

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Актуализировано на заседании кафедры  
протокол № 9 от 30.05.2019  
Зав. кафедрой теоретической физики

Вахитов Р.М.



Согласовано  
Председатель УМК  
Физико-технического института

Балапанов М.Х.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Дисциплина «Физика конденсированного состояния»

*(наименование дисциплины)*

Вариативная дисциплина

*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 – Физика

*(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))*

Направленность (профиль) подготовки

Физика конденсированного состояния вещества

*(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)*

Квалификация

бакалавр

*(указывается квалификация)*

Разработчик (составитель)

к.ф.-м.н., доц. Шарафуллин И.Ф.,

*(должность, ученая степень, ученое звание)*



Шарафуллин И.Ф.

Для приема: 2016

Уфа 2019 г.

Составитель / составители: к.ф.-м.н., доц. Шарафуллин И.Ф.

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теоретической физики  
протокол № 9 от 29.06.2017

Вахитов Р.М. / Вахитов Р.М. /

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры теоретической физики,  
протокол № 6 от 25.05.2018

Заведующий кафедрой Вахитов Р.М. / Вахитов Р.М. /

Дополнения и изменения, внесенные в программу дисциплины утверждена на заседании кафедры  
теоретической физики, «30» мая 2019 протокол №9

Заведующий кафедрой Вахитов Р.М. Вахитов Р.М.

### Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	
2. 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 с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	
<i>4.3. Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	
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	
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

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

Данная дисциплина способствует формированию следующих компетенций, предусмотренных ФГОС по направлению подготовки ВО 030302 – Физика:

- а) общепрофессиональные (ОПК):
  - способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);
- б) профессиональные (ПК):
  - способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1).

Табл. 1

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать основные понятия физики конденсированного состояния	ОПК-3- способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	
	2. Знать границы применимости изученных законов и методов физики конденсированного состояния и соответствующие приближения и допущения используемых в аппарате физики твердого тела, теории атомного ядра и теории среднего поля и методе функций Грина	ОПК-3- способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	
	3. Знать основные методы квантовой статистики и основные закономерности и физические основы теории сверхтекучести и сверхпроводимости	ПК-1- способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	

Умения	1. 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-3- способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	
	2. Применять методы квантовой статистики к решению прикладных задач	ОПК-3- способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	
	3. Использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения физических величин для описания характеристик материалов и конденсированных сред, сверхпроводящих фаз и областей их применения	ПК-1- способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть методикой расчета реальных физических задач	ОПК-3- способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	
	2. Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)	ПК-1- способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 8 семестре.

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 рекомендуется 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 с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ПК-1 – способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать основные методы решения задач физики конденсированного состояния вещества	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
Второй этап (уровень)	Уметь использовать правильную терминологию, определения и единицы измерения физических величин для описания характеристик физических сред,	не умеет использовать правильную терминологию, определения и единицы измерения физических величин для описания характеристик физических сред,	умеет использовать правильную терминологию, определения и единицы измерения физических величин для описания характеристик физических сред,	умеет использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения физических величин для описания характеристик	умеет использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения физических величин для описания характеристик физических

	материалов и областей их применения	материалов и областей их применения	материалов и областей их применения, но допускает грубые ошибки	к физическим сред, материалов и областей их применения, но допускает незначительные ошибки	сред, материалов и областей их применения
Третий этап (уровень)	Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)	не владеет навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)	владеет навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы), но допускает грубые ошибки.	владеет навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы), но допускает незначительные ошибки	владеет навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)

ОПК-3 – способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать границы применимости изученных законов и методов физики конденсированного состояния	не знает границы применимости и изученных законов и методов физики конденсированного состояния	знает в целом границы применимости изученных законов и методов физики конденсированного состояния, но допускает грубые ошибки	знает границы применимости изученных законов и методов физики конденсированного состояния, но допускает незначительные ошибки	знает границы применимости изученных законов и методов физики конденсированного состояния
Второй этап (уровень)	Уметь применять методы физики конденсированного состояния к решению прикладных задач	не умеет применять методы физики конденсированного состояния к решению прикладных задач	умеет применять методы физики конденсированного состояния к решению прикладных задач, но допускает грубые ошибки	умеет применять методы физики конденсированного состояния к решению прикладных задач, но допускает незначительные ошибки	умеет применять методы физики конденсированного состояния к решению прикладных задач
Третий этап (уровень)	Владеть методикой расчета реальных физических задач	Не владеет методикой расчета реальных физических задач	владеет методикой расчета реальных физических задач, но допускает грубые ошибки.	владеет методикой расчета реальных физических задач, но допускает незначительные ошибки	владеет методикой расчета реальных физических задач

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания 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).



**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
1-й этап Знания	1. Знать основные понятия физики конденсированного состояния	ОПК-3	Приём домашних работ.
	2. Знать границы применимости изученных законов и методов физики конденсированного состояния	ОПК-3	Приём домашних работ.
	3. Знать основные методы решения задач физики конденсированного состояния	ПК-1	Контрольная работа
2-й этап Умения	1. Применять изученные понятия и законы физики конденсированного состояния к решению типовых задач по всем разделам курса, свободно используя при этом необходимый математический аппарат	ОПК-3	Приём домашних работ.
	2. Применять методы физики конденсированного состояния к решению прикладных задач	ОПК-3	Приём домашних работ.
	3. Использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения физических величин для описания характеристик материалов физических сред, материалов и областей их применения	ПК-1	Контрольная работа
3-й этап Владеть навыками	1. Владеть методикой расчета реальных физических задач	ОПК-3	Приём домашних работ.
	2. Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)	ПК-1	Контрольная работа

## 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. Качественное объяснение 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 2018-2019 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.
6. Дайте дифференциальную формулировку второго начала термодинамики для равновесных процессов.
7. Вывести условия согласования термического и калорического уравнений состояния термодинамической системы.
8. Вывод распределения Ферми-Дирака в методе функции Грина
9. Качественное объяснение явления сверхтекучести по Боголюбову.
10. Энергетический спектр теории сверхтекучести Боголюбова (расчет на основе метода функции Грина).
11. Понятия о методе приближенного вторичного квантования. Диагонализация квадратичных форм на примере теории сверхтекучести.
12. 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  $CV$ , изобарическом  $Cp$  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	<i>5 баллов</i>
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько недостатков	<i>3 балла</i>
Нет правильного ответа	<i>0 баллов</i>

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;
  - **8** баллов выставляется студенту, если задача решена правильно, но в ней есть один недочет или незначительная ошибка (в математических преобразованиях);
  - **6** 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;
  - **4** балла выставляется студенту, если присутствуют все необходимые законы (формулы), чтобы решить задачу, но само решение не начато, или имеются две грубые ошибки в законах;
  - **2** балла выставляется студенту, если записан правильно хотя бы один необходимый закон для решения задачи;
  - **0** 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.

### 4.3 Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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

#### а) 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>.

**б) дополнительная литература:**

6. 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>.
7. 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>
8. 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**

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**

Для проведения лекционных и практических занятий используется аудиторный фонд физико-технического института.

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Физика конденсированного состояния на 8 семестр  
 (наименование дисциплины)

очная  
 форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	35,2
лекций	34
практических/ семинарских лабораторных	0
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	47
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	25,8

## 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.	Уравнение Шредингера. Оператор эволюции системы. Симметричные и антисимметричные состояния. Операторы рождения и уничтожения частиц, соотношения коммутации для фермиевских операторов. Полевые операторы для Бозе-систем. Полевые операторы для Ферми-систем.	6			8	[2]: л. 29 [1]: § 1–10	[1]: § 1- 12	Приём домашних работ. Контрольная работа
2.	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 интенсивность через функции Грина.	6			6	[1]: гл. 2	[2]: § 14, 15	Приём домашних работ. Контрольная работа
3.	Идеальный Бозе-газ. Бозе-	5			6	[1]: гл. 3-4	[4]: § 24-30	Приём домашних работ.

	Эйнштейновская конденсация. Энтропия идеального Бозе – газа. Идеальный Ферми – газ при нулевой температуре. 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. Энергетический спектр теории сверхтекучести Боголюбова							Тестирование
	<b>Модуль 2: Квантовая статистика систем тождественных частиц.</b>	17	0		27			
4.	Квантовое каноническое распределение. Квантовая статистическая сумма. Свободная энергия. Квантовый гармонический осциллятор. Формула Планка для спектральной плотности излучения абсолютно черного тела. Законы Вина и Стефана-Больцмана. Теплоемкость твердых тел в модели Дебая.	6			10	[1]: гл. 7	[4]: § 42, 44	Приём домашних работ. Контрольная работа
5.	Принцип наименьшего действия. Фазовый переход в модели Изинга.	6			10	[1]: § гл. 4-6	[3]: § 51	Приём домашних работ. Контрольная работа
6.	Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем.	5			7	[2]: гл. 9-10	[2]: § 101	Приём домашних работ. Контрольная работа



	<p>Общие условия Равновесия и устойчивости. Равновесие в двухфазной однокомпонентной системе. Условия устойчивости равновесия в однородной системе. Принцип Ле Шателье-Брауна.</p>							
	<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 2018/2019 уч. г.

Количество часов по учебному плану 108, в т.ч. аудиторная работа 34/0, самостоятельная работа 47

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


(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

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>

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики  
Протокол № 1 от «30» августа 2018 г.

Зав. кафедрой Вахитов Р.М. /  /

Преподаватель Шарафуллин И.Ф. /  /

## Форма экзаменационного билета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине Физика конденсированного состояния

Направление 03.03.02 – Физика

Профили подготовки

Физика конденсированного состояния вещества, Физика Земли и планет,  
Медицинская физика, Физика кинетических явлений

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

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_, протокол № \_\_\_\_  
(дата)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Вахитов Р.М.  
(подпись) (Ф.И.О.)