

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра физики фазовых переходов

Авторы-составители: **Петров Данил Александрович**

Рабочая программа дисциплины

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Код УМК 94076

Утверждено
Протокол №11
от «07» июня 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Физика конденсированного состояния

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **03.03.01** Прикладные математика и физика
направленность Программа широкого профиля

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

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

03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность : Программа широкого профиля)

ПК.1 Способен планировать и проводить теоретические (аналитические и имитационные) исследования и (или) научные эксперименты в избранной предметной области

Индикаторы

ПК.1.1 Применяет фундаментальные понятия, законы и теории современной физики

ПК.3 Способен выбирать и применять подходящие методы исследований и инструменты для решения задач в избранной предметной области

Индикаторы

ПК.3.1 Выбирает и применяет подходящие методы исследований при решении физических задач

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность: Программа широкого профиля)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	56
Проведение лекционных занятий	42
Проведение практических занятий, семинаров	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	88
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Физика конденсированного состояния

В ходе её изучения дисциплины «Физика конденсированного состояния» студенты должны уяснить структуру и физические свойства твердых тел, а также физические механизмы, определяющие их механические, электрические, тепловые и другие свойства.

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, 2021. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-0923-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <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. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела Т. 2/Н. Ашкрофт, Н. Мермин ; ред. М. И. Каганов ; пер. с английского А. С. Михайлова. - Москва: Мир, 1979. -422.-Библиогр. в конце глав
4. 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. Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П. Основы физики твердого тела: учебное пособие / В. И. Зиненко. - Москва: Физматлит, 2001, ISBN 5-94052-040-5.-336.-Библиогр.: с. 332
2. Прудников, В. В. Квантово-статистическая теория твердых тел : учебное пособие для вузов / В. В. Прудников, П. В. Прудников, М. В. Мамонова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-7956-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/470450>
3. 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

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

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

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 выполнении 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 презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

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

Для проведения текущего контроля требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы студентов требуется аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. 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.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.3

Способен выбирать и применять подходящие методы исследований и инструменты для решения задач в избранной предметной области

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.3.1 Выбирает и применяет подходящие методы исследований при решении физических задач</p>	<p>ЗНАТЬ: основные методы исследований, необходимые для решения задач физики конденсированного состояния; УМЕТЬ: выбирать подходящие методы исследований при решении задач физики конденсированного состояния; ВЛАДЕТЬ: навыками применения основных методов исследования при решении задач физики конденсированного состояния.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>не знает основные методы исследований, необходимых для решения задач физики конденсированного состояния; не умеет выбирать подходящие методы исследований при решении задач физики конденсированного состояния; не владеет навыками применения основных методов исследования при решении задач физики конденсированного состояния.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>поверхностное знание основных методов исследований, необходимых для решения задач физики конденсированного состояния; плохо ориентируется в выборе подходящих методов исследований при решении задач физики конденсированного состояния; владеет преимущественно лишь одним из методов исследования при решении задач физики конденсированного состояния.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, знание основных методов исследований, необходимых для решения задач физики конденсированного состояния; Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, умения выбирать подходящие методы исследований при решении задач физики конденсированного состояния; В целом сформированы навыки применения основных методов исследования при решении задач физики конденсированного состояния.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Знает все основные методы исследований, необходимых для решения задач физики</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> конденсированного состояния; Умеет выбирать подходящие методы исследований при решении задач физики конденсированного состояния; Владеет навыками применения основных методов исследования при решении задач физики конденсированного состояния.

ПК.1

Способен планировать и проводить теоретические (аналитические и имитационные) исследования и (или) научные эксперименты в избранной предметной области

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.1 Применяет фундаментальные понятия, законы и теории современной физики</p>	<p>ЗНАТЬ: фундаментальные понятия и законы современной физики конденсированного состояния; УМЕТЬ: применять основные теоретические подходы для качественного и количественного описания явлений и процессов в конденсированных средах; ВЛАДЕТЬ: навыками решения задач физики конденсированного состояния, используя различные теоретические подходы.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> Не знает фундаментальные понятия и законы современной физики конденсированного состояния; Не умеет применять основные теоретические подходы для качественного и количественного описания явлений и процессов в конденсированных средах; Не владеет навыками решения задач физики конденсированного состояния, используя различные теоретические подходы. <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> Демонстрирует частично сформированное фундаментальных понятий и законов современной физики конденсированного состояния; Демонстрирует частично сформированное умение применять основные теоретические подходы для качественного и количественного описания явлений и процессов в конденсированных средах; Демонстрирует частично сформированное владение навыками решения задач физики конденсированного состояния, используя различные теоретические подходы. <p style="text-align: center;">Хорошо</p> Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы знание фундаментальных понятий и законов современной физики конденсированного состояния;

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение применять основные теоретические подходы для качественного и количественного описания явлений и процессов в конденсированных средах;</p> <p>Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками решения задач физики конденсированного состояния, используя различные теоретические подходы.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает фундаментальные понятия и законы современной физики конденсированного состояния;</p> <p>Умеет применять основные теоретические подходы для качественного и количественного описания явлений и процессов в конденсированных средах;</p> <p>Владеет навыками решения задач физики конденсированного состояния, используя различные теоретические подходы.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

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 (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Теория металлов Друде Входное тестирование	Разделы общей физики: механика, молекулярная физика, электричество и магнетизм. Основы квантовой механики. Векторный и тензорный анализ.
ПК.1.1 Применяет фундаментальные понятия, законы и теории современной физики ПК.3.1 Выбирает и применяет подходящие методы исследований при решении физических задач	Теория Зоммерфельда Письменное контрольное мероприятие	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.
ПК.1.1 Применяет фундаментальные понятия, законы и теории современной физики ПК.3.1 Выбирает и применяет подходящие методы исследований при решении физических задач	Кристаллические решетки Письменное контрольное мероприятие	Прямая решетка. Обратная решетка и её свойства. Дифракция рентгеновских лучей. Условия дифракции Брэггов и Лауэ, их эквивалентность. Экспериментальные методы изучения дифракции рентгеновских лучей.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.1.1 Применяет фундаментальные понятия, законы и теории современной физики ПК.3.1 Выбирает и применяет подходящие методы исследований при решении физических задач	Квазиклассическая модель динамики электронов Итоговое контрольное мероприятие	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 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 незначительные 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