

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

Декан ФФ

\_\_\_\_\_ О.Н. Чайковская

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Рабочая программа дисциплины

**ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА ТВЕРДЫХ ТЕЛ**

Направление подготовки

**03.03.02 – Физика**

Профиль подготовки

**Фундаментальная физика**

Квалификация выпускника

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

### 1. Код и наименование дисциплины

Код дисциплины В.6.26 «Электронная структура твердых тел»  
Специализация «Физика металлов»

### 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина относится к вариативной части блока Б1, входит в модуль по выбору «Физика металлов». Дисциплина обеспечивает процесс профессиональной подготовки бакалавров.

### 3. Год и семестр обучения

Четвертый год; восьмой семестр

### 4. Входные требования для освоения дисциплины

Наличие у студента компетенций, сформированных при освоении дисциплин: классической и квантовой статистики, электронной структуры свободных атомов, кристаллографии, элементы теории групп, дифференциальные уравнения.

**5. Общая трудоемкость дисциплины** составляет 3 зачетных единицы, 108 часов, из которых 48 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (30 часов занятия лекционного типа, 18 часов занятия семинарского типа), 24 часов - самостоятельная работа обучающегося, на подготовку к экзамену отводится 36 часов.

### 6. Формат обучения

Очная

### 7. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1, 1 уровень	(ПК-1) — 1 ЗНАТЬ: специфику научного знания, современные проблемы физики, приемы самообразования. УМЕТЬ: приобретать систематические знания в выбранной области физики, анализировать возникающие в процессе научного исследования проблемы с точки зрения современных научных парадигм, осмысливать и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы. ВЛАДЕТЬ: навыками научного анализа и методологией научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности.
ПК-2, 1 уровень	ПК-2) — 1 ЗНАТЬ: основные стратегии исследований в выбранной области физики. УМЕТЬ: выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики. ВЛАДЕТЬ: методами разработки стратегий исследований в выбранной области физики навыками исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий.

## 8. Содержание дисциплины и структура учебных видов деятельности

Таблица 8.1

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа		Самостоятельная работа (час.)
			Лекции	Семинары	
1	Классическая электронная теория металлов Друде.	12	4	2	4
2	Теория металлов Зоммерфельда.	12	4	2	4
3	Основные приближения зонной теории твердого тела.	12	4	2	4
4	Влияние трансляционной симметрии потенциала. Общие свойства спектра электронов в кристаллах.	32	8	6	4
5	Классификация электронных в зоне симметрии в зоне Бриллюэна.	20	4	4	4
6	Методы расчета энергетического спектра электронов.	20	4	4	4
	Экзамен	36			36
	Итого	108	28	20	60

### 8.1. Содержание разделов дисциплины

Таблица 8.2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1.	Классическая электронная теория металлов Друде.	Основные предположения модели Друде. Статическая электропроводность металлов. Эффект Холла и магнитосопротивление. Теплопроводность металлов. Закон Видеман-Франца. Дифференциальная термоэ.д.с.
2.	Теория металлов Зоммерфельда.	Отличие модели Зоммерфельда от модели Друде. Энергетический спектр в модели свободных электронов в основном состоянии. Способы описания энергетического спектра электронов. Свойства электронного газа в основном состоянии. Распределение Ферми-Дирака. Вклад электронов в теплоемкость твердого тела. Зоммерфельдовская теория проводимости металлов. Недостатки модели свободных электронов.
3.	Основные приближения зонной теории твердого тела.	Уравнение Шредингера для кристалла. Первое и второе адиабатическое приближение. Одноэлектронное приближение. Приближение Хартри и Хартри-Фока. Анализ подходов к решению одноэлектронного уравнения.
4.	Уровни энергии электрона в периодическом потенциале. Общие свойства.	Решетка Браве кристаллической структуры. Примитивная и условная ячейка решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца. Кристаллическая структура, решетка с базисом. Обратная решетка. Теорема Блоха. Доказательство теоремы Блоха. Свойства волнового вектора электрона в кристалле. Зона Бриллюэна. Характер изменения $k$ в зоне Бриллюэна. Схема приведенных, расширенных и повторяющихся зон Бриллюэна. Схема расширенных зон Бриллюэна плоской квадратичной решетки. Первая зона Бриллюэна решеток кубической сингонии. Энергетический спектр электронов в модели Кронига-

		Пенни. Закон дисперсии в модели. Заполнение энергетических зон, металлы, диэлектрики, полупроводники. Плотность состояний. Особенности Ван-Хова.
5.	Классификация электронных уровней по типу симметрии в зоне Бриллюэна.	Суть проблемы классификации электронных уровней в кристалле. Точечная группа симметрии плоской квадратной решетки. Классы группы $C_{4v}$ . Представление групп, матричные представления, Приводимые и неприводимые представления. Классификация собственных функций оператора Гамильтона в кристалле. Симметрия энергетических зон. Группа волнового вектора. Вырождение энергетических зон. Теоремы о неприводимых представлениях группы. Модель пустой решетки. Структура спектра для направления $\Delta$ плоской квадратной решетки. Группы волнового вектора точек $\Gamma$ , $X$ и направления $\Delta$ . Симметрия волновых функций в различных энергетических зонах в направлении $\Delta$ и точках $\Gamma$ , $X$ плоской квадратной решетки.
6.	Методы расчета энергетического спектра электронов в кристаллах.	Метод почти свободных электронов. Энергетическая щель. Метод ортогонализированных плоских волн. Метод псевдопотенциала. Геометрический структурный фактор решеток с базисом. Метод сильной связи, модель кристалла, закон дисперсии. Общие замечания по методу сильной связи. Метод присоединенных плоских волн.

### 9. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Учебно-методическое обеспечение к дисциплине для самостоятельной работы студента составляют:

- основная и дополнительная учебная литература (см. Ресурсное обеспечение);
- выполнение практических заданий по изучаемому материалу;
- вопросник для экзамена.

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 учебнику и конспекту (1 час в неделю);
- работа с литературой в библиотеке (1 час в неделю).

### 10. Форма промежуточной аттестации и фонд оценочных средств, включающий:

- Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина, и их карты: см. ФОС к дисциплине.
- Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций: см. ФОС к дисциплине.
- Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения: см. ФОС к дисциплине.
- Промежуточная аттестация подразумевает проведение экзамена в усной форме, который предусматривает дифференцированное оценивание ответа. Экзаменационный билет включает 2 вопроса.

## 11. Ресурсное обеспечение

### • Основная литература

1. Харрисон У.А. Электронная структура и свойства твердых тел. – М.: Книга по требованию, 2012.
2. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. – Ленанд, 2015.

### • Дополнительная литература

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. - М.: ФММ, 1978. - Гл. 10-11
2. Вонсовский С.В., Концельсон М.И. Квантовая физика твердого тела. - М.: Наука, 1983. - Гл. 3-3. Харрисон У. Теория твердого тела. - М.: Мир, 1972. - Гл. 1-2.
3. Брандт Н.Б., Чудинов С.М. Электронная структура металлов. - М.: Изд. Моск. ун-та, 1973. - Гл. 2.
4. 5. Физическое металловедение. Под ред. Кана Р.У., Хаазена П. - М.: Металлургия, 1987. - Т.1. - Гл. 6.
5. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. - М.: Мир, 1979. - Т. 1. - Гл. 1-3, 8-11.
6. Киреев П.С. Физика полупроводников. - М.: Высшая школа, 1975. - Гл. 2
7. Кудрявцева Н.В. Основы теории твердого тела. - Томск: Изд-во Том. ун-та, 1972. - Т. 1,2. - Гл. 1-4.
8. Брандт Н.Б., Чудинов С.М. Электроны и фононы в металлах. - М.: Изд. Моск. ун-та, 1990. - Часть II. - Гл. 2.
9. Займан Дж. Принцип теории твердого тела. - М.: Мир, 1966. - Гл. 3-4.
10. Эллиот Д., Добер П. Симметрия в физике. - М.: Мир, 1983. - Гл. 2-4.
11. Джонс Г. Теория зон Бриллюэна и электронные состояния в кристаллах. - М.: Мир, 1968. - Гл. 1-3.
12. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. - М.: Высшая школа, 2000. - Гл. 7.

### Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

1. Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – СПб., 2010- . – URL: <http://e.lanbook.com/>
2. Издательство «Юрайт» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – М., 2013- . URL: <http://www.biblio-online.ru/>
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс] / Научно-издательский центр Инфра-М. – Электрон. дан. – М., 2012- . URL: <http://znanium.com/>
4. Электронно-библиотечная система Консультант студента [Электронный ресурс] / ООО «Политехресурс». - М, 2012- . – URL: <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ [Электронный ресурс] . – Электрон. дан. – Томск, 2011-. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
6. Электронный каталог [Электронный ресурс] / НИ ТГУ, Научная библиотека ТГУ. – Электрон. дан. – Томск, 2008-2016. – URL: <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?theme=system>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000- . – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp?>
8. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справ. правовая система. – Электрон. дан. – М., 1992- . – Доступ из локальной сети Науч. б-ки Том. гос. ун-та.
9. Гарант [Электронный ресурс] : информ.-правовое обеспечение / НПП «Гарант-Сервис». – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети Науч. б-ки Том. гос. ун-та.
10. ScienceDirect [Electronic resource] / Elsevier B.V. – Electronic data. – Amsterdam, Netherlands, 2016. – URL: <http://www.sciencedirect.com/>

11. SpringerLink [Electronic resource] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Electronic data. – Cham, Switzerland, [s. n.]. – URL: <http://link.springer.com/>

12. ProQuest Ebook Central [Electronic resource] / ProQuest LLC. – Electronic data. – Ann Arbor, MI, USA, [s. n.]. – URL: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/tomskuniv-ebooks/home.action>

### **Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса.**

При осуществлении образовательного процесса предполагается использование мультимедийных технологий, электронных ресурсов и коммуникационных технологий, включая сайт физического факультета, социальные сети, электронную почту, личные сайты преподавателей. Материалы курса при необходимости могут быть размещены в СДО MOODLE и доступны зарегистрированным на курс пользователям.

### **Описание материально-технической базы.**

Все виды материально-информационной базы Научной библиотеки ТГУ. Учебные занятия проходят в учебной аудитории с использованием мультимедийного, презентационного и интерактивного оборудования, в том числе интерактивной доски ActiveVision.

### **12. Язык преподавания:**

Русский

### **13. Преподаватель:** доцент Тухфатуллин Ахат Асхатович

Автор: доцент Тухфатуллин Ахат Асхатович

Рецензент: доцент Кузнецов Владимир Михайлович

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии физического факультета  
Томского государственного университета  
30.06.2016 года, протокол № 6-16

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:

Декан ФФ

\_\_\_\_\_ О.Н. Чайковская

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА ТВЕРДЫХ ТЕЛ**

Направление подготовки  
**03.03.02 – Физика**

Профиль подготовки  
**Фундаментальная физика**

Квалификация выпускника  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

## **1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина**

В результате освоения дисциплины «Электронная структура твердых тел» у обучающегося формируются следующие компетенции:

- ПК–1. Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.
- ПК–2. Способность 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.



**КОМПЕТЕНЦИЯ ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин**

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

**Общепрофессиональная** компетенция выпускника программы бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы бакалавриата, должен:

- **УМЕТЬ:** приобретать систематические знания в выбранной области физики, анализировать возникающие в процессе научного исследования проблемы с точки зрения современных научных парадигм, осмысливать и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы.
- **ВЛАДЕТЬ:** навыками научного анализа и методологией научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности.

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

**ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин/**

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

**Общепрофессиональная** компетенция выпускника программы бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы бакалавриата, должен:

- **ЗНАТЬ:** специфику научного знания, современные проблемы физики, приемы самообразования.
- **УМЕТЬ:** приобретать систематические знания в выбранной области физики, анализировать возникающие в процессе научного исследования проблемы с точки зрения современных научных парадигм, осмысливать и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы.
- **ВЛАДЕТЬ:** навыками научного анализа и методологией научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-1) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

<b>Планируемые результаты обучения</b> (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции)	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>				
	1	2	3	4	5
<b>ЗНАТЬ:</b> современные проблемы физики, основные методы и методики научно-исследовательской работы. Шифр: З (ПК-1) -1	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания современных проблем физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы	Неполные знания современных проблем физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современных проблемы физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы	Сформированные и систематические знания современных проблем физики, основных методов и методик научно-исследовательской работы
<b>УМЕТЬ:</b> осмысливать информацию и делать обоснованные выводы из новой научной и учебной литературы для использования в научно-исследовательской работе Шифр: У (ПК-1) -1	Отсутствие умений	Фрагментарное следование основным принципам выбора методов ведения научно-исследовательской работы	В целом успешное, но не систематическое следование основным принципам выбора методов ведения научно-исследовательской работы	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выбирать эффективные методы ведения научно-исследовательской работы	Успешное и систематическое следование принципам выбора эффективных методов ведения научно-исследовательской работы

<p>УМЕТЬ: применять на практике знания современных проблем и новейших достижений физики, оценивать их эффективность Шифр: У (ПК-1) -2</p>	Отсутствие умений	Частично освоенное умение применять на практике знания современных проблем и новейших достижений физики, оценивать их эффективность	В целом успешное, но не систематическое умение применять на практике знания современных проблем и новейших достижений физики, оценивать их эффективность	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять на практике знания современных проблем и новейших достижений физики, оценивать их эффективность	Успешное и систематическое использование умения применять на практике знания современных проблем и новейших достижений физики, оценивать их эффективность
<p>ВЛАДЕТЬ: навыками работы с научной и учебной литературой  Шифр: В (ПК-1) -1</p>	Не владеет	Фрагментарное владение понятийным аппаратом, не владеет навыками научного анализа при работе с научной и учебной литературой	В целом успешное, но не систематическое применение навыков научного анализа при работе с научной и учебной литературой, нуждается в помощи преподавателя или научного руководителя	Владеет навыками приобретения умений и знаний при работе с научной и учебной литературой	Свободно владеет понятийным аппаратом и навыками анализа научной и учебной литературой
<p>ВЛАДЕТЬ: методологией научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности, навыками приобретения умений и знаний Шифр: В (ПК-1) -2</p>	Не владеет	Фрагментарное владение методологией научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности	В целом успешное, но не систематическое применение научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности, навыков приобретения умений и знаний	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков научного анализа и методологии научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности, навыков приобретения умений и знаний	Успешное и систематическое применение навыков научного анализа и методологии научного подхода в научно-исследовательской и практической деятельности, навыков приобретения умений и знаний

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ:

**ПК-2: способность 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/**

#### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

**Профессиональная** компетенция выпускника программы бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы бакалавриата, должен:

- **ЗНАТЬ:** основные стратегии исследований в выбранной области физики.
- **УМЕТЬ:** выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики.
- **ВЛАДЕТЬ:** методами разработки стратегий исследований в выбранной области физики навыками исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-2) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

<b>Планируемые результаты обучения</b> (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>				
	1	2	3	4	5
<b>ЗНАТЬ:</b> методы разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости Шифр: 3 (ПК-2) -1	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости	Общие, но не структурированные знания методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости	Сформированные систематические знания методов разработки стратегий исследования в выбранной области физики, критериев эффективности, ограничений применимости
<b>УМЕТЬ:</b> анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости	Отсутствие умений	Частично освоенное умение анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости	В целом успешно, но не систематически осуществляемые анализ альтернативных вариантов стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критериев их эффективности и ограничения применимости	В целом успешный, но содержащий отдельные пробелы анализ альтернативных вариантов стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критериев их эффективности и ограничения применимости	Сформированное умение анализировать альтернативные варианты стратегий и целей исследований в выбранной области физики, критерии их эффективности и ограничения применимости

Шифр: У (ПК-2) -1					
<p>УМЕТЬ: самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области физики, решать их с помощью современной аппаратуры, и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <p>Шифр: У (ПК-2) -2</p>	Отсутствие умений	Частично освоенное умение самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области физики, решать их с помощью современной аппаратуры, и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	В целом успешно, но не систематически осуществляемое умение самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области физики, решать их с помощью современной аппаратуры, и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области физики, решать их с помощью современной аппаратуры, и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	Сформированное умение самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области физики, решать их с помощью современной аппаратуры, и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта; умение оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации различных вариантов

<p>ВЛАДЕТЬ: навыками исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий</p> <p>Шифр: В (ПК-2) -1</p>	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий	В целом успешное, но не систематическое применение навыков исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий	Успешное и систематическое применение навыков исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий
<p>ВЛАДЕТЬ: методами разработки стратегий исследований в выбранной области физики</p> <p>Шифр: В (ПК-2) -2</p>	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков разработки стратегий исследований в выбранной области физики	В целом успешное, но не систематическое применение навыков разработки стратегий исследований в выбранной области физики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков разработки стратегий исследований в выбранной области физики	Успешное и систематическое применение навыков разработки стратегий исследований в выбранной области физики



**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ  
КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-1) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

**2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения.**

В курсе «Электронная структура твердых тел» используется бально-рейтинговая система оценки знаний. Максимальная сумма баллов по дисциплине составляет 100 баллов и формируется следующим образом: 40 баллов по результатам текущей аттестации и 60 баллов по результатам промежуточной аттестации (экзамен). Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов, полученной по итогам текущего контроля и промежуточной аттестации (устного экзамена).

Текущая успеваемость включает:

– активность студента на семинарских занятиях: в течение семестра проводится 10 семинарских занятий, на которых каждый студент оценивается от 0 до 4 баллов.

Промежуточная аттестация проводится в форме устного экзамена, который предусматривает оценивание ответов (0-60 баллов). Каждый экзаменационный билет состоит из 2 теоретических вопросов, относящихся к различным разделам дисциплины. К экзамену допускаются только студенты, успешно прошедшие текущую аттестацию

**Критерии формирования оценки при промежуточной аттестации (экзамен)**

<b>Количество баллов</b>	<b>Результат, продемонстрированный студентом на экзамене</b>
50-60	Выставляется студенту, твердо знающему материал, грамотно и по существу излагающему его, умеющему применять полученные знания на практике, способному самостоятельно принимать и обосновывать решения, оценивать их эффективность.
40-49	Выставляется студенту, твердо знающему материал, грамотно и по существу излагающему его, умеющему применять полученные знания на практике, но допускающему не критичные неточности в ответе
29-39	Выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно точно формулирующему базовые понятия.
>29	Выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины

Соответствие рейтинговой оценки по столбальной шкале пятибалльной шкале:

0-50 балла – «неудовлетворительно»;

51-70 баллов – «удовлетворительно»;

71-80 баллов – «хорошо»;

81-100 баллов – «отлично».

**Распределение текущего контроля по семестру.**

<b>Семестр</b>	<b>Форма контроля</b>	<b>Срок отчетности</b>	<b>Максимальное количество баллов</b>
1	Работа на семинарских занятиях	2-3 неделя, 5-8 неделя, 11-16 неделя	40
	Экзамен		60
	Суммарный рейтинг за семестр		100

## Темы семинарских занятий

1. Основные предположения модели Друде. Дифференциальная термоэ.д.с.
2. Отличие свойств электронного газа в основном состоянии.
3. Первое и второй адиабатическое приближение.
4. Решетка Браве кристаллической структуры.
5. Доказательство теории Блоха.
6. Свойства волнового вектора электрона в кристалле. Зона Бриллюэна.
7. Симметрия энергетических зон. Группа волнового вектора.
8. Структура спектра для направления  $\Delta$  плоской квадратной решетки.
9. Модель почти свободных электронов.
10. Метод ортогонализированных плоских волн.

## Перечень вопросов, выносимых на экзамен:

1. Основные предположения модели Друде.
2. Схема расширенных зон Бриллюэна для линейной цепочки и для плоской квадратной решетки.
3. Статическая электропроводность в модели Друде
4. Первая зона Бриллюэна для решеток кубической сингонии.
5. Эффект Холла и магнетосопротивление.
6. Энергетический спектр в модели Кронига-Пенни.
7. Коэффициент теплопроводности металлов. Закон Видемана-Франца.
8. Закон дисперсии в модели Кронига-Пенни.
9. Дифференциальная термо э.д.с.
10. Заполнение энергетических зон электронами. Металлы, диэлектрики, полупроводники
11. Энергетический спектр электронов в основном состоянии в модели Зоммерфельда.
12. Симметрия волновых функций в точке  $\Gamma$  зоны Бриллюэна плоской квадратной решетки.
13. Способы наглядного описания энергетического спектра свободных электронов в основном состоянии.
14. Суть проблемы классификации электронных состояний в кристалле. Точечная группа симметрии плоской квадратной решетки .
15. Способы наглядного описания энергетического спектра свободных электронов в основном состоянии.
16. Суть проблемы классификации электронных состояний в кристалле. Точечная группа симметрии плоской квадратной решетки .
17. Свойства электронного газа в основном состоянии.
18. Классы группы  $C_{4v}$ . Линейные векторные пространства и операторы. Представления группы. Матричные представления. Векторное представление группы  $C_{4v}$ .
19. Расчет фермиевского интеграла общего типа. Температурная зависимость термодинамической энергии Ферми  $\mu$  .
20. Симметрия энергетических зон. Группа волнового вектора.
21. Расчет вклада электронов в теплоемкость твердого тела.
22. Вырождение энергетических зон. Некоторые теоремы теории неприводимых представлений.
23. Расчет вклада электронов в теплоемкость твердого тела.
24. Вырождение энергетических зон. Некоторые теоремы теории неприводимых представлений.
25. Недостатки модели свободных электронов.
26. Метод псевдопотенциала

27. Уравнение Шредингера для кристалла.
28. Модель пустой решетки.
29. Первое адиабатическое приближение.
30. Структура спектра для направления  $\Delta$  плоской квадратной решетки.
31. Приближение самосогласованного поля.
32. Группа волнового вектора точек  $\Gamma$ ,  $X$  и направления  $\Delta$  плоской квадратной решетки.
33. Решетка Браве
34. Симметрия волновых функций в различных энергетических зонах в направлении  $\Delta$ .
35. Примитивная и условная ячейки решетки Браве. Ячейка Вигнера-Зейтца.
36. Модель почти свободных электронов. Закон дисперсии в этой модели.
37. Кристаллическая структура, решетка с базисом.
38. Поправка к энергии на границе зоны Бриллюэна в модели почти свободных электронов.
39. Теорема Блоха. Доказать теорему Блоха.
40. Изоэнергетические поверхности вблизи границы зоны Бриллюэна
41. Зона Бриллюэна. Уравнение поверхности зоны Бриллюэна
42. Метод ортогонализированных плоских волн.
43. Характер изменения  $k$  в зоне Бриллюэна. Число разрешенных значений  $k$  в зоне.
44. Модель кристалла и волновая функция в методе сильной связи.
45. Схема приведенных, расширенных и повторяющихся зон Бриллюэна.
46. Закон дисперсии в методе сильной связи.