

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Дальневосточный государственный университет путей сообщения"
(ДВГУПС)

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой

(к911) Физика и теоретическая
механика



Иванов В. И., д. физ.-
мат. наук, профессор

27.05.2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины **Современная физика твердого тела**

для направления подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Составитель(и): д.ф.-м.н., Профессор, Крылов В. И.

Обсуждена на заседании кафедры: (к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от 06.05.2022г. № 5

Обсуждена на заседании методической комиссии учебно-структурного подразделения: Протокол от 27.05.2022г.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК РНС

__ ____ 2023 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры (к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от ____ 2023 г. № ____
Зав. кафедрой Иванов В. И., д. физ.-мат. наук, профессор

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК РНС

__ ____ 2024 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры (к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от ____ 2024 г. № ____
Зав. кафедрой Иванов В. И., д. физ.-мат. наук, профессор

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК РНС

__ ____ 2025 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры (к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от ____ 2025 г. № ____
Зав. кафедрой Иванов В. И., д. физ.-мат. наук, профессор

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК РНС

__ ____ 2026 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры (к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от ____ 2026 г. № ____
Зав. кафедрой Иванов В. И., д. физ.-мат. наук, профессор

Рабочая программа дисциплины Современная физика твердого тела

разработана в соответствии с ФГОС, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017 № 935

Квалификация **магистр**

Форма обучения **заочная**

ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	108	Виды контроля на курсах:
в том числе:		зачёты с оценкой (курс) 1
контактная работа	10	контрольных работ 1 курс (1)
самостоятельная работа	94	
часов на контроль	4	

Распределение часов дисциплины по семестрам (курсам)

Курс	1		Итого	
	уп	ип		
Вид занятий				
Лекции	4	4	4	4
Практически е	6	6	6	6
В том числе инт.	6	6	6	6
Итого ауд.	10	10	10	10
Контактная работа	10	10	10	10
Сам. работа	94	94	94	94
Часы на контроль	4	4	4	4
Итого	108	108	108	108

1. АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1	<p>Роль и место различных аспектов физики конденсированного состояния в развитии технологий фотоники, оптоинформатики, оптических инфокоммуникаций, оптического приборостроения, оптической науки в целом. Основные подходы к изучению свойств твердых тел. Физические свойства твердых тел, определяемые силами межатомного взаимодействия. Кристаллическая решетка. Анизотропия кристаллов. Дефекты кристаллической решетки. Механические свойства твердых тел. Упругая деформация и закон Гука. Закономерности пластической деформации. Прочность твердых тел. Квантовые статистики Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Фононный газ. Теории теплопроводности Дебая и Эйнштейна. Элементы теории теплопроводности твердых тел. Теплоемкость и теплопроводность анизотропных тел. Уравнение Шредингера. Приближение самосогласованного поля. Одноэлектронное приближение. Оператор трансляции. Функции Блоха. Область определения волнового вектора и его дискретность. Зонная теория твердых тел. Статистика электронов в металлах. Собственные и примесные полупроводники. Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Электрические и оптические свойства наноразмерных структур. Понятие о нанотехнологиях. Поверхностные явления. Контактные явления. Контактная разность потенциалов. Работа выхода. Контакт металл-металл. Контакт металл-полупроводник. P-n переход. Диод. Транзистор. Гетероструктуры. Неравновесные явления в полупроводниках. Классическая и квантовая теория дисперсии световых волн. Поглощение света. Спектры собственного и примесного поглощения. Люминесценция. Фоторезисторы, фотодиоды и светодиоды. Полупроводниковые лазеры. Распространение световых волн в оптических кристаллах. Оптическая анизотропия. Рассеяние света в твердых телах. Электрооптические, нелинейно-оптические и фотоэлектрические эффекты в твердых телах. Материальная, волноводная и поляризационно-модовая дисперсия света в оптических волноводах. Генерация оптических гармоник и ап-конверсия в нелинейно-оптических кристаллах. Пространственно-временные модуляторы света на основе электрооптических кристаллов. Применение фоторефрактивных кристаллов в устройствах динамической голографии.</p>
-----	---

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код дисциплины:	Б1.О.02
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Техника публичных выступлений и презентаций
2.1.2	Физические основы фотоники и оптоинформатики
2.1.3	Философские проблемы науки и техники
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Специальные волоконные световоды
2.2.2	
2.2.3	Фотоиндуцированные процессы в наноразмерных средах
2.2.4	
2.2.5	Физическая и квантовая оптика
2.2.6	Преддипломная практика

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики исследований и разработки приборов и систем, технологий производства оптических сред, материалов и устройств фотоники и оптоинформатики

Знать:

Естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики

Уметь:

Применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики

Владеть:

Способностью применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики

ОПК-2: Способен организовывать проведение научного исследования и разработку новых оптических систем и технологий, представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с методами и средствами оптических и фотонных исследований
Знать:
Профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных, интеллектуально правовых и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
Уметь:
Осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных, интеллектуально правовых и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
Владеть:
Способностью осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных, интеллектуально правовых и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов

ПК-3: Способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследования
Знать:
Современные научные достижения науки и техники
Уметь:
Оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследования
Владеть:
Способностью оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследования

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ							
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 1. Лекции						
1.1	Введение. Цели и задачи освоения дисциплины. Роль и место различных аспектов физики твердого тела в развитии технологий фотоники, оптоинформатики, оптических инфокоммуникаций, оптического приборостроения, оптической науки в целом. Основные подходы к изучению свойств твердых тел. Физические свойства твердых тел, определяемые силами межатомного взаимодействия. Кристаллическая решетка. Анизотропия кристаллов. Дефекты кристаллической решетки. Механические свойства твердых тел. Упругая деформация и закон Гука. Закономерности пластической деформации. Прочность твердых тел. Электрические и оптические свойства наноразмерных структур. Понятие о нанотехнологиях. Поверхностные явления. Контактные явления. Контактная разность потенциалов. Работа выхода. Контакт металл-металл. Контакт металл-полупроводник. P-n переход. Диод. Транзистор. Гетероструктуры. Неравновесные явления в полупроводниках. /Лек/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2	0	

1.2	Квантовые статистики Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Фононный газ. Теории теплопроводности Дебая и Эйнштейна. Элементы теории теплопроводности твердых тел. Теплоемкость и теплопроводность анизотропных тел. Уравнение Шредингера. Приближение самосогласованного поля. Одно-электронное приближение. Оператор трансляции. Функции Блоха. Область определения волнового вектора и его дискретность. Зонная теория твердых тел. Статистика электронов в металлах. Собственные и примесные полупроводники. Статистика электронов и дырок в полупроводниках. /Лек/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2	0	
Раздел 2. Практические занятия							
2.1	Механические свойства твердых тел. Квантовая статистика Бозе-Эйнштейна. Фононы. Температура Дебая. Квантовая теория теплопроводности твердых тел. /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	2	Диспуты
2.2	Зонная теория твердого тела. Собственные полупроводники. Примесные полупроводники. Полупроводниковый диод, рп - переход /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	2	работа в малых группах
2.3	Поглощение света в твердых телах. Упругое рассеяние света в твердых телах. Неупругое рассеяние света в твердых телах. Учет оптической анизотропии и оптической неоднородности материалов, используемых в оптическом приборостроении. /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	2	работа в малых группах
Раздел 3. Самостоятельная работа							
3.1	изучение теоретического материала по учебной и учебно-методической литературе /Ср/	1	28	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2	0	
3.2	отработка навыков решения задач по темам практических занятий /Ср/	1	28	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	
3.3	выполнение, оформление контрольной работы /Ср/	1	26	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.1 Л2.3 Э1 Э2	0	
3.4	защита контрольной работы и подготовка к зачету /Ср/	1	12	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2	0	
Раздел 4. Контроль							
4.1	/ЗачётСОп/	1	4	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2	0	

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Размещены в приложении

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Перечень основной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Савельев И.В.	Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц: Курс физики: учеб. пособие для вузов : в 3-х т. Т. 3	Санкт-Петербург: Лань, 2011,
6.1.2. Перечень дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Павлов П.В., Хохлов А.Ф.	Физика твердого тела: Учеб.	Москва: Высш. шк., 2000,
Л2.2	Максименко В.А.	Физика твердого тела: курс лекций	Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2016,
Л2.3	Сирота Д.И.	Физика твердого тела: Сборник задач с подробными решениями: учеб. пособие	Москва: Либроком, 2016,
Л2.4	Сандлер В. А., Сидоров Н. В., Палатников М. Н., Калинин В. Т.	Диэлектрические кристаллы: симметрия и физические свойства Ч. 2: учеб. пособие : в 2-х ч.	Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2010,
Л2.5	Сандлер В. А., Сидоров Н. В., Палатников М. Н., Калинин В. Т.	Диэлектрические кристаллы: симметрия и физические свойства Ч. 1: учеб. пособие : в 2-х ч.	Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2010,
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)			
Э1	На сайте размещаются материалы о научно-технических, производственных, экономических и образовательных аспектах современной физики твердого тела.		http://www.knigafund.ru/
Э2	На сайте размещаются материалы о научно-технических, производственных, экономических и образовательных аспектах современной физики твердого тела.		http://biblioclub.ru/
6.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)			
6.3.1 Перечень программного обеспечения			
Windows 7 Pro - Операционная система, лиц. 60618367			
Антиплагиат - Система автоматической проверки текстов на наличие заимствований из общедоступных сетевых источников, контракт 12724018158180000974/830 ДВГУПС			
АСТ тест - Комплекс программ для создания банков тестовых заданий, организации и проведения сеансов тестирования, лиц. АСТ.РМ.А096.Л08018.04, дог.372			
Free Conference Call (свободная лицензия)			
Zoom (свободная лицензия)			
6.3.2 Перечень информационных справочных систем			
Профессиональная база данных, информационно-справочная система Гарант - http://www.garant.ru			
;			
Профессиональная база данных, информационно-справочная система КонсультантПлюс - http://www.consultant.ru			

7. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)		
Аудитория	Назначение	Оснащение
1801	Учебная аудитория для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Лаборатории "Физическая и квантовая оптика", "Оптоэлектронные приборы и устройства"	комплект учебной мебели: столы, стулья, доска, экран, мультимедиапроектор переносной, лабораторные установки "Исследование ВАХ и ВтАХ СИДов", "Исследование характеристик ФД", осциллограф С1-65, блок управления МСО2.
3328	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	комплект учебной мебели: столы, стулья, доска, тематические плакаты
423	Помещения для самостоятельной работы обучающихся. зал электронной информации	Тематические плакаты, столы, стулья, стеллажи Компьютерная техника с возможностью подключения к сети Интернет, свободному доступу в ЭБС и ЭИОС.
3317	Помещения для самостоятельной работы обучающихся. Читальный зал НТБ	Тематические плакаты, столы, стулья, стеллажи Компьютерная техника с возможностью подключения к сети Интернет, свободному доступу в ЭБС и ЭИОС.
3433	Учебная аудитория для лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций,	установка для исследования твердого тела ФПТ1-8, Установка для изучения зависимости скорости звука от температуры ФПТ1-7,

Аудитория	Назначение	Оснащение
	текущего контроля и промежуточной аттестации. Лаборатория «Механика и молекулярная физика»	Установка для измерения теп-лоты парообразования ФПТ1-10, Установка для определения универсальной газовой постоянной ФПТ1-12, Установка лабораторная «Маятник Обербека» ФМ-14, Установка лабораторная «Соударение шаров» ФМ-17, Установка лабораторная «Модуль Юнга и модуль сдвига» ФМ-19, Установка лабораторная «Маятник уни-версальный» ФМ-13, Установка лабораторная «Унифилярный подвес» ФМ-15, интерактивная доска, тематические плакаты, комплект мебели

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

- 8.1. Содержание семинаров по дисциплине (могут включаться в лекционные и практические занятия в качестве интерактивного элемента обучения)
1. Семинар по теме: «Проблемы и задачи современной физики твердого тела»
Этапы развития физики твердого тела, Современная физика твердого тела во взаимосвязи научных направлений, научные парадигмы современной физики твердого тела; прикладное значение современной физики твердого тела.
 2. Семинар по теме: «Проблемы интерпретации физических свойств твердых тел из пер-вых принципов»
Проблема взаимосвязи физических свойств и структуры твердого тела, исследования материалов с ближним порядком структуры.
 3. Семинар по теме: «Распространение оптических волн в анизотропных средах».
Естественная и искусственная оптическая анизотропия, коноскопические методы исследования структуры одноосных кристаллов; методы поляризационной интерферометрии, исследование фотоупругости стекол и пластиков;
 4. Семинар по теме: «Оптические пространственные солитоны в оптически-нелинейных средах»
Понятие солитона, основные свойства солитонов, базовая модель, свойства и разновидности солитонов, способы экспериментального создания и изучения пространственных со-литонов, применение пространственных солитонов в современных оптических технологиях;
 5. Семинар по теме: «Фотоиндуцированное рассеяние света в оптических кристаллах»
Фотоэлектрические явления в оптических кристаллах: фотовольтаический эффект, фоторефрактивный эффект, пироэффект, электрооптический эффект, эффект оптического выпрямления. Перенос фотогенерированного заряда в оптических кристаллах. Разновидности фотоиндуцированного рассеяние света, модели рассеяния, методики изучения фотоиндуцированного рассеяния света в кристаллах.
- 8.2. Методические рекомендации к практическим занятиям
- Проведение практических занятий. В течение практического занятия студенту необходимо выполнить задания, выданные преподавателем, для этого при подготовке к практическим занятиям студентам необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой с учетом рекомендаций преподавателя и требований учебной программы.
- Выполнение контрольной работы. При выполнении контрольной работы студенту необходимо изучить методические указания по выполнению контрольной работы. Изучить соответствующую литературу.
- Защита контрольной работы. Отчёт о проделанной расчетно-графической работе должен быть представлен к сдаче на 14-ой неделе и является необходимым условием для допуска к зачету. Защита производится в виде индивидуального собеседования с каждым студентом по теоретической и практической частям выполненной работы. Ответы на поставленные вопросы студент дает в устной или письменной форме.
- 8.3. Самостоятельная работа студентов
- 8.3.1. Виды самостоятельной работы студентов и их состав
- изучение теоретического материала по учебной и учебно-методической литературе;
 - отработка навыков решения задач по темам практических занятий;
 - выполнение и оформление контрольной работы;
 - подготовка к защите контрольной работы;
 - подготовка к промежуточному и итоговому тестированию по отдельным разделам и всему курсу;
 - подготовка к зачету.
- 8.3.2. Перечень контрольной работы
1. Теплоемкость кристалла. Элементы квантовой статистики. Полупроводники
- 8.3.3. Содержание расчетно-графических работ
- Работа 1. Краткая аннотация работы.
- Решение задач по темам: энергия квантового осциллятора, предельный закон Дебая, Распределение электронов по энергиям в металле, Энергия Ферми, удельная проводимость собственных и примесных полупроводников, сила тока в p-n – переходе, контактные и термоэлектрические явления.
- 8.4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Современная физика твердого тела».
- Перечень основной и дополнительной литературы приведен в разделе 8 соответствующей РПД.
- Методические рекомендации для подготовки к защите контрольной работы.

Выполнение контрольной работы осуществляется в домашних условиях. Для защиты контрольной работы студент самостоятельно изучает вопросы соответствующего раздела теории, повторяет физические законы и явления, необходимые для решения конкретной задачи.

Защита контрольной работы происходит на консультации, в установленное преподавателем время. Положительная отметка, полученная студентом при защите, выступает необходимой со-ставляющей для допуска к экзамену по данной дисциплине.

Студенты с ограниченными возможностями здоровья, в отличие от остальных студентов, имеют свои специфические особенности восприятия, переработки материала. Обучающиеся инвалиды, могут обучаться по индивидуальному учебному плану в установленные сроки с учетом особенностей и образовательных потребностей конкретного обучающегося.

Проведение учебного процесса может быть организовано с использованием ЭИОС университета и в цифровой среде (группы в социальных сетях, электронная почта, видеосвязь и др. платформы). Учебные занятия с применением ДОТ проходят в соответствии с утвержденным расписанием. Текущий контроль и промежуточная аттестация обучающихся проводится с применением ДОТ.