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)

03.06.2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.06 Физический практикум по физике наносистем

1. Код и наименование направления подготовки:

03.04.02 Физика

2. Профиль подготовки:

Физика наносистем

3. Квалификация (степень) выпускника: Магистр

4. Форма обучения: Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы: Терновая В.Е.., к.ф.-м.н., доцент

7. Рекомендована:

НМС физического факультета ВГУ от 30.05.25 г. протокол №5

8. Учебный год: 2025-2026, 2026-2027 **Семестр(ы):** 2, 3

9.Цели и задачи учебной дисциплины:

Цели учебной дисциплины – формирование у обучающихся знаний об основных видах вычислительной работы в физике твердого тела, подготовка обучающихся к решению научно-исследовательских задач с помощью компьютерного моделирования.

Задачи учебной дисциплины:

- изучить основные виды вычислительной работы в физике твердого тела;
- сформировать умения, необходимые для проведения вычислительного эксперимента без использования специальных программных пакетов для моделирования физических систем;
- приобрести навыки решения научно-исследовательских задач с помощью компьютерного моделирования.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Дисциплина «Физический практикум по физике наноструктур» является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1.

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-5	способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки	знать: - основы современных вычислительных методов, применяемых в физике; уметь: - проводить вычислительный эксперимент в области физики твердого тела; владеть: - навыками программирования на языке высокого уровня.
ПК-2	способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	знать: - законы общей и теоретической физики, физики низкоразмерных систем; уметь: - использовать знание законов общей и теоретической физики, физики низкоразмерных систем для решения научно-инновационных задач; владеть: - разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. – 4/144.

Форма промежуточной аттестации зачет, зачет с оценкой

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		2 семестр	3 семестр	
Аудиторные занятия	40	28	12	
в том числе: лекции				
практические				
лабораторные	40	28	12	
Самостоятельная работа	104	80	24	
Форма промежуточной аттестации	зачет, зачет с оценкой	зачет	зачет с оценкой	
Итого:	144	108	36	

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лабораторные работы		
1	Кинетические параметры полупроводников с параболической зоной	Концентрация носителей заряда в полупроводниках с параболической зоной. Расчет интегралов Ферми. Вычисление кинетических параметров. Приближенное решение кинетического уравнения.
2	Кинетические параметры полупроводников с непараболической зоной.	Концентрация носителей заряда в полупроводниках с непараболической зоной. Расчет обобщенных интегралов Ферми. Вычисление кинетических параметров. Приближенное решение кинетического уравнения.
3	Диффузионные параметры полупроводников	Уравнение диффузии. Коэффициент диффузии. Энергия активации диффузии. Расчет диффузионных параметров полупроводников с помощью метода наименьших квадратов.
4	Зонная структура халькогенидов свинца	Термоинверсия экстремумов валентной зоны. Легкие и тяжелые дырки. Коэффициент Холла и электропроводность в случае двух типов дырок. Расчет параметров зонной структуры с помощью метода наименьших квадратов.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Кинетические параметры полупроводников с параболической зоной			14	40	54
2	Кинетические параметры полупроводников с непараболической зоной.			14	40	54
3	Диффузионные параметры полупроводников			6	12	18
4	Зонная структура халькогенидов свинца			6	12	18
	Итого:			40	104	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Изучение дисциплины «Специальный физический практикум» предусматривает осуществление учебной деятельности, состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Дисциплина «Специальный физический практикум» реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Самостоятельная работа студентов 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 вос-

приятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа студента 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 студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу студентов и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность студентов 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 студента по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако, как бы хорошо не обучались учащиеся 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 студента 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).

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии (по образовательным формам): лабораторные и 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.).

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 лабораторные занятия 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 дисциплины – 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.

Самостоятельная работа студента-магистра при изучении дисциплины «Специальный физический практикум» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение рефератов, подбор, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы, подготовку к зачету.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики / А.И. Ансельм. – СПб. [и др.]: Лань, 2007. – 423 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Колдаев В.Д. Численные методы и программирование / В.Д. Колдаев. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2009. – 336.
3	Гулд Х. Компьютерное моделирование в физике: В 2 ч. Ч. 1 / Х. Гулд, Я. Тобочник. – М.: Мир, 1990. – 349 с.
4	Гулд Х. Компьютерное моделирование в физике: В 2 ч. Ч. 2 / Х. Гулд, Я. Тобочник. – М.: Мир, 1990. – 399 с.
5	Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников / А.И. Ансельм. – М.: Наука, 1978. – 615 с.
6	Фогельсон Р.Л. Термодинамическая и кинетическая теория диффузии / Р.Л. Фогельсон. – Воронеж: ВГУ, 1992. – 85 с.
7	Равич Ю.И. Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца PbTe, PbSe и PbS / Ю.И. Равич, Б.А. Ефимова, И.А. Смирнов. – М.: Наука, 1968. – 382 с.

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

№ п/п	Ресурс
8.	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ
9.	http://www.moodle.vsu.ru
10.	https://elibrary.ru – Научная электронная библиотека
11.	https://lanbook.com – ЭБС «Лань»
12.	https://biblioclub.ru – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
13.	www.iprbookshop.ru – ЭБС «IPRbooks»
14.	https://edu.vsu.ru □ Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

*** Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы**

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Задачи по численным методам: учебно-методическое пособие / С.И. Курганский, О.И. Дубровский, Е.Р. Лихачев. - Воронеж: Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2013. - 32 с.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

№ п/п	Источник
1	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ

2	http://www.moodle.vsu.ru
3	https://elibrary.ru – Научная электронная библиотека
4	https://lanbook.com – ЭБС «Лань»
5	https://biblioclub.ru – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
6	www.iprbookshop.ru – ЭБС «IPRbooks»
7	https://edu.vsu.ru Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория компьютерных технологий, САПР и математического моделирования кафедры физики твердого тела и наноструктур.
Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-5	Знать: основы современных вычислительных методов, применяемых в физике	1-4	Лабораторные работы
	Уметь: проводить вычислительный эксперимент в области физики твердого тела	1-4	Лабораторные работы
	Владеть: навыками программирования на языке высокого уровня	1-4	Лабораторные работы
ПК-2	Знать: законы общей и теоретической физики, физики низкоразмерных систем	1-4	Лабораторные работы
	Уметь: использовать знание законов общей и теоретической физики, физики низкоразмерных систем для решения научно-инновационных задач	1-4	Лабораторные работы
	Владеть: разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач	1-4	Лабораторные работы
Промежуточная аттестация			КИМ

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет (2 семестр), зачет с оценкой (3 семестр).

Оценка уровня освоения дисциплины «Специальный физический практикум» осуществляется по следующим показателям:

- качество выполнения студентом лабораторных работ;

- качество материалов, представленных в отчетах студента по лабораторным работам;

- полнота и качество ответов студента на вопросы при текущем контроле - собеседование, отчёт по лабораторной работе, защита лабораторных работ.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – "зачтено", "не зачтено"; на зачете с оценкой - «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценки освоения дисциплины «Компьютерное моделирование физических процессов»:

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности	Шкала оценок

	компетенций	
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 решения практических задач при выполнении лабораторных работ	*Повышенный уровень*	*Отлично*
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении лабораторных работ и ответах на вопросы при текущем контроле	*Базовый уровень*	*Хорошо*
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен выполнять лабораторные задания, допускает ошибки при ответах на вопросы при текущем контроле	*Пороговый уровень*	*Удовлетворительно*
Неудовлетворительное выполнение лабораторных работ. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные теоретические знания, низкое качество работы при выполнении лабораторных заданий, допускает грубые ошибки при ответах на вопросы при текущем контроле	–	*Неудовлетворительно*

Отметка *зачтено* выставляется в случае, когда работа студента соответствует повышенному, базовому или пороговому уровню сформированности компетенций. Отметка *не зачтено* выставляется в случае несформированности компетенций.

19.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.2 Перечень практических заданий

1. Расчет кинетических параметров полупроводников с параболической зоной.
2. Расчет кинетических параметров полупроводников с непараболической зоной.
3. Расчет диффузионных параметров полупроводников.
4. Расчет параметров зонной структуры халькогенидов свинца.

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме собеседования при выполнении лабораторных работ.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя 4 лабораторных работы.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.

Программа рекомендована НМС физического факультета протокол № 6 от 30.05.2023