

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: **03.03.01** 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)

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

ПК.1 способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин

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	9
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	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>ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p>ЗНАТЬ: основы физики конденсированного состояния; УМЕТЬ: применять теорию и методы физики конденсированного состояния для построения качественных моделей; ВЛАДЕТЬ: навыками использования основных методов физики конденсированного состояния в различных экспериментальных областях наук о материалах и в современной технологии материалов</p>	<p align="center">Неудовлетворител</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">Удовлетворительн</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">Хорошо</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;">Хорошо</p> <p>материалах и в современной технологии материалов</p> <p style="text-align: center;">Отлично</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>ПК.1 способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических 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;">Неудовлетворител</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;">Удовлетворительн</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;">Хорошо</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>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо конденсированного состояния.</p> <p style="text-align: center;">Отлично 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
Входной контроль	Теория металлов Друде Входное тестирование	Разделы общей физики: механика, молекулярная физика, электричество и магнетизм. Основы квантовой механики. Векторный и тензорный анализ.
ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных 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.
ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных 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.
ПК.1 способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин	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 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