

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Д.А. Таюрский  
(до КФУ)

» 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Основы физики конденсированного состояния Б1.В.ДВ.18

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Физика магнитных явлений

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Тагиров М.С.

**Рецензент(ы):**

Тагиров Л.Р.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров М. С.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 6144718

Казань  
2018

## **Содержание**

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Тагиров М.С. Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии Отделение радиофизики и информационных систем , Murat.Tagirov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Основы физики конденсированного состояния сводится к установлению связи между свойствами индивидуальных атомов и молекул в гиганские ассоциации в виде регулярно-упорядоченных систем - кристаллов и наночастицы. Реальные кристаллы и аморфные тела значительно сложнее, но эффективность простых моделей является необходимым шагом на пути физики сложных систем.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.18 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.03.03 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Требования к входным знаниям, умениям и готовностям обучающегося, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин (модулей):разделы общей физики - молекулярная физика, электричество и магнетизм, атомная физика, раздел высшей математики - мат.анализ. Освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее для курса лекций по Физике конденсированного состояния.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью к грамотной письменной и устной коммуникации на русском языке
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способностью к постановке цели и выбору путей ее достижения, настойчивость в достижении цели
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способностью работать самостоятельно и в коллективе, способность к культуре социальных отношений
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые профессиональные навыки
ОК-12	способностью к правильному использованию общенаучной и специальной терминологии (ОК-12);

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Основные положения молекулярной физики

2. должен уметь:

Работать с Интернет ресурсами

3. должен владеть:

Английским языком для работы с монографиями и статьями, а также с интернет ресурсами.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

работать со статьями и монографиями на английском языке.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Структура твёрдых тел. Элементы кристаллографии. Элементы физической статистики. Зонная теория твёрдых тел.	7	1-2	4	4	0	Коллоквиум
2.	Тема 2. Элементарные возбуждения в твёрдых телах. Динамика кристаллической решетки. Тепловые и электрические свойства твёрдых тел.	7	3-5	6	6	0	Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Магнитные свойства твёрдых тел. Фотонные кристаллы и их свойства.	7	6-9	8	8	0	Письменное домашнее задание
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Зачет
	Итого			18	18	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

## Тема 1. Структура твёрдых тел. Элементы кристаллографии. Элементы физической статистики. Зонная теория твёрдых тел.

### лекционное занятие (4 часа(ов)):

Силы Ван-дер-Ваальса, их классификация. Ионная, ковалентная и металлическая связи в твёрдых телах. Кристаллическая решетка. Решетка Бравэ и с базисом. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристаллах (индексы Миллера). Способы описания состояний макроскопической системы. Числа состояний для микрочастиц. Классическая и квантовая статистики, их особенности и условия применимости. Энергетические уровни свободных атомов. Энергетический спектр электронов в кристалле. Зависимость энергии электронов от волнового вектора (закон дисперсии).

### практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение задач на определение индексов Миллера. Решение задач на нахождение полый кинетической энергии электронного газа Ферми. Решение задач на нахождение эффективной массы электрона.

## Тема 2. Элементарные возбуждения в твёрдых телах. Динамика кристаллической решетки. Тепловые и электрические свойства твёрдых тел.

### лекционное занятие (6 часа(ов)):

Условия возникновения элементарных возбуждений в твёрдых телах. Время жизни элементарных возбуждений. Импульс фонона. Неупругое рассеяние фотонов на акустических фононах. Теплоёмкость твёрдого тела. Области низких и высоких температур. Теплоёмкость электронного газа. Ангармонические взаимодействия в кристаллах. Теплопроводность диэлектриков в области высоких и низких температур. Теплопроводность металлов. Области высоких и низких температур. Равновесное состояние электронного газа. Дрейф электронов под влиянием внешнего электрического поля. Время релаксации и длина свободного пробега электронов. Электропроводность чистых металлов и металлических сплавов. Явление сверхпроводимости. Щели в энергетическом спектре сверхпроводника.

### практическое занятие (6 часа(ов)):

Решение задач на определение числа нормальных колебаний решетки. Решение задач на вычисление решеточной теплоемкости и числа нормальных колебаний. Решение задач на определение подвижности свободных электронов.

## Тема 3. Магнитные свойства твёрдых тел. Фотонные кристаллы и их свойства.

### лекционное занятие (8 часа(ов)):

Магнитные свойства атомов. Классификация магнитных материалов. Полный магнитный момент атома. Магнитная восприимчивость диамагнетиков. Диамагнетизм. Классическая и квантовая модели парамагнетизма. Антиферромагнетизм, ферримагнетизм, ферриты. Классификация фотонных кристаллов. Особенности их поведения в микрорезонаторах и пленочных волноводах. Основы теории фотонных кристаллов в материалах с действительной положительной диэлектрической постоянной. Модели наночастиц. Фрактальное представление теории Дебая для макро- и наноструктур. Теплоёмкость фрактальных макро- и микроструктур. Теплоёмкость фрактальных наноструктур.

### практическое занятие (8 часа(ов)):

Решение задач на вычисление магнитного момента атома меди. Нахождение временной зависимости концентраций электронов и дырок в полупроводнике. Дискуссия по пройденному материалу.

## 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Структура твёрдых тел. Элементы кристаллографии.					

Элементы физической статистики. Зонная теория твёрдых тел.

	7	1-2	подготовка к
Регистрационный номер 6144718 Страница 6 из 12.			 <b>ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ</b> <small>ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КИУ</small>

коллоквиуму

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Элементарные возбуждения в твёрдых телах. Динамика кристаллической решетки. Тепловые и электрические свойства твёрдых тел.	7	3-5	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание
3.	Тема 3. Магнитные свойства твёрдых тел. Фотонные кристаллы и их свойства.	7	6-9	подготовка домашнего задания	18	домашнее задание
	Итого				36	

**5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

Лекции, семинарские занятия, самостоятельная работа, компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбор конкретных ситуаций

**6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

**Тема 1. Структура твёрдых тел. Элементы кристаллографии. Элементы физической статистики. Зонная теория твёрдых тел.**

коллоквиум , примерные вопросы:

Классификация твёрдых тел по кристаллографической симметрии. Обратная решетка и ее свойства. Дефекты кристаллической решетки. Индексы Миллера. Элементы симметрии в кристаллах, трансляционная симметрия, ячейка Вигнера-Зейтца.

**Тема 2. Элементарные возбуждения в твёрдых телах. Динамика кристаллической решетки. Тепловые и электрические свойства твёрдых тел.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Колебания в решетке, состоящей из одинаковых атомов, в приближении Борна-Кармана(БК-приближение). Поведение сверхпроводника во внешнем электрическом и магнитном полях. Условия перехода от нормального к сверхпроводящему состоянию проводника.

**Тема 3. Магнитные свойства твёрдых тел. Фотонные кристаллы и их свойства.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Классическая и квантовая модели парамагнетизма. Квантовая природа ферромагнетизма. Доменная структура ферромагнетизма. Температура Кюри и Нееля. Методы получения фотонных кристаллов и способы управления фотонами.

**Итоговая форма контроля**

зачет



Примерные вопросы к зачету:

Вопросы к зачёту:

1. Силы Ван-дер-Ваальса, их классификация.
2. Ионная, ковалентная и металлическая связи в твёрдых телах.
3. Кристаллическая решетка. Решетка Бравэ и с базисом. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристаллах (индексы Миллера).
4. Способы описания состояний макроскопической системы. Числа состояний для микрочастиц. Классическая и квантовая статистики, их особенности и условия применимости.
5. Энергетические уровни свободных атомов. Энергетический спектр электронов в кристалле. Зависимость энергии электронов от волнового вектора (закон дисперсии).
6. Условия возникновения элементарных возбуждений в твёрдых телах. Время жизни элементарных возбуждений.
7. Импульс фонона. Неупругое рассеяние фотонов на акустических фононах.
8. Теплоёмкость твёрдого тела. Области низких и высоких температур. Теплоёмкость электронного газа. Анггармонические взаимодействия в кристаллах. Теплопроводность диэлектриков в области высоких и низких температур.
9. Теплопроводность металлов. Области высоких и низких температур.
10. Равновесное состояние электронного газа. Дрейф электронов под влиянием внешнего электрического поля.
11. Время релаксации и длина свободного пробега электронов. Электропроводность чистых металлов и металлических сплавов.
12. Явление сверхпроводимости. Щели в энергетическом спектре сверхпроводника.
13. Магнитные свойства атомов. Классификация магнитных материалов. Полный магнитный момент атома.
14. Магнитная восприимчивость диамагнетиков. Диамагнетизм.
15. Классическая и квантовая модели парамагнетизма. Антиферромагнетизм, ферримагнетизм, ферриты.
16. Классификация фотонных кристаллов. Особенности их поведения в микрорезонаторах и пленочных волноводах. Основы теории фотонных кристаллов в материалах с действительной положительной диэлектрической постоянной.
17. Модели наночастиц. Фрактальное представление теории Дебая для макро- и наноструктур. Теплоёмкость фрактальных макро- и микроструктур. Теплоёмкость фрактальных наноструктур.

Самостоятельная работа студентов позволяет развить следующие компетенции:

- при подготовке к зачёту - ОК-3, ПК-1
- при устных опросах (дискуссия) - ОК-1, ОК-6
- при подготовке домашнего задания - ОК-1, ОК-3, ОК-6
- при подготовке к коллоквиуму- ОК-12, ПК-2

## 7.1. Основная литература:

1. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. 2-е изд. -М.:Физматлит.-2009.- 416 с.
2. 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>
3. Ткаченко Ф. А.Электронные приборы и устройства: Учебник / Ф.А. Ткаченко. - М.: ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2011. - 682 с.: ил.; 60х90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-004658-7, 2000 экз. Режим доступа:- <http://www.znaniy.com/bookread.php?book=209952>

4. Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-369-00967-3, 500 экз. Режим доступа:- <http://znanium.com/bookread.php?book=363421>

5. Чабанов В. Е. Курс лекций по физике твердого тела для технических вузов: учебное пособие. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 131 с.: ил. - (Учебная литература для вузов). - ISBN 978-5-0775-0677-9. Режим доступа:- <http://znanium.com/bookread.php?book=355277>

## **7.2. Дополнительная литература:**

1. Введение в физику твердого тела : перевод с английского / Ч. Киттель ; Под ред. и пер. А. А. Гусева; Пер. А. В. Пахнева .- Москва : Наука, 1978 .- 792 с. : ил.

2. Принципы теории твердого тела : перевод с английского / Дж. Займан ; Под ред. В. Л. Бонч-Бруевича .- Москва : Мир, 1974 .- 472 с. : ил.

3. Квантовая теория твердых тел : перевод с английского / Ч. Киттель ; Пер. А. А. Гусева .- Москва : Наука, 1967 .- 491 с. : ил., табл.

4. Брандт, Н.Б. Квазичастицы в физике конденсированного состояния [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2010. ? 632 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59598>

## **7.3. Интернет-ресурсы:**

Nanomaterials - <http://nanohub.org/resources/379/download/2005.07.15-sands-nclt.pdf> Images

Quantum well -

<https://www.google.ru/search?hl=en&newwindow=1&tbo=d&biw=1163&bih=879&tbm=isch&sa=1&q=quantum+well>

Quantum wire -

<https://www.google.ru/search?hl=en&newwindow=1&tbo=d&biw=1163&bih=879&tbm=isch&sa=1&q=quantum+wire>

Quqantum dot -

<https://www.google.ru/search?hl=en&newwindow=1&tbo=d&biw=1163&bih=879&tbm=isch&sa=1&q=quantum+dot>

Сверхпроводимость - <http://www.youtube.com/watch?v=0lkiEQTpqgU>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Основы физики конденсированного состояния" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

При чтении лекций и проведении семинаров предусмотрено использование мультимедийного проектора

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки Физика магнитных явлений .

Автор(ы):

Тагиров М.С. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Тагиров Л.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.