

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.О.18 Введение в физику твердого тела

1. Код и наименование направления подготовки:

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

2. Профиль подготовки: Интегральная электроника и нанoeлектроника

3. Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

4. Форма обучения: Очная

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

6. Составители программы: доцент Кашкаров В.М., д.ф.-м.н.

7. Рекомендована:

НМС физического факультета ВГУ протокол № 5 от 30.05.2025г.

8. Учебный год: 2026-2027

Семестр(ы): 4

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель дисциплины – формирование базовых знаний, умений, навыков и компетенций, в области физики конденсированного состояния вещества для объяснения основных понятий строения твердого тела, физики твердого тела.

Задачи дисциплины:

- Изучение основных физических явлений и понятий, лежащих в основе принципов изучения физики конденсированного состояния вещества, физики твердого тела;
- Изучение основных физических законов, лежащих в основе принципов изучения физики твердого тела;

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Дисциплина “Введение в физику твердого тела” является дисциплиной профессионального цикла и относится к базовой

части. Индекс Б1. Дисциплина “Введение в физику твердого тела” основывается на дисциплинах модулей “Общая физика” (Б1.Б.05), “Теоретическая физика” (Б1.Б.07).

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	
ПК-3	готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований	Знать: - области, относящиеся к физике твердого тела, в том числе для исследований широкого ряда современных перспективных наноматериалов и наноструктур Уметь: - выбирать методы и подходы физики твердого тела для применения при изучении свойств твердых тел. Владеть: - физическими основами физики твердого тела.
ПК-4	способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3/108.

Форма промежуточной аттестации курсовая работа, зачет

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		В том числе в интерактивной форме	4 семестр	
Аудиторные занятия	180		180	
в том числе: лекции	34		18	
практические				
лабораторные	50		50	
Самостоятельная работа	60		60	
Форма промежуточной аттестации				
Итого:				

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1	Физические основы кристаллографии.	Трансляционная симметрия кристаллов. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.
2	Основные понятия физики твердого тела.	Электроны в периодическом потенциале. Теорема Блоха. Одноэлектронное приближение. Граничные условия Борна-Кармана. Ферми газ свободных электронов. Свободные электроны в одномерной периодической решетке.
3	Зонная теория.	Приближение "связанных" электронов. Приближение "несвязанных" или свободных электронов. Прямые и

		непрямые переходы. Поверхность Ферми. Плотность электронных состояний в кристалле. Эффективная масса квазичастиц. Метод сильной связи. Метод ортогонализированных плоских волн. Метод псевдопотенциала, метод присоединенных плоских волн. Уравнение Хартри-Фока. Приближение Борна-Оппенгеймера, Приближение Хартри, Приближение Хартри-Фока, спинорные орбитали, оператор Хартри-Фока, решение уравнения Хартри-Фока, Орбитали Хартри-Фока, физический смысл оператора Хартри-Фока.
2. Лабораторные работы		
1	Лабораторная работа 1	Структура и состав твердых тел
2	Лабораторная работа 2	Кристаллическое строение твердых тел
3	Лабораторная работа 3	Атомное строение твердого тела
4	Лабораторная работа 4	Электронное строение твердого тела

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)					
		Лекции	Практические	Лабораторные	Сам. работа	Контроль	Всего
1	Физические основы кристаллографии.	4		9	20		33
2	Основные понятия физики твердого тела.	3		4	27		34
3	Зонная теория.	10		4	27		41
	Итого:	17		17	74		108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Введение в физику твердого тела» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Дисциплина «Введение в физику твердого тела» 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. 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 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.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных студентом 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 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): лекции 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.).

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-бакалавров. Студентам, 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 незнакомое, 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, подбором, изучением, анализом и конспектированием рекомендованной литературы, подготовкой и сдачей экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа студента-бакалавра при изучении дисциплины «Введение в физику твердого тела» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение курсовой работы, подбор, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы, подготовку к итоговой аттестации.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Киттель Ч., Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель. - М. : Медиастар, 2006. - 790 с.
2	П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов, Физика твердого тела / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов - М. : Высш.шк., 2000. - 493 с.
3	Шаскольская М.П., Кристаллография / М.П. Шаскольская - М. : Высш.Шк., 1984. - 375 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Киттель Ч., Элементарная физика твердого тела / Ч. Киттель. - М. : Наука, 1965. - 366 с.
2	Блейкмор Д., Физика твердого тела / Д. Блейкмор. - М. : Мир, 1988. - 608 с.

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

№ п/п	Ресурс
1	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека 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	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы
(учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Куттель Ч., Введение в физику твердого тела / Ч. Куттель. - М. : Медиастар, 2006. - 790 с.
2	П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов, Физика твердого тела / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов - М. : Высш.шк., 2000. - 493 с.
3	Шаскольская М.П., Кристаллография / М.П. Шаскольская - М. : Высш.Шк., 1984. - 375 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 – Зональная научная библиотека 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	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. рентгеновские спектрометры, рентгеновские дифрактометры кафедры физики твердого тела и наноструктур ВГУ
 2. мультимедийная система представления презентационного материала: проекционное оборудование, демонстрационный экран, ноутбук.
 3. беспроводной доступ в локальную компьютерную сеть ВГУ, глобальную информационно-коммуникационную сеть Интернет.
 4. Интернет ресурсы ВГУ, отечественных и международных научных центров, электронных баз данных, электронных библиотек, наукометрических систем.
- 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)
ПК-3 ПК-4	Знать: - области, относящиеся к физике твердого тела, в том числе для исследований широкого	Физические основы кристаллографии. Основные понятия	Темы курсовых работ. Комплект КИМ.

	ряда современных перспективных наноматериалов и наноструктур	физики твердого тела. Зонная теория.	
	Уметь: - выбирать методы и подходы физики твердого тела для применения при изучении свойств твердых тел.	Физические основы кристаллографии. Основные понятия физики твердого тела. Зонная теория.	Темы курсовых работ. Комплект КИМ.
	Владеть: - физическими основами физики твердого тела.	Физические основы кристаллографии. Основные понятия физики твердого тела. Зонная теория.	Темы курсовых работ. Комплект КИМ.
Промежуточная аттестация			Комплект КИМ.

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

Для оценивания результатов обучения на экзамене/зачете используются следующие показатели.

Знания:

- областей, относящихся к физике твердого тела, в том числе для исследований широкого ряда современных перспективных наноматериалов и наноструктур

Умения:

- выбирать методы и подходы физики твердого тела для применения при изучении свойств твердых тел.

Владение:

- физическими основами физики твердого тела.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено
Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное 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	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Работа студента при освоении дисциплины не соответствует одному из перечисленных показателей или в случае предоставления отчетов по лабораторным работам позже установленного срока. Соответствует повышенному (продвинутому) уровню сформированности компетенций: компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень	<i>Базовый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Работа студента при освоении дисциплины не соответствует любым двум из перечисленных показателей. Соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого качества	–	<i>Не зачтено</i>

работы при выполнении лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины		
---	--	--

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Введение в физику твердого тела» 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.

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 (Тем курсовых работ, с углублением объема представляемой информации):

1. Трансляционная симметрия кристаллов.
2. Обратная решетка.
3. Зоны Бриллюэна.
4. Электроны в периодическом потенциале.
5. Теорема Блоха.
6. Одноэлектронное приближение.
7. Граничные условия Борна-Кармана.
8. Ферми газ свободных электронов.
9. Свободные электроны в одномерной периодической решетке.
10. Зонная теория.
11. Приближение "связанных" электронов.
12. Приближение "несвязанных" или свободных электронов.
13. Прямые и не прямые переходы.
14. Поверхность Ферми.
15. Плотность электронных состояний в кристалле.
16. Эффективная масса квазичастиц.
17. Метод сильной связи.
18. Метод ортогонализированных плоских волн.
19. Метод псевдопотенциала, метод присоединенных плоских волн.
20. Уравнение Хартри-Фока.
21. Приближение Борна-Оппенгеймера.
22. Приближение Хартри.
23. Приближение Хартри-Фока, спинорные орбитали, оператор Хартри-Фока.

19.3.3 Тестовые задания

Усовершенствование научного понятийного и презентационного материала

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 формах: устного опроса (доклады) и 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.

При оценивании используются количественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.

