

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

**Основы физики твердого тела**

по направлению подготовки

**03.03.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Фундаментальная физика»**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Бакалавр**

Год приема  
**2023**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
О.Н. Чайковская

Председатель УМК  
О.М. Сюсина

Томск – 2023

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

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

– ПК-1 – Способность 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 понятийный аппарат и приобрести базовые знания в области теории твердого тела, в основном связанной с электрофизическими явлениями.

– Научиться применять понятийный аппарат и полученные базовые знания для решения научных и практических задач в области теории твердого.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

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

Курс «Основы физики твердого тела» относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

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

Семестр 7, зачет.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам:

- «Механика» (механические свойства твердых тел);

- «Термодинамика» (тепловые свойства твердых тел);

- «Электричество и магнетизм» (электрические и магнитные свойства твердых тел);

- «Оптика» (оптические и фотоэлектрические свойства твердых тел, дифракция рентгеновских лучей на кристаллах, квантовые генераторы);

- «Атомная физика»,

а также некоторым разделам высшей математики (математического анализа, линейной алгебры, теории дифференциальных уравнений).

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часа, из которых:

– лекции: 16 ч.;

– практические занятия: 16 ч.;  
в том числе практическая подготовка: 16 ч.  
Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

Тема 1. Введение. Структура кристаллов. Кристаллическая решетка.

Типы химических связей. Реальные кристаллы. Дефекты. Кристаллическая решетка (КР) и ее описание. Элементы симметрии КР. Классификация КР. Индексы Миллера. Обратная решетка. 3-мерный ряд Фурье. Условия дифракционного отражения. Зоны Бриллюэна.

Тема 2. Колебания кристаллической решетки. Теплоемкость кристаллов.

Колебания однородной цепочки масс. Колебания сложной цепочки масс. Энергия колебаний. Нормальные колебания. Фононы. Колебания 3-мерной кристаллической решетки. Теория теплоемкости твердых тел Дебая.

Тема 3. Электроны в кристалле.

Одноэлектронное приближение. Функция Блоха и ее свойства. Приближение слабосвязанных электронов Лекция. Приближение сильносвязанных электронов. Методы расчета состояний электрона. Зонная структура энергетического спектра. Изоэнергетические поверхности. Реальная структура зон. Металлы, диэлектрики, полупроводники. Плотность состояний электронов вблизи краев зон. Электроны проводимости и дырки и их динамические характеристики и параметры.

Тема 4. Статистика носителей заряда в полупроводниках.

Функция распределения электронов по энергии и концентрация носителей заряда. Вырожденные и невырожденные полупроводники. Собственный полупроводник. Активные примеси в полупроводниках. Уровень Ферми и концентрация носителей заряда в примесных полупроводниках.

Тема 5. Перенос носителей заряда в полупроводниках.

Закон сохранения. Потоки носителей заряда. Уравнения переноса частиц. Случай статистического равновесия. Соотношение Эйнштейна. Неравновесные процессы при малых возмущениях. Дебаевский радиус. Время релаксации Максвелла. Время жизни неосновных носителей заряда. Длина инжекции.

Тема 6. Контактные явления.

Работа выхода. Контакт металлов. Контакты «металл – полупроводник». p-n-переход. Изотипные переходы. Омические контакты. Диоды, транзисторы.

Тема 7. Явления в сильных полях.

Разогрев носителей заряда. Потенциальная и ударная ионизация. Туннельный эффект. Эффект Ганна. Туннельный диод.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине осуществляется путем контроля посещаемости, работы на семинарах, проведения контрольных работ и тестов по лекционному материалу и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Зачет в седьмом семестре проводится в устной форме по экзаменационным билетам. Билет содержит два теоретических вопроса. Первый вопрос является «фундаментальным», ответ на него должен содержать логическую цепь рассуждений, как

правило, включающую математические выкладки. Второй вопрос является «понятийным», то есть не требующим углубленного изложения. После ответа на билет студенту могут быть заданы уточняющие или дополнительные вопросы.

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=00000>

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

в) Задания теста по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/mod/quiz/view.php?id=576962>.

г) Темы семинаров по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=21955>

### **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

– Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела: М: ВШ, 1985, 384 с.

– Блейкмор Дж. Физика твердого тела: М: Мир, 1988, 608 с.

– Шалимова К.В. Физика полупроводников. М., Энергия, 1976

б) дополнительная литература:

– Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела: М: Мир, 1969, 608 с..

– Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М: Наука, 1978.

– Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. М: Наука, 1978

– Шаскольская М. П. Кристаллография. М., ВШ, 1976.

в) ресурсы сети Интернет:

– А.В. Малеев. Лекции по физике твердого тела. Уч. пособие, Владимир, 2015, – [https://op.vlsu.ru/fileadmin/Programmy/Bacalavr\\_academ/44.03.05/Fizika\\_Matematika/Metod\\_doc/Fizika\\_Tverdogo\\_Tela.pdf](https://op.vlsu.ru/fileadmin/Programmy/Bacalavr_academ/44.03.05/Fizika_Matematika/Metod_doc/Fizika_Tverdogo_Tela.pdf)

– <https://kaf70.mephi.ru/pdf/kittel.pdf>

– [https://portal.tpu.ru/SHARED/e/ELP/teaching/Physics/Tab/FKS\\_Matykhin.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/e/ELP/teaching/Physics/Tab/FKS_Matykhin.pdf)

– Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система. <http://www.consultant.ru>

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

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

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://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.

#### **15. Информация о разработчиках**

Шипилова Анна Викторовна, кандидат технических наук, кафедра физики плазмы физического факультета ТГУ, доцент.