

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Физика твердого тела

по направлению подготовки

03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
С.Н. Филимонов

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2 Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

ПК-1 Способен проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 2.2 Анализирует и интерпретирует экспериментальные и теоретические данные, полученные в ходе научного исследования, обобщает полученные результаты, формулирует научно обоснованные выводы по результатам исследования

ИПК 1.1 Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить фундаментальные представления о взаимосвязи между типом межатомного взаимодействия и структурой твердых тел

– Научиться применять аппарат описания физических и механических свойств твердых тел для решения практических и теоретических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Пятый семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Атомная физика, Кристаллография, Линейная алгебра и аналитическая геометрия, Дифференциальные уравнения.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

- лекции: 16 ч.

- практические занятия: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Силы связи и кристаллическая структура идеальных кристаллов.

Основы классификации твердых тел по типу сил связи. Механизм возникновения ковалентного, ионного и Ван-дер-Ваальсовского взаимодействия в молекулах. Силы связи в кристаллах, металлическое взаимодействие. Механизм возникновения металлического взаимодействия в кристаллах. Структура кристаллов с различным типом взаимодействия.

Коэффициенты упаковки и междоузлия в кристаллах. Энергия взаимодействия двух частиц при ионном и Ван-дер-ваальсовском взаимодействии. Энергия сил связи кристаллов при различных типах взаимодействия.

Тема 2. Упругие свойства твердых тел.

Физические величины, описываемые тензорами различного ранга. Скаляры, векторы и тензоры 2-го ранга. Преобразования компонент тензора. Характеристическая поверхность 2-го порядка. Свойства характеристической поверхности. Величина, характеризующая свойство в данном направлении. Главные оси и главные значения тензора 2-го ранга. Описание напряженного состояния в точке твердого тела. Тензор напряжения и его симметрия. Преобразования компонент тензора напряжений при преобразовании системы координат. Окружность Мора. Частные формы тензора напряжений. Описание деформированного состояния в точке твердого тела. Закон Гука для изотропного и анизотропного твердого тела. Симметрия тензоров упругости. Влияние симметрии кристалла на число независимых компонент тензоров упругости кристаллов различных сингоний. Тензор упруго-изотропного твердого тела. Физический смысл констант упругости кристаллов кубической сингонии. Экспериментальное определение констант упругости кубических кристаллов. Связь констант упругости общей теории с техническими характеристиками упругости. Зависимость модуля Юнга от направления. Модуль сдвига в различных системах скольжения.

Тема 3. Колебания атомов кристаллической решетки.

Одномерные колебания однородной струны. Упругие волны в кубических монокристаллах. Колебания одноатомной линейной цепочки. Колебания одномерной решетки с базисом. Закон дисперсии для одномерной решетки с двумя атомами на ячейку. Смещения атомов в акустической и оптической ветвях колебаний. Колебания атомов трехмерного кристалла. Квантовая теория гармонического кристалла. Фононы. Тепловое возбуждение фононов.

Тема 4. Тепловые свойства твердых тел.

Закон Дюлонга и Пти. Теплоемкость в квантовой теории твердого тела. Теплоемкость решетки при высоких и низких температурах. Модели Эйнштейна и Дебая. Теплоемкость в модели Дебая. Вклад свободных электронов в теплоемкость металлов. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность твердых тел.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится с применением балльно-рейтинговой системы, в которую входит оценка посещаемости, результатов работы на семинарских занятиях, результатов решения контрольной работы. Контрольная точка проводится не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в пятом семестре проводится в письменной форме по билетам. Время для подготовки письменного ответа – 30 минут. Продолжительность устного ответа на вопросы билета – 30 минут.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22042>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>).

- в) План семинарских занятий по дисциплине.
1. Механизмы возникновения различных типов взаимодействия в твердых телах.
 2. Кристаллическая структура твердых тел с различным типом взаимодействия.
 3. Тензорное описание физических свойств кристаллов. Геометрическая интерпретация симметричного тензора 2-го ранга.
 4. Приведение к главным осям тензора напряжений и деформации.
 5. Физический смысл компонент тензора бесконечно малой деформации.
 6. Обобщенный закон Гука для анизотропного твердого тела.
 7. Квантовая теория колебаний гармонического кристалла. Фононы. Тепловое возбуждение фононов.
 8. Теплоемкость твердого тела в модели Дебая.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.
Для эффективного освоения дисциплины студентам рекомендуется:

- после лекции просмотреть и обдумать текст конспекта (15 минут);
- накануне следующей лекции вспомнить материал предыдущей (15 минут);
- изучение теоретического материала по книгам и конспекту (1 час в неделю);
- работа с литературой в библиотеке и/или в ресурсах сети Интернет (1 час в неделю).

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. - М.: Высшая школа, 2000. - Гл. 2, 4, 5, 6.
2. Васильев Д.М. Физическая кристаллография. - М.: Металлургия, 1972. - Гл. 5, 6.
3. Смирнов А.А. Молекулярно-кинетическая теория металлов. - М.: Мир, 1966. - Гл. 2,7,8.
4. Най Дж. Физические свойства кристаллов. - М.: Мир, 1967. - Гл. 6, 8.
5. Жирифалько Л. Статистическая физика твердого тела. М.: Мир, 1975. - Гл. 6, 8.
6. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. - М.: Мир, 1979. - Т.2, - Гл. 19, 20.

б) дополнительная литература:

1. Брандт Н.Б., Чудинов С.М. Электроны и фононы в металлах. - М.: Изд-во Московского университета, 1990. Гл. 1-5.
2. Вонсовский С.В., Кацнельсон .М.И. Квантовая физика твердого тела. - М.: Наука, 1983. Гл. 1.2.
3. Амензаде Ю.А. Теория упругости. - М.: Высшая школа, 1971. - Гл. 1-4.
4. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. - М.: ФММ, 1978. Гл 3,6.
5. Физическое металловедение. Под ред. Кана Р.У., Хаазена П. - М.: Металлургия. 1982. - Т.1, гл. 7.

в) ресурсы сети Интернет:

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000- . – URL: <http://elibrary.ru/>
2. ScienceDirect [Electronic resource] / Elsevier B.V. – Electronic data. – Amsterdam, Netherlands, 2016. – URL: <http://www.sciencedirect.com/>
Encyclopedia of crystallographic prototypes [Electronic resource] – Electronic data. – Durham, USA, 2021. – URL: <http://www.aflowlib.org/prototype-encyclopedia/>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standard 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook); системы компьютерной вёрстки LaTeX; системы компьютерной алгебры Wolfram Mathematica, Waterloo Maple;

– публично доступные облачные технологии (GoogleDocs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог [Электронный ресурс] / НИ ТГУ, Научная библиотека ТГУ. – Электрон. дан. – Томск, 2022. – URL: <https://koha.lib.tsu.ru/>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Томск, 2022. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Издательство «Лань» [Электронный ресурс]:/ – Электрон. дан. – СПб., 2010. – URL: <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента [Электронный ресурс] / ООО «Политехресурс». – М, 2012. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС Znanium.com [Электронный ресурс] / Научно-издательский центр Инфра-М. – Электрон. дан. – М., 2012. – URL: <http://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Все виды материально-информационной базы Научной библиотеки ТГУ.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Осипов Денис Андреевич, кандидат физико-математических наук, кафедра физики металлов физического факультета ТГУ, доцент.