

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

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой

(к911) Физика и теоретическая
механика



Пячин С.А., д. физ.-
мат. наук, профессор

27.05.2025

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 23.05.2025г. № 7

Обсуждена на заседании методической комиссии по родственным направлениям и специальностям: Протокол

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 Пячин С.А., д. физ.-мат. наук, профессор

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК РНС

__ 2027 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры (к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от __ 2027 г. № __
Зав. кафедрой Пячин С.А., д. физ.-мат. наук, профессор

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК РНС

__ 2028 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры (к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от __ 2028 г. № __
Зав. кафедрой Пячин С.А., д. физ.-мат. наук, профессор

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК РНС

__ 2029 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры (к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от __ 2029 г. № __
Зав. кафедрой Пячин С.А., 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 **очная**

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 в семестрах:
в том числе:		зачёты с оценкой 1
контактная работа	52	РГР 1 сем. (1)
самостоятельная работа	56	

Распределение часов дисциплины по семестрам (курсам)

Семестр (<Курс>.<Семес тр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
Неделя	11 2/6			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	16	16	16	16
Практически е	32	32	32	32
Контроль самостоятель ной работы	4	4	4	4
Итого ауд.	48	48	48	48
Контактная работа	52	52	52	52
Сам. работа	56	56	56	56
Итого	108	108	108	108

1. АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1	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.
-----	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код дисциплины:	Б1.О.02
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Физические основы фотоники и оптоинформатики
2.1.2	Философские проблемы науки и техники
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Источники и приемники излучения
2.2.2	Специальные волоконные световоды
2.2.3	Фотоиндуцированные процессы в наноразмерных средах

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 общетехнические 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 общетехнические 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 общетехнические 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
	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. /Лек/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2	0	
1.2	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. /Лек/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2	0	
1.3	Квантовые статистики Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Фононный газ. Теории теплопроводности Дебая и Эйнштейна. Элементы теории теплопроводности твердых тел. Теплоемкость и теплопроводность анизотропных тел. /Лек/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2	0	
1.4	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. /Лек/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2	0	

1.5	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	
1.6	Классическая и квантовая теория дисперсии световых волн. Поглощение света. Спектры собственного и примесного поглощения. Люминесценция. Фоторезисторы, фотодиоды и светодиоды. Полупроводниковые лазеры. /Лек/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2	0	
1.7	Распространение световых волн в оптических кристаллах. Оптическая анизотропия. Рассеяние света в твердых телах. Электрооптические, нелинейно-оптические и фотоэлектрические эффекты в твердых телах. /Лек/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2	0	
1.8	Материальная, волноводная и поляризационно-модовая дисперсия света в оптических волноводах. Генерация оптических гармоник и ап-конверсия в не-линейно-оптических кристаллах. Пространственно-временные модуляторы света на основе электрооптических кристаллов. Применение фоторефрактивных кристаллов в устройствах динамической голографии. /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	Типы межатомной связи в твердых телах. /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	
2.2	Механические свойства твердых тел /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	диспуты
2.3	Операции симметрии. Точечные группы симметрии. Типы сингоний. /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	работа в малых группах
2.4	Индексы Миллера. Обратная решетка Вигнера-Зейтца /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	
2.5	Квантовая статистика Бозе-Эйнштейна. Фононы. Температура Дебая. /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	
2.6	Квантовая теория теплопроводности твердых тел /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	
2.7	Зонная теория твердого тела /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	диспуты
2.8	Собственные полупроводники. Примесные полупроводники /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	диспуты
2.9	Контактные явления в полупроводниках и металлах /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	

2.10	Полупроводниковый диод, рп - переход /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	диспуты
2.11	Дисперсия света в оптических кристаллах /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	
2.12	Поглощение света в твердых телах. /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	
2.13	Упругое рассеяние света в твердых телах /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	
2.14	Неупругое рассеяние света в твердых телах. /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	
2.15	Учет оптической анизотропии и оптической неоднородности материалов, используемых в оптическом приборостроении. /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1 Э1 Э2	0	диспуты
2.16	Отчетное занятие. /Пр/	1	2	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1 Э1 Э2	0	
Раздел 3. Самостоятельная работа							
3.1	изучение теоретического материала по учебной и учебно-методической литературе /Ср/	1	16	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	10	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.3 Э1 Э2	0	
3.3	выполнение, оформление и сдача расчетно-графической работы /Ср/	1	10	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.1 Л2.3 Э1 Э2	0	
3.4	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	/ЗачётСОц/	1	8	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2	0	
4.2	Защита РГР /РГР/	1	0	ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	Л1.1Л2.1 Л2.3 Л2.4 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,

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
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., Калинников 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., Калинников 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

ABBYY FineReader 11 Corporate Edition - Программа для распознавания текста, договор СЛ-46
Office Pro Plus 2007 - Пакет офисных программ, лиц.45525415
Антивирус Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Расширенный Russian Edition - Антивирусная защита, контракт 469 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, доска, экран. Технические средства обучения: мультимедиапроектор переносной. Лабораторные установки "Оптические методы записи и хранения информации", "Исследование ПП лазера", "Исследование ВАХ и Втах СИДов", "Исследование характеристик ФД", осциллограф С1-65 (переносной), блок управления МСО2. Microsoft Office Профессиональный плюс 2007 - 43107380, PTC Mathcad Prime 3.0 - АСТ-Тест лиц. Office Pro Plus 2007, лиц. 45525415, Total Commander – LO9-2108 от 22.04.2009, б/с. Visio Pro 2007, лиц. 45525415, Windows XP, лиц. 46107380, Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), 7-zip (свободно распространяемое ПО).
3328	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа.	комплект учебной мебели, доска, тематические плакаты, экран. Технические средства обучения: мультимедиапроектор.
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.
3417	Учебная аудитория для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	комплект учебной мебели, доска, тематические плакаты
201	Компьютерный класс для практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также для самостоятельной работы.	Технические средства обучения: компьютерная техника с возможностью подключения к сети Интернет, свободному доступу в ЭБС и ЭИОС, проектор. Лицензионное программное обеспечение: Windows 10 Pro - MS DreamSpark 700594875, 7-Zip 16.02 (x64) - Свободное ПО, Autodesk 3ds Max 2021, Autodesk AutoCAD 2021, Autodesk AutoCAD

Аудитория	Назначение	Оснащение
		Architecture 2021, Autodesk Inventor 2021, Autodesk Revit 2021- Для учебных заведений предоставляется бесплатно, Foxit Reader-Свободное ПО, MATLAB R2013b - Контракт 410 от 10.08.2015, Microsoft Office Профессиональный плюс 2007 - 43107380, Microsoft Visio профессиональный 2013 - MS DreamSpark 700594875, Microsoft Visual Studio Enterprise 2017- MS DreamSpark 700594875, Mozilla Firefox 99.0.1 - Свободное ПО, Opera Stable 38.0.2220.41 - Свободное ПО, PTC Mathcad Prime 3.0 - Контракт 410 от 10.08.2015 лиц. 3A1874498, КОМПАС-3D V19 - КАД-19-0909, АСТ-Тест лиц. АСТ.РМ.А096.Л08018.04, Договор № Л-128/21 от 01.06.2021 с 01 июля 2021 по 30 июня 2022. ПЭВМ с возможностью выхода в интернет по расписанию Windows 10 Pro Контракт №235 ДВГУПС от 24.08.2021; Office Pro Plus 2019 Контракт №235 от 24.08.2021; Kaspersky Endpoint Security Контракт № 0322100012923000077 от 06.06.2023; КОМПАС-3D V19 Контракт № 995 от 09.10.2019; nanoCAD Номер лицензии: NC230P-81412 Срок действия: с 01.08.2023 по 31.07.2024;
101	Компьютерный класс для практических, лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также для самостоятельной работы. Кабинет информатики (компьютерные классы) *.	комплект учебной мебели. Технические средства обучения: компьютерная техника с возможностью подключения к сети Интернет, свободному доступу в ЭБС и ЭИОС (Intel(R) Core(TM) i5-3570K CPU @ 3.40GHz, 4Gb, int Video, 1 Tb, DVD+RW, ЖК 19). Лицензионное программное обеспечение: Windows 10 Pro - MS DreamSpark 700594875, 7-Zip 16.02 (x64) (свободно распространяемое ПО), Autodesk 3ds Max 2019, Autodesk AutoCAD 2021, Autodesk AutoCAD Architecture 2021, Autodesk Inventor 2021, Autodesk Revit 2021- Для учебных заведений предоставляется бесплатно, Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), MATLAB R2013b - Контракт 410 от 10.08.2015, Microsoft Office Профессиональный плюс 2007 - 43107380, Microsoft Visio профессиональный 2013 - MS DreamSpark 700594875, Microsoft Visual Studio Enterprise 2017- MS DreamSpark 700594875, Mozilla Firefox 99.0.1 (свободно распространяемое ПО), Opera Stable 38.0.2220.41 (свободно распространяемое ПО), PTC Mathcad Prime 3.0 - Контракт 410 от 10.08.2015, лиц. 3A1874498, КОМПАС-3D V19 - КАД-19-0909.ПЭВМ с возможностью выхода в интернет по расписанию Windows 10 Pro Контракт №235 ДВГУПС от 24.08.2021; Office Pro Plus 2019 Контракт №235 от 24.08.2021; Kaspersky Endpoint Security Контракт № 0322100012923000077 от 06.06.2023; КОМПАС-3D V19 Контракт № 995 от 09.10.2019; nanoCAD Номер лицензии: NC230P-81412 Срок действия: с 01.08.2023 по 31.07.2024;

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

- Содержание семинаров по дисциплине (могут включаться в лекционные и практические занятия в качестве интерактивного элемента обучения)
 - 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.
 - Семинар по теме: «Проблемы интерпретации физических свойств твердых тел из пер-вых принципов»
Проблема взаимосвязи физических свойств и структуры твердого тела, исследования ма-териалов с ближним порядком структуры.
 - 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;
 - 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 технологи-ях;
 - 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.

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 расчетно-графической работы. При выполнении расчетно-графической работы студенту необходимо изучить методические указания по выполнению расчетно-графической работы. Изучить соответствующую литературу.

Защита расчетно-графической работы. Отчёт о проделанной расчетно-графической работе должен быть представлен к сдаче на 14-ой неделе и является необходимым условием для допуска к экзамену. 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.

3. Самостоятельная работа студентов

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 расчетно-графической работы;
- подготовка к защите расчетно-графической работы;
- подготовка к промежуточному и итоговому тестированию по отдельным разделам и всему курсу;
- подготовка к зачету.

3.2. Перечень расчетно-графических работ

1. Теплоемкость кристалла. Элементы квантовой статистики. Полупроводники

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.

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 РГР.

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

Защита РГР происходит на консультации, в установленное преподавателем время. Положительная отметка, полученная студентом при защите, выступает необходимой составляющей 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.

Оценочные материалы при формировании рабочих программ дисциплин (модулей)

Направление: 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Направленность (профиль): Физика и техника оптической связи

Дисциплина: Современная физика твердого тела

Формируемые компетенции:

1. Описание показателей, критериев и шкал оценивания компетенций.

Показатели и критерии оценивания компетенций

Объект оценки	Уровни сформированности компетенций	Критерий оценивания результатов обучения
Обучающийся	Низкий уровень Пороговый уровень Повышенный уровень Высокий уровень	Уровень результатов обучения не ниже порогового

Шкалы оценивания компетенций при сдаче экзамена или зачета с оценкой

Достигнутый уровень результата обучения	Характеристика уровня сформированности компетенций	Шкала оценивания
		Экзамен или зачет с оценкой
Низкий уровень	Обучающийся: -обнаружил пробелы в знаниях основного учебно-программного материала; -допустил принципиальные ошибки в выполнении заданий, предусмотренных программой; -не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании программы без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	Неудовлетворительно
Пороговый уровень	Обучающийся: -обнаружил знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебной и предстоящей профессиональной деятельности; -справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой; -знаком с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; -допустил неточности в ответе на вопросы и при выполнении заданий по учебно-программному материалу, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Удовлетворительно
Повышенный уровень	Обучающийся: - обнаружил полное знание учебно-программного материала; -успешно выполнил задания, предусмотренные программой; -усвоил основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; -показал систематический характер знаний учебно-программного материала; -способен к самостоятельному пополнению знаний по учебно-программному материалу и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Хорошо

Высокий уровень	Обучающийся: -обнаружил всесторонние, систематические и глубокие знания учебно-программного материала; -умеет свободно выполнять задания, предусмотренные программой; -ознакомился с дополнительной литературой; -усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплин и их значение для приобретения профессии; -проявил творческие способности в понимании учебно-программного материала.	Отлично
-----------------	---	---------

Описание шкал оценивания

Компетенции обучающегося оценивается следующим образом:

Планируемый уровень результатов освоения	Содержание шкалы оценивания достигнутого уровня результата обучения			
	Неудовлетворительн	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
	Не зачтено	Зачтено	Зачтено	Зачтено
Знать	Неспособность обучающегося самостоятельно продемонстрировать наличие знаний при решении заданий, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения.	Обучающийся способен самостоятельно продемонстрировать наличие знаний при решении заданий, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения.	Обучающийся демонстрирует способность к самостоятельному применению знаний при решении заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель, и при его консультативной	Обучающийся демонстрирует способность к самостоятельно-му применению знаний в выборе способа решения неизвестных или нестандартных заданий и при консультативной поддержке в части междисциплинарных
Уметь	Отсутствие у обучающегося самостоятельности в применении умений по использованию методов освоения учебной дисциплины.	Обучающийся демонстрирует самостоятельность в применении умений решения учебных заданий в полном соответствии с образцом, данным преподавателем.	Обучающийся продемонстрирует самостоятельное применение умений решения заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель, и при его консультативной поддержке в части современных проблем.	Обучающийся демонстрирует самостоятельное применение умений решения неизвестных или нестандартных заданий и при консультативной поддержке преподавателя в части междисциплинарных связей.
Владеть	Неспособность самостоятельно проявить навык решения поставленной задачи по стандартному образцу повторно.	Обучающийся демонстрирует самостоятельность в применении навыка по заданиям, решение которых было показано преподавателем.	Обучающийся демонстрирует самостоятельное применение навыка решения заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель, и при его консультативной поддержке в части современных проблем.	Обучающийся демонстрирует самостоятельное применение навыка решения неизвестных или нестандартных заданий и при консультативной поддержке преподавателя в части междисциплинарных связей.

2. Перечень вопросов и задач к экзаменам, зачетам, курсовому проектированию, лабораторным занятиям. Образец экзаменационного билета

Примерный перечень вопросов к зачету СОц

Компетенция ОПК-1, ОПК-2, ПК-3:

1. Типы межатомной связи в твердых телах.
2. Механические свойства твердых тел
3. Операции симметрии.
4. Точечные группы симметрии.
5. Типы сингоний.
6. Индексы Миллера.
7. Обратная решетка Вигнера-Зейтца
8. Квантовая статистика Бозе-Эйнштейна.
9. Фононы. Температура Дебая.
10. Квантовая теория теплопроводности твердых тел
11. Зонная теория твердого тела
12. Собственные полупроводники.
13. Примесные полупроводники
14. Контактные явления в полупроводниках и металлах
15. Полупроводниковый диод, рп - переход
16. Дисперсия света в оптических кристаллах
17. Поглощение света в твердых телах.
18. Упругое рассеяние света в твердых телах
19. Неупругое рассеяние света в твердых телах.
20. Оптическая анизотропия.
21. Поглощение свободными носителями. Примесное поглощение. Решеточное поглощение
22. Упругое и неупругое рассеяние световых волн в твердых телах
23. Оптическая анизотропия в твердых телах
24. Фотоэлектрические явления в оптических кристаллах
25. Принципы работы твердотельных лазеров

Примерный перечень тем РГР

Компетенция ОПК-1, ОПК-2, ПК-3::

1. Кристаллические и аморфные тела
2. Кристаллическая решетка
3. Типы кристаллических решеток
4. Обозначение плоскостей и направлений в кристалле. Индексы Миллера
5. Методы определения кристаллической структуры
6. Тепловые колебания атомов в кристаллах. Фононы
7. Теплоемкость кристаллов
8. Теплопроводность кристаллов
9. Квантовая статистика электронов в металле
10. Электропроводность металлов
11. Полупроводники. Зависимость электропроводности от температуры
12. Электропроводность собственных полупроводников
13. Примесные полупроводники
14. Электропроводность примесных полупроводников
15. Неравновесная электропроводность полупроводников
16. Электропроводность диэлектриков
17. Свойства диэлектриков. Поляризация диэлектриков
18. Связь между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью
19. Магнитные свойства твердых тел
20. Парамагнетики. Диамагнетики
21. Ферромагнетики
22. Виды взаимодействия света с твердым телом
23. Дисперсия световых волн
24. Поглощение света кристаллами
25. Собственное поглощение. Экситонное поглощение

Примерные задачи к практическим занятиям. и РГР:

Компетенция ОПК-1:

1. Известно, что длина волны $K\alpha$ - линии одного элемента равна 0,788 Å, а другого 0,713 Å. Выяснить, стоят ли эти элементы рядом в таблице Менделеева. Какие это элементы?
2. Определить постоянную решетки сильвина (KCl), если $K\alpha$ линия железа ($\lambda_{K\alpha}=1,9373$ Å) отражается от грани (001) под углом $18^\circ 3'$ во втором порядке.

3. Вычислить теплоемкость цинка массой 100 г при температуре $T = 10\text{ К}$. характеристическая температура $\theta = 300\text{ К}$. Считать $T \ll \theta$. $\mu_{\text{Zn}} = 654\text{ кг/кмоль}$.
4. Удельное сопротивление кремния с примесями $\rho = 10^{-2}\text{ Ом}\cdot\text{м}$. Определить концентрацию пр дырок и их подвижность μ_p . Принять, что полупроводник обладает только дырочной проводимостью и постоянная Холла $= 4 \cdot 10^{-4}\text{ м}^3/\text{Кл}$.
5. Найти отношение концентраций дырок в p- и n-областях арсенидгаллиевого диода при температуре 350 К. Концентрации ионов донорной и акцепторной примесей одинаковы и составляют $1 \cdot 10^{18}\text{ м}^{-3}$.
6. Электроны в металле находятся при температуре $T=0\text{ К}$. Найти относительное число свободных электронов, кинетическая энергии которых отличается от энергии Ферми не более, чем на 2%.

Компетенция ОПК-2, ПК-3:

1. Найти плотность кристалла стронция, если известно, что его решетка гранецентрированная кубическая, а расстояние между ближайшими атомами $d=4,3\text{ А}$ и $A=87,6 \cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$.
2. Найти параметр решетки a и расстояние d между ближайшими соседними атомами алюминия $\rho_{\text{Al}}=2,7\text{ г/см}^3$; $A=27 \cdot 10^3\text{ кг/моль}$.
3. Германиевый кристалл, ширина запрещенной зоны в котором равна 0,72 эВ, нагревают от температуры $t_1=0^\circ\text{C}$ до температуры $t_2=15^\circ\text{C}$. Во сколько раз возрастает его удельная проводимость?
4. Найти минимальную энергию, необходимую для образования пары электрон-дырка в кристалле CaAs , если его удельная проводимость изменяется в 10 раз при изменении температуры от 20°C до 3°C .
5. Вычислить угол ϕ между двумя направлениями в кубической решетке кристалла, которые заданы кристаллографическими индексами $[110]$ и $[111]$. (Ответ: $\phi = 35^\circ 15' 51''$).
6. Молярная теплоемкость трехмерного кристалла
. Найти предельное выражение теплоемкости при.

Образец билета к СОц зачету:

1. Вопрос Обратная решетка Вигнера-Зейтца (компетенция ОПК-1).
2. Вопрос Электропроводность примесных полупроводников. (компетенция ОПК-2).
3. Задача (задание) Какую часть от всех носителей составляют неосновные носители германия n-типа при температуре 77°C и концентрации ионов примеси $5 \cdot 10^{20}\text{ м}^{-3}$? (компетенция ОПК-2, ПК-3).

Образец экзаменационного билета

Дальневосточный государственный университет путей сообщения		
Кафедра (к911) Физика и теоретическая механика семестр, 2025-2026	Экзаменационный билет № Современная физика твердого тела Направление: 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика Направленность (профиль): Физика и техника оптической связи	Утверждаю» Зав. кафедрой Пячин С.А., профессор 23.05.2025 г.
Вопрос Поглощение света кристаллами (ОПК-1,ОПК-2)		
Вопрос Удельное сопротивление кремния с примесями $\rho = 10^{-2}\text{ Ом}\cdot\text{м}$. Определить концентрацию пр дырок и их подвижность μ_p . Принять, что полупроводник обладает только дырочной проводимостью и постоянная Холла $= 4 \cdot 10^{-4}\text{ м}^3/\text{Кл}$. (ОПК-1,ОПК-2)		
Задача (задание) (ОПК-1,ОПК-2)		

Примечание. В каждом экзаменационном билете должны присутствовать вопросы, способствующих формированию у обучающегося всех компетенций по данной дисциплине.

3. Тестовые задания. Оценка по результатам тестирования.

3.1. Примерные задания теста

Задание 1 (компетенция ОПК-1)

Последовательность величин энергий различных типов связей в твердых телах (в порядке возрастания):

- 1: Молекулярная
- 2: Водородная
- 3: Металлическая
- 4: Ковалентная
- 5: Ионная

Задание 2 (компетенция ОПК-2, , ПК-3)

Соответствие между типом дефекта кристаллической решетки и числом пространственных

измерений, его характеризующих:

Дислокация	Одномерный дефект	
Граница между зернами в поликристалле		Двумерный дефект
Вакантный узел	Нульмерный дефект	
Трехмерный дефект		

Полный комплект тестовых заданий в корпоративной тестовой оболочке АСТ размещен на сервере УИТ ДВГУПС, а также на сайте Университета в разделе СДО ДВГУПС (образовательная среда в личном кабинете преподавателя).

3.2. Соответствие между бальной и рейтинговой системами оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, устанавливается посредством следующей таблицы:

Полный комплект тестовых заданий в корпоративной тестовой оболочке АСТ размещен на сервере УИТ ДВГУПС, а также на сайте Университета в разделе СДО ДВГУПС (образовательная среда в личном кабинете преподавателя).

Соответствие между бальной системой и системой оценивания по результатам тестирования устанавливается посредством следующей таблицы:

Объект оценки	Показатели оценивания результатов обучения	Оценка	Уровень результатов обучения
Обучающийся	60 баллов и менее	«Неудовлетворительно»	Низкий уровень
	74 – 61 баллов	«Удовлетворительно»	Пороговый уровень
	84 – 75 баллов	«Хорошо»	Повышенный уровень
	100 – 85 баллов	«Отлично»	Высокий уровень

4. Оценка ответа обучающегося на вопросы, задачу (задание) экзаменационного билета, зачета, курсового проектирования.

Оценка ответа обучающегося на вопросы, задачу (задание) экзаменационного билета, зачета

Элементы оценивания	Содержание шкалы оценивания			
	Неудовлетворительн	Удовлетворитель	Хорошо	Отлично
	Не зачтено	Зачтено	Зачтено	Зачтено
Соответствие ответов формулировкам вопросов (заданий)	Полное несоответствие по всем вопросам.	Значительные погрешности.	Незначительные погрешности.	Полное соответствие.
Структура, последовательность и логика ответа. Умение четко, понятно, грамотно и свободно излагать свои мысли	Полное несоответствие критерию.	Значительное несоответствие критерию.	Незначительное несоответствие критерию.	Соответствие критерию при ответе на все вопросы.
Знание нормативных, правовых документов и специальной литературы	Полное незнание нормативной и правовой базы и специальной литературы	Имеют место существенные упущения (незнание большей части из документов и специальной литературы по названию, содержанию и т.д.).	Имеют место несущественные упущения и незнание отдельных (единичных) работ из числа обязательной литературы.	Полное соответствие данному критерию ответов на все вопросы.

Умение увязывать теорию с практикой, в том числе в области профессиональной работы	Умение связать теорию с практикой работы не проявляется.	Умение связать вопросы теории и практики проявляется редко.	Умение связать вопросы теории и практики в основном проявляется.	Полное соответствие данному критерию. Способность интегрировать знания и привлекать сведения из различных научных сфер.
Качество ответов на дополнительные вопросы	На все дополнительные вопросы преподавателя даны неверные ответы.	Ответы на большую часть дополнительных вопросов преподавателя даны неверно.	. Даны неполные ответы на дополнительные вопросы преподавателя. 2. Дан один неверный ответ на дополнительные вопросы преподавателя.	Даны верные ответы на все дополнительные вопросы преподавателя.

Примечание: итоговая оценка формируется как средняя арифметическая результатов элементов оценивания.