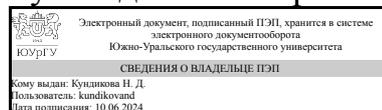


УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



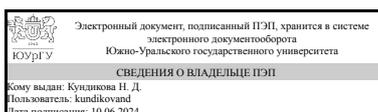
Н. Д. Кундикова

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ФД.02 Физические методы исследования
для направления 03.03.01 Прикладные математика и физика
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Оптоинформатика

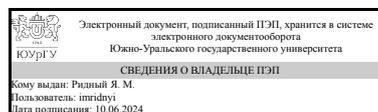
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика, утверждённым приказом Минобрнауки от 07.08.2020 № 890

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 освоения дисциплины «Физические методы исследований» является получение базовых знаний физических принципов, на основе которых разработаны методы измерения термодинамических, электромагнитных, оптических и структурных характеристик веществ.

Краткое содержание дисциплины

Характеристики измерительных систем. Источники ошибок. Помехи, шумы. Статистические методы обработки результатов измерений. Измерение термодинамических параметров. Измерение потоков излучений. Масс-спектроскопия. Магнитная радиоспектроскопия. Оптическая спектроскопия.

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: фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики, физические принципы методов измерения термодинамических, электромагнитных, оптических и структурных характеристик веществ. Умеет: выбрать рациональный способ измерения физических величин при заданных условиях эксперимента; выбирать методы исследования, необходимые для получения нужных результатов. Имеет практический опыт: обработки результатов экспериментальных исследований и сопоставления их с теоретическими данными; выбора оборудования, необходимого для получения необходимых характеристик с требуемой точностью. |

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|--|---|
| 1.О.10 Общая физика. Оптика, 1.О.11 Общая физика. Микрофизика, 1.О.09 Общая физика. Электричество и магнетизм, 1.О.07 Общая физика. Механика, 1.О.08 Общая физика. Термодинамика и молекулярная физика | ФД.03 Современный физический эксперимент |

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

| Дисциплина | Требования |
|--|---|
| 1.О.08 Общая физика. Термодинамика и молекулярная физика | <p>Знает: фундаментальные понятия, законы и теории по Термодинамике и молекулярной физике., теоретические основы физических методов исследования; экспериментальные методы и средства для анализа и решения задач термодинамики и молекулярной физики. Умеет: формулировать физические законы, анализировать их важность, актуальность, сферы применения; использовать физические законы и теории на практике, решать задачи по данному разделу общей физики., производить численные оценки по порядку величины; использовать возможности методов физических исследований для решения физических задач термодинамики и молекулярной физики; делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента; анализировать, систематизировать и оценивать результаты оптических экспериментов; обобщать имеющиеся материалы. Имеет практический опыт: самостоятельно приобретать новые знания по термодинамике и молекулярной физике; сопоставления результатов лабораторных экспериментов по макрофизике с их теоретическими данными., владеет навыками грамотной обработки результатов лабораторных экспериментов и сопоставления их с теоретическими данными; обобщения и критической оценки результатов экспериментальных исследований.</p> |
| 1.О.07 Общая физика. Механика | <p>Знает: фундаментальные понятия, законы и теории механики; основные физические эксперименты, повлиявшие на развитие механики., теоретические основы физических методов исследования; экспериментальные методы и средства для анализа и решения задач механики. Умеет: формулировать физические законы, анализировать их важность, актуальность, сферы применения; использовать физические законы и теории на практике, решать задачи по данному разделу общей физики., производить численные оценки по порядку величины; использовать возможности методов физических исследований для решения физических задач механики; делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента; анализировать, систематизировать и оценивать результаты оптических экспериментов; обобщать имеющиеся материалы. Имеет практический опыт: самостоятельно приобретать новые знания по механике; сопоставления результатов лабораторных экспериментов по механике с их теоретическими данными., владеет навыками грамотной обработки результатов лабораторных</p> |

| | |
|--|--|
| | экспериментов и сопоставления их с теоретическими данными; обобщения и критической оценки результатов экспериментальных исследований. |
| 1.О.09 Общая физика. Электричество и магнетизм | <p>Знает: теоретические основы, основные понятия, законы и модели основных разделов общей физики; численные порядки величин, характерные для различных разделов общей физики., фундаментальные понятия, законы и теории электромагнетизма; основные физические эксперименты, повлиявшие на развитие общей физики. Умеет: производить численные оценки по порядку величины; использовать возможности методов физических исследований для решения физических задач; понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями общей физики., формулировать физические законы, анализировать их важность, актуальность, сферы применения; использовать физические законы и теории на практике, решать задачи по данному разделу общей физики. Имеет практический опыт: самостоятельной работы с аппаратурой в физической лаборатории; навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления их с теоретическими данными., самостоятельно приобретать новые знания по общей физике; сопоставления результатов лабораторных экспериментов с их теоретическими данными.</p> |
| 1.О.11 Общая физика. Микрофизика | <p>Знает: фундаментальные понятия, законы и теории макрофизики; основные физические эксперименты, повлиявшие на развитие макрофизики., теоретические основы физических методов исследования; экспериментальные методы и средства для анализа и решения задач микрофизики. Умеет: формулировать физические законы, анализировать их важность, актуальность, сферы применения; использовать физические законы и теории на практике, решать задачи по данному разделу общей физики., производить численные оценки по порядку величины; использовать возможности методов физических исследований для решения физических задач микрофизики; делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента; анализировать, систематизировать и оценивать результаты оптических экспериментов; обобщать имеющиеся материалы. Имеет практический опыт: самостоятельно приобретать новые знания по макрофизике; сопоставления результатов лабораторных экспериментов по макрофизике с их теоретическими данными., владеет навыками грамотной обработки результатов лабораторных</p> |

| | |
|-----------------------------|--|
| | экспериментов и сопоставления их с теоретическими данными; обобщения и критической оценки результатов экспериментальных исследований. |
| 1.О.10 Общая физика. Оптика | <p>Знает: теоретические основы, основные понятия, законы и модели оптики; численные порядки величин, характерные для оптики ., теоретические основы физических методов исследования; экспериментальные методы и средства для анализа и решения задач оптики.</p> <p>Умеет: понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями оптики., производить численные оценки по порядку величины; использовать возможности методов физических исследований для решения физических задач оптики; делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента; анализировать, систематизировать и оценивать результаты оптических экспериментов; обобщать имеющиеся материалы. Имеет практический опыт: самостоятельной работы в физической лаборатории; культурой постановки и моделирования физических задач оптики., самостоятельной работы с аппаратурой в оптической лаборатории; владеет навыками грамотной обработки результатов лабораторных экспериментов и сопоставления их с теоретическими данными; обобщения и критической оценки результатов экспериментальных исследований.</p> |

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 52,25 ч. контактной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|--|-------------|------------------------------------|
| | | Номер семестра |
| | | 6 |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 72 | 72 |
| <i>Аудиторные занятия:</i> | 48 | 48 |
| Лекции (Л) | 32 | 32 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 16 | 16 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 0 | 0 |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i> | 19,75 | 19,75 |
| Подготовка к коллоквиумам | 9,75 | 9.75 |
| Подготовка к зачету | 10 | 10 |

| | | |
|--|------|-------|
| Консультации и промежуточная аттестация | 4,25 | 4,25 |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен) | - | зачет |

5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | |
|-----------|--|---|---|----|----|
| | | Всего | Л | ПЗ | ЛР |
| 1 | Введение | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 2 | Измерение термодинамических параметров | 9 | 6 | 3 | 0 |
| 3 | Измерение потоков излучений | 12 | 8 | 4 | 0 |
| 4 | Масс-спектроскопия | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 5 | Магнитная радиоспектроскопия | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 6 | Оптическая спектроскопия | 12 | 8 | 4 | 0 |

5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во часов |
|----------|-----------|--|--------------|
| 1 | 1 | Характеристики измерительных систем. Источники ошибок. Помехи, шумы. Статистические методы обработки результатов измерений. | 2 |
| 2 | 2 | Измерение температуры. Равновесные системы и неравновесные системы. Локальное термодинамическое равновесие. Контактные и бесконтактные методы измерения температуры. Термоэлектрические преобразователи. | 2 |
| 3 | 2 | Измерение давления. Процессы переноса при различных давлениях и температурах. Методы получения вакуума. Измерение давления в вакуумных системах. Методы измерения высоких давлений. | 4 |
| 4 | 3 | Равновесное тепловое излучение. Источники излучения. Пирометрия. Приемники излучения. Детекторы излучения. Законы внешнего фотоэффекта. Фотоэлектронный умножитель. Электронно-оптические преобразователи. | 4 |
| 5 | 3 | Ионизирующие излучения. Методы регистрации ионизирующих излучений. Дозиметрия ионизирующих излучений. | 4 |
| 6 | 4 | Метод масс-спектрального анализа. Методы ионизации. Масс-анализаторы. | 2 |
| 7 | 4 | Времяпролетный масс-анализатор. Радиочастотный масс-анализатор. Масс-спектрометры. | 2 |
| 8 | 5 | Спектроскопия ядерного магнитного резонанса. Принципиальная схема ЯМР-спектрометра. | 2 |
| 9 | 5 | Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса. Принципиальная схема ЭПР-спектрометра. | 2 |
| 10 | 6 | Классы спектральных приборов. Закон Ламберта-Бугера-Бэра. Спектры поглощения, испускания и рассеяния. Люминесценция и флуоресценция. | 4 |
| 11 | 6 | Лазерная спектроскопия. Спектроскопия комбинационного рассеяния света. Спектральные методы измерения температуры различных степеней свободы в неравновесных системах. | 4 |

5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---|--------------|
| 1 | 1 | Характеристики измерительных систем: чувствительность; порог обнаружения; разрешающая способность; динамический диапазон; | 1 |

| | | | |
|----|---|---|---|
| | | нелинейность, полоса пропускания. Источники ошибок. Помехи, шумы. Статистические методы обработки результатов измерений. | |
| 2 | 2 | Измерение температуры. Температура равновесных систем. Неравновесные системы. Локальное термодинамическое равновесие. Контактные и бесконтактные методы измерения температуры. Измерение температуры контактными механическими и электрическими методами. Термоэлектрические преобразователи; принципы их действия, рабочий диапазон. | 1 |
| 3 | 2 | Измерение давления. Процессы переноса при различных давлениях и температурах: диффузия, эффузия, вязкость, теплопроводность. Различные режимы течения газа. | 1 |
| 4 | 2 | Методы получения вакуума. Измерение давления в вакуумных системах. Механические, тепловые и ионизационные манометры, принципы их действия. Стационарные и импульсные методы получения высоких давлений. Методы измерения высоких давлений. Механические и пьезоэлектрические датчики давления. Коллоквиум 1. | 1 |
| 5 | 3 | Равновесное тепловое излучение. Источники излучения в различных спектральных диапазонах. Примеры источников равновесного и неравновесного излучения. Яркостная, цветовая и радиационная пирометрия. Основные характеристики приемников излучения. Физические принципы, лежащие в основе действия тепловых, фотонных, фотохимических и пьезоэлектрических детекторов излучения. | 1 |
| 6 | 3 | Законы внешнего фотоэффекта. Приемники излучения на основе внешнего фотоэффекта. Приемники излучения на основе внутреннего фотоэффекта. Принцип действия фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), коэффициент усиления. Шумы и порог чувствительности ФЭУ. Темновой ток ФЭУ, термоэлектронная эмиссия, закон Ричардсона. ФЭУ с непрерывным динодом. Электронно-оптические преобразователи. Приемники излучения для различных спектральных диапазонов. | 1 |
| 7 | 3 | Ионизирующие излучения. Источники ионизирующих излучений. Основные процессы взаимодействия альфа-, бета-, гамма- и нейтронного излучения с веществом. | 1 |
| 8 | 3 | Методы регистрации ионизирующих излучений: цилиндр Фарадея, газоразрядный счетчик, ионизационная камера, сцинтилляционный детектор, полупроводниковые детекторы. Дозиметрия ионизирующих излучений. Метод масс-спектрального анализа. Методы ионизации. Масс-анализаторы: принципы действия, разрешающая способность. Коллоквиум 2. | 1 |
| 9 | 4 | Метод масс-спектрального анализа. Методы ионизации. Масс-анализаторы: принципы действия, разрешающая способность. | 1 |
| 10 | 4 | Секторный магнитный масс-анализатор, квадрупольный масс-анализатор. Времяпролетный масс-анализатор. Радиочастотный масс-анализатор. Омегатронный масс-спектрометр, масс-спектрометр ионно-циклотронного резонанса с преобразованием Фурье. Примеры использования масс-спектрометрии. | 1 |
| 11 | 5 | Спектроскопия ядерного магнитного резонанса. Применение метода ЯМР для изучения структуры молекул. Обменные явления: медленный и быстрый обмен. Принципиальная схема ЯМР-спектрометра. Интенсивность и ширина линий спектра ЯМР. | 1 |
| 12 | 5 | Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса. Сверхтонкая структура спектра ЭПР. Структурные и динамические характеристики вещества, определяемые методами ЭПР. Принципиальная схема ЭПР-спектрометра. Особенности регистрации сигналов ЭПР. Коллоквиум 3. | 1 |
| 13 | 6 | Классы спектральных приборов: спектроскопы, спектрографы, монохроматоры, полихроматоры. Диспергирующие элементы спектральных | 1 |

| | | | |
|----|---|---|---|
| | | приборов: призма, дифракционная решетка, интерферометр. Разрешающая способность диспергирующих элементов. Прохождение света через поглощающую среду. | |
| 14 | 6 | Закон Ламберта-Бугера-Бэра. Спектры поглощения, испускания и рассеяния. Люминесценция и флуоресценция. Интенсивность спектральных линий. Форма и ширина спектральной линии. Естественное, доплеровское и столкновительное уширение спектральных линий. Аппаратная ширина линии. | 1 |
| 15 | 6 | Линейная лазерная спектроскопия. Абсорбционный, внутрирезонаторный, оптико-акустический и флуоресцентный методы лазерной спектроскопии. | 1 |
| 16 | 6 | Спектральные диапазоны и соответствующие им степени свободы в молекулярных системах. Спектроскопия комбинационного рассеяния света. Спектральные методы измерения температуры различных степеней свободы (электронная, поступательная, колебательная, вращательная температуры) в неравновесных системах. Коллоквиум 4. | 1 |

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 коллоквиумам | Розанов, Л. Н. Вакуумная техника Учеб. для вузов по спец. "Электрон. машиностроение". - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1990. - 319 с. ил. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 2. Физика ядерных реакций. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 326 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/279 — Загл. с экрана. Методические указания для самостоятельной работы по курсу "Физические методы исследования" в электронном виде в локальной сети кафедры | 6 | 9,75 |
| Подготовка к зачету | Розанов, Л. Н. Вакуумная техника Учеб. для вузов по спец. "Электрон. машиностроение". - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1990. - 319 с. ил. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 2. Физика ядерных реакций. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 326 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/279 — Загл. с экрана. Методические указания для самостоятельной работы по курсу "Физические методы исследования" в | 6 | 10 |

электронном виде в локальной сети
кафедры

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 | Учитывается в ПА |
|------|----------|--------------------------|-----------------------------------|-----|------------|---|------------------|
| 1 | 6 | 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. | зачет |
| 2 | 6 | 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. | зачет |
| 3 | 6 | Текущий контроль | Коллоквиум 3 | 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. | зачет |
| 4 | 6 | Текущий контроль | Коллоквиум 4 | 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. | зачет |
| 5 | 6 | Промежуточная аттестация | Зачёт | - | 4 | Письменный зачёт 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. | зачет |

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения | Критерии оценивания |
|------------------------------|--|-------------------------------|
| зачет | Контрольное мероприятие промежуточной аттестации не является обязательным. Промежуточная аттестация возможна | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 |

| | | |
|--|--|-----------|
| | по результатам текущей аттестации. В начале зачёта выдаются билеты с вопросами. На зачёт 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 зачёта проводится апелляция. | Положения |
|--|--|-----------|

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения | № КМ | | | | |
|-------------|---|------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ОПК-5 | Знает: фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики, физические принципы методов измерения термодинамических, электромагнитных, оптических и структурных характеристик веществ. | + | + | + | + | + |
| ОПК-5 | Умеет: выбрать рациональный способ измерения физических величин при заданных условиях эксперимента; выбирать методы исследования, необходимые для получения нужных результатов. | + | + | + | + | + |
| ОПК-5 | Имеет практический опыт: обработки результатов экспериментальных исследований и сопоставления их с теоретическими данными; выбора оборудования, необходимого для получения необходимых характеристик с требуемой точностью. | + | + | + | + | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Розанов, Л. Н. Вакуумная техника Учеб. для вузов по спец."Электрон. машиностроение". - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1990. - 319 с. ил.

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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

1. Успехи физических наук науч. журн. Рос. акад. наук журнал. - М., 1918-

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Методические указания для самостоятельной работы по курсу "Физические методы исследования" в электронном виде в локальной сети кафедры

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические указания для самостоятельной работы по курсу "Физические методы исследования" в электронном виде в локальной сети кафедры

Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы | Наименование ресурса в электронной форме | Библиографическое описание |
|---|--|---|--|
| 1 | Методические пособия для самостоятельной работы студента | Учебно-методические материалы кафедры | Методические указания для самостоятельной работы по курсу "Физические методы исследования" в электронном виде в локальной сети кафедры https://phys.susu.ru/ |
| 2 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 2. Физика ядерных реакций. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 326 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/279 — Загл. с экрана. |

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий | № ауд. | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|---------------------------------|----------|--|
| Практические занятия и семинары | 604 (1б) | Компьютерный класс для оформления отчетов практическим занятиям и обработки результатов измерений. |