Министерство просвещения Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет
имени И. Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Факультет физико-математического и технологического образования
Кафедра физики и технических дисциплин

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической работе
_____ С.Н. Титов
«_25_» __июня___ 2021 г.

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Программа учебной дисциплины модуля
Специальные разделы предметной области

основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата по направлению подготовки
44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки),

направленность (профиль) образовательной программы
Физика. Математика

(очная форма обучения)

Составитель: Кошелев Н. А.,
к. ф.-м. н., доцент, доцент кафедры физики и технических дисциплин

Рассмотрено и одобрено на заседании ученого совета факультета физико-математического и технологического образования, протокол от 21 июня 2021г. № 7

Ульяновск, 2021

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 01D77C644FC1E54000000006381D0002
Владелец: Титов Сергей Николаевич
Действителен: с 19.07.2021 до 19.07.2022

Дисциплина «Физика твердого тела» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1. Дисциплины (модули) модуля Специальные разделы предметной области учебного плана основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленность (профиль) образовательной программы «Физика. Математика», очной формы обучения.

Дисциплина опирается на результаты обучения ряда дисциплин учебного плана, изученных обучающимися в 3-9 семестрах: «Общая и экспериментальная физика», «Основы теоретической физики».

1. Перечень планируемых результатов обучения (образовательных результатов) по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Физика твердого тела» является подготовка бакалавра, владеющего современными теоретическими знаниями, методами научно-исследовательской работы и прикладной деятельности в области квантовой оптики наноструктур.

Задачей освоения дисциплины получение студентами набора знаний, умений и навыков по квантовой оптике наноструктур, которые обеспечивают полноценное освоение основных понятий и современных представлений, методов и приложений физики твердого тела.

В результате изучения дисциплины "Физика твердого тела" студент должен:
знать основы теории физики твердого тела;
уметь решать задачи физики твердого тела;
владеть способами решения задач физики твердого тела.

Процесс изучения дисциплины "Физика твердого тела" направлен на расширение научного кругозора и эрудиции студентов на базе изучения явлений и законов физики твердого тела.

В результате освоения программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине «Физика твердого тела» (в таблице представлено соотнесение образовательных результатов обучения по дисциплине с индикаторами достижения компетенций):

Компетенция и индикаторы её достижения в дисциплине	Образовательные результаты дисциплины (этапы формирования дисциплины)		
	знает	умеет	владеет
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач. УК-1.1. Демонстрирует знание особенностей системного и критического мышления и готовность к нему. УК-1.2. Применяет логические формы и процедуры, способен к рефлексии по поводу собственной и чужой мыслительной деятельности. УК-1.3. Анализирует источник информации с точки зрения временных и пространственных условий его возникновения. УК-1.4. Анализирует ранее сложившиеся в науке оценки информации. УК-1.5. Сопоставляет разные источники информации с целью выявления их противоречий и поиска достоверных суждений.	ОР-1 знает основы теории физики твердого тела;	ОР-2 умеет решать задачи физики твердого тела;	ОР-3 владеет способами решения задач физики твердого тела.

ПК-11. Способен использовать теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в предметной области (в соответствии с профилем и уровнем обучения) и в области образования. ПК-11.1. Знает основные научные понятия и особенности их использования, методы и приёмы изучения и анализа литературы в предметной области; основы организации исследовательской деятельности; основные информационные технологии поиска, сбора, анализа и обработки данных; интерпретирует явления и процессы в контексте общей динамики и периодизации исторического развития предмета, с учетом возможности их использования в ходе постановки и решения исследовательских задач. ПК-11.2. Умеет самостоятельно и в составе научного коллектива решать конкретные задачи профессиональной деятельности; самостоятельно и под научным руководством осуществлять сбор и обработку информации; способен применять полученные знания для объяснения актуальных проблем и тенденций развития предмета; проводить исследовательскую работу в соответствии с индивидуальным планом. ПК-11.3. Владеет базовыми представлениями о принципах организации и осуществления исследований, практическими навыками осуществления исследований; применяет навыки комплексного поиска, анализа и систематизации информации по изучаемым проблемам с использованием научной и учебной литературы, информационных баз данных. ПК-12 - Способен выделять структурные элементы, входящие в систему познания предметной области (в соответствии с профилем и уровнем обучения), анализировать их в единстве содержания, формы и выполняемых функций. ПК-12.1. Знает формулировки определений, содержательное значение терминов и понятий предметной области, правила и алгоритмы оперирования с объектами предметной области,			

понимает взаимосвязь между структурными элементами; имеет представление о функциях и практическом применении изучаемых объектов. ПК-12.2. Умеет выделять и анализировать структурные элементы, входящие в систему познания предметной области; определять логическую взаимосвязь между компонентами предметной области; строить логически верные и обоснованные рассуждения; решать задачи предметной области. ПК-12.3. Владеет профессиональной терминологией и основами профессиональной речевой культуры; методами доказательных рассуждений; методами анализа изучаемых объектов, методами систематизации и структурирования знаний в предметной области, основами моделирования в предметной области.			

2. ***Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся***

Номер семестра	Учебные занятия						Форма промежуточной аттестации
	Всего		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные занятия, час	Самостоятельная работа, час	
	Трудоемк.						
	Зач. ед.	Часы					
9	2	72	12	0	20	40	зачёт
Итого:	2	72	12	0	20	40	

3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

3.1.Указание тем (разделов) и отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Наименование раздела и тем	Количество часов по формам организации обучения			
	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
9 семестр				

Тема 1. Введение. Геометрия кристаллической решетки: основные понятия, классификация, связь с теорией групп.	2	0	6	8
Тема 2. Химические связи в кристаллах.	2	0	2	6
Тема 3. Теплоемкость кристаллов.	0	0	4	
Тема 4. Зонная теория электронных состояний в идеальном кристалле.	2	0	4	6
Тема 5. Зонная теория для кристаллов во внешних полях. Электроны и дырки.	2	0	0	2
Тема 6. Статистика электронов и дырок с изотропным параболическим законом дисперсии.	2	0	2	6
Тема 7. Кинетические процессы.	2	0	2	8
Итого по 9 семестру	**12**	**0**	**20**	**40**
Всего по дисциплине:	**12**	**0**	**20**	**40**

3.2. Краткое описание содержания тем (разделов) дисциплины

Краткое содержание курса (10 семестр)

Тема 1. Введение. Геометрия кристаллической решетки: основные понятия, классификация, связь с теорией групп.

Физика конденсированного состояния и физика твердого тела. История развития физики твердого тела, ее разделы. Практические применения, физика полупроводников и физика металлов.

Кристаллы и монокристаллы. Монокристалл в пренебрежении тепловым движением и конечностью размеров. Трансляционная симметрия кристалла, элементарная ячейка. Одноатомные и многоатомные элементарные ячейки, простые и сложные кристаллические решетки. Простые кристаллические решетки: решетки Браве. Классификация элементарных ячеек сложных кристаллических решеток по форме: шесть сингоний. Двухмерные и трёхмерные решётки Браве. Примитивные ячейки. Решетки Браве сложных кристаллических решеток. Координатное число. Семь кристаллических систем.

Кристаллические плоскости, индексы Миллера.

Элементы теории групп и симметрия кристаллов. Применение теории групп к трансляционной симметрии кристалла.

Тема 2. Химические связи в кристаллах.

Электронная конфигурация атомов: квантовые числа n, m, l, s; электронные группы s, p, d, f, ...; принцип Паули и вместимость электронных групп; валентные электроны.

Типы химической связи: ионная, ковалентная, ван-дер-ваальсовская.

Строение некоторых кристаллов. Полупроводники без кристаллической решетки.

Энергия связи в кристаллах. Постоянная Маделунга.

Тема 3. Теплоемкость кристаллов.

Теорема о равнораспределении энергии по степеням свободы. Закон Дюлонга и Пти. Закон Неймана-Коппа.

Частота Дебая и температура Дебая. Теплоемкость кристаллической решетки при низких температурах.

Тема 4. Зонная теория электронных состояний в идеальном кристалле.

Основные предположения зонной теории, сведение задачи к одноэлектронной. Квантовомеханическое рассмотрение электрона во внешнем поле, теорема Блоха, квазиимульс и квазиволновой вектор, зоны Бриллюэна. Энергетические зоны. Разрешенные и запрещенные зоны.

Закон дисперсии. Изоэнергетические поверхности. Металлы и полупроводники. Эффективная масса.

Тема 5. Зонная теория для кристаллов во внешних полях. Электроны и дырки.
Средние значения скорости и ускорения электрона в кристаллической решетке.
Электронные состояния с отрицательной эффективной массой, их формальная трактовка как частиц с положительным зарядом. Классическая трактовка электронных состояний с отрицательной эффективной массой в качестве «дырок». Появление дырок с точки зрения зонной теории. Дырки как квазичастицы и как коллективные состояния.
Дефекты кристаллической решетки.
Тема 6. Статистика электронов и дырок с изотропным параболическим законом дисперсии.
Электронный газ в металлах. Распределение квантовых состояний в зонах при изотропном параболическом законе дисперсии. Распределение Ферми-Дирака. Уровень Ферми или электрохимический потенциал, разные интерпретации уровня Ферми.
Температура вырождения. Концентрация электронов и дырок для случаев сильно вырожденных и невырожденных полупроводников.
Случай наличия многозарядных центров в решетке. Распределение Гиббса.
Тема 7. Кинетические процессы.
Кинетические явления в полупроводниках: электропроводность, тензор электропроводности; эффект Холла.
Экспериментальные результаты, связанные с эффектом Холла: электронная и дырочная проводимость. Доноры и акцепторы, собственная и примесная проводимость.
Макроскопические величины и функция распределения, интегральные представления для плотности тока и плотности потока энергии. Задача нахождения неравновесной функции распределения.
Кинетическое уравнение, интеграл столкновений. Длина свободного пробега. Равновесные состояния, принцип детального равновесия. Кинетическое уравнение при малых отклонениях от равновесия.

4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Самостоятельная работа студентов является особой формой организации учебного процесса, представляющая собой планируемую, познавательно, организационно и методически направляемую деятельность студентов, ориентированную на достижение конкретного результата, осуществляемую без прямой помощи преподавателя. Самостоятельная работа студентов является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям и зачёту. Она предусматривает, как правило, разработку рефератов, написание и защиту докладов или проектов, выполнение творческих, индивидуальных заданий в соответствии с учебной программой (тематическим планом изучения дисциплины). Тема для такого выступления может быть предложена преподавателем или избрана самим студентом, но материал выступления не должен дублировать лекционный материал. Реферативный материал служит дополнительной информацией для работы на лабораторных занятиях. Основная цель данного вида работы состоит в обучении студентов методам самостоятельной работы с учебным материалом. Для полноты усвоения тем, вынесенных на лабораторные занятия, требуется работа с первоисточниками. Курс предусматривает самостоятельную работу студентов со специальной научной литературой. Следует отметить, что самостоятельная работа студентов результативна лишь тогда, когда она выполняется систематически, планомерно и целенаправленно.

Задания для самостоятельной работы предусматривают использование необходимых терминов и понятий по проблематике курса. Они нацеливают на практическую работу по применению изучаемого материала, поиск библиографического материала и электронных источников информации, иллюстративных материалов. Задания по самостоятельной работе даются по темам, которые требуют дополнительной проработки.

Общий объём самостоятельной работы студентов по дисциплине включает аудиторную и внеаудиторную самостоятельную работу студентов в течение семестра.

Аудиторная самостоятельная работа осуществляется в форме численного решения теоретических задач по дисциплине. Аудиторная самостоятельная работа обеспечена методическими материалами.

Внеаудиторная самостоятельная работа осуществляется в формах:

- подготовка к устным опросам по теории;
- подготовка к устным докладам по теории;
- численное решение теоретических задач;
- решение домашней контрольной работы;
- подготовка к защите реферата и научных проектов.

Материалы, используемые для текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине

Пример контрольной работы.

Задачи №№ 49.6, 49.16, 50.6б, 50.11 [5].

Контрольная выполняется внеаудиторно, задания выдаются по вариантам.

Критерии оценивания:

за каждую правильно решенную задачу – 8 баллов.

Для самостоятельной подготовки к занятиям по дисциплине рекомендуется использовать учебно-методические материалы:

1. Алтунин, К. К. Молекулярная физика и термодинамика в общей и экспериментальной физике [Текст] : методические рекомендации / ФГБОУ ВО "УлГПУ им. И. Н. Ульянова". - Ульяновск : ФГБОУ ВО "УлГПУ им. И. Н. Ульянова", 2017. - 15 с.

5. Примерные оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Организация и проведение аттестации студента

ФГОС ВО в соответствии с принципами Болонского процесса ориентированы преимущественно не на сообщение обучающемуся комплекса теоретических знаний, но на выработку у бакалавра компетенций – динамического набора знаний, умений, навыков и личностных качеств, которые позволят выпускнику стать конкурентоспособным на рынке труда и успешно профессионально реализовываться.

В процессе оценки бакалавров используются как традиционные, так и инновационные типы, виды и формы контроля. При этом постепенно традиционные средства совершенствуются в русле компетентностного подхода, а инновационные средства адаптированы для повсеместного применения в российской вузовской практике.

Цель проведения аттестации – проверка освоения образовательной программы дисциплины через сформированность образовательных результатов.

Типы контроля:

Текущая аттестация: представлена следующими работами: отчётность по лабораторным занятиям.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и завершает изучение дисциплины; помогает оценить более крупные совокупности знаний и умений, формирование определённых компетенций.

Оценочными средствами текущего оценивания являются: устные опросы по теории, решение задач, физические диктанты, эвристическая беседа по теме занятия, групповое обсуждение темы занятия, защита реферата или проекта, контрольная работа. Контроль усвоения материала ведётся регулярно в течение всего семестра на лабораторных занятиях.

№ п/п	**СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ,** используемые для текущего оценивания показателя формирования компетенции	Образовательные результаты дисциплины
1	**Оценочные средства для текущей аттестации** **ОС-1** устный опрос по теории, **ОС-2** разноуровневые задачи и задания,	ОР-1 знает основы теории физики твердого тела ;

	ОС-3 эвристическая беседа, **ОС-4** групповое обсуждение, **ОС-5** контрольная работа	ОР-2 умеет решать задачи физики твердого тела; ОР-3 владеет способами решения задач физики твердого тела.
2	**Оценочные средства для промежуточной аттестации** **зачёт** **ОС-6** зачёт в форме устного собеседования по вопросам	

Описание оценочных средств и необходимого оборудования (демонстрационного материала), а так же процедуры и критерии оценивания индикаторов достижения компетенций на различных этапах их формирования в процессе освоения образовательной программы представлены в Фонде оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине «Физика твердого тела».

Материалы, используемые для текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине

Материалы для организации текущей аттестации представлены в п. 5 программы.

Материалы, используемые для промежуточного контроля успеваемости обучающихся по дисциплине

ОС-6 Зачёт в форме устного собеседования по вопросам

Перечень вопросов к зачёту

1. Экспериментальные результаты, связанные с эффектом Холла: электронная и дырочная проводимость.
2. Доноры и акцепторы, собственная и примесная проводимость.
3. Простые кристаллические решетки: основные понятия.
4. Классификация элементарных ячеек сложных кристаллических решеток по форме.
5. Кристаллические системы: классификация.
6. Электронная конфигурация атомов, вместимость электронных групп s, p, d, f.
7. Типы химической связи.
8. Закон Дюлонга и Пти.
9. Температура Дебая.
10. Теорема Блоха, квазиимульс и квазиволновой вектор.
11. Зоны Бриллюэна.
12. Энергетические зоны, разрешенные и запрещенные зоны.
13. Эффективная масса.
14. Классическая трактовка электронных состояний с отрицательной эффективной массой в качестве «дырок».
15. Распределение Ферми-Дирака. Уровень Ферми, разные интерпретации уровня Ферми.
16. Случай наличия многозарядных центров в решетке. Распределение Гиббса.
17. Плотность тока, соотношение Эйнштейна.
18. Эффект Холла.
19. Интегральные представления для плотности тока и плотности потока энергии.
20. Кинетическое уравнение, интеграл столкновений.

В конце изучения дисциплины подводятся итоги работы студентов на лекционных и лабораторных занятиях путём суммирования заработанных баллов в течение семестра.

Критерии оценивания знаний обучающихся по дисциплине

Формирование балльно-рейтинговой оценки работы обучающихся

Семестр		Посещение лекций	Посещение лабораторных занятий	Работа на лабораторных занятиях и текущий контроль	Зачёт

10	Разбалловка по видам работ	6 * 1 = 6 баллов	10 * 1 = 10 баллов	152 балла	32 балла
	Суммарный максимальный балл	6 баллов	16 баллов	168 балла	200 баллов

По результатам промежуточных аттестаций студенту засчитывается трудоёмкость в зачётных единицах. Студент по учебной дисциплине получает отметку "зачтено" согласно следующей таблице:

	Баллы (2 зачётные единицы)
«зачтено»	101-200
«не зачтено»	0-100

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное изучение курса требует от студентов посещения лекций, активной работы на лабораторных занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с базовыми учебниками, основной и дополнительной литературой.

Основной формой изложения материала курса являются лекции. Как правило, на лекции выносится основной программный материал курса. Часть материала выносятся для самостоятельного изучения студентами с непременным, сообщением им литературных источников и методических разработок. На практических занятиях рассматривают фрагменты теории, требующие сложных математических выкладок, различные методы решения задач и наиболее типичные задачи. Для закрепления материала, рассматриваемого на практических занятиях, студенты получают домашние задания в виде ряда задач из соответствующих задачников.

На лекциях изучается материал по основополагающим вопросам дисциплины, раскрывается их практическая значимость. В ходе проведения лекции используются приемы и методы проблемного обучения. На практических занятиях рассматриваются методы решения прикладных задач, проводится анализ полученных результатов. В ходе практического занятия одновременно преследуется цель расширения и углубления знаний, полученных на лекции.

При изложении теоретического материала на лекции, а также при решении задач на практических занятиях для демонстрации графиков, обучающих программ и т.п. рекомендуется использовать компьютерную мультимедийную установку.

Запись **лекции** – одна из форм активной самостоятельной работы студентов, требующая навыков и умения кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения, формулировки. В конце лекции преподаватель оставляет время (5 минут) для того, чтобы студенты имели возможность задать уточняющие вопросы по изучаемому материалу. Из-за недостаточного количества аудиторных часов некоторые темы не удается осветить в полном объеме, поэтому преподаватель, по своему усмотрению, некоторые вопросы выносит на самостоятельную работу студентов, рекомендуя ту или иную литературу. Кроме этого, для лучшего освоения материала и систематизации знаний по дисциплине, необходимо постоянно разбирать материалы лекций по конспектам и учебным пособиям. В случае необходимости обращаться к преподавателю за консультацией.

Рекомендуется после каждой лекции оформлять конспект лекций. Перед каждой лекцией прочитывать конспект предыдущей лекции, что способствует лучшему восприятию нового материала.

Лекции имеют в основном обзорный характер и нацелены на освещение наиболее трудных и дискуссионных вопросов, а также призваны способствовать формированию навыков работы с научной литературой. Предполагается также, что студенты приходят на лекции, предварительно проработав соответствующий учебный материал по источникам, рекомендуемым программой.

Наиболее важные разделы курса выносятся на практические занятия. На каждом занятии предлагается несколько задач. Часть задач решается на занятии с подробным

обсуждением метода и полученных результатов. Остальные задачи студент решает самостоятельно. Для зачёта контрольной работы студент должен защитить все задания. Предусмотрена защита реферата.

Практическое занятие – важнейшая форма самостоятельной работы студентов над научной, учебной и периодической литературой. Именно на практическом занятии каждый студент имеет возможность проверить глубину усвоения учебного материала, показать знание категорий, положений и инструментов профессиональной деятельности. Участие в практическом занятии позволяет студенту соединить полученные теоретические знания с решением конкретных практических задач и моделей в области профессиональной деятельности. Практические занятия в равной мере направлены на совершенствование индивидуальных навыков решения теоретических и прикладных задач, выработку навыков интеллектуальной работы, а также ведения дискуссий. Конкретные пропорции разных видов работы в группе, а также способы их оценки, определяются преподавателем, ведущим занятия.

Подготовка к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям студент должен изучить теоретический материал по теме занятия (использовать конспект лекций, изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, при необходимости дополнить конспект, делая в нем соответствующие записи из литературных источников). В случае затруднений, возникающих при освоении теоретического материала, студенту следует обращаться за консультацией к преподавателю. Идя на консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения.

В начале практического занятия преподаватель знакомит студентов с темой, оглашает план проведения занятия, выдает задания. В течение отведенного времени на выполнение работы студент может обратиться к преподавателю за консультацией или разъяснениями. В конце занятия проводится прием выполненных заданий, собеседование со студентом.

Результаты выполнения практических заданий оцениваются в баллах, в соответствии с балльно-рейтинговой системой университета.

Основным методом обучения является самостоятельная работа студентов с учебно-методическими материалами и научной литературой.

Рекомендованная преподавателями литература и учебные пособия служат информационной основой и позволяют регулярно занимающимся студентам усваивать лекционный материал. Для обеспечения терминологической однозначности учебное пособие содержит словарь основных терминов, используемых в нём. Кроме того, программа курса лекций содержит вопросы для самоконтроля.

Самостоятельная работа студентов подразумевает выполнение студентами домашнего задания в виде решения необходимого минимума задач из сборника для практических занятий, консультаций и анализа их решения совместно с преподавателем.

Контроль самостоятельной (внеаудиторной) работы – написание и защита реферата, выступление с докладом на практических занятиях, решение контрольной работы.

В процессе оценивания письменных контрольных и самостоятельных работ при разделении задания на действия при оценивании за основание берётся следующая процентная шкала:

90-100 % от числа пунктов – оценка "5",
74-89 % от числа пунктов – оценка "4",
60-73 % от числа пунктов – оценка "3",
40-59 % от числа пунктов – оценка "2",
0-39 % от числа пунктов – оценка "1".

Студенту можно поставить оценку выше, если студентом оригинально выполнена работа.

Основным методом обучения является самостоятельная работа студентов с учебно-методическими материалами и научной литературой.

Основным методом обучения является самостоятельная работа студентов с учебно-методическими материалами и научной литературой.

Рекомендации для студента включают в себя следующее:

- обязательное посещение лекций ведущего преподавателя; лекции – основное методическое руководство при изучении дисциплины, наиболее оптимальным образом структурированное и скорректированное на современный материал; в лекции глубоко и подробно, аргументировано и методологически строго рассматриваются главные проблемы темы; в лекции даются необходимые разные подходы к исследуемым проблемам;
- подготовку и активную работу на практических занятиях; подготовка к практическим занятиям включает проработку материалов лекций, рекомендованной учебной литературы, а также выполнение заданий на самостоятельное решение задач.

Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям. Практическое занятие включает в себя два вида работ: подготовку сообщения и участие в обсуждении проблемы, затронутой сообщением. Основной вид работы на занятии – участие в обсуждении проблемы.

Выступления на практических занятиях должны быть по возможности компактными и в то же время вразумительными. На практическом занятии идёт проверка степени проникновения в суть материала, обсуждаемой проблемы. Поэтому беседа будет идти не по содержанию прочитанных работ; преподаватель будет ставить проблемные вопросы.

По окончании практического занятия к нему следует обратиться ещё раз, повторив сделанные выводы, проследив логику их построения, отметив положения, лежащие в их основе – для этого в течение занятия следует делать небольшие пометки. Таким образом, практическое занятие не пройдёт даром, закрепление результатов занятия ведёт к лучшему усвоению материала изученной темы и лучшей ориентации в структуре курса. Вышеприведённая процедура должна практиковаться регулярно – стабильная и прилежная работа в течение семестра будет залогом успеха на сессии.

Методические указания по организации и проведению самостоятельной работы формулируются в виде заданий для самостоятельной работы, предусматривающих использование необходимых терминов и понятий по проблематике курса. Они нацеливают на практическую работу по применению изучаемого материала, поиск библиографического материала и электронных источников информации, иллюстративных материалов. Эти задания также ориентируют на написание контрольных работ, рефератов. Задания по самостоятельной работе даются по темам, которые требуют дополнительной проработки.

Подготовка к **устному докладу**.

Доклады делаются по каждой теме с целью проверки теоретических знаний обучающегося, его способности самостоятельно приобретать новые знания, работать с информационными ресурсами и извлекать нужную информацию.

Доклады заслушиваются в начале практического занятия после изучения соответствующей темы. Продолжительность доклада не должна превышать 5 минут. Тему доклада студент выбирает по желанию из предложенного списка.

При подготовке доклада студент должен изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, обязательно составить план доклада (перечень рассматриваемых им вопросов, отражающих структуру и последовательность материала), подготовить раздаточный материал или презентацию. План доклада необходимо предварительно согласовать с преподавателем.

Выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументировано. Преподаватель следит, чтобы выступление не сводилось к простому воспроизведению текста, не допускается простое чтение составленного конспекта доклада. Выступающий также должен быть готовым к вопросам аудитории и дискуссии.

Текущий контроль успеваемости и качества подготовки обучаемых может проводиться как на практических, так и лекционных занятиях. Проверку качества усвоения материала можно проводить в виде письменного или устного опроса, теста или коллоквиума по вопросам, сформулированным на основе учебных вопросов теоретического курса дисциплины.

Самостоятельная работа предполагает: самостоятельное изучение отдельных вопросов по литературе, предложенной преподавателем; подготовку к выполнению лабораторных

работ; решение задач, задаваемых на дом; подготовку к выполнению заданий в компьютерном классе.

Основными видами аудиторной работы студентов являются:

• запись, усвоение, обсуждение лекций;
• выполнение заданий лабораторных занятиях;
• защита отчётов по лабораторным занятиям;
• решение задач;
• защита реферата или проекта;
• защита самостоятельных и контрольных работ;
• сдача зачёта.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа предполагает: самостоятельное изучение отдельных вопросов по литературе, предложенной преподавателем; подготовку к выполнению лабораторных работ; решение задач, задаваемых на дом; подготовку к выполнению заданий в компьютерном классе.

Самостоятельная работа студентов без участия преподавателей

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются:

• усвоение лекционного материала на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
• подготовка к лабораторным работам, их оформление;
• подготовка и написание рефератов на заданные темы (студенту предоставляется право выбора темы);
• составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний; перевод научных статей; подбор и изучение литературных источников;
• выполнение научных исследований;
• подготовка к участию в научно-технических конференциях.

Самостоятельная работа студентов с участием преподавателей

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются:

• текущие консультации;
• получение допуска и защита лабораторных работ (во время проведения лабораторных работ);
• выбор темы реферата (в часы консультаций);
• выполнение учебно-исследовательской работы (руководство, и консультирование).
• подготовка к участию в научно-технических конференциях (руководство, и консультирование).

Общие сведения об организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов проводится в объёмах, предусмотренных учебным планом, и регламентируется выдачей тем рефератов или научных докладов на лекционных и лабораторных занятиях с проверкой исполнения на последующих занятиях или консультациях. При выполнении рефератов руководство самостоятельной работой студентов осуществляется в форме консультаций.

Основное назначение методических рекомендаций – дать возможность каждому студенту перейти от деятельности, выполняемой под руководством преподавателя, к деятельности, организуемой самостоятельно, а также к полной замене контроля со стороны преподавателя самоконтролем. Цель самостоятельной работы студентов – научить студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою квалификацию.

Лекционный курс (9 семестр)

Лекция 1. Введение. Геометрия кристаллической решетки: основные понятия, классификация, связь с теорией групп.

Лекция 2. Химические связи в кристаллах.
Лекция 3. Зонная теория электронных состояний в идеальном кристалле.
Лекция 4. Зонная теория для кристаллов во внешних полях. Электроны и дырки.
Лекция 5. Статистика электронов и дырок с изотропным параболическим законом дисперсии.
Лекция 6. Кинетические процессы..

Темы лабораторных занятий (10 семестр)

Лабораторное занятие 1. Кубическая кристаллическая решетка (простая, ГЦК, ОЦК).
План:
1. Изучение теории по теме.
2. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.
Лабораторное занятие 2. Индексы Миллера.
План:
3. Изучение теории по теме.
4. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.
Лабораторное занятие 3. Заключительное занятие по кристаллографии (количество атомов на элементарную ячейку, расстояния между кристаллографическими плоскостями, оси симметрии).
План:
5. Изучение теории по теме.
6. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.
Лабораторное занятие 4. Энергия связи в ионных кристаллах, цепочки атомов и двумерные решетки.
План:
7. Изучение теории по теме.
8. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.
Лабораторное занятие 5. Закон Дюлонга и Пти, дебаевская частота.
План:
9. Изучение теории по теме.
10. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.
Лабораторное занятие 6. Теплоемкость при низких температурах, энергия тепловых колебаний решетки.
План:
11. Изучение теории по теме.
12. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.
Лабораторное занятие 7. Первая зона Бриллюэна. Изоэнергетические поверхности.
План:
13. Изучение теории по теме.
14. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.
Лабораторное занятие 8. Квазиимпульс и скорость электрона проводимости. Эффективная масса.
План:
15. Изучение теории по теме.
16. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.
Лабораторное занятие 9. Электронный газ в металлах, энергия Ферми.
План:

17. Изучение теории по теме.
18. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.

Лабораторное занятие 10. Тензор электропроводности и эффект Холла.

План:

19. Изучение теории по теме.
20. Численное решение физических задач по теме.

Обсуждение на лабораторном занятии тем, выделенных на лекции.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, Интернет-ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

Основная литература

1. Зегря, Г.Г. Основы физики полупроводников / Г.Г. Зегря, В.И. Перель. - Москва : Физматлит, 2009. - 336 с. - ISBN 978-5-9221-1005-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68394.
2. Стрекалов, Ю. А. Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2018. - 307 с.: - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-00967-3. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/959952

Дополнительная литература

1.Разумовская, И.В. Физика твердого тела: учебное пособие / И.В. Разумовская. - Москва: Прометей, 2011. - Ч. 2. Динамика кристаллической решетки. Тепловые свойства решетки. - 64 с. - ISBN 978-5-4263-0032-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=108460 .

2.Физика твердого тела : учебное пособие / А.А. Корнилович, В.И. Ознобихин, И.И. Суханов, В.Н. Холявко. - Новосибирск : НГТУ, 2012. - 71 с. - ISBN 978-5-7782-2160-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL:http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228969

3.Элементы физики твёрдого тела : учебное пособие / сост. В.Я. Чечуев, С.В. Викулов, И.М. Дзю. - Новосибирск : Новосибирский государственный аграрный университет, 2012. - 160 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=230498

Интернет-ресурсы

1) biblioclub.ru – ЭБС «Университетская библиотека онлайн» – электронная библиотека, обеспечивающая доступ высших и средних учебных заведений, публичных библиотек и корпоративных пользователей к наиболее востребованным материалам учебной и научной литературы по всем отраслям знаний от ведущих российских издательств. Ресурс содержит учебники, учебные пособия, монографии, периодические издания, справочники, словари, энциклопедии.
2) els.ulspu.ru – сайт ЭБС Научная библиотека Ульяновского государственного педагогического университета имени И. Н. Ульянова, содержащий ссылки на образовательные (электронно-библиотечные системы, каталог библиотечных сайтов, методические рекомендации) и научные ресурсы (научные электронные библиотеки, научные электронные издательства).
3) bibl.ulspu.ru - сайт научной библиотеки Ульяновского государственного педагогического университета имени И. Н. Ульянова, содержащие электронный каталог книг и журналов.
4) Электронная библиотека портала РФФИ http://www.rfbr.ru/,
5) Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" http://window.edu.ru/,
6) Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ http://lib.mexmat.ru/,
7) Образовательный проект А. Н. Варгина http://www.ph4s.ru/book_nano.html,
8) Международный научно-образовательный сайт EqWorld: http://eqworld.ipmnet.ru/, http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm EqWorld – мир математических уравнений. Учебно-образовательная физико-математическая библиотека. Электронная библиотека содержит DjVu- и PDF-файлы учебников, учебных пособий, сборников задач и упражнений,

конспектов лекций, монографий, справочников и диссертаций по математике, механике и физике. Все материалы присланы авторами и читателями или взяты из Интернета (из www архивов открытого доступа),
9) Электронная библиотека GOOGLE: http://books.google.ru/,
10) Электронная библиотека издательства "Венец" http://venec.ulstu.ru/lib/.
11) Интернет-версия журнала "Успехи физических наук" http://ufn.ru/.
12) Информационно-справочная и поисковая система http://www.phys.msu.ru/ официальный сайт физического факультета Московского государственного университета,
13) http://www.scirus.com/ поисковая система Scirus,
14) http://www.physics.ru/ сайт по физике интегрирует содержание учебных компьютерных курсов компании ФИЗИКОН, выпускаемых на компакт-дисках, и индивидуальное обучение через Интернет–тестирование и электронные консультации,
15) http://www.physbook.ru/ электронный учебник физики.
16) *Научная электронная библиотека*. Режим доступа: http://elibrary.ru/defaultx.asp.
17) *Журналы института физики*. Режим доступа: http://www.iop.org/EJ/.
18) Журналы американского физического общества. Режим доступа: http://publish.aps.org/.
19) *База данных научных журналов*. Режим доступа: http://www.sciencedirect.com/.
20) *Книги и журналы издательства Шпрингер*. Режим доступа: http://www.springer.com/.
21) *Журналы американского оптического общества*. Режим доступа: http://www.opticsinfobase.org/.
22) *Журналы американского химического общества*. Режим доступа: http://pubs.acs.org/.
23) *Журналы королевского химического общества*. Режим доступа: http://www.rsc.org/Publishing/Journals/Index.asp.
24) *Журнал «Российские нанотехнологии»*. Режим доступа: http://www.nanorf.ru/.
25) Хуснутдинов Р.М., Мокшин А.В. Учебно-методическое пособие по курсу "Физика твердого тела". - Казань: К(П)ФУ, 2012. - 31 с. То же [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://window.edu.ru/resource/282/78282.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. Балыкин В. И. Атомная оптика и нанотехнология. // Успехи физических наук. Москва, 2009. Т. 179, N. 3. с. 297-305. (Электронный ресурс. - Режим доступа: http://ufn.ru/ufn09/ufn09_3/Russian/r093g.pdf, свободный).