

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



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Таюрский Д.А.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Физика твердого тела БЗ.ДВ.5

Направление подготовки: 050100.62 - Педагогическое образование

Профиль подготовки: Физика и информатика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Мокшин А.В.

**Рецензент(ы):**

Хуснутдинов Р.М.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Мокшин А. В.

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No

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. (доцент) Мокшин А.В. кафедра вычислительной физики и моделирования физических процессов научно-педагогическое отделение, Anatolii.Mokshin@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Раздел теоретической физики "Физика твердого тела" призван ознакомить студентов с основами теории твердого тела - зонной теорией твердых тел, динамикой кристаллической решетки, теорией проводимости, магнитными свойствами твердых тел, полупроводниками, сверхтекучестью и сверхпроводимостью, а также с теорией упругости и плазменным состоянием вещества. Курс призван создать глубокое представление свойств твердого тела, значительно расширить и дополнить знания соответствующих разделов, изучаемых в курсе общей физики, осветить современные достижения соответствующих областей физики и применение их на практике.

Задачей курса является овладение программным материалом, умения решать задачи по соответствующим разделам, умение воспроизводить теоретический материал, умение давать качественное описание теоретических результатов, умение пользоваться теоретическим материалом.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б3.ДВ.5 Профессиональный" основной образовательной программы 050100.62 Педагогическое образование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 5 курсе, 10 семестр.

1.1. Данная рабочая учебная программа предназначена для студентов по направлению подготовки (специальности) - 050100.62 "Физика с дополнительной специальностью "информатика".

1.2. Выписка из требований к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению подготовки ГОС ВПО дисциплин предметной подготовки ДПП.Ф.02 "Основы теоретической физики: физика твердого тела".

Курс призван создать глубокое представление на основе знания дисциплин теоретической физики основы электронной теории вещества, значительно расширить и дополнить знания соответствующих разделов, изучаемых в курсах общей и теоретической физики, алгебры и геометрии, осветить современные достижения соответствующих областей физики и применения их на практике.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-4 (общекультурные компетенции)	Знать: общие понятия о ресурсно-информационных базах для решения профессиональных задач, связанных как с научными исследованиями в области физики, так и в области методики преподавания физики Уметь: формировать ресурсно-информационные базы для решения профессиональных задач Владеть: соответствующим понятийным, физико-математическим аппаратом

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-5 (общекультурные компетенции)	Знать: основные концепции, связанные с информационными технологиями в области физико-математического образования Уметь: использовать информационные технологии, а также новые знания и умения в областях, не связанных со сферой физических исследований и физико-математического образования Владеть: способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения
ПК-1 (профессиональные компетенции)	Знать: современные методики и технологии организации и реализации образовательного процесса на различных образовательных ступенях в образовательных учреждениях Уметь: практически применять методы и технологии современного физико-математического образования Владеть: навыками тестирования, апробации и использования методов и технологий физико-математического образования в различных образовательных учреждениях
ПК-16 (профессиональные компетенции)	Знать: основные положения и содержание современных образовательных технологий и методик обучения Уметь: проектировать новое учебное содержание, технологии и конкретные методики обучения Владеть: методами проектирования современных учебных программ и конкретных методик обучения
ПК-2 (профессиональные компетенции)	Знать: общие понятия, алгоритмы и методы диагностики и оценивания качества образовательного процесса Уметь: осуществлять мониторинг качества образовательного процесса Владеть: методами анкетирования, тестирования, оценки знаний, умений и навыков студентов
ПК-4 (профессиональные компетенции)	Знать: методы, концепции и подходы организации исследовательской работы обучающихся Уметь: ставить актуальные исследовательские задачи и выполнять соответствующий контроль Владеть: навыками руководства исследовательской работой обучающихся

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- терминологию, основные понятия и определения;
- основы описания микромира;
- физику формирования химических связей в твердых телах;
- описание кристаллов в виде решеток Браве;
- физику дефектов в кристалле;
- строение наноматериалов;
- теорию тепловых свойств твердых тел;
- зонную теорию твердого тела; современное толкование электропроводности твердых тел;
- теорию ферромагнетизма;
- поляризацию и пробой диэлектриков;
- теории прочности твердых тел;
- принципы диффузии и массопереноса; особенности физических свойств наноструктурированных твердых тел;

2. должен уметь:

- работать со справочной литературой физике твердого тела;  
рассчитать основные параметры материалов;
- объяснить поведение твердых тел при изменении внешних воздействий и размера структурных элементов;
- учитывать при конструировании технических устройств поведение твердых тел; владеть методами расчета свойств наноструктурированных материалов;

3. должен владеть:

- расчета физических свойств различных материалов;
- интерпретации различных экспериментальных данных по материаловедению; работы со справочной литературой, стандартами и другими нормативными материалами.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

способность к решению задач

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

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

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 10 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. Кристаллическая структура твердого тела. Колебания и волны в кристаллической решетке. Электроны в периодическом потенциале.	10	1-5	8	6	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Статистика носителей заряда. Квазиклассическое описание движения носителей заряда.	10	6-10	4	8	0	
3.	Тема 3. Процессы переноса в неоднородных полупроводниках. Магнитные свойства твердых тел. Сверхпроводимость.	10	11-16	4	6	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	10		0	0	0	Зачет
	Итого			16	20	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Кристаллическая структура твердого тела. Колебания и волны в кристаллической решетке. Электроны в периодическом потенциале.**

**лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Типы связей, энергия связи. Классификация твердых тел по типам связи. Молекулярные кристаллы, ионные кристаллы, ковалентные кристаллы, металлы.

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

Электронные состояния в кристаллах. Колебания одноатомной линейной цепочки, колебания одноатомной решетки с базисом, колебания атомов трехмерной решетки. Теплоемкость твердых тел, тепловое расширение твердых тел, теплопроводность твердых тел.

**Тема 2. Статистика носителей заряда. Квазиклассическое описание движения носителей заряда.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Классификация твердых тел по электропроводности, одноэлектронное приближение, функции Блоха, свойства волнового вектора в кристалле, эффективная масса электронов.

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

Электронные состояния в кристаллах. Колебания одноатомной линейной цепочки, колебания одноатомной решетки с базисом, колебания атомов трехмерной решетки.

**Тема 3. Процессы переноса в неоднородных полупроводниках. Магнитные свойства твердых тел. Сверхпроводимость.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Обзор по магнитным свойствам твердых тел. Классификация магнетиков, диамагнетизм, парамагнетизм, ферромагнетизм, молекулярное поле Вейсса.

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

Влияние сильных полей. Электропроводность, поляризация диэлектриков, электронная упругая поляризация. Дипольная упругая поляризация, особенности тепловой поляризации. Локализованные состояния, собственная проводимость полупроводников, эффект Холла, сверхпроводимость.

#### 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. Кристаллическая структура твердого тела. Колебания и волны в кристаллической решетке. Электроны в периодическом потенциале.	10	1-5	решение задач	12	самостоятельная работа
2.	Тема 2. Статистика носителей заряда. Квазиклассическое описание движения носителей заряда.	10	6-10	решение задач	12	самостоятельная работа
3.	Тема 3. Процессы переноса в неоднородных полупроводниках. Магнитные свойства твердых тел. Сверхпроводимость.	10	11-16	решение задач	12	самостоятельная работа
	Итого				36	

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

1. Лекционный материал разработан в электронном виде;
2. Студентами используются электронные учебники по данному курсу.

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

#### Тема 1. Кристаллическая структура твердого тела. Колебания и волны в кристаллической решетке. Электроны в периодическом потенциале.

самостоятельная работа, примерные вопросы:

Решение типовых задач. Составление конспектов.

#### Тема 2. Статистика носителей заряда. Квазиклассическое описание движения носителей заряда.

самостоятельная работа, примерные вопросы:

Решение типовых задач. Составление конспектов.

#### Тема 3. Процессы переноса в неоднородных полупроводниках. Магнитные свойства твердых тел. Сверхпроводимость.

самостоятельная работа, примерные вопросы:

Решение типовых задач. Составление конспектов.

#### Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Межмолекулярные и межатомные взаимодействия в конденсированных средах. Типы связей. Упорядоченные и неупорядоченные состояния.
2. Тепловое движение. Адиабатическое приближение.
3. Трансляционная симметрия кристалла. Дефекты решетки.
4. Обратная решетка. Свойства обратной решетки.
5. Дифракция на идеальной решетке. Зоны Бриллюэна.
6. Одноатомная линейная цепочка. Закон дисперсии.
7. Метод квазичастиц. Фононы.
8. Двухатомная линейная цепочка. Закон дисперсии.
9. Колебания атомов трехмерной решетки.
10. Теплоемкость кристаллической решетки: классическая теория, модель Эйнштейна.
11. Теплоемкость кристаллической решетки: модель Дебая.
12. Роль ангармонизма: тепловое расширение твердых тел.
13. Роль ангармонизма: теплопроводность кристаллической решетки.
14. Теорема Блоха.
15. Приведение к зоне Бриллюэна (подсчет состояний).
16. Квазиимпульс электрона.
17. Зонный энергетический спектр электронов в кристалле (общая теория).
18. Почти свободные электроны (зонная теория).
19. Приближение сильной связи (зонная теория).
20. Метод эффективной массы.
21. Типы кристаллических твердых тел: металлы, диэлектрики, полупроводники (донорные и акцепторные).
22. Поверхность Ферми. Электроны в металлах.
23. Парамагнитные свойства электронного газа.
24. Диамагнитные свойства электронного газа.
25. Электроны и дырки в невырожденных полупроводниках. Закон действующих масс.
26. Температурная зависимость концентрации носителей в примесных полупроводниках.
27. p-n переход.
28. Электропроводность однородных полупроводников. Подвижность носителей заряда.
29. Эффект Холла.
30. Кинетические коэффициенты. Термоэлектрические явления в полупроводниках и металлах.
31. Сверхпроводимость. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода. Элементы термосверхпроводимости.
32. Элементы микроскопической теории сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость.
33. Квантование магнитного потока. Эффект Джозефсона.
34. Ферромагнетизм. Молекулярное поле Вейсса. Опыт Дорфмана.
35. Обменная природа ферромагнетизма.
36. Плазменное состояние вещества. Дебаевский радиус. Ленгмюровские колебания.
37. Плазма в магнитных полях.

### 7.1. Основная литература:

- Учебно-методическое пособие по курсу Физика твердого тела, Хуснутдинов, Р. М.; Мокшин, Анатолий Васильевич, 2010г.  
Физика твердого тела, Епифанов, Георгий Иванович, 2011г.



## 7.2. Дополнительная литература:

Квантовая механика, физика твердого тела и элементы атомной физики, Парфенова, Ирина Игоревна, 2010г.

## 7.3. Интернет-ресурсы:

Учебно-методические материалы кафедры ВФ - [http://kpfu.ru/docs/F1735838008/book\\_FTT01.pdf](http://kpfu.ru/docs/F1735838008/book_FTT01.pdf)

Учебно-методические материалы кафедры ВФ - [http://kpfu.ru/docs/F279029957/book\\_FFT02.pdf](http://kpfu.ru/docs/F279029957/book_FFT02.pdf)

Учебно-методические материалы кафедры ВФ - [http://kpfu.ru/docs/F1186022571/M1\\_12.pdf](http://kpfu.ru/docs/F1186022571/M1_12.pdf)

Учебно-методические материалы кафедры ВФ - [http://kpfu.ru/docs/F374081879/M2\\_12.pdf](http://kpfu.ru/docs/F374081879/M2_12.pdf)

Учебно-методические материалы кафедры ВФ - [http://kpfu.ru/docs/F452296309/M3\\_12.pdf](http://kpfu.ru/docs/F452296309/M3_12.pdf)

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

Освоение дисциплины "Физика твердого тела" 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.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен студентам. Электронная библиотечная система "Консультант студента" предоставляет полнотекстовый доступ к современной учебной литературе по основным дисциплинам, изучаемым в медицинских вузах (представлены издания как чисто медицинского профиля, так и по естественным, точным и общественным наукам). ЭБС предоставляет вузу наиболее полные комплекты необходимой литературы в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов с соблюдением авторских и смежных прав.

Для обеспечения учебного процесса на индивидуальных занятиях по курсу "Физика твердого тела" используется компьютерный класс для просмотра DVD и CD-дисков по темам, требующих более глубокого освоения учебного материала (таких тем, как: зонная теория твердых тел; динамика кристаллической решетки; электронный газ в металле; магнитные свойства твердых тел; полупроводники; сверхпроводимость и сверхтекучесть; плазменное состояние вещества).

В целях лучшего усвоения основ физики твердого тела разработаны методические пособия по практикуму с примерами решений по основным разделам дисциплины "Физика твердого тела" и с перечнем заданий и упражнений для самостоятельного решения на практических и индивидуальных занятиях. Кроме этого, разработаны электронные учебно-методические пособия с конспектами лекций и упражнений на CD-носителях.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 050100.62 "Педагогическое образование" и профилю подготовки Физика и информатика .

Автор(ы):

Мокшин А.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Хуснутдинов Р.М. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.