

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра физики фазовых переходов

**Авторы-составители: Макаров Дмитрий Владимирович
Захлевных Александр Николаевич
Петров Данил Александрович**

**Рабочая программа дисциплины
КВАНТОВАЯ СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА
Код УМК 88565**

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

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Квантовая статистическая физика

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 **Квантовая статистическая физика** 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

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	11
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 (11 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Квантовая статистическая физика. 1 уч.период

Статистическая термодинамика равновесного теплового излучения

Разложение электромагнитного излучения на осцилляторы.

Энергия электромагнитного поля.

Квантование энергии. Понятие о фотонах.

Термодинамические величины равновесного теплового излучения.

Статистическая термодинамика кристаллической решетки

Понятие о прямой и обратной решетке. Волновой вектор. Число разрешенных значений волнового вектора

Колебания простой решетки.

Дисперсионное соотношение для простой решетки.

Энергия колебаний решетки.

Классическая теория теплоемкости кристаллической решетки.

Понятие о фононах.

Термодинамические величины кристаллической решетки (высокие и низкие температуры).

Интерполяционная формула Дебая.

Оценка температуры плавления. Формула Линдемана.

Методы корреляционных функций в статистической физике

Равновесные корреляционные функции и их свойства.

Равновесные корреляционные функции и термодинамические величины классического неидеального газа.

Цепочка уравнений Боголюбова для равновесных корреляционных функций.

Классический слабонеидеальный газ с короткодействием.

Классическая система частиц с кулоновскими взаимодействиями.

Термодинамические величины классической дебаевской плазмы

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. Ландау, Л.Д. Курс теоретической физики. Статистическая физика : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2001. — 616 с. — ISBN 978-5-9221-0054-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/619858>
2. 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 ; под ред. Л. П. Питаевского. -5-е изд., стер..-Москва:ФИЗМАТЛИТ,2010, ISBN 978-5-9221-0054-0.-616
3. 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
4. Дмитриев, А. В. Основы статистической физики материалов : учебник / А. В. Дмитриев. — Москва : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2004. — 672 с. — ISBN 5-211-04830-X. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/13062>

Дополнительная:

1. Щеголев И. Ф. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики:[учебное пособие]/И. Ф. Щеголев.-Долгопрудный:Издательский дом "Интеллект",2008, ISBN 978-5-91559-006-8.-207.
2. Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика. учебное пособие : в 3 т. Т. 3. Теория неравновесных систем/И. А. Квасников.-2-е изд., перераб. и доп..-Москва:Едиториал УРСС,2003, ISBN 5-354-00079-3.-448

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.library.psu.ru/node/738> Ресурсы Научной библиотеки ПГНИУ

<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 **Квантовая статистическая физика** 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 занятий требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

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

Для самостоятельной работы студентов требуется 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
Квантовая статистическая физика**

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

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 квантовой статистической физики; УМЕТЬ: применять основные теоретические подходы статистической физики для качественного и количественного описания явлений и процессов на квантовом уровне; ВЛАДЕТЬ: навыками решения задач квантовой статистической физики, используя различные теоретические подходы.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает фундаментальные понятия и законы современной квантовой статистической физики; Не умеет применять основные теоретические подходы статистической физики для качественного и количественного описания явлений и процессов на квантовом уровне; Не владеет навыками решения задач квантовой статистической физики, используя различные теоретические подходы.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Демонстрирует частично сформированное знание фундаментальных понятий и законов современной квантовой статистической физики; Демонстрирует частично сформированное умение применять основные теоретические подходы статистической физики для качественного и количественного описания явлений и процессов на квантовом уровне; Демонстрирует частично сформированное владение навыками решения задач квантовой статистической физики, используя различные теоретические подходы.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы знание фундаментальных понятий и законов современной квантовой статистической физики; Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение применять основные теоретические подходы статистической физики для качественного и количественного описания явлений и</p>

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

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

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 (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Статистическая термодинамика равновесного теплового излучения Входное тестирование	Основы классической статистической физики равновесных систем; Термодинамическое (феноменологическое) описание равновесного состояния макроскопических систем и квазистатических процессов; Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем;
ПК.1.1 Применяет фундаментальные понятия, законы и теории современной физики	Статистическая термодинамика равновесного теплового излучения Письменное контрольное мероприятие	Свойства фотонов, распределение фотонов по состояниям, законы Планка, Рэлея и Рэлея-Джинса
ПК.1.1 Применяет фундаментальные понятия, законы и теории современной физики	Статистическая термодинамика кристаллической решетки Письменное контрольное мероприятие	Основные понятия прямой и обратной решетки кристалла, свойства фононов, распределение фононов по состояниям, теплоемкость кристаллической решетки при низких и высоких температурах, формула Дебая
ПК.1.1 Применяет фундаментальные понятия, законы и теории современной физики	Методы корреляционных функций в статистической физике Итоговое контрольное мероприятие	Определение и свойства частичных корреляционных функций. Цепочка уравнений Боголюбова. Выражения для термодинамических величин в терминах корреляционных функций

Спецификация мероприятий текущего контроля

Статистическая термодинамика равновесного теплового излучения

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 контроля оценивается по следующей схеме: верный ответ - 1 балл; неверный ответ - 0 баллов. Всего 6 заданий.	6

Статистическая термодинамика равновесного теплового излучения

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

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

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

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Решение каждого задания контрольной работы оценивается по следующей схеме: верный ответ - 6 баллов; частично верный ответ, допущены незначительные ошибки при выводе формул - 3 балла; неверный ответ - 0 баллов. Всего 2 задания.	12
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

Статистическая термодинамика кристаллической решетки

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

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

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

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Решение каждого задания контрольной работы оценивается по следующей схеме: верный ответ - 6 баллов; частично верный ответ, допущены незначительные ошибки при выводе формул - 3 балла; неверный ответ - 0 баллов. Всего 2 задания.	12
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку	0

Методы корреляционных функций в статистической физике

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 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