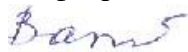


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено  
на заседании кафедры  
теоретической физики  
протокол №5 от «17» марта 2021 г.  
Зав. кафедрой



Вахитов Р.М.

Согласовано: Председатель  
УМК физико - технического  
института



(Балапанов М.Х.)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Физика конденсированного состояния**

Б1.О.21.04 обязательная

Направление подготовки (Специальность)  
**Программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)  
**03.03.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки / Специализация  
**Цифровые технологии в физике функциональных материалов**

Квалификация  
Бакалавр

Форма обучения  
Очная

Разработчик (составитель)  
к.ф.-м.н., доц. Шарафуллин И.Ф.



/ Шарафуллин И.Ф.

Для приема: 2021 г.

Уфа 2021 г.

Составитель: Шарафуллин И.Ф.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики, протокол №5 от «17» марта 2021 г.

Заведующий кафедрой  Вахитов Р.М.

## **Список документов и материалов**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
  - 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.
  - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Основной целью курса «Физика конденсированного состояния» является изучение основных законов физики конденсированного состояния, математического аппарата квантовой статистики, основ метода вторичного квантования, функций Грина, основных экспериментальных и теоретических закономерностей, лежащих в основе теории сверхтекучести и сверхпроводимости, статистических методов описания классических и квантовых макроскопических систем, связи законов квантовой статистики и статистических методов описания, а так-же формирование у студентов знаний и умений, позволяющих моделировать физические явления и проводить численные расчеты соответствующих физических величин. Именно в курсе «Физика конденсированного состояния» студенты должны овладеть основами квантово-статистических расчетов и научиться применять их для решения задач по различным разделам курса «Физика конденсированного состояния» и теоретической физики вообще.

Процесс изучения дисциплины «Физика конденсированного состояния» направлена на формирование следующих компетенций, предусмотренных Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
Применение фундаментальных знаний в профессиональной деятельности	ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	ОПК-1.1. Знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования	Знать основные понятия физики конденсированного состояния
		ОПК-1.2. Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	Применять изученные понятия и законы квантовой механики, электродинамики, теории среднего поля к решению типовых задач по всем разделам курса, свободно используя при этом необходимый математический аппарат
		ОПК-1.3. Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)

## 2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 8 семестре.

Цели изучения дисциплины: Особенностью дисциплины «Физика конденсированного состояния» в курсе теоретической физики является то, что это пятый раздел теоретической физики, изучаемый студентами после поступления в вуз. Еще одной особенностью курса является большой объем и широкое разнообразие изучаемого материала. С указанным разделом по количеству тем можно сравнить только квантово-полевую теорию. Поэтому часть материала (до 15%) рекомендуется для самостоятельного изучения. Это требует развития у студентов навыков самостоятельного изучения литературы, в т.ч. электронной, а также использования интернет-ресурсов. Использование справочников и интернета необходимо и для формирования элементарной математической культуры. В частности, студентам рекоменду-

ется сайт «математические уравнения» (<http://eqworld.ipmnet.ru>), который можно использовать как для ликвидации пробелов в школьном математическом образовании, так и для освоения новых разделов (например, дифференциальные уравнения, уравнения математической физики).

Цикл	Дисциплина
Б1.Б.8	Модуль «Физика»
Б1.В.ОД.5	Линейные и нелинейные уравнения физики
Б1.Б.10.1	Теоретическая механика. Механика сплошных сред.

### 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соответствующих с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.

Код и формулировка компетенции:

Экзамен

Планируемые результаты обучения (Индикаторы достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ОПК-1.1. Знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования	не знает основные методы решения физики конденсированного состояния вещества	знает в целом основные методы решения физики конденсированного состояния вещества, но допускает грубые ошибки	знает основные методы решения физики конденсированного состояния вещества, но допускает незначительные ошибки	знает основные методы решения физики конденсированного состояния вещества
ОПК-1.2. Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	не умеет использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения физических величин для описания характеристик физических сред, материалов и областей их применения	умеет использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения физических величин для описания характеристик физических сред, материалов и областей их применения, но допускает грубые ошибки	умеет использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения физических величин для описания характеристик физических сред, материалов и областей их применения, но допускает незначительные ошибки	умеет использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения физических величин для описания характеристик физических сред, материалов и областей их применения
ОПК-1.3. Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	не владеет навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, ин-	владеет навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интер-	владеет навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интер-	владеет навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интер-

	тернет-ресурсы)	нет-ресурсы), но допускает грубые ошибки.	нет-ресурсы), но допускает незначительные ошибки	нет-ресурсы)
--	-----------------	---	--	--------------

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Контролируемые действия по проверке знаний, умений и владений (Оценочные средства)
ОПК-1.1. Знает основы математики, физики, вычислительной техники и программирования	Знать основные понятия классической и квантовой термодинамики и статистической физики. Знать границы применимости изученных законов и методов классической и квантовой термодинамики и статистической физики	Приём домашних работ. Контрольная работа Решение задач на семинарских занятиях
ОПК-1.2. Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	Применять изученные понятия и законы классической и квантовой термодинамики и статистической физики к решению типовых задач по всем разделам курса, свободно используя при этом необходимый математический аппарат	
ОПК-1.3. Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Владеть методикой расчета реальных физических задач	

Для контроля освоения компетенций при изучении дисциплины применяется балльно-рейтинговая система.

**Показатели сформированности компетенции:**

Критериями оценивания при *модульно-рейтинговой системе* являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (*для экзамена*: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; *для зачета*: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(*для экзамена*):

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

*для зачета*:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),

не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

**Рейтинг-план дисциплины приведен в приложении №2.**

Ниже описаны предусмотренные рейтинг-планом оценочные средства, виды и процедуры контроля.

В рамках использования модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего и рубежного контроля знаний, умений и навыков в течение семестра.

За работу в семестре студент получает до 100 баллов за выполнение заданий в рамках текущего и рубежного контроля и дополнительно до 10 баллов за индивидуальные задания.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 70 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 60 до 69 баллов;
- неудовлетворительно – менее 60 баллов.

### Экзаменационные билеты

#### Вопросы к текущему и рубежному контролю по теоретическому материалу

##### 8 семестр

1. Гамильтониан систем с центральным парным взаимодействием в представлении вторичного квантования.
2. Симметричные и антисимметричные состояния. Выбор ортонормированного базиса.
3. Волновые функции Бозе-систем в представлении вторичного квантования.
4. Волновые функции Ферми-систем в представлении вторичного квантования.
5. Операторы рождения и уничтожения частиц, соотношения коммутации для бозевских операторов.
6. Операторы рождения и уничтожения частиц, соотношения коммутации для фермиевских операторов.
7. Полевые операторы для Бозе-систем.
8. Полевые операторы для Ферми-систем.
9. Оператор полного числа частиц в представлении вторичного квантования.
10. Оператор полного импульса в представлении вторичного квантования.
11. Уравнение движения для полевых операторов в гейзенберговском представлении.
13. Двухвременные температурные, опережающие и запаздывающие функции Грина. Уравнения движения.
14. Энергетическое представление для функции Грина и уравнения движения для них.
15. Спектральные представления для корреляционных функций.
16. Спектральная интенсивность через функции Грина.
17. Функции Грина и физические характеристики систем.
18. Вывод распределения Бозе-Эйнштейна в методе функции Грина.
19. Вывод распределения Ферми-Дирака в методе функции Грина.
20. Идеальный Бозе-газ. Бозе-Эйнштейновская конденсация.
21. Энтропия идеального Бозе – газа.
22. Идеальный Ферми – газ при нулевой температуре.
23. Импульс и энергия Ферми.
24. Основные положения теории сверхтекучести Ландау. Качественные объяснения явления сверхтекучести по Боголюбову.
25. Неидеальный Бозе-газ. Основные положения теории Боголюбову.
26. Гамильтониан в теории слабого неидеального Бозе – газа.
27. Энергетический спектр теории сверхтекучести Боголюбова (расчет на основе метода функции Грина).
28. Понятия о методе приближенного вторичного квантования. Диагонализация квадратичных форм на примере теории сверхтекучести.

29. Экспериментальные факты в явлении сверхпроводимости.
30. Термодинамика сверхпроводящего фазового перехода.
31. Уравнение Лондонов.
32. Лондоновская глубина проникновения.
33. Понятие о длине когерентности и оценка длины когерентности.
34. Квантование магнитного потока в сверхпроводящем кольце.

**Тематика задач по курсу «Физика конденсированного состояния»  
для письменного экзамена за 2021-2022 уч. год**

1. Сформулировать определение двухвременных температурных, опережающих и запаздывающих функции Грина.
2. Соотношение, связывающее дифференциалы энтропии, внутренней энергии, объема и числа частиц?
3. Химический потенциал.
4. Получите выражение для энергетического представления для функции Грина и уравнения движения для них
5. Вывод распределения Бозе-Эйнштейна в методе функции Грина.
2. Дайте дифференциальную формулировку второго начала термодинамики для равновесных процессов.
3. Вывести условия согласования термического и калорического уравнений состояния термодинамической системы.
4. Вывод распределения Ферми-Дирака в методе функции Грина
5. Качественное объяснения явления сверхтекучести по Боголюбову.
6. Энергетический спектр теории сверхтекучести Боголюбова (расчет на основе метода функции Грина).
7. Понятия о методе приближенного вторичного квантования. Диагонализация квадратичных форм на примере теории сверхтекучести.
8. Экспериментальные факты в явлении сверхпроводимости.

**Типовые задачи, предлагаемые на семинарских занятиях и контрольных**

1. Вывод спектра для сверхтекучего Гелия II. Получить выражение для аппроксимирующей гамильтониана сверхпроводимости
2. Получите уравнение политропического процесса в  $p-V$ ,  $T-V$  и  $p-T$  переменных, считая известными теплоемкости газа в изохорическом  $C_V$ , изобарическом  $C_p$  и заданном политропическом  $C$  процессах.
3. Применить канонические  $u-v$  преобразования Н.Н. Боголюбова для получения выражения энергетического спектра Гейзенберговского ферромагнетика со спином  $1/2$ .
4. Оценить температуру Дебая для свинца и вольфрама и сравнить для них температурный ход теплоемкости.

**Критерии оценки (в баллах) за одну домашнюю работу**

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов	5 баллов
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько недостатков	3 балла
Нет правильного ответа	0 баллов

**Критерии оценки одной задачи из двух контрольной работы №1 или №2 (в баллах):**

– 10 баллов выставляется студенту, если задача решена абсолютно правильно, без недочетов и ошибок;



– <u>8</u> баллов выставляется студенту, если задача решена правильно, но в ней есть один недочет или незначительная ошибка (в математических преобразованиях);
– <u>6</u> баллов выставляется студенту, если есть попытка решить задачу, присутствуют все необходимые законы (формулы), но имеется грубая ошибка в законе, или решение задачи не доведено до конца;
– <u>4</u> балла выставляется студенту, если присутствуют все необходимые законы (формулы), чтобы решить задачу, но само решение на начато, или имеются две грубые ошибки в законах;
– <u>2</u> балла выставляется студенту, если записан правильно хотя бы один необходимый закон для решения задачи;
– <u>0</u> баллов выставляется студенту, если отсутствует решение задачи;
Набранные баллы по двум задачам контрольной работы затем суммируются.

### Контрольная работа № 1 по предмету «Физика конденсированного состояния»

1. Найти корреляционную функцию спинов в соседних узлах простой кубической решетки ферромагнетика.
2. Вывести аналитические выражения для параметра порядка, энергетического спектра гейзенберговского антиферромагнетика с целым спином методом запаздывающих функции Грина.

**Поощрительные баллы** выставляются за дополнительные выходы к доске на практических занятиях

#### Образец экзаменационного билета:

Приведен в приложении 3.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

#### Критерии оценки (в баллах):

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература:

1. А.У. Абдуллин, И.Р. Кызыргулов, И.Ф. Шарафуллин, М.Х. Харрасов. Введение в физику конденсированного состояния: учебное пособие. Изд. 2-е – Уфа: РИЦ БашГУ, 2015, 122 с. [В библиотечном фонде БашГУ имеется 76 экз.]
2. Брандт, Н.Б. Квазичастицы в физике конденсированного состояния [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский. — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2007. — 632 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2673>.
3. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.2 Теория поля [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2006. — 536 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2236>
4. Абрикосов, А.А. Основы теории металлов [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2010. — 600 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2093>
5. Байков, Ю.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. — Электрон. дан. — Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 296 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70766>

#### Дополнительная литература:

1. Березинский, В.Л. Низкотемпературные свойства двумерных систем с непрерывной группой симметрии [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2007. — 225 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48246>.
2. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.9 Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2004. — 496 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2235>
3. Бланк, В.Д. Фазовые превращения в твердых телах при высоком давлении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Д. Бланк, Э.И. Эстрин. — Электрон. дан. — Москва: Физматлит, 2011. — 412 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48289>.

**5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. ЭБС издательства Лань <https://e.lanbook.com/>
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
3. Российский портал «Открытого образования» <https://openedu.ru/>
4. Мир математических уравнений <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/pde.htm>

## 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

<b>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</b>	<b>Вид занятий</b>	<b>Наименование оборудования, программного обеспечения</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Аудитория, 01	Лекции	Мультимедийный проектор, экран, доска.
Аудитория 324	Практические занятия	Доска, мел, сборники задач, калькулятор

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 ФИЗИКО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
 КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ<sup>1</sup>**

дисциплины Физика конденсированного состояния на 8 семестре  
 (наименование дисциплины)

очная

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	41,2
лекций	40
практических/ семинарских	
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	39,8
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	27

Форма(ы) контроля:

Экзамен 8 семестр

## 8 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<b>Модуль 1: Основные положения</b>	17	0		20			
1.	Гамильтониан систем с центральным парным взаимодействием в представлении вторичного квантования. Симметричные и антисимметричные состояния. Выбор ортонормированного базиса. Волновые функции Бозе-систем в представлении вторичного квантования. Волновые функции Ферми-систем в представлении вторичного квантования. Операторы рождения и уничтожения частиц, соотношения коммутации для бозевских операторов. Операторы рождения и уничтожения частиц, соотношения коммутации для фермиевских операторов.	6			8	[2]: л. 29 [1]: § 1–10	[1]: § 1- 12	Приём домашних работ. Контрольная работа
2.	Полевые операторы для Бозе-систем. Полевые операторы для Ферми-систем. Оператор полного числа частиц в представлении вторичного квантования. Оператор полного импульса в представлении вторичного квантования. Уравнение движения для полевых операторов в гейзенберговском представлении.	6			6	[1]: гл. 2	[2]: § 14, 15	Приём домашних работ. Контрольная работа
3.	Двухвременные температурные, опережающие и запаздывающие функции Грина. Уравнения движения. Энергетическое представление для функции Грина и уравнения движения для них. Спектральные представления для корреляционных функций. Спектральная интен-	5			6	[1]: гл. 3-4	[4]: § 24-30	Приём домашних работ. Тестирование

	сивность через функции Грина. Функции Грина и физические характеристики систем. Вывод распределения Бозе-Эйнштейна в методе функции Грина. Вывод распределения Ферми-Дирака в методе функции Грина. Идеальный Бозе-газ. Бозе-Эйнштейновская конденсация. Энтропия идеального Бозе – газа. Идеальный Ферми – газ при нулевой температуре.							
	<b>Модуль 2: Квантовая статистика систем тождественных частиц.</b>	17	0		27			
4.	Импульс и энергия Ферми. Основные положения теории сверхтекучести Ландау. Качественное объяснения явления сверхтекучести по Боголюбову. Неидеальный Бозе-газ. Основные положения теории Боголюбову. Гамильтониан в теории слабого неидеального Бозе – газа.	6			10	[1]: гл. 7	[4]: § 42, 44	Приём домашних работ. Контрольная работа
5.	Энергетический спектр теории сверхтекучести Боголюбова (расчет на основе метода функции Грина). Понятия о методе приближенного вторичного квантования. Диагонализация квадратичных форм на примере теории сверхтекучести.	6			10	[1]: § гл. 4-6	[3]: § 51	Приём домашних работ. Контрольная работа
6.	Экспериментальные факты в явлении сверхпроводимости. Термодинамика сверхпроводящего фазового перехода. Уравнение Лондонов. Лондоновская глубина проникновения. Понятие о длине когерентности и оценка длины когерентности. Квантование магнитного потока в сверхпроводящем кольце.	5			7	[2]: гл. 9-10	[2]: § 101	Приём домашних работ. Контрольная работа
	<b>Всего часов:</b>	34	0		47			

## Рейтинг-план дисциплины

### Физика конденсированного состояния

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Физика»  
курс 4, семестр 8

Преподаватель: Шарафуллин И.Ф., к. ф.-м.н., доц.  
Кафедра: теоретической физики

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1 – 30 баллов</b>				
<b>Основные положения</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
1. Выполнение индивидуальных домашних заданий	5	3	0	15
2. Работа на лекционных занятиях	1	5	0	5
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>10</b>
1. Контрольная работа	10	1	0	10
<b>Модуль 2 – 40 баллов</b>				
<b>Квантовая статистика систем тождественных частиц.</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
1. Выполнение индивидуальных домашних заданий	5	3	0	15
2. Работа на лекционных занятиях	1	5	0	5
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
1. Контрольная работа	20	1	0	20
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Экзамен			0	30
<b>Посещаемость</b>				
1. Посещение лекционных занятий			-6	0
2. Посещение практических занятий			-10	0
<b>Поощрительные баллы</b>			0	10
<b>ИТОГО</b>				<b>110</b>



**Форма экзаменационного билета**

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1  
по дисциплине  
**Физика конденсированного состояния**  
Направление подготовки (специальность)  
**03.03.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки / Специализация  
**Цифровые технологии в физике функциональных материалов**

1. Гамильтониан систем с центральным парным взаимодействием в представлении вторичного квантования.
2. Квантование магнитного потока в сверхпроводящем кольце.

Составитель:  \_\_\_\_\_ Шарафуллин И.Ф.

Заведующий кафедрой  \_\_\_\_\_ Вахитов Р.М.