

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Лельчицкий Игорь Давыдович
Должность: и.о. проректора по образовательной деятельности
Дата подписания: 23.03.2026 14:14:15
Уникальный программный ключ:
aa5b5ee17d97a2e4d84e98e985320af04f047ce2

УП: 44.03.01 Пед обр
ФСООСПО 2025
ЗФО.plx

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ООП



Орлов Ю.Д.

4 марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Физика конденсированного состояния вещества

Закреплена за кафедрой:	Физики конденсированного состояния
Направление подготовки:	44.03.01 Педагогическое образование
Направленность (профиль):	Физика в системе основного, среднего общего и среднего профессионального образования
Квалификация:	бакалавр
Форма обучения:	заочная
Семестр:	3

Программу составил(и):

канд. физ.-мат. наук, доц., Кислова Инна Леонидовна

Тверь, 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

Целью освоения дисциплины является:

создание фундаментальной базы знаний в области физики конденсированного состояния вещества, на основе которой в дальнейшем можно развивать более углубленное и детализированное изучение различных разделов физики конденсированных сред в рамках специализированных курсов.

Задачи :

Задачами освоения дисциплины являются:

дать представление об основных понятиях физики конденсированного состояния и особенностях строения конденсированных сред, знакомство с физическими свойствами кристаллических материалов, подготовка студентов к углубленному изучению спецдисциплин

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.О

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Механика

Электричество и магнетизм

Молекулярная физика

Высшая математика

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Преддипломная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	6 ЗЕТ
Часов по учебному плану	216
в том числе:	
самостоятельная работа	185
часов на контроль	9

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ОПК-8.1: Применяет базовые знания в области физико-математических наук в образовательной деятельности

ОПК-8.2: Проводит научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывает и представляет экспериментальные данные

ОПК-8.3: Решает теоретические задачи и проводит моделирование физических объектов, систем и процессов в рамках научного исследования

ПК-4.1: Проектирует элементы образовательной среды школьной физики на основе учета возможностей и технологической направленности предприятий конкретного региона

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля на курсах:

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

№	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Сем.	Часов	Примечание
	Раздел 1. 1. Классификация типов связей в кристаллах. Энергия связи				
1.1	Атомные и ионные радиусы. Координационное число и координационный многогранник. Стехиометрическая формула вещества. Классификация типов связей в кристаллах. Ионные кристаллы. Кристаллы с ковалентной связью. Металлические кристаллы. Молекулярные кристаллы. Кристаллы с водородными связями. Энергия связи. Энергия решетки ионных кристаллов. Формула Борна-Ланде. Вычисление постоянной Маделунга. Вычисление постоянной, характеризующей потенциал сил отталкивания. Формула Борна-Майера.	Лек	3	1	
1.2	Классификация кристаллов по типам связей	Ср	3	20	
1.3	Классификация кристаллов на металлы и диэлектрики по пространственному распределению валентных электронов. Простейшая модель ионного кристалла. Ионные кристаллы химических соединений АВ _{VI} ; АП _{VI} ; АП _{IV} . Отличительные особенности моделей ковалентных, молекулярных и металлических кристаллов.	Лаб	3	1	
	Раздел 2. Упругие свойства кристаллов.				
2.1	Напряжения и деформации в изотропном твердом теле. Упругие деформации и напряжения в кристаллах. Закон Гука для анизотропных твердых тел. Модули упругости и упругие постоянные. Упругие волны в кристаллах.	Лек	3	1	
2.2	Напряжения и деформации в изотропном твердом теле. Упругие деформации и напряжения в кристаллах. Закон Гука для анизотропных твердых тел.	Пр	3	2	
2.3	Напряжения и деформации в изотропном твердом теле. Упругие деформации и напряжения в кристаллах. Закон Гука для анизотропных твердых тел.	Ср	3	20	

2.4	Колебания решетки. Фононы. Колебания цепочки одинаковых атомов. I-зона Бриллюэна. Колебания линейной цепочки, состоящей из двух различных атомов. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Колебания атомов трехмерной решетки. Инфракрасное поглощение.	Лаб	3	2	
2.5	Колебания решетки. Фононы. Колебания цепочки одинаковых атомов. I-зона Бриллюэна. Колебания линейной цепочки, состоящей из двух различных атомов. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Колебания атомов трехмерной решетки. Инфракрасное поглощение.	Пр	3	2	
	Раздел 3. Тепловые свойства твердых тел.				
3.1	Классическая теория теплоемкости твердых тел. Квантовая теория теплоемкости твердых тел по Эйнштейну.	Лек	3	2	
3.2	Теория теплоемкости Дебая. Дополнение к теории теплоемкости Дебая. Решеточная и электронная теплоемкости.	Лек	3	1	
3.3	Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность твердых тел. Теплопроводность диэлектриков. Теплопроводность металлов.	Лаб	3	2	
3.4	Классическая и квантовая теория теории теплоемкости твердых тел. Решение задач.	Пр	3	2	
3.5	Классическая теория теплоемкости твердых тел. Квантовая теория теплоемкости твердых тел по Эйнштейну.	Ср	3	40	
3.6	Теория теплоемкости Дебая. Теплоемкость металлов и диэлектриков.	Ср	3	50	
3.7	Теплопроводность металлов и диэлектриков.	Ср	3	20	
3.8	Теория теплоемкости Дебая. Дополнение к теории теплоемкости Дебая. Решеточная и электронная теплоемкости.	Лаб	3	2	
	Раздел 4. Физика реальных кристаллов.				
4.1	Атомные нарушения структуры кристалла. Классификация дефектов структуры.	Лек	3	1	
4.2	Атомные нарушения структуры кристалла. Классификация дефектов структуры.	Пр	3	2	
4.3	Классификация дефектов кристаллов.	Ср	3	35	
4.4	Атомные нарушения структуры кристалла. Классификация дефектов структуры.	Лаб	3	1	

	Раздел 5. Контроль				
5.1	Экзамен	Экзамен	3	9	

Список образовательных технологий

1	Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)
2	Активное слушание

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

См.Приложение

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

См.Приложение

8.3. Требования к рейтинг-контролю

Рейтинг за семестр

Первая контрольная точка. Содержание модуля 1: Темы 1 –2.

Всего за модуль – 30 баллов, из них 10 – текущая работа студентов, 15 – рубежная контрольная работа, 5 – посещаемость студентами лекций и практических занятий.

Вторая контрольная точка. Содержание модуля 2: Темы 3 – 4.

Всего за модуль – 30 баллов, из них 10 – текущая работа студентов, 15 – рубежная контрольная работа, 5 – посещаемость студентами лекций и практических занятий.

Экзамен – 40 баллов.

Программой предусматривается выполнение письменных контрольных работ в качестве форм рубежного контроля в конце каждого модуля. Для подготовки к рубежному контролю предполагается выполнение домашних заданий по каждой пройденной в течение модуля теме и использование банка контрольных вопросов и заданий УМК.

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

Рекомендуемая литература

Перечень программного обеспечения

1	Adobe Acrobat Reader
2	Google Chrome
3	WinDjView
4	Mathcad 15 M010
5	Origin 8.1 Sr2

Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	ЭБС «ЮРАИТ»
---	-------------

2	ЭБС «Лань»
3	ЭБС ТвГУ
4	Виртуальный читальный зал диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ)

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-218	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, экран
3-226	комплект учебной мебели, Микшерный пульт, Аудиокомплект, Интерактивная система, проектор, Телекоммуникационные шкафы, экран, компьютер
3-227	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, экран

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Самостоятельная работа студентов предполагает:

- обязательное выполнение заданий, предусмотренных в рамках проведения практических занятий;
- углубленное изучение литературы по пройденным темам и по вопросам, дополнительно указанным преподавателем;
- использование материалов УМК для систематизации знаний и подготовке к занятиям и контрольным работам.

Приложение 1 . Задания для проведения текущей аттестации

Контрольная работа №1

Вариант 1.

Атомные и ионные радиусы. Координационное число и координационный многогранник. Стехиометрическая формула вещества.

Классификация типов связей в кристаллах. Металлические, молекулярные кристаллы и кристаллы с водородными связями.

Вариант 2.

Классификация типов связей в кристаллах. Энергия связи. Ионные кристаллы.

Классификация твердых тел на металлы и диэлектрики по пространственному распределению валентных электронов. Простейшая модель ионного кристалла.

Ионные кристаллы химических соединений A_1B_{VII} , $A_{II}B_{VI}$, $A_{III}B_V$. Модель ковалентных молекулярных, металлических кристаллов. Непрерывный переход от одного класса кристаллов к другому в соответствии с периодической таблицей элементов Менделеева.

Вариант 3.

Энергия решетки ионных кристаллов. Формула Борна-Ланде.

Напряжения и деформации в изотропном твердом теле.

Вариант 4.

Вычисление постоянной Маделунга.

Упругие деформации и напряжения в кристаллах

Вариант 5.

Вычисление постоянной "n", характеризующей потенциал сил отталкивания.

Закон Гука для анизотропных твердых тел. Модули упругости и упругие постоянные.

Вариант 6.

Формула Борна-Майера для расчета энергии связи ионного кристалла.

Упругие волны в кристаллах.

Вариант 7.

Классификация типов связей в кристаллах. Кристаллы с ковалентной связью.

Колебания решетки. Фононы. Колебания цепочки одинаковых атомов. I -ая зона Брюллюэна.

Вариант 8.

Колебания линейной цепочки, состоящей из двух различных атомов. Акустические и оптические ветви колебаний

Теория теплоемкости Дебая.

Вариант 9.

Инфракрасное поглощение.

Дополнение к теории теплоемкости Дебая. Решеточная и электронная теплоемкости.

Вариант 10.

Колебания атомов трехмерной решетки.

Тепловое расширения твердых тел.

Контрольная работа №3

Вариант 1.

Классическая теория теплоемкости твердых тел

Теплопроводность твердых тел. Теплопроводность диэлектриков.

Вариант 2.

Квантовая теория теплоемкости твердых тел по Энштейну.

Теплопроводность твердых тел. Теплопроводность металлов.

Вариант 3.

Атомные нарушения структуры кристалла. Классификация дефектов структуры.

Основные виды точечных дефектов.

Напряжения, необходимые для образования дислокации в совершенном кристалле.

Скальвающее напряжение.

Вариант 4.

Тепловые точечные дефекты. Дефекты по Френкелю и по Шоттки.

Движение дислокаций.

Вариант 5.

Равновесная концентрация точечных дефектов.

Напряжения, связанные с дислокациями. Энергия дислокации. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.

Вариант 6.

Тепловые дефекты в бинарных кристаллах. Центры окраски.

Дефекты упаковки и частичные дислокации. Границы зерен.

Вариант 7.

Радиационные дефекты.

Методы наблюдения дислокаций.

Вариант 8.

Дислокации. Линия дислокации. Краевые и винтовые дислокации.

Пределы устойчивости структур. Плотнейшие упаковки частиц в структурах.

Построение структур с помощью координационных многогранников.

Вариант 9.

Контур и вектор Бюргерса. Правило Франка.

Равновесная концентрация точечных дефектов.

Приложение 2. ФОС ФКС

ПК-2: Способен выполнять экспериментальную работу в области физики и оформлять результаты исследований и разработок

Номер задания	Правильный ответ (ключ)	Содержание вопроса/задания	Критерии оценивания заданий
Задания закрытого типа			
1	3	Теплоемкость твердых тел в области низких температур растет пропорционально 1. $C \sim T$ 2. $C \sim T^2$ 3. $C \sim T^3$ 4. $C \sim \exp(T)$	
2	3	Теплоемкость кристаллов в области высоких температур равна 1. 28 Дж/моль·К 2. 1 Дж/моль·К 3. 25 Дж/моль·К 4. 37,5 Дж/моль·К	
3	1	Точечные дефекты локализуются в областях кристалла размером порядка: 1. 10^{-8} см 2. 10^{-8} м 3. 10^{-10} см 4. 10^{-1} м	
4	2	Дислокации относят к: 1. Точечным дефектам 2. Линейным дефектам 3. Поверхностным дефектам 4. Объемным дефектам	
5	1	Уровень, который отделяет полностью заполненные уровни от полностью незаполненных называется 1. Уровнем Ферми 2. Уровнем Максвелла 3. Уровнем Дирака 4. Уровнем Планка	
6	2	Закон Видемана и Франца гласит: отношение теплопроводности к электропроводности для большинства металлов прямо пропорционально 1. $\sim T^2$ 2. $\sim T$	

		3. $\sim T^3$ 4. $\sim \exp(T)$	
7	4	Теплопроводность металлов при высоких температурах (~ 300 К) растет пропорционально: 1. $\sim T^2$ 2. $\sim T$ 3. $\sim \exp(T)$ 4. остается постоянной и не зависит от температуры	
8	3	Сколько типов дефектов различают в твердых телах? 1. 2 2. 10 3. 4 4. 1	
9	1	К какому типу дефектов относят вакансии, межузельные атомы, сочетания этих дефектов, центры окраски и т.п. 1. Точечным дефектам 2. Линейным дефектам 3. Поверхностным дефектам 4. Объемным дефектам	
10	3	К какому типу дефектов относят границы зерен и двойников, межфазные границы, страты роста, границы зон роста? 1. Точечным дефектам 2. Линейным дефектам 3. Поверхностным дефектам 4. Объемным дефектам	
11	1	Вакансия – это 1. Узел решетки, в котором отсутствует атом или ион; 2. Край недостроенной атомной плоскости (экстраплоскости), обрывающейся внутри кристалла; 3. Поверхность кристалла	
12	3	Пара дефектов (вакансия –межузельный атом) называется 1. Дефектом по Шотки 2. Дефектом по Ферми 3. Дефектом по Френкелю 4. Линейным дефектом	
13	3	При образовании дефектов по Френкелю плотность кристалла 1. Увеличивается 2. Уменьшается 3. Остаётся неизменной	
Задания открытого типа			

1	Электронный газ в металле описывается статистикой _____	
Правильный ответ (ключ) (Ферми-Дирака)		
2	Точечные дефекты в виде совокупности атомов в междоузлиях и вакансий называют дефектами по _____	
Правильный ответ (ключ) (Френкелю)		
3	Квазичастицы, соответствующие упругим колебаниям кристаллической решетки, называются _____	
Правильный ответ (ключ) (фононами).		
4	Сколько оптических ветвей колебаний в спектре колебаний решетки, если примитивная ячейка кристалла состоит из l атомов?	
Правильный ответ (ключ) 3/3		
5	В реальных условиях электронный газ в металлах всегда _____ (вырожден или невырожден)	
Правильный ответ (ключ) вырожден		
6	Уровень Ферми – это уровень, вероятность заполнения которого равна _____	
Правильный ответ (ключ) 0,5		
7	Механическое напряжение, равное отношению силы, приложенной к образцу, к фактическому значению площади сечения, изменяющейся при напряжениях, способных вызвать достаточную деформацию, называется _____ (истинным или условным)	
Правильный ответ (ключ) истинным		
8	Коэффициент, равный отношению максимальных касательных напряжений к максимальным нормальным называется коэффициентом _____	
Правильный ответ (ключ) мягкости		
9	Нормальные или касательные напряжения способствуют развитию пластической деформации?	
Правильный ответ (ключ) Касательные		
10	Изменение объема или формы тела без изменения его массы под действием внешней силы называется _____	
Правильный ответ (ключ) деформацией		

Приложение 3. Промежуточная аттестация

Экзамен предполагает проведение устного опроса по вопросам, список которых приводится ниже.

Список вопросов к экзамену:

1. Атомные и ионные радиусы. Координационное число и координационный многогранник. Стехиометрическая формула вещества.
2. Классификация типов связей в кристаллах. Энергия связи. Ионные кристаллы.
3. Энергия решетки ионных кристаллов. Формула Борна-Ланде.
4. Вычисление постоянной Маделунга.
5. Вычисление постоянной “n”, характеризующей потенциал сил отталкивания.
6. Формула Борна-Майера для расчета энергии связи ионного кристалла.
7. Классификация типов связей в кристаллах. Кристаллы с ковалентной связью.
8. Классификация типов связей в кристаллах. Металлические, молекулярные кристаллы и кристаллы с водородными связями.
9. Классификация твердых тел на металлы и диэлектрики по пространственному распределению валентных электронов. Простейшая модель ионного кристалла. Ионные кристаллы химических соединений A_1B_{VII} , $A_{II}B_{VI}$, $A_{III}B_V$. Модель ковалентных молекулярных, металлических кристаллов. Непрерывный переход от одного класса кристаллов к другому в соответствии с периодической таблицей элементов Менделеева.
10. Напряжения и деформации в изотропном твердом теле.
11. Упругие деформации и напряжения в кристаллах
12. Закон Гука для анизотропных твердых тел. Модули упругости и упругие постоянные.
13. Упругие волны в кристаллах.
14. Колебания решетки. Фононы. Колебания цепочки одинаковых атомов. I -ая зона Брюллюэна.
15. Колебания линейной цепочки, состоящей из двух различных атомов. Акустические и оптические ветви колебаний
16. Инфракрасное поглощение.
17. Колебания атомов трехмерной решетки.
18. Классическая теория теплоемкости твердых тел

19. Квантовая теория теплоемкости твердых тел по Энштейну.
20. Теория теплоемкости Дебая.
21. Дополнение к теории теплоемкости Дебая. Решеточная и электронная теплоемкости.
22. Тепловое расширения твердых тел.
23. Теплопроводность твердых тел. Теплопроводность диэлектриков.
24. Теплопроводность твердых тел. Теплопроводность металлов.
25. Атомные нарушения структуры кристалла. Классификация дефектов структуры. Основные виды точечных дефектов.
26. Тепловые точечные дефекты. Дефекты по Френкелю и по Шоттки.
27. Равновесная концентрация точечных дефектов.
28. Тепловые дефекты в бинарных кристаллах. Центры окраски.
29. Радиационные дефекты.
30. Дислокации. Линия дислокации. Краевые и винтовые дислокации.
31. Контур и вектор Бюргерса. Правило Франка.
32. Напряжения, необходимые для образования дислокации в совершенном кристалле. Скальвающее напряжение.
33. Движение дислокаций.
34. Напряжения, связанные с дислокациями. Энергия дислокации. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.
35. Дефекты упаковки и частичные дислокации. Границы зерен.
36. Методы наблюдения дислокаций.
37. Пределы устойчивости структур. Плотнейшие упаковки частиц в структурах. Построение структур с помощью координационных многогранников.
38. Равновесная концентрация точечных дефектов.