

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФТИ

 Долматов О.Ю.

«22» 04 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
СПЕЦГЛАВЫ ФИЗИКИ**

Направление (специальность) ООП 03.03.02 Физика

Профиль(и) подготовки (специализация, программа)

Физика конденсированного состояния вещества

Квалификация (степень) бакалавр

Базовый учебный план приема 2014 г.

Курс 3 семестр 6

Количество кредитов 3

Код дисциплины Б1.ВМ5.1.3.2


| Виды учебной деятельности | Временной ресурс по очной форме обучения |
|---------------------------|--|
| | |
| Лекции, ч | 16 |
| Практические занятия, ч | 16 |
| Лабораторные занятия, ч | |
| Аудиторные занятия, ч | 32 |
| Самостоятельная работа, ч | 76 |
| ИТОГО, ч | 108 |

Вид промежуточной аттестации зачет

Обеспечивающее подразделение кафедра общей физики

Заведующий кафедрой  Лидер А.М.
(ФИО)

Руководитель ООП  Лидер А.М.
(ФИО)

Преподаватель  Кузнецов П.В.
(ФИО)

2016 г.

1. Цели освоения модуля (дисциплины)

Изучение дисциплины «Спецглавы физики» необходимо для углубления знаний, умений и владения опытом, полученными в результате освоения курсов общей физики, теоретической физики, атомной физики и др.

2. Место модуля (дисциплины) в структуре ООП

Дисциплина «Специальные главы физики» (Б1.ВМ5.1.3.2) относится к вариативному междисциплинарному профессиональному модулю (вариативная часть) подготовки бакалавров по направлению 03.03.02 «Физика». Она непосредственно связана с дисциплинами естественнонаучного и математического цикла (физика, химия, теоретическая механика) и общепрофессионального цикла (теория и свойства кристаллов и неупорядоченных материалов, современные проблемы физики) и опирается на освоенные при изучении данных дисциплин знания и умения. Дисциплине «Специальные главы физики» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ):

- математика
- физика
- теория вероятностей и математическая статистика
- теоретическая физика

Содержание разделов дисциплины «Специальные главы физики» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

- кристаллография
- методы исследования конденсированного состояния материалов
- физические основы наноматериалов
- методы исследования наноматериалов
- металлы и полупроводники: технологии и процессы .

В соответствии с ФГОС выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать следующими **общепрофессиональными компетенциями** : способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать **профессиональными компетенциями (ПК)**, соответствующими ФГОС, и виду (видам) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа бакалавриата:

научно-исследовательская деятельность:

способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);

способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического

оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2);

научно-инновационная деятельность:

готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований (ПК-3);

способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин (ПК-4);

способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований (ПК-5);

организационно-управленческая деятельность:

способностью понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований (ПК-6);

способностью участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме (ПК-7);

3. Результаты освоения дисциплины (модуля)

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины (модуля) направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

| | | | | | | |
|---|--|--|--------------|---|--|--|
| Р5: Получить организационно-управленческие навыки при работе в научных группах, критически переосмыслить накопленный опыт, изменять при необходимости и профиль своей профессиональной деятельности, нести ответственность за последствия своей инженерной деятельности. | | | У 5.3 | Критически переосмыслить накопленный опыт | | |
|---|--|--|--------------|---|--|--|

| | | | | | | |
|--|---------------------|---|--|--|---------------------|---|
| <p>Р6: Научно-исследовательская деятельность Проводить научные теоретические и экспериментальные исследования в области физики конденсированного состояния (материаловедения, атомной и ядерной физики, водородной энергетики и др.) с помощью современной приборной базы с использованием специализированных знаний физики и освоенных профильных дисциплин.</p> | | | | <p>Проводить научные теоретические и экспериментальные исследования в профессиональной области</p> | <p>В 6.2</p> | <p>Применения междисциплинарных знаний для решения нестандартных задач в профессиональной области</p> |
| <p>Р8: Организационно-управленческая Использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований, участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме, понимать и применять на практике методы управления в сфере природопользования</p> | <p>3 8.1</p> | <p>Основы организации и планирования физических исследований.</p> | | | | |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--------------|---|
| Р9: Педагогически - просветительс кая Проектировать , организовыват ь, анализировать педагогическу ю деятельность, владеть последователь ностью изложения материала с использование м междисциплин арных связей физики с другими дисциплинами, участвовать в информационн о- образовательн ых мероприятиях по пропаганде и распространен ию научных знаний | | | | | | |
| | | | | | В 9.2 | Последо вательно сти изложен ия материа ла на основе использо вания междисц иплинар ных связей физики с другими дисципли нами. |

В результате освоения дисциплины «Специальные главы физики» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

| Код результата | Результаты освоения дисциплины |
|-----------------------|--|
| РД1 | Способен освоить основы организации и планирования физических исследований |
| РД2 | Способен критически переосмысливать накопленный опыт |
| РД3 | Способен проводить научные теоретические и экспериментальные исследования в профессиональной области |

4. Структура и содержание дисциплины

Раздел 1. Кристаллическая структура и форма твердых тел

Кристаллические и аморфные твердые тела.

Симметрия твердых тел

Элементарная ячейка, базис, симметрия решетки. Операции симметрии: трансляционная симметрия, точечная симметрия, плоские решетки и их симметрия, двумерные точечные группы и пространственные группы, трехмерные кристаллические системы. Структура реальных кристаллов. Индексы Миллера и кристаллографические направления. Определение положения точки в элементарной ячейке.

Типы межатомных связей

Ван-дер-Ваальсово взаимодействие. Ионная связь, ее происхождение и характеристики. Постоянная Маделунга. Примеры структур ионных кристаллов. Ковалентная связь, ее происхождение и свойства. Водородная связь. Металлическая связь. Коллективизация электронов и модель металла. Изотропность металлической связи.

Дифракция в кристаллах

Дифракция как метод исследования. Использование трех типов излучения. Условие дифракции Брэгга. Атомный фактор рассеяния. Структурный фактор. Обратная решетка. Векторы обратной решетки. Условие дифракции Лауэ. Зоны Бриллюэна. Экспериментальные методы рентгенографического исследования структуры кристаллов. Метод Лауэ. Метод вращения кристалла. Метод порошка (метод Дебая – Шеррера). Дифракция в аморфных телах.

Дефекты кристаллической решетки

Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки. Плотность дефектов в состоянии теплового равновесия. Дислокация. Плотность дислокаций. Напряжения, связанные с дислокациями. Движение дислокаций. Механическое напряжение. Деформация. Закон Гука для изотропных тел. Пластические свойства кристаллических твердых тел. Хрупкое разрушение. Методы упрочнения кристаллов.

Раздел 2. Динамика решетки

Упругие волны, смещение атомов и фононы. Колебательные моды одноатомной решетки. Линейная одноатомная цепочка. Колебания

трехмерного одноатомного кристалла. Число мод, плотность состояний. Колебательный спектр решетки с базисом. Нормальные колебания линейной двухатомной цепочки. Акустическая и оптическая ветвь. Трехмерный кристалл с многоатомным базисом. Рассеяние фотонов на фононах, взаимодействие фононов

Статистика фононов и теплоемкость решетки

Классическая модель для вычисления энергии решетки. Модель Эйнштейна. Модель Дебая. Температура Дебая. Ангармонические эффекты. Теплопроводность. Решеточная теплопроводность и длина свободного пробега фононов. Нормальные процессы и процессы переброса. Рассеяние фононов, обусловленное дефектами. Влияние U- процессов на теплопроводность. Электронная теплопроводность в металлах и полупроводниках. Тепловое расширение твердых тел.

Раздел 3. Электроны в металлах

Типичные свойства металлов. Свободные электроны и положительные атомные остатки (ионы). Хаотическое и упорядоченное движение электронов. Классическая теория свободных электронов. Распределение скоростей Максвелла – Больцмана. Упругое рассеяние и средняя длина свободного пробега. Модель Друдэ. Модель Лоренца. Несостоятельность классических моделей.

Процессы переноса в металлах

Теплоемкость металлов. Электропроводность металлов. Время релаксации. Аддитивная природа электросопротивления. Правило Маттисена. Эффект Холла. Зонная теория твердых тел. Движение электрона в самосогласованном поле. Функции Блоха. Разрешенные и запрещенные энергетические зоны. Число уровней в зоне. Металлы и диэлектрики. Строение поверхности Ферми. Эффективная масса электронов. Плотность состояний.

Раздел 4. Полупроводники

Равновесная статистика электронов

Собственные и примесные полупроводники. Концентрация электронов и уровень Ферми. Статистика свободных дырок. Собственная концентрация электронно-дырочных пар. Отклонение от модели собственного полупроводника. Неравновесные носители тока. Эффект Холла.

Контактные явления

Работа выхода. Контакт двух металлов. Контактная разность потенциалов. Толщина двойного электрического слоя, возникающего в месте контакта двух металлов. Контакт металла с полупроводником. Запирающий слой. Устройства, основанные на контактных явлениях.

Раздел 5. Диэлектрические и магнитные свойства материалов

Поляризация. Виды поляризуемости. Макроскопическое электрическое поле. Деполяризующее поле. Локальное электрическое поле на атоме. Поле Лорентца. Поле диполей внутри полости. Диэлектрическая проницаемость и поляризуемость. Диэлектрическая релаксация. Время релаксации. Сегнетоэлектрики.

Классификация магнетиков. Природа диа-, пара- и ферромагнетизма. Парамагнетизм. Формула Ланжевена и закон Кюри. Ферро-, ферри-, антиферромагнетизм. Точка Кюри и температурная зависимость намагниченности. Ферромагнитные домены. Границы доменов. Магнитный гистерезис. Коэрцитивная сила. Практическое использование магнитных свойств материалов.

Раздел 6. Сверхпроводимость

Сверхпроводящее состояние. Возникновение сверхпроводимости. Теория Бардина – Купера - Шриффера. Проводимость на постоянном и переменном токе. Теплоемкость. Сверхпроводимость и магнитные поля. Эффект Мейснера. Квантование магнитного потока и незатухающие токи. Диамагнетизм сверхпроводников I и II рода. Микроскопическая теория сверхпроводников. Куперовское спаривание. Применение сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость.

1. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА КУРСА

3.1. Темы практических занятий

1. Расчет сил взаимодействия в твердых телах, расчет числа атомов приходящихся на кристаллическую структуру в ГЦК, ОЦК и ГПУ решетках. Расчет атомного фактора упаковки. 2 часа.

2. Решение задач по теме «Теплоемкость, теплопроводность и тепловое расширение твердых тел». 2 часа.

3. Решение задач по теме «Электроны в металлах» 2 часа

4. Решение задач по теме «Статистика электронов и дырок в полупроводниках. 2 часа.

5. Решение задач по теме «Электропроводность в полупроводниках и металлах» 2 часа.

7. Решение задач по теме «Магнитные свойства материалов» 2 часа.

8. Решение задач по теме «Диэлектрические свойства материалов» 2 часа.

5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Спецглавы физики» используются следующие образовательные технологии:

Таблица 3

Методы и формы организации обучения

| Методы | ФОО | Лекц. | Лаб. раб. | Пр. зан./ сем., | Тр. *, Мк** | СРС | К. пр.*** |
|------------------------------------|-----|-------|-----------|-----------------|-------------|-----|-----------|
| ИТ-методы | | + | | | | | |
| Работа в команде | | | | | | + | |
| Case-study | | | | | | | |
| Игра | | | | | | | |
| Методы проблемного обучения | | | | | | + | |
| Обучение на основе опыта | | | | + | | | |
| Опережающая самостоятельная работа | | | | + | | + | |
| Проектный метод | | | | | | | |
| Поисковый метод | | | | | | + | |
| Исследовательский метод | | | | | + | | |
| Другие методы | | | | | | | |

* – Тренинг, ** – мастер-класс, *** – командный проект

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает¹:

¹ Текущая самостоятельная работа может включать следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ;
- опережающая самостоятельная работа;
- перевод текстов с иностранных языков;

- работа с лекционным материалом, подготовка к практическим занятиям...
- опережающая самостоятельная работа, выполнение домашних заданий, изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к коллоквиуму

Творческая самостоятельная работа включает²:

- поиск, анализ, структурирование информации по курсовой работе с использованием интернет ресурсов.

6.3. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- устного опроса на предмет усвоения результатов предыдущего практического занятия;
- сдачи выполненных индивидуальных заданий;
- участие в коллоквиуме
- сдача зачета в конце семестра

7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролирующих мероприятий:

| Контролирующие мероприятия | Результаты обучения по дисциплине |
|---|-----------------------------------|
| Оценка активности студентов на практическом занятии | |
| Защите доклада в виде презентации по выбранной теме | |
| Выступление на коллоквиуме | |
| Сдача зачета | |

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролирующих мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд

-
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
 - подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
 - подготовка к контрольной работе и коллоквиуму, к зачету, экзамену.

² Творческая самостоятельная работа может включать следующие виды работ по основным проблемам курса:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- выполнение расчетно-графических работ;
- выполнение курсовой работы или проекта, работа над междисциплинарным проектом;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- анализ статистических и фактических материалов по заданной теме, проведение расчетов, составление схем и моделей на основе статистических материалов.

оценочных средств³) (с примерами):

Тест входной по курсу «Специальные главы физики»

1. Частица массой m находится в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме:

$$V(x) = \infty, x \leq 0, x \geq a$$

$$V(x) = 0, 0 < x < a.$$

Нормированная волновая функция с квантовым числом n , имеет вид:

$$\psi_n = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{n\pi x}{a}. \text{ Какое из соотношений будет всегда удовлетворять}$$

собственному значению энергии?

(A) $E \leq \frac{\pi^2 \hbar^2}{8ma^2}$

(B) $E \geq \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$

(C) $E = \frac{\pi^2 \hbar^2}{8ma^2}$

(D) $E = \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{8ma^2}$

(E) $E = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$

2. Максимальная длина волны x -лучей, которая удовлетворяет Брэгговской дифракции в кристалле для данной системы плоскостей с межплоскостным расстоянием d

(A) $\frac{d}{4}$

(B) $\frac{d}{2}$

(C) d

³ Элементы фонда оценивающих средств:

- вопросы входного контроля;
- контрольные вопросы, задаваемых при выполнении и защитах лабораторных работ;
- контрольные вопросы, задаваемые при проведении практических занятий,
- вопросы для самоконтроля;
- вопросы тестирований;
- вопросы, выносимые на экзамены и зачеты и др.

(D) $2d$

(E) $4d$

3. Оцените ширину возбужденного энергетического уровня электрона в атоме, если время нахождения атома в возбужденном состоянии $\tau \approx 10^{-8}$ с?

4. Каковы условия возникновения дискретного энергетического спектра микрочастицы?

5. В чем физическая сущность соотношения неопределенности.

6. Какие функции распределения и при каких условиях используются для описаний движения микрочастиц.

Примерный перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму 1.

1. Электроны в атомах. Квантовые числа. Модели атомов (что позволяет объяснить, что не позволяет). Атом Бора. Электронные уровни в атомах. Принцип Паули.

2. Определение твердого тела. Кристаллические и аморфные твердые тела, Природа сил связи атомов в кристаллической решетке. Ионная связь: энергия связи, постоянная Маделунга. Силы притяжения и силы отталкивания. Ковалентная связь: обменное взаимодействие, направленность и насыщенность связей. Силы Ван-дер-Ваальса и молекулярные кристаллы. Водородная связь. Металлическая связь.

3. Узлы и векторы решетки, базис. Решетка Бравэ. Классификация кристаллов по типу решетки Бравэ. Элементарная ячейка. Примитивная ячейка. Ячейка с базисом. Симметрия кристаллов. Точечные и пространственные группы симметрии.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины (модуля)

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах

(максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);

- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

В соответствии с «Календарным планом выполнения курсового проекта (работы)»:

- текущая аттестация (оценка качества выполнения разделов и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 22 баллов);
- промежуточная аттестация (защита проекта (работы)) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), по результатам защиты студент должен набрать не менее 33 баллов).

Итоговый рейтинг выполнения курсового проекта (работы) определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

(при наличии курсового проекта)

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Литература основная

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978. – 792 с.
2. Ашкрофт Н., Мермин П. Физика твердого тела. Т.1, 2. – М.: Мир. 1987. –458 с., 352 с.
3. Блэйкмор Дж. Физика твердого тела. –М.: Мир. 1988. – 608 с.
4. Г.И.Епифанов. Физика твердого тела. М., Высшая школа. 1977. – 288 с.
5. Зиненко В.И., Сорокин Б.П., Тургин П.П. Основы физики твердого тела. – М.: Физматлит. 2001. – 336 с.

9.2. Литература дополнительная:

1. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. – М.: Мир, 1974. – 472 с.
2. Стоунхэм А.М. Теория дефектов в твердых телах. Т.1, Т.2. – М.: Мир, 1980. – 571с., 360 с.,
3. Панова Т.В., Геринг Г.И. Физика конденсированного состояния вещества: Учебное пособие. Омск: Омск. Гос.Ун-т., 2008. 98 с.

4. Сборник задач по общему курсу физики/ Под ред. А.Н.Куценко, Ю.В.Рублева. М.: высшая школа. 1972. 432 с.

5. Сборник задач по общей физике/Под ред. И.В.Соловьева. М.: Наука. 1972. 256 с.

Internet–ресурсы (в т.ч. Перечень мировых библиотечных ресурсов):

1.Электронный курс физики твердого тела МГТУ им. Баумана. Проф. Винтайкина Г.В. <http://fn.bmstu.ru/phys/bib/physbook/tom6/content.htm>.

Используемое программное обеспечение:

1. Microsoft PowerPoint, Adobe Flash CS3.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Указывается материально-техническое обеспечение дисциплины: технические средства, лабораторное оборудование и др.

| № п/п | Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование) | Корпус, ауд., количество установок |
|-------|--|------------------------------------|
| 1 | Лекционные аудитории и комнаты для практических занятий | 3 корпус ТПУ, 2 |
| 2 | Видеопроектор Epson, интерактивная доска Smart TRIUMPH BOARD, PC Apple | 2 |

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению «Физика» и профилю подготовки Физика конденсированного состояния вещества

...

Программа одобрена на заседании кафедры

(протокол № 3 от «21» 04 2016 г.).

Автор(ы) Кузнецов П.В. Кузнецов П.В.

Рецензент(ы) Ерофеева Г.В. Ерофеева Г.В.