

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)
01.03.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ФТД.01 Проблемы электронного строения современных материалов

1. Код и наименование направления подготовки:

03.04.02 Физика

2. Профиль подготовки:

Физика передовых технологий производства изделий микро- и нанoeлектроники

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы:

Середин Павел Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент

7. Рекомендована:

кафедрой физики твердого тела и наноструктур, протокол от 23.03.2023 №2

8. Учебный год: 2025/2026

Семестр: третий

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

получение представления о связи фундаментальных свойств кристаллов и аморфных твердых тел с их атомным строением; о влиянии ближнего и дальнего порядка на электронную структуру твердого тела, его кристаллическое строение, тип химической связи и структурный тип вещества

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Курс "Проблемы электронного строения современных материалов" относится к вариативной части факультативных дисциплин. Курс связан со всеми изучаемыми дисциплинами как общеобразовательного плана, так и специальными.

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-6 | способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе | знать основные определения и свойства кристаллического строения твердых тел, отличающие его от разупорядоченных структур и аморфных твердых тел; должен знать основы теоретико-группового аппарата; уметь правильно его применять для описания различных кристаллических классов; знать классификацию дефектов в кристаллах и основные типы химической связи; уметь описывать различные механические, оптические и электрофизические свойства кристаллов тензорами различного ранга. |
| ПК-2 | способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности | |
| ПК-3 | способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности | |

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

Форма промежуточной аттестации Зачет

13. Виды учебной работы

| Вид учебной работы | Трудоемкость | | | |
|---|--------------|--------------|------------|-----|
| | Всего | По семестрам | | |
| | | 2 семестр | № семестра | ... |
| Аудиторные занятия | 28 | 28 | | |
| в том числе: лекции | 28 | 28 | | |
| практические | – | – | | |
| лабораторные | – | – | | |
| Самостоятельная работа | 44 | 44 | | |
| Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – __ час.) | – | – | | |
| Итого: | 72 | 72 | | |

13.1. Содержание дисциплины

| п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела дисциплины |
|------------------|---------------------------------|---|
| 1. Лекции | | |
| 1 | Раздел 1 | Некоторые элементы теории групп и классификация электронных состояний |
| 2 | Раздел 2 | Точечные группы и их представления. Элементы точечной группы |
| 3 | Раздел 3 | Сtereографическая проекция. Обозначения Германа/Морена |
| 4 | Раздел 4 | Регулярное представление. Приведение регулярного представления. Характеры групп |
| 5 | Раздел 5 | Составление таблиц характеров основных точечных групп. Составление таблиц характеров основных точечных групп |
| 6 | Раздел 6 | Классификация состояния в точках высокой симметрии в зоне Бриллюэна. Соотношение совместимости |
| 7 | Раздел 7 | Энергетические зоны в модели свободных электронов |
| 8 | Раздел 8 | Функция плотности состояний и методы ее исследования. Плотности состояний поверхность Ферми (приближение пустой решетки), уровень Ферми |
| 9 | Раздел 9 | Некоторые экспериментальные методы исследования плотности состояний. Рентгеноэлектронный метод |
| 10 | Раздел 10 | Оптический метод. Связь распределения интенсивности рентгеновских рентгеноэлектронных и оптических спектров с плотностью состояний |

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Виды занятий (часов) | | | | |
|-------|--|----------------------|--------------|--------------|------------------------|-------|
| | | Лекции | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | Всего |
| | Раздел 1 | 3 | | | 4 | 7 |
| | Раздел 2 | 3 | | | 4 | 7 |
| | Раздел 3 | 3 | | | 4 | 7 |
| | Раздел 4 | 3 | | | 4 | 7 |
| | Раздел 5 | 3 | | | 4 | 7 |
| | Раздел 6 | 3 | | | 4 | 7 |
| | Раздел 7 | 3 | | | 4 | 7 |
| | Раздел 8 | 3 | | | 4 | 7 |
| | Раздел 9 | 2 | | | 6 | 8 |
| | Раздел 10 | 2 | | | 6 | 8 |
| | Итого: | 28 | – | – | 44 | 72 |

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные занятия; 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 лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов. Чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных 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 лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – 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.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;
- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;
- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и неизвестное, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;
- записывать надо сжато;
- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, участием в лабораторных занятиях, подготовкой и сдачей экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки бакалавров. 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 практической 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.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных обучающимся знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе

является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

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).

Дисциплина «Проблемы электронного строения современных материалов

» реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

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

а) основная литература:

| № п/п | Источник |
|-------|---|
| 1 | <i>Парфенова, Елена Леонидовна. Физические основы микро- и наноэлектроники : учебное пособие : [для студ. вузов, обуч. по специальности 200101 "Приборостроение"] / Е.Л. Парфенова, Л.А. Терентьева, М.Г. Хусаинов. — Ростов-на-Дону : Феникс, 2012. — 234, [1] с. : ил. — (Высшее образование). — Библиогр.: с.231</i> |
| 2 | <i>Самойлов А.М. Структурная химия и кристаллохимия: сборник задач и упражнений: учебно-методическое пособие для студ. вузов./ А.М. Самойлов. - ВГУ.: Воронеж, 2013. - 94 с.</i> |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник |
|-------|--|
| 1. | Суворов, Э. В. Материаловедение: методы исследования структуры и состава материалов : учебное пособие для академического бакалавриата / Э. В. Суворов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 180 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06011-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/410906 (дата обращения: 10.09.2020). |

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

| № п/п | Ресурс |
|-------|--|
| 1. | www.lib.vsu.ru - ЗНБ ВГУ |
| 2. | <i>Федоров А.В. Физика и технология гетероструктур, оптика квантовых наноструктур: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. - 195 с.</i> http://window.edu.ru/resource/740/63740 |
| 3. | https://edu.vsu.ru – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ" |

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

| № п/п | Источник |
|-------|--|
| 1. | www.lib.vsu.ru - ЗНБ ВГУ |

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

Необходимо пользоваться возможностью интерактивного проведения лекций, задавать вопросы, высказываться по проблематике материала. На занятиях выполнение учебных заданий осуществляется в аудитории и дома. Обязательно посещение текущих аттестаций. <https://edu.vsu.ru> – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционная аудитория

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-6 ПК-2 ПК-3 | знать основные определения и свойства кристаллического строения твердых тел, отличающие его от разупорядоченных структур и аморфных твердых тел; должен знать основы теоретико-группового аппарата; уметь правильно его применять для описания различных кристаллических классов; знать классификацию дефектов в кристаллах и основные типы химической связи; уметь описывать различные механические, оптические и электрофизические свойства кристаллов тензорами различного ранга. | Раздел 1 | Устный опрос |
| | | Раздел 2 | |
| | | Раздел 3 | |
| | | Раздел 4 | |
| | | Раздел 5 | |
| | | Раздел 6 | |
| | | Раздел 7 | |
| | | Раздел 8 | |
| | | Раздел 9 | |
| | | Раздел 10 | |
| Промежуточная аттестация - зачет | | | КИМ |

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

| Критерии оценивания компетенций | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок |
|---|--------------------------------------|--------------|
| Студент проявляет знания основных понятий, определений и теорем. По зачетной контрольной работе имеет положительную оценку. | Пороговый уровень | зачтено |
| Во всех остальных случаях | – | не зачтено |

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

19.3.1 Перечень вопросов к зачету

Физика наноструктур основные типы композиционных гетероструктур.

Одиночный гетеропереход, квантовая яма, барьер, системы квантовых ям и барьеров, сверх-решетки.

Квантовые проволоки и квантовые ямы; гетероструктуры I, II и III родов.

Описание электронных состояний гетероструктур методом огибающей.

Резонансное туннелирование; гетеролазеры на межзонных переходах.

Униполярные лазеры на межзонных переходах; оптические свойства гетероструктур.

Фотонные кристаллы; целочисленный и дробный квантовые эффекты Холла (промежуточная статистика и дробные заряды);

Мезоскопические системы.

Баллистический транспорт; слабая локализация.

Кулоновская блокада туннелирования; нанокластеры.

Электронная структура и физические свойства фуллеренов и нанотрубок; магнитные наноструктуры.

Гигантское магнитосопротивление и спин-зависящее тунелирование.

Материалы и методы нанотехнологии.

Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы.

Гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов.

Молекулярно-лучевая эпитаксия, эпитаксия металлоорганических соединений из газовой фазы.

Коллоидные растворы, золь-гель технология, методы молекулярного наслаивания.

Электрохимические методы, сверхбыстрое охлаждение, сверхтонкие пленки металлов и диэлектриков.

Методы получения упорядоченных наноструктур.

Искусственное нанормообразование, самоорганизация при эпитаксиальном росте.

Методы синтеза нанокристаллов осаждением в наноструктурированные матрицы.

Пучковые методы нанолитографии: электронная, ионная, рентгеновская.

Радиационные методы формирования наноструктур: образование наноструктур при кристаллизации аморфизированных слоев.

Формирование квантовых точек и проволок при ионном синтезе.

Методы зондовой нанотехнологии.

Контактное и бесконтактное формирование нанорельефа поверхности подложек.

Локальная глубинная модификация поверхности подложек.

Межэлектродный массоперенос с нанометровым разрешением.

Модификация свойств среды в зазоре между туннельным зондом и подложкой; электрохимический массоперенос.

Массоперенос из газовой фазы; локальное анодное окисление; атомная структура и микромеханика нанотрубок на подложках.

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: выполнения лабораторных работ.

Критерии оценивания приведены выше.

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

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и степень сформированности умений и навыков.

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