

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
заведующий кафедрой
физики твердого тела и наноструктур
(П.В.Середин)



31.08.2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.07 ИК-спектроскопия систем пониженной размерности

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 03.04.02

Физика

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика наносистем

3. Квалификация выпускника: *Магистр*

4. Форма образования: *очная*

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы: *Середин Павел Владимирович,*

доктор физ.-мат. наук, профессор

7. Рекомендована: *НМС физического факультета ВГУ от 14.06.22 г. протокол №6*

8. Учебный год: 2023–2024

Семестр: 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Задачи изучения курса "ИК-спектроскопия систем пониженной размерности" сводятся к формированию у магистров – физиков комплекса фундаментальных представлений и практических навыков по применению методов ИК-спектроскопии в исследовательских и аналитических целях систем пониженной размерности.

Знать физические основы методов, а также их основные возможности.

Хорошо представлять конструкцию приборов, методические приемы работы с ними.

Изучившие курс должны:

Знать теоретические основы спектроскопии в инфракрасной области, применение спектроскопии в физике конденсированного состояния вещества и наносистем.

Уметь реализовать возможности, заложенные в аппаратуру для проведения спектральных измерений путем реализации описанных и разработки новых методик.

Уметь установить и запустить в работу новый прибор, распознать и, по возможности, устранить наиболее распространенные неисправности.

Владеть спектрофотометрическими методами качественного и количественного определения веществ в различных объектах и системах пониженной размерности.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: часть, формируемая участниками образовательных отношений, блок Б1.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций профессиональных стандартов:

40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»

– А/01.5 «Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований»;

40.104 «40.006 Инженер-технолог в области производства наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем»

– А/02.7 Контроль параметров технологической операции

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Осуществляет проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	ПК-1.1	Проводит работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований, выполнению экспериментов	Знает основные способы проведения научных исследований и анализа получаемой физической информации
				Умеет работать с научной литературой по заданной тематике, следить за научной периодикой
				Владеет навыками обработки и анализа экспериментальных и теоретических данных

ПК-2	Осуществляет контроль параметров технологических операций	ПК-2.1	Измеряет технологические и электрофизические параметры формируемых наноразмерных слоев, структур и изделий с помощью современной аппаратуры	Знает методы измерения технологических параметров формируемых наноразмерных слоев, структур и изделий, наноматериалов и наноструктур;
				Умеет реализовать возможности ИК-спектрометров для проведения измерений параметров формируемых изделий путем реализации описанных и разработки новых методик.
				Владеет методиками качественного и количественного анализа систем пониженной размерности

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2 / 72.

Форма промежуточной аттестации Зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			3 семестр
Аудиторные занятия		30	30
в том числе:	лекции		
	практические		
	лабораторные	30	30
	групповые консультации		
Самостоятельная работа		42	42
Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой			
Итого:		72	72

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лабораторные работы		
2.1	Лабораторная работа №1	Оптическая схема и работа ИК спектрофотометра VERTEX-70 Bruker
2.2	Лабораторная работа №2	Работа с жидкими пробами, твердыми веществами, газами.
2.3	Лабораторная работа №3	Спектроскопия нарушенного полного внутреннего отражения.
2.4	Лабораторная работа №4	Анализ эпитаксиальных гетероструктур при проведении съемки на отражение в далекой ИК области спектра вблизи полосы остаточных лучей, с возникновением однофотонного

		резонанса.
2.5	Лабораторная работа №5	Количественный анализ полупроводниковых низкоразмерных структур методом ИК-спектроскопии
2.6	Лабораторная работа №6	Моделирование спектров полупроводниковых низкоразмерных структур в приближении однофононного резонанса и в модели “пленка-подложка”

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Групповые консультации	Самостоятельная работа	
1	Лабораторная работа 1			5		7	12
2	Лабораторная работа 2			5		7	12
3	Лабораторная работа 3			5		7	12
4	Лабораторная работа 4			5		7	12
5	Лабораторная работа 5			5		7	12
6	Лабораторная работа 6			5		7	12
	Итого:			30		46	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «ИК-спектроскопия систем пониженной размерности» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лабораторные работы; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Подготовка к лабораторным работам является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лабораторных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через практический материал лабораторных работ передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

При этом хорошо овладеть содержанием материала лабораторной работы – это:
- знать тему;

- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план;
- уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций;
- связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лабораторным работам и работой на данном виде занятий.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки магистров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или лабораторной работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа — это планируемая работа обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности обучающегося по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались обучающиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

Результат обучения и самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа обучающихся при изучении «ИК-спектроскопии систем пониженной размерности» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение лабораторных работ, подготовку к зачету.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Физика полупроводников и диэлектриков» включает в себя:

изучение теоретической части курса	– 10 часов
подготовку к лабораторным занятиям	– 10 часов
написание отчетов по лабораторным работам	– 12 часов
подготовку к зачету	– 10 часов
итого	– 42 часов

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Инфракрасная спектроскопия твердотельных систем пониженной размерности : учебное пособие / А. И. Ефимова, Л. А. Головань, П. К. Кашкаров [и др.]. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 248 с. — ISBN 978-5-8114-2378-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/169252 (дата обращения: 15.07.2021)
2.	Егоров, А. С. Инфракрасная Фурье-спектроскопия : учебно-методическое пособие / А. С. Егоров. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2012. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/152922 (дата обращения: 15.07.2021).

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	Зуев В.В. Применение ИК спектроскопии на предприятиях ТЭК: Учебно-методическое пособие. — СПб: Университет ИТМО, 2020. — 61 с. Свободный доступ: https://books.ifmo.ru/file/pdf/2640.pdf
4.	<i>Tolstoy V.P., Chernyshova I.V., Skryshevsky V.A. Handbook of IR spectroscopy of ultra thin films. / NY.: Wiley&Sons. 2003. 710 p.</i>
5.	<i>Скрышевский В.А., Толстой В.П. Инфракрасная спектроскопия полупроводниковых структур. / Киев.: Изд. КГУ им. Шевченко. 1991. 188 с</i>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
6.	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ
7.	http://www.moodle.vsu.ru
8.	https://e.lanbook.com – ЭБС «Лань»
9.	https://biblioclub.ru – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
10.	www.iprbookshop.ru – ЭБС «IPRbooks»
11.	https://elibrary.ru – Научная электронная библиотека

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
12.	Середин, Павел Владимирович. Новые физические явления в гетероструктурах на основе полупроводников АЗВ5: перспективные подходы к созданию оптоэлектроники будущего / П.В. Середин. — Москва : НОВЫЙ ИНДЕКС, 2015. — 219 с. : ил., табл. — Библиогр.: с.204-219.
13.	Физика полупроводников и диэлектриков : учебно-методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: П.В. Середин, А.Н. Лукин. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2020. — 35 с. : ил., табл
14.	Исследование особенностей атомного и электронно-энергетического строения металлов, полупроводников и диэлектриков [Электронный ресурс] : учебно-

	методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Ю.А. Юраков [и др.] .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021 .— Загл. с титул. экрана .— Свободный доступ из интрасети ВГУ
15.	Нечипоренко А.П., Орехова С.М., Плотникова Л.В., Глазачева Е.Н., Волкова К.В., Успенская М.В. Специализированный практикум по физикохимическим методам анализа: электронная и ИК-спектроскопия отражения, люминесцентная и рентгенофлуоресцентная спектроскопия, рефрактометрия, термометрия, кинетическая рН-метрия, индикаторный метод – РЦА. Теория и практика. Часть II. Учебно-методическое пособие. – СПб.: университет ИТМО, 2016. – 181 с. https://books.ifmo.ru/file/pdf/2090.pdf
16.	ИК спектроскопия [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие для вузов : [для студ. 4 и 5 к. высш. проф. образования дневного отд-ния хим. фак. специальности 020101 - Химия] / Воронеж. гос. ун-т ; [сост.: О.Ф. Стоянова и др.] .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2010 .— Загл. с титул. экрана .— Электрон. версия печ. публикации .— Свободный доступ из интрасети ВГУ .— Текстовый файл Adobe Acrobat Reader. <URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-167.pdf>.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные работы, групповые консультации, индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория инфракрас-ной спектроскопии ЦКПНО ВГУ
Лаборатория спецпрактикумов кафедры ФТТиНС
ИК-Фурье спектрометр Vertex-70 (Bruker);
ИК-Фурье спектрометр MPA (Bruker);
Спектрофотометр LAMBDA_650 (Perki-nElmer);
Ноутбук ToshibaSatelliteA200-1M5,
Проектор InFocusLP70+;
Мультимедийная доска TriumphBord78”MultiTouch;
Microsoft Windows 7 (договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019);
Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Лабораторная работа 1	ПК-1, ПК-2	ПК-1.1, ПК-2.1	Лабораторная работа №1
2.	Лабораторная работа 2	ПК-1, ПК-2	ПК-1.1, ПК-2.1	Лабораторная работа №2
3.	Лабораторная работа 3	ПК-1, ПК-2	ПК-1.1, ПК-2.1	Лабораторная работа №3
4.	Лабораторная работа 4	ПК-1, ПК-2	ПК-1.1, ПК-2.1	Лабораторная работа №4
5.	Лабораторная работа 5	ПК-1, ПК-2	ПК-1.1, ПК-2.1	Лабораторная работа №5
6.	Лабораторная работа 6	ПК-1, ПК-2	ПК-1.1, ПК-2.1	Лабораторная работа №6
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень вопросов

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: отчеты о выполнении лабораторных работ.

Перечень тем лабораторных работ

Лабораторная работа №1	Оптическая схема и работа ИК спектрофотометра VERTEX-70 Bruker
Лабораторная работа №2	Работа с жидкими пробами, твердыми веществами, газами.
Лабораторная работа №3	Спектроскопия нарушенного полного внутреннего отражения.
Лабораторная работа №4	Анализ эпитаксиальных гетероструктур при проведении съемки на отражение в далекой ИК области спектра вблизи полосы остаточных лучей, с возникновением однофонного резонанса.
Лабораторная работа №5	Количественный анализ полупроводниковых низкоразмерных структур методом ИК-спектроскопии
Лабораторная работа №6	Моделирование спектров полупроводниковых низкоразмерных структур в приближении однофонного резонанса и в модели “пленка-подложка”

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения лабораторных работ, на основе которых выставляется предварительная оценка *зачтено/не зачтено*.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала предварительных оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для выполнения лабораторных работ	Повышенный уровень	<i>Зачтено</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении лабораторных работ	–	<i>Не зачтено</i>

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов к зачету

1. Особенности и преимущества спектроскопии с преобразованием Фурье.
2. Источники излучения. Оптические системы
3. Работа с жидкими пробами, твердыми веществами, газами
4. Приемники излучения. Оптические материалы.
5. Оптическая схема и работа ИК спектрофотометра VERTEX-70 Bruker
6. Спектроскопия нарушенного полного внутреннего отражения; Физические основы метода.
7. Техника эксперимента спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения.
8. Анализ эпитаксиальных гетероструктур при проведении съемки на отражение в далекой ИК области спектра вблизи полосы остаточных лучей, с возникновением однофонного резонанса.
9. Приближение однофонного резонанса для расчета спектра бинарного кристалла.
10. Приближение пленка-подложка для расчета спектра полупроводниковых систем пониженной размерности.
11. Оптическая схема и работа ИК спектрофотометра MPA Bruker

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет. В приложение к диплому вносится оценка *зачтено/ не зачтено*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Физика полупроводников и диэлектриков» осуществляется по следующим показателям:

- качество и своевременность выполнения лабораторных работ;

- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «ИК-спектроскопии систем пониженной размерности»:

– оценка *зачтено* выставляется при полном соответствии работы студента всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углубленному) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень;

– оценка *не зачтено* выставляется в случае несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «ИК-спектроскопии систем пониженной размерности» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *не зачтено*.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.