверхности с использованием контактного квазистатического метода. Измерение рельефа поверхности с использованием | 2 |

| | | | |
|----|---|---|---|
| | | полуконтактного колебательного метода. Предельное разрешение АСМ. Калибровка АСМ. | |
| 10 | 6 | Методики зондовой сканирующей микроскопии. Силовое взаимодействие зонда с поверхностью. Потенциал взаимодействия зонда с образцом. Режимы работы АСМ. Перспективы развития методов АСМ. Не решенные проблемы АСМ. | 2 |
| 11 | 7 | Сущность явления комбинационного рассеяния (точки зрения классической теории, с точки зрения квантовой теории). Эмпирические законы комбинационного рассеяния света. История открытия | 2 |
| 12 | 7 | Методики рамановской спектроскопии. Спектрометры комбинационного рассеяния. Перспективы развития спектральных методов | 2 |

5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---|--------------|
| 1 | 1 | Законы преломления и отражения. Формулы Френеля. Угол Брюстера. | 4 |
| 2 | 1 | Явления полного внутреннего отражения. Ромб Френеля. Вывод волнового уравнения. | 4 |
| 3 | 2 | Направляемые, рефрагирующие и тунеллирующие лучи. Лучевые параметры. Характеристики световодов. Уширение импульсов. Технология изготовления оптических волокон. | 4 |
| 4 | 2 | Многомодовый световод. Одномодовый световод. Планарный волновод. Волоконный световод. Ступенчатый профиль показателя преломления. | 4 |
| 5 | 2 | Градиентный профиль показателя преломления. Построение лучевых траекторий. Меридиональные и косые лучи в волоконном световоде. Коллоквиум №1 | 4 |
| 6 | 3 | Работа с оптическим микроскопом. Исследование объектов на оптическом микроскопе. | 4 |
| 7 | 4 | Работа с электронным микроскопом. Исследование поверхности нанокompозита на электронном микроскопе. | 6 |
| 8 | 5 | Работа с эллипсометром. Изучение свойств тонких пленок. Коллоквиум №2 | 6 |
| 9 | 6 | Работа с зондовым сканирующим микроскопом. Изучение поверхности на зондовом сканирующем микроскопе | 6 |
| 10 | 7 | Изучение спектроскопии комбинационного рассеяния. Получение и анализ спектров комбинационного рассеяния алмазоподобных пленок. Коллоквиум №3 | 6 |

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС | | | |
|-----------------------|---|---------|--------------|
| Подвид СРС | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс | Семестр | Кол-во часов |
| Подготовка к экзамену | 1) Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия Учеб. для вузов по спец. "Физика металлов" и "Металловедение, оборуд. и технология | 7 | 30 |

| | | | |
|---------------------------|---|---|------|
| | терм. обраб. металлов". - М.: Металлургия, 1982. - 631 с. ил. 2) Сивухин, Д. В. Общий курс физики [Текст] Т. 1 Механика для физ. специальностей вузов Д. В. Сивухин. - 2-е изд., испр. - М.: Наука, 1979. - 519 с. ил. 3) Методические указания для самостоятельной работы по курсу "Современный физический эксперимент" в электронном виде в локальной сети кафедры. | | |
| Подготовка к коллоквиумам | 1) Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия Учеб. для вузов по спец. "Физика металлов" и "Металловедение, оборуд. и технология терм. обраб. металлов". - М.: Металлургия, 1982. - 631 с. ил. 2) Сивухин, Д. В. Общий курс физики [Текст] Т. 1 Механика для физ. специальностей вузов Д. В. Сивухин. - 2-е изд., испр. - М.: Наука, 1979. - 519 с. ил. 3) Методические указания для самостоятельной работы по курсу "Современный физический эксперимент" в электронном виде в локальной сети кафедры. | 7 | 23,5 |

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се- местр | Вид контроля | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов | Учи- тыва- ется в ПА |
|------|--------------|---------------------|---|-----|---------------|---|-------------------------------|
| 1 | 7 | Текущий контроль | Коллоквиум 1 | 1 | 2 | Письменный коллоквиум содержит один теоретический вопрос. На ответ отводится 30 минут. Вопрос внутри оценивается в 2 балла. Если ответ неполный, ставится 1 балл. Если ответ неверный или отсутствует - 0 баллов. | экзамен |
| 2 | 7 | Текущий контроль | Коллоквиум 2 | 1 | 2 | Письменный коллоквиум содержит один теоретический вопрос. На ответ отводится 30 минут. Вопрос внутри оценивается в 2 балла. Если ответ неполный, ставится 1 балл. Если ответ неверный или отсутствует - 0 баллов. | экзамен |
| 3 | 7 | Текущий контроль | Коллоквиум 3 | 1 | 2 | Письменный коллоквиум содержит один теоретический вопрос. На ответ отводится | экзамен |

| | | | | | | | |
|---|---|--------------------------|---------|---|---|---|---------|
| | | | | | | 30 минут. Вопрос внутри оценивается в 2 балла. Если ответ неполный, ставится 1 балл. Если ответ неверный или отсутствует - 0 баллов. | |
| 4 | 7 | Промежуточная аттестация | Экзамен | - | 4 | Письменный экзамен содержит два теоретических вопроса. Теоретический вопрос внутри каждого раздела оценивается в 2 балла. Если ответ неполный, ставится 1 балл. Если ответ неверный или отсутствует - 0 баллов. | экзамен |

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения | Критерии оценивания |
|------------------------------|---|---|
| экзамен | Допускается определять рейтинг по дисциплине только по результатам текущего контроля. В начале экзамена выдаются билеты с вопросами. На экзамен даётся 1,5 часа, после этого студенты сдают листочки с тем, что сделали и дальнейшие разговоры проводятся с каждым студентом отдельно. Пользоваться ничем нельзя, кроме карандаша, линейки, ластика, ручки и калькулятора. Использование телефона строго запрещено. По окончании экзамена проводится апелляция. | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения | № КМ | | | |
|-------------|--|------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ОПК-5 | Знает: принципы работы современных приборов для физических исследований, оптического, электронного и зондового сканирующего микроскопа, спектрометра комбинационного рассеяния, эллисометра. | + | + | + | + |
| ОПК-5 | Умеет: работать на современных измерительных приборах. | + | + | + | + |
| ОПК-5 | Имеет практический опыт: планирования и проведения физического эксперимента, выбора подходящего прибора для конкретных исследований | + | + | + | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

- Сивухин, Д. В. Общий курс физики [Текст] Т. 1 Механика для физ. специальностей вузов Д. В. Сивухин. - 2-е изд., испр. - М.: Наука, 1979. - 519 с. ил.

б) дополнительная литература:

- Растровая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ [Текст] учеб. пособие по направлению 22.03.01 "Материаловедение и технологии материалов" и др. направлениям И. Ю.

Пашкеев и др.; под ред. Г. Г. Михайлова ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Физ. химия ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2015. - 46, [1] с. ил.

в) *отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

1. Успехи физических наук науч. журн. Рос. акад. наук журнал. - М., 1918-
2. Письма в "Журнал технической физики" Рос. акад. наук, Отд-ние физич. наук, Физико-техн. ин-т им. А. Ф. Иоффе журнал. - СПб.: Наука, 1975-
3. Квантовая электроника: Квантовая электроника и ее применения Ежемес. журн. Рос. акад. наук, Физ. ин-т им. П. Н. Лебедева, Ин-т общ. физики, Моск. инженер.-физ. ин-т, Междунар. учеб.-науч. лазер. центр МГУ, Ин-т лазерной физики СО РАН, НИИ лазерной физики, НПО "Астрофизика", НИИ "Полюс" им. М.Ф. Стельмаха журнал. - М.: Радио и связь, 1974-
4. Оптика и спектроскопия ежемес. журн. Рос. акад. наук, Отд-ние физич. наук, Физ.-техн. ин-т им А.Ф.Иоффе РАН журнал. - СПб.: Наука, 1965-
5. Applied Optics [Текст] науч. журн. Optical Soc. of America журнал. - Easton, Pa: Optical Society of America, 1968-

г) *методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Методические пособия для самостоятельной работы студента по дисциплине "Современный физический эксперимент" в локальной сети кафедры

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические пособия для самостоятельной работы студента по дисциплине "Современный физический эксперимент" в локальной сети кафедры

Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы | Наименование ресурса в электронной форме | Библиографическое описание |
|---|---------------------------|---|---|
| 1 | Основная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Елманов, Г.Н. Исследование топологии поверхности методом сканирующей атомно-силовой микроскопии: лабораторный практикум: учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс] / Г.Н. Елманов, Б.А. Логинов, О.Н. Севрюков. — Электрон. дан. — М. : НИЯУ МИФИ, 2011. — 64 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/75758 — Загл. с экрана. |
| 2 | Основная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Корнилов, В.М. Основы сканирующей зондовой микроскопии: метод. указания. [Электронный ресурс] / В.М. Корнилов, А.Ф. Галиев. — Электрон. дан. — Уфа : БГПУ имени М. Акмуллы, 2011. — 24 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/43260 — Загл. с экрана. |
| 3 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Карпухин, С.Д. Атомно-силовая микроскопия. [Электронный ресурс] / С.Д. Карпухин, Ю.А. Быков. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 38 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/52243 — Загл. с экрана. |

| | | | |
|---|---------------------------|---|---|
| 4 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Магурин, В.Г. Когерентная оптика. [Электронный ресурс] / В.Г. Магурин, В.А. Тарлыков. — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО, 2006. — 122 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/43616 — Загл. с экрана. |
|---|---------------------------|---|---|

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. -LibreOffice(бессрочно)
3. -Maple 13(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий | № ауд. | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|---------------------------------|-------------|--|
| Лекции | 607 (16) | проектор, компьютер, программное обеспечение PowerPoint |
| Практические занятия и семинары | 014 (2) | Спектрометр комбинационного рассеяния Spectra Raman NT-MDT |
| Практические занятия и семинары | 605 (16) | Лабораторные работы на эллипсометре SE800 и комбинированном поляризационном-флуоресцентном микроскопе BX51 (Olympus) |
| Практические занятия и семинары | 445a (1) | Лабораторные работы на зондовом сканирующем (Solver PRO NT-MDT)и электронных (Phenom - FEI Company) микроскопах |