

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

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой

(к911) Физика и теоретическая
механика

Пячин С.А., профессор



26.04.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины **Физика твердого тела**

для направления 16.03.01 Техническая физика

Составитель(и): к.ф.-м.н., доцент, Кравченко О.В.

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

Протокол от 25.04.2024г. № 4

Обсуждена на заседании методической комиссии по родственным направлениям и специальностям:
Протокол от 26.04.2024г. №7

г. Хабаровск
2024 г.

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 Пячин С.А., 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 Пячин С.А., 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., 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., профессор

Рабочая программа дисциплины Физика твердого тела

разработана в соответствии с ФГОС, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 01.06.2020 № 696

Квалификация **бакалавр**

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 **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	144	Виды контроля в семестрах:
в том числе:		экзамены (семестр) 5
контактная работа	34	РГР 5 сем. (1)
самостоятельная работа	74	
часов на контроль	36	

Распределение часов дисциплины по семестрам (курсам)

Семестр (<Курс>.<Семестр р на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
Неделя	17 2/6			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	16	16	16	16
Практические	16	16	16	16
Контроль самостоятельной работы	2	2	2	2
Итого ауд.	32	32	32	32
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	74	74	74	74
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

1. АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1	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. 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.
-----	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код дисциплины:	Б1.О.13
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Дифференциальные уравнения
2.1.2	Механика. Термодинамика
2.1.3	Электромагнетизм
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Основы нанотехнологий
2.2.2	Научно-исследовательская работа
2.2.3	Лазерные технологии
2.2.4	Источники и приемники излучения
2.2.5	Фотоника и оптоинформатика

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

ОПК-1: Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности

Знать:

концептуальные и теоретические основы физики, ее место в общей системе наук и ценностей; • фундаментальные законы природы и основы механики, теории колебаний и волн, электричества и магнетизма, физической оптики, атомной и квантовой физики, физики ядра и элементарных частиц, статистической физики и классической термодинамики; • основные физические величины и физические константы, их определение, смысл, способы и единицы их измерения; историю развития и становления физики, ее современное состояние; основные методы научного познания, используемые в физике (наблюдение, описание, измерение, эксперимент).

Уметь:

объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах; проводить количественные оценки параметров и величин физических эффектов, наблюдаемых в твердых телах; использовать стандартную терминологию, определения и обозначения; применять полученные знания при изучении других дисциплин. Объяснять основные наблюдаемые природные и техногенные явления и эффекты с позиций фундаментальных физических взаимодействий; • указывать, какие законы описывают данное явление или эффект; устанавливать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы; использовать знания, полученные при изучении других дисциплин естественнонаучного цикла.

Владеть:

терминологическим аппаратом для описания структуры, свойств и явлений в конденсированном состоянии вещества; навыками выбора методов исследования структуры и свойств веществ в конденсированном состоянии; навыками определения типа кристаллической структуры и расчета ее параметров; основными навыками решения задач в области физики конденсированного состояния вещества.

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	Компетен-ции	Литература	Инте ракт.	Примечание
-------------	---	----------------	-------	--------------	------------	------------	------------

	Раздел 1. Лекции						
1.1	Физические свойства твердых тел, определяемые силами межатомного взаимодействия. Кристаллическая решетка. Анизотропия кристаллов. Дефекты кристаллической решетки. /Лек/	5	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
1.2	Механические свойства твердых тел. Упругая деформация и закон Гука. Закономерности пластической деформации. Прочность твердых тел. Квантовые статистики Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Фононный газ. /Лек/	5	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
1.3	Теории теплопроводности Дебая и Эйнштейна. Элементы теории теплопроводности твердых тел. Теплоемкость и теплопроводность анизотропных тел. /Лек/	5	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
1.4	Уравнение Шредингера. Приближение самосогласованного поля. Одноэлектронное приближение. Оператор трансляции. Функции Блоха. Область определения волнового вектора и его дискретность. /Лек/	5	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
1.5	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. /Лек/	5	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
1.6	Поверхностные явления. Контактные явления. Контактная разность потенциалов. Работа выхода. Контакт металл-металл. Контакт металл-полупроводник. Р-п переход. /Лек/	5	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
1.7	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. /Лек/	5	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
1.8	Распространение световых волн в оптических кристаллах. Оптическая анизотропия. Рассеяние света в твердых телах. Электрооптические, нелинейно-оптические и фотоэлектрические эффекты в твердых телах. /Лек/	5	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
	Раздел 2. Практические занятия						
2.1	Классификация твердых тел. Энергия связи. /Пр/	5	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
2.2	Симметрия кристаллов. Обратная решетка. /Пр/	5	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	

2.3	Механические свойства твердых тел /Пр/	5	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
2.4	Тепловые свойства кристаллов /Пр/	5	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
2.5	Уравнение Шредингера для твердого тела. Одноэлектронное приближение. /Пр/	5	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
2.6	Электрические и магнитные свойства твердого тела. /Пр/	5	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
2.7	Оптические свойства /Пр/	5	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
2.8	Заключительное /Пр/	5	2	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
	Раздел 3. Самостоятельная работа						
3.1	Изучение теоретического материала. /Ср/	5	40	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
3.2	Выполнение РГР «Физические свойства твердых тел» /Ср/	5	20	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
3.3	Подготовка к защите РГР. /Ср/	5	14	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	0	
	Раздел 4. Контроль знаний						
4.1	Подготовка к экзамену. Экзамен. /Экзамен/	5	36	ОПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	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	Сирота Д.И.	Физика твердого тела: Сборник задач с подробными решениями: учеб. пособие	Москва: Либроком, 2016,
Л1.2	Епифанов Г. И.	Физика твердого тела	Санкт-Петербург: Лань, 2022, https://e.lanbook.com/book/210671
Л1.3	Савельев И. В.	Курс физики. В 3 томах. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебник для вузов	Санкт-Петербург: Лань, 2024, https://e.lanbook.com/book/367055

6.1.2. Перечень дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
--	---------------------	----------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Максименко В.А.	Физика твердого тела: курс лекций	Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2016,
6.1.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Фалеев Д.С.	Физика атома, ядра и твердого тела. Сборник задач по физике: Учеб. пособие для вузов	Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2007,
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)			
Э1	Университетская библиотека ONLINE		http://biblioclub.ru/
Э2	Электронный каталог НТБ ДВГУПС		http://ntb.festu.khv.ru/
Э3	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU		elibrary.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			
ПО DreamSpark Premium Electronic Software Delivery - Подписка на программное обеспечение компании Microsoft. В подписку входят все продукты Microsoft за исключением Office, контракт 203			
Mathcad Education - University Edition - Математический пакет, контракт 410			
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 КонсультантПлюс - http://www.consultant.ru			
Профессиональная база данных, информационно-справочная система Техэксперт/Кодекс - http://www.cntd.ru			

7. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)		
Аудитория	Назначение	Оснащение
3434	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа.	комплект учебной мебели, тематические плакаты. Технические средства обучения: интерактивная доска, проектор, ноутбук. Лицензионное программное обеспечение: Windows 10 Pro для образовательных учреждений, версия 1909; Microsoft Office Pro Plus 2007; лиц. 168699; Антивирус Kaspersky Endpoint Security
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.
3537	Учебная аудитория для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	комплект учебной мебели, доска, тематические плакаты, установка для определения длины пробега частиц в воздухе (определение длины пробега Альфа-частиц ФПК-03, установка для изучения р-п перехода ФПК-06, установка для изучения температурной зависимости электропроводности металлов и полупроводников ФПК-07, установка для изучения спектра атома водорода ФПК-09, монохроматор МУМ (для ФПК-09), установка для излучения космических лучей ФПК-01, установка для изучения энергетического спектра электронов (изучение Бета - радиоактивности) ФПК-05, установка для изучения и анализа свойств материалов с помощью сцинтилляционного счетчика (изучение Гамма – радиоактивных элементов) ФПК-13, установка для определения резонансного потенциала методом Франка и Герца ФПК-02.
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

Аудитория	Назначение	Оснащение
		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;
201	Компьютерный класс для практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также для самостоятельной работы.	Комплект учебной мебели, доска, 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 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;

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

Методические рекомендации по работе над конспектом лекций во время и после проведения лекции.

В ходе лекционных занятий студентам необходимо вести конспектирование учебного материала, при этом запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Следует обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению, а также задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций. Над конспектами лекций надо систематически работать: первый просмотр конспекта рекомендуется сделать вечером того дня, когда была прослушана лекция, затем вновь просмотреть конспект через 3-4 дня. В этом случае при небольших затратах времени студент основательно и глубоко овладевает материалом и к сессии приходит хорошо подготовленным. Работая над конспектом лекций, всегда следует использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Самостоятельная подготовка студента к следующей лекции должна состоять в первую очередь в перечитывании конспекта предыдущей лекции.

Методические рекомендации к практическим занятиям.

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 РГР «Физические свойства твердых тел».

При выполнении РГР студенту необходимо изучить материал лекций, соответствующую теме РГР литературу, решить задачи, сопроводив решение необходимыми чертежами и пояснениями. Выполнение и защита РГР являются необходимым условием для допуска к экзамену. 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. 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.

Примерные вопросы к защите РГР «Физические свойства твердых тел»:

1. Каков вид уравнения колебательного движения атома в одно(мерной, моноатомной цепочке)?
2. Каковы уравнения колебательного движения атомов в одномер(ной, двухатомной цепочке)?
3. В чем разница колебательных спектров в одно(, двух(и много(атомных кристаллах)?
4. Что такое спектральная плотность решеточных колебаний?
5. Каков физический смысл функции распределения?
6. В чем состоит различие функций распределения Бозе–Эйнштейна и Ферми–Дирака?

Самостоятельная работа студентов.

Виды самостоятельной работы студентов и их состав:

- изучение теоретического материала по учебной и учебно-методической литературе;
- подготовка и оформление заготовок к выполнению лабораторных работ;
- отработка навыков решения задач по темам практических занятий;
- выполнение, оформление расчетно-графических работ; подготовка к защите и защита РГР;
- подготовка к промежуточному и итоговому тестированию по отдельным разделам и всему курсу.

Методические рекомендации по подготовке к экзамену.

При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, образовательные Интернет- ресурсы. Студенту рекомендуется также в начале учебного курса познакомиться со следующей учебно-методической документацией:

- программой дисциплины;
- перечнем знаний и умений, которыми студент должен владеть;
- тематическими планами практических занятий;
- учебниками, пособиями по дисциплине, а также электронными ресурсами.

После этого у студента должно сформироваться четкое представление об объеме и характере знаний и умений, которыми надо будет овладеть в процессе освоения дисциплины.

Методические рекомендации студентам с ограниченными возможностями здоровья.

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: 16.03.01 Техническая физика

Направленность (профиль): Техническая экспертиза, контроль и диагностика

Дисциплина: 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

1. Классификация конденсированных сред. Кристаллическое состояние и его классификация
2. Аморфное состояние. Жидкое и газообразное состояния
3. Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка. Базис решетки
4. Кристаллографические направления, плоскости и зоны
5. Сингонии кристаллов. Решетки Бравэ. Ячейки Вигнера-Зейтца
6. Симметрия кристаллов. Точечные операции симметрии. Пространственные группы симметрии
7. Обратная решетка.
8. Принцип плотной упаковки атомов. Примеры простых кристаллических структур
9. Полиморфизм. Жидкие кристаллы
10. Методы определения структуры твердых тел: дифракционные методы, дифракция рентгеновских лучей в кристаллах
11. Квазикристаллы.
12. Энергия связи. Типы межатомных связей в твердых телах: ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь, Ван-дер-Ваальсова связь.
13. Молекулярные кристаллы. Водородная связь
14. Классификация дефектов. Точечные дефекты. Дефекты по Френкелю. Дефекты по Шоттки.
15. Квантовые статистики Бозе – Эйнштейна и Ферми – Дирака.
16. Теория теплопроводности Дебая и Эйнштейна
17. Уравнение Шредингера. Приближение самосогласованного поля. Одноэлектронное
18. Зонная теория твердого тела. Статистика электронов в металлах.
19. Собственные и примесные полупроводники.
20. Контактная разность потенциалов. Работа выхода
21. Контакт металл- металл. Контакт металл- полупроводник.
22. P-n переход. Диод. Транзистор.
23. Гетероструктуры. Неравновесные явления в полупроводниках.
24. Классическая и квантовая теория дисперсии световых волн.
25. Фоторезисторы, фотодиоды и светодиоды.
26. Распространение световых волн в оптических кристаллах.
27. Оптическая анизотропия. Рассеяние света в твердых телах.

Примерные вопросы к защите РГР «Физические свойства твердых тел»:

1. Каков вид уравнения колебательного движения атома в одно(мерной, моноватомной) цепочке?
2. Каковы уравнения колебательного движения атомов в одномер(ной, двухатомной) цепочке?
3. В чем разница колебательных спектров в одно(, двух(и много(атомных) кристаллах?
4. Что такое спектральная плотность решеточных колебаний?
5. Каков физический смысл функции распределения?
6. В чем состоит различие функций распределения Бозе – Эйнштейна и Ферми – Дирака?
7. Что такое фононы? В чем принципиальное отличие фононов от других квазичастиц?
8. Каковы основные экспериментальные результаты, относящиеся к теплоемкости твердых тел?
9. Как рассчитывается теплоемкость твердых тел при квантовом подходе?
10. Объясните температурную зависимость теплоемкости твердых тел по модели Дебая.
11. Каковы определение и физический смысл температуры Дебая?
12. Что такое ангармонизм колебаний атомов в кристаллической решетке?
13. Какова природа теплового расширения твердых тел?
14. Как объяснить теплопроводность изоляторов?
15. Каковы механизмы рассеяния фононов?
16. Объясните температурную зависимость электрического сопротивления сверхпроводников.
17. Объясните зависимость критического поля H_c от температуры.
18. Опишите эффект квантования магнитного потока в сверхпроводниках.
19. В чем отличие диамагнетизма сверхпроводников от обычного диамагнетизма?
20. Что такое сверхпроводники первого и второго рода?
21. Запишите уравнения Лондонов. Что такое глубина проникновения магнитного поля в сверхпроводниках?
22. Дайте физическое объяснение природы сверхпроводимости.
23. Что такое длина когерентности?
24. Опишите эффекты Джозефсона.
25. Объясните работу квантового магнитометра и его основные возможности.

Пример экзаменационного билета:

1. Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка. Базис решетки. (ОПК-1)
2. Теория теплопроводности Дебая и Эйнштейна. (ОПК-1)
3. На дифракционную решетку нормально к ее поверхности падает монохроматический свет. Период решетки $d = 2$ мкм. Какого наибольшего порядка дифракционный максимум дает эта решетка в

случае красного ($\lambda_1 = 0,7$ мкм) и в случае фиолетового ($\lambda_2 = 0,41$ мкм) света? (ОПК-1)

Образец экзаменационного билета

Дальневосточный государственный университет путей сообщения		
Кафедра (к911) Физика и теоретическая механика 5 семестр, 2024-2025	Экзаменационный билет № Физика твердого тела Направление: 16.03.01 Техническая физика Направленность (профиль): Техническая экспертиза, контроль и диагностика	Утверждаю» Зав. кафедрой Пячин С.А., профессор 25.04.2024 г.
Вопрос Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка. Базис решетки. Кристаллографические направления, плоскости и зоны ()		
Вопрос Определить отношение средней энергии квантового осциллятора к средней энергии теплового движения молекул идеального газа при температуре равной температуре Эйнштейна. ()		
Задача (задание) ()		

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

3. Тестовые задания. Оценка по результатам тестирования.

- Кристаллами называются?
 - твердые тела, обладающие трехмерной периодической структурой
 - твердые тела, не обладающие трехмерной периодической структурой
 - твердые тела с ближним порядком расположения атомов
- Приближение, при котором пренебрегают кинетической и потенциальной энергией ионов, называется
 - изотермическое приближение
 - адиабатическое приближение
 - политропическое приближение
- Число атомов в ГЦК ячейке равно
 - 4
 - 5
 - 3
- Решеткой Бравэ называется
 - бесконечная закономерная система точек в пространстве, образуемая трансляционным повторением одной точки
 - бесконечная закономерная система точек в пространстве, образуемая трансляционным повторением всех точек
 - полубесконечная закономерная система точек в пространстве, образуемая трансляционным повторением всех точек
- Координационное число равно шести для следующей структуры
 - гранецентрированной кубической решетке
 - простой кубической решетке
 - объемно-центрированной кубической решетке
- Квант энергии тепловых колебаний решетки называется
 - фотоном
 - фононом
 - фермионом
- Величина, которая характеризует изменение внутренней энергии тела с изменением температурой, является
 - теплопроводность
 - теплоемкость
 - количество теплоты

10эВ?

8. В каких телах зона проводимости полностью свободна, а ширина запрещенной зоны порядка 3-10эВ?
- в проводниках
 - в диэлектриках
 - в металлах
9. Вещества, с отрицательной магнитной восприимчивостью, называются
- парамагнетиками
 - диамагнетиками
 - ферромагнетиками
10. Для собственных полупроводников уровень Ферми находится
- в валентной зоне
 - в запрещенной зоне
 - в зоне проводимости

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 балльной 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	Удовлетворительн	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.