

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра физики фазовых переходов**

**Авторы-составители: Петров Данил Александрович  
Макаров Дмитрий Владимирович**

**Рабочая программа дисциплины  
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
Код УМК 74972**

Утверждено  
Протокол №12  
от «14» мая 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Физика конденсированного состояния

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.02** Физика

направленность Фундаментальная физика

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Физика конденсированного состояния** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**03.03.02** Физика (направленность : Фундаментальная физика)

**ОПК.7** способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

**ПК.1** способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	03.03.02 Физика (направленность: Фундаментальная физика)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	9
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (9 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Теория металлов Друде**

Теория металлов Друде. Уравнение для эволюции среднего импульса электронов в металле. Статистическая электропроводность. Электропроводность в переменном поле. Эффект Холла в теории Друде. Теплопроводность металлов. Термоэлектричество. Прозрачность металлов.

### **Теория Зоммерфельда**

Основное состояние. Электронный газ. Свойства электронного газа в основном состоянии. Радиус Ферми. Концентрация. Энергия. Сжимаемость газа. Распределение Ферми-Дирака. Интегралы Зоммерфельда. Теплоёмкость свободного электронного газа. Химический потенциал.

### **Кристаллические решетки**

Прямая решетка. Обратная решетка и её свойства. Дифракция рентгеновских лучей. Условия дифракции Брэггов и Лауэ, их эквивалентность. Экспериментальные методы изучения дифракции рентгеновских лучей.

### **Электроны в периодическом потенциале**

Электроны в периодическом потенциале. Теорема Блоха. Слабый периодический потенциал. Расщепление уровней электронов вблизи брэгговской поверхности.

### **Квазиклассическая модель динамики электронов**

Квазиклассическое приближение. Дырки. Эффективная масса. Электроны в магнитном поле. Кинетическое уравнение Больцмана. Вычисление электропроводности. Эффект Холла. Рассмотрение на основе кинетического уравнения Больцмана. Чистые полупроводники. Примесные полупроводники. p-n переход.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Матухин, В. Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-0923-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/262> (дата обращения: 02.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей. <https://elis.psu.ru/node/470283>
2. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 9. Статистическая физика, Ч. 2: Теория конденсированного состояния / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2004, ISBN 5-9221-0296-6.-496
3. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 5. Статистическая физика, Ч. 1 / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005, ISBN 5-9221-0054-8.-616

### Дополнительная:

1. Белко В. Н. Физика конденсированного состояния в примерах и задачах: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 04.03.02 «Химия, физика и механика материалов»/Белко В. Н..-Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017.-79. <http://www.iprbookshop.ru/72951.html>
2. Захлевных А. Н. Термодинамика твердого тела: учебное пособие для студентов физических факультетов по дисциплинам "Термодинамика и статическая физика", "Физика твердого тела"/А. Н. Захлевных.-Пермь: Издательство Пермского государственного университета, 2010, ISBN 978-5-7944-1512-4.-50.-Библиогр.: с. 49
3. Черевко, А. Г. Физика конденсированного состояния. Часть 1. Кристаллы и их тепловые свойства : учебное пособие / А. Г. Черевко. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 81 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/69566.html>
4. Прудников, В. В. Квантово-статистическая теория твердых тел : учебное пособие / В. В. Прудников, П. В. Прудников, М. В. Мамонова. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-2061-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/72587> (дата обращения: 02.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей. <https://elis.psu.ru/node/470450>
5. Павлов П. В., Хохлов А. Ф. Физика твердого тела: учебник для вузов / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. — Москва: Высшая школа, 2000, ISBN 5-06-003770-3.-494.

## 9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<https://www.theoretical-physics.net/0.1/index.html> Справочник по теоретической физике.

<http://www.feynmanlectures.caltech.edu> Фейнмановские лекции по физике

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Физика конденсированного состояния** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных и практических занятия занятий требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций и текущего контроля требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы студентов требуются помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными



компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Физика конденсированного состояния**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и  
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ОПК.7</b> способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> основы физики конденсированного состояния; <b>УМЕТЬ:</b> применять теорию и методы физики конденсированного состояния для построения качественных моделей; <b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками использования основных методов физики конденсированного состояния в различных экспериментальных областях наук о материалах и в современной технологии материалов</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основы физики конденсированного состояния; Не умеет применять теорию и методы физики конденсированного состояния для построения качественных моделей; Не владеет навыками использования основных методов физики конденсированного состояния в различных экспериментальных областях наук о материалах и в современной технологии материалов</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания основ физики конденсированного состояния; Демонстрирует частично сформированное умение применять теорию и методы физики конденсированного состояния для построения качественных моделей; Имеет навыки использования основных методов физики конденсированного состояния в различных экспериментальных областях наук о материалах и в современной технологии материалов</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, знания основ физики конденсированного состояния; Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, умения применять теорию и методы физики конденсированного состояния для построения качественных моделей; В целом сформированы навыки использования основных методов физики конденсированного состояния в различных экспериментальных областях наук о</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>материалах и в современной технологии материалов</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Знает основы физики конденсированного состояния;  Умеет применять теорию и методы физики конденсированного состояния для построения качественных моделей;  Владеет навыками использования основных методов физики конденсированного состояния в различных экспериментальных областях наук о материалах и в современной технологии материалов</p>
<p><b>ПК.1</b>  способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</p>	<p>Знать: основные утверждения физики конденсированного состояния;  Уметь: проводить описание физических явлений и процессов на основе методов физики конденсированного состояния;  Владеть: основным понятийным аппаратом физики конденсированного состояния.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные утверждения физики конденсированного состояния;  Не умеет проводить описание физических явлений и процессов на основе методов физики конденсированного состояния;  Не владеет основным понятийным аппаратом физики конденсированного состояния.</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания основных утверждений физики конденсированного состояния;  Демонстрирует частично сформированное умение проводить описание физических явлений и процессов на основе методов физики конденсированного состояния;  Имеет навыки владения понятийным аппаратом физики конденсированного состояния.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, знания основных утверждений физики конденсированного состояния;  Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, умения проводить описание физических явлений и процессов на основе методов физики конденсированного состояния;  В целом сформированные навыки владения понятийным аппаратом физики</p>

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b> конденсированного состояния.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b> Знает основные утверждения физики конденсированного состояния; Умеет проводить описание физических явлений и процессов на основе методов физики конденсированного состояния; Владеет основным понятийным аппаратом физики конденсированного состояния.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Теория металлов Друде <b>Входное тестирование</b>	Разделы общей физики: механика, молекулярная физика, электричество и магнетизм. Основы квантовой механики. Векторный и тензорный анализ.
<b>ОПК.7</b> способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Теория Зоммерфельда <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Основное состояние. Электронный газ. Свойства электронного газа в основном состоянии. Радиус Ферми. Концентрация. Энергия. Сжимаемость газа. Распределение Ферми-Дирака. Интегралы Зоммерфельда. Теплоёмкость свободного электронного газа. Химический потенциал.
<b>ОПК.7</b> способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Кристаллические решетки <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Прямая решетка. Обратная решетка и её свойства. Дифракция рентгеновских лучей. Условия дифракции Брэггов и Лауэ, их эквивалентность. Экспериментальные методы изучения дифракции рентгеновских лучей.
<b>ПК.1</b> способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	Квазиклассическая модель динамики электронов <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Электроны в периодическом потенциале. Теорема Блоха. Слабый периодический потенциал. Квазиклассическое приближение. Инертность заполненных зон. Дырки. Полуклассическое движение электрона в постоянном магнитном поле.

## Спецификация мероприятий текущего контроля

### Теория металлов Друде

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Решение каждого задания входного контрольного тестирования оценивается по следующей схеме: верный ответ - 1 балл; неверный ответ - 0 баллов. Всего 6 заданий.	6

### Теория Зоммерфельда

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Часть №1. Тестовые задания открытого типа. Решение каждого задания части №1 оценивается следующим образом: верный ответ - 1 балл; неверный ответ - 0 баллов. Всего 15 заданий.	15
Часть №2 содержит теоретический вопроса из списка. Оценка ответа на вопрос части №2: верный ответ - 10 баллов; частично верный ответ, допущены незначительные ошибки при выводе формул - 5 баллов; неверный ответ - 0 баллов.	10
Часть №3 содержит теоретический вопроса из списка. Оценка ответа на вопрос части №3: верный ответ - 5 баллов; неверный ответ - 0 баллов.	5

### Кристаллические решетки

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Часть №1. Сделать оценку физической величины с заданной точностью. Решение каждого задания части №1 оценивается следующим образом: верный ответ - 2 балла; неверный ответ - 0 баллов. Всего 10 заданий.	20
Часть №2. Выполнить практическое задание. Решение каждого задания части №2 оценивается следующим образом: верный ответ - 5 баллов; неверный ответ - 0 баллов. Всего 2 задания.	10

### Квазиклассическая модель динамики электронов

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Дан полный ответ на вопрос в билете. Отсутствуют ошибки в формулах и формулировках основных положений. Вывод формул сопровождается соответствующими текстовыми пояснениями.	6
Дан полный ответ на вопрос в билете. Есть незначительные неточности в ряде формулировок.	5
Дан полный ответ на вопрос в билете. Допущены несущественные ошибки в выводе формул, формулировках и определениях или математические выкладки не сопровождаются соответствующими текстовыми пояснениями.	4
Основное содержание ответа на вопросы билета представлено. Есть незначительные ошибки при выводе формул /формулировках/определениях. Математические выкладки не сопровождаются текстовыми пояснениями.	3
Основное содержание вопроса не раскрыто. При выводе формул допущены грубые ошибки.	2
Основное содержание вопроса не раскрыто. Отсутствуют основные определения и формулы. В ответе присутствует минимальная (отрывочная) информация, относящаяся к вопросу.	1
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (40%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0
Нет ответа на вопрос билета или представлен ответ на вопрос другого билета.	0