

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



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**

Введение в физику твёрдого тела БЗ.ДВ.1

Направление подготовки: 011200.62 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Садыков Э.К.

**Рецензент(ы):**

Петухов В.Ю.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров Л. Р.

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No 6124814

Казань

2014

## 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) профессор, д.н. (профессор) Садыков Э.К. Кафедра физики твердого тела Отделение физики, Edgar.Sadykov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью дисциплины "Введение в физику твёрдого тела" является: знакомство с представлениями об электронных состояниях и решеточных колебаниях в трансляционно-периодической среде (функции Блоха, зонная теория), с квантовым поведением электронной и колебательной систем в кристалле (эффекты вырождения электронного газа, нулевые колебания). Дисциплина нацелена на формирование общекультурных (ОК) и профессиональных компетенций (ПК).

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б3.ДВ.1 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б3.ДВ.1 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Курс "Введение в физику твёрдого тела" опирается на электродинамику, статистическую термодинамику и квантовые представления о веществе, на освоенный материал по атомной физике и физике ядра, по физике полупроводников и магнитных материалов. Задача этого курса - показать, как свойства реальных материалов способствуют применению их на практике, как физические эффекты дают начало многочисленным функциональным приборам или оригинальным методам исследования. Курс знакомит студентов с основными разделами физики твердого тела и закладывает базу теоретических знаний для продвижения в этой области. Целью является также определенный обзор фундаментальных проблем физики конденсированного состояния. В программу курса включено рассмотрение различных типов связей между атомами в кристалле, различных моделей колебательного движения и возможных типов электронных состояний. Затрагиваются основы рентгеноструктурного анализа и методов мессбауэровской спектроскопии. Проводится анализ возможных типов магнитных состояний кристалла и вычисление их отклика на внешнее магнитное поле. Значительное внимание уделено введению в инструментарий физики твердого тела, основанный на трансляционной симметрии кристаллов: обратная решетка, закон дисперсии, теорема Блоха, законы сохранения квазиимпульса и энергии.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач;
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;
ПК-3 (профессиональные компетенции)	готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований;

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин (ПК-4)
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований;

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Природу и характер колебательного движения атомов в кристалле, квантовый характер электронных состояний в кристалле (волновая природа, принцип Паули), классические и квантовые модели движения магнитных моментов в магнитных кристаллах. Законы дисперсии для возбуждений в твердых телах, полуклассические уравнения движения для электронов в кристалле, явления переноса во внешних полях, смысл внутренней энергии в твердых телах, теплоемкость. Экспериментальные проявления квантового характера движений на микроскопическом уровне (в частности, эффекты вырождения электронного газа) в твердых телах.

2. должен уметь:

Производить оценку энергии элементарных возбуждений. Интерпретировать формирование отклика на внешний сигнал для различных методов физического эксперимента с учетом элементарных возбуждений. Различать особенности экспериментов, использующих дифракционный или резонансный принцип.

3. должен владеть:

Методами расчетов и представлением о принципе работы базовых измерительных приборов, необходимых для проведения простейших экспериментов, что должно обеспечиваться такими структурными элементами программы как решение задач. Представлениями зонной теории электронных и колебательных состояний в кристалле, знанием экспериментальных результатов, объяснение которых возможно только при условии привлечения квантовой теории. Знаниями основных экспериментальных методов физики твердого тела: рентгеноструктурного анализа, ядерно-физических методов исследования твердых тел (метод дифракции нейтронов, мессбауэровской спектроскопии). Эти способности приобретаются в процессе самостоятельных занятий при подготовке к семинарским занятиям.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Оперировать представлениями зонной теории электронных и колебательных состояний в кристалле, об экспериментальных результатах, объяснение которых возможно только при условии привлечения представлений квантовой теории.

Демонстрировать знание основных экспериментальных методов физики твердого тела: рентгеноструктурного анализа, ядерно-физических методов исследования твердых тел (метод дифракции нейтронов, мессбауэровской спектроскопии). Эти способности приобретаются в процессе семинарских занятий..

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 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. Основные разделы физики твёрдого тела.	8	1,2	4	4	0	устный опрос
2.	Тема 2. Электронная структура твердых тел.	8	3	2	2	0	устный опрос
3.	Тема 3. Статистика носителей в полупроводниках. .	8	4,5	4	4	0	устный опрос
4.	Тема 4. Колебательное движение в твердых телах.	8	6	2	2	0	устный опрос
5.	Тема 5. Вычисление электропроводности в полупроводниках и в металлах.	8	7	2	2	0	устный опрос
6.	Тема 6. Квантование колебаний решетки.	8	8	2	2	0	устный опрос
7.	Тема 7. Температурное поведение теплоемкости твердых тел. .	8	9	2	2	0	устный опрос
8.	Тема 8. Классификация твердых тел по их магнитным свойствам.	8	10	2	2	0	коллоквиум
9.	Тема 9. Оптические свойства твердых тел.	8	11,12	4	4	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
10.	Тема 10. Электрическая доменная неустойчивость в полупроводниках.	8	13	2	2	0	устный опрос
11.	Тема 11. Физика твёрдого тела в развитии: актуальные области исследования.	8	14,15	4	4	0	коллоквиум
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	экзамен
	Итого			30	30	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Основные разделы физики твёрдого тела.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Классификация твердых тел по типу связи между атомами. Симметрия кристаллических решеток. Обратная решетка.

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

Решение задач: на симметрию кристаллических решеток, обратную решетку. Задачи по физике твердого тела: перевод с английского/ под.ред Г.Дж.Голдсмида. Главная редакция физико-математической литературы, М.: Наука, 1976. 431 с.

### Тема 2. Электронная структура твердых тел.

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Адиабатическое приближение. Одноэлектронное приближение. Блоховские состояния. Закон дисперсии. Эффективная масса. Классификация твердых тел по электропроводности  
Адиабатическое приближение. Одноэлектронное приближение. Блоховские состояния. Закон дисперсии. Эффективная масса. Классификация твердых тел по электропроводности

#### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Семинарское занятие: ОБРАТНАЯ РЕШЕТКА КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КРИСТАЛЛАХ.

### Тема 3. Статистика носителей в полупроводниках. .

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Функция плотности состояний. Вырожденное и невырожденное распределение носителей. Полуклассическая модель движения электронов в кристалле. Явления переноса, кинетическое уравнение Больцмана Анализ кинетического уравнения Больцмана. Приближение времени релаксации.

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

Семинарские занятия: 1.ОСНОВЫ РЕНТГЕНОДИФРАКЦИОННОГО АНАЛИЗА 2.ОСНОВЫ РЕНТГЕНО ФЛЮОРЕСЦЕНЦИИ

### Тема 4. Колебательное движение в твердых телах.

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**



Колебательное движение в кристаллах . Модель Эйнштейна, модель Дебая. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Закон дисперсии. Выражение для энергии колебаний кристалла. Закон дисперсии для фононов. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Модель Эйнштейна и модель Дебая для колебательного движения. Закон дисперсии для фононов. Акустическая и оптическая ветви колебаний.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Семинарское занятие: ФАКТОР ДЕБАЯ-ВАЛЛЕРА.

**Тема 5. Вычисление электропроводности в полупроводниках и в металлах.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Особенность проводимости в металлах. Вырождение электронного газа. Электронная теплоемкость в металлах. Явления, свидетельствующие о вырождении электронного газа. Температурная зависимость подвижности носителей в примесном полупроводнике.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Семинарское занятие: МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

**Тема 6. Квантование колебаний решетки.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Квантование колебаний решетки. Фононы. Операторы рождения, оператор числа фононов, оператор смещения. Представление вторичного квантования. Нулевые колебания решетки. Квантовые кристаллы.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Семинарское занятие: НЕЙТРОНОГРАФИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

**Тема 7. Температурное поведение теплоемкости твердых тел. .**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Поведение теплоемкости твердых тел с температурой. Закон Дебая. температура Дебая.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Семинарское занятие:ЯВЛЕНИЯ НА P-N ПЕРЕХОДЕ. КОНТАКТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ.

**Тема 8. Классификация твердых тел по их магнитным свойствам.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Классификация твердых тел по их магнитным свойствам. Парамагнитная восприимчивость по Ланжевону и Бриллюэну. Магнитное упорядочение. Модель магнитного упорядочения Вейсса. Спиновые волны. Доменная структура. Стенки Блоха.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Семинарское занятие: МОДЕЛЬ МАГНИТНОГО УПОРЯДОЧЕНИЯ ВЕЙССА. Семинарское занятие: СПИНОВЫЕ ВОЛНЫ, МАГНОНЫ

**Тема 9. Оптические свойства твердых тел.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Оптические свойства твердых тел. Коэффициент поглощения. Межзонные переходы. Активная среда. Условие инверсии в полупроводниках. Полупроводниковые лазеры. Коэффициент поглощения. Активная среда. Полупроводниковые лазеры.

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

Семинарское занятие: 1. ИНЖЕКЦИОННЫЙ ЛАЗЕР (НА P-N ПЕРЕХОДЕ). 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАКОНА ДИСПЕРСИИ ФОНОНОВ.

**Тема 10. Электрическая доменная неустойчивость в полупроводниках.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Электрическая доменная неустойчивость в полупроводниках. Эффект Ганна Эффект Ганна. Дрейфовый и концентрационный механизмы неустойчивости.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Семинарские занятия: 1. ЭФФЕКТ МЕССБАУЭРА. 2. ЭФФЕК ГАННА.

**Тема 11. Физика твердого тела в развитии: актуальные области исследования.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Магнитные гетероструктуры, их функциональные возможности. Представление о топологических диэлектриках.

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

Семинарские занятия: 1. АДИАБАТИЧЕСКОЕ РАЗМАГНИЧИВАНИЕ. 2. СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ.

**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. Основные разделы физики твёрдого тела.	8	1,2	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
2.	Тема 2. Электронная структура твердых тел.	8	3	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
3.	Тема 3. Статистика носителей в полупроводниках. .	8	4,5	подготовка к устному опросу	3	устный опрос
4.	Тема 4. Колебательное движение в твердых телах.	8	6	подготовка к устному опросу	3	устный опрос
5.	Тема 5. Вычисление электропроводности в полупроводниках и в металлах.	8	7	подготовка к устному опросу	3	устный опрос
6.	Тема 6. Квантование колебаний решетки.	8	8	подготовка к устному опросу	3	устный опрос
7.	Тема 7. Температурное поведение теплоемкости твердых тел. .	8	9	подготовка к устному опросу	3	устный опрос
8.	Тема 8. Классификация твердых тел по их магнитным свойствам.	8	10	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
9.	Тема 9. Оптические свойства твердых тел.	8	11,12	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
10.	Тема 10. Электрическая доменная неустойчивость в полупроводниках.	8	13	подготовка к устному опросу	7	устный опрос
11.	Тема 11. Физика твердого тела в развитии: актуальные области исследования.	8	14,15	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
	Итого				48	



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

Традиционные: учебно-методическая литература, конспекты лекций, электронные версии обзорных статей и монографий. Максимальное привлечение средств визуализации, представление докладов на семинаре презентациями в формате PPT.

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

### **Тема 1. Основные разделы физики твёрдого тела.**

устный опрос , примерные вопросы:

Типы связи между атомами в кристаллах. Элементы кристаллографии. Виды элементарных ячеек. Как используется модель обратной решетки. Свойства векторов обратной решетки. Ячейка Вигнера-Зейтца. (ОПК-3 ,ПК-1, ПК-4) (см. вопросы к коллоквиуму и к экзаменам)

### **Тема 2. Электронная структура твердых тел.**

устный опрос , примерные вопросы:

Критерии одноэлектронного приближения. Используется ли теорема Блоха при описании колебаний узлов решетки (фононов) и колебаний их магнитных моментов (магнонов)? Как согласовать протяженность блоховской функции с представлением об электроне, как о локализованном объекте? (ОПК-3 ,ПК-1, ПК-4)

### **Тема 3. Статистика носителей в полупроводниках. .**

устный опрос , примерные вопросы:

В чем проявляется вырождение электронного газа? Распределение Ферми, принцип Паули. Какую роль играет интеграл столкновений в уравнении Больцмана? (ОПК-3 ,ПК-1, ПК-4) (см. вопросы к коллоквиуму и к экзаменам)

### **Тема 4. Колебательное движение в твердых телах.**

устный опрос , примерные вопросы:

Отличия модели Эйнштейна и модели Дебая. Используется ли теорема Блоха в модели решеточных колебаний, предложенной Дебаем? (ОПК-3 ,ПК-1, ПК-4) (см. вопросы к коллоквиуму и к экзаменам)

### **Тема 5. Вычисление электропроводности в полупроводниках и в металлах.**

устный опрос , примерные вопросы:

Особенности проводимости в металлах. Эффект электронного вырождения при вычислении проводимости металлов.(ОПК-3 ,ПК-3, ПК-4) (см. вопросы к коллоквиуму и к экзаменам)

### **Тема 6. Квантование колебаний решетки.**

устный опрос , примерные вопросы:

Квантование колебаний решетки. Операторы рождения, уничтожения. Оператор числа фононов. Оператор смещения (координаты).(ОПК-3 ,ПК-1, ПК-4)

### **Тема 7. Температурное поведение теплоемкости твердых тел. .**

устный опрос , примерные вопросы:

Закон Дебая. Какое макроскопическое свойство вещества коррелирует с численным значением температуры Дебая? (см. вопросы к коллоквиуму и к экзаменам)

### **Тема 8. Классификация твердых тел по их магнитным свойствам.**

устный опрос , примерные вопросы:

Классификация твердых тел по магнитным свойствам. Какой смысл молекулярного поля Вейсса? Чем отличаются модели для описания парамагнетика, предложенные Ланжевеном и Бриллюэном? (ОПК-3 ,ПК-1, ПК-4) (см. вопросы к коллоквиуму и к экзаменам)

### **Тема 9. Оптические свойства твердых тел.**

устный опрос , примерные вопросы:

Условия лазерной генерации в полупроводниках? Условие инверсии в полупроводниках? Пороговый ток? Механизм накачки в инжекционном лазере? (ОПК-3 ,ПК-1, ПК-3, ПК-5) (см. вопросы к коллоквиуму и к экзаменам)

### **Тема 10. Электрическая доменная неустойчивость в полупроводниках.**

устный опрос , примерные вопросы:

Явления неустойчивости в полупроводниках. Эффект Ганна реализуется когда в полупроводнике имеет место неустойчивость. Что неустойчиво в полупроводнике в сильном электрическом поле ? (ОПК-3 ,ПК-1, ПК-4).

### **Тема 11. Физика твердого тела в развитии: актуальные области исследования.**

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы к коллоквиуму приложены. (см. также вопросы к экзаменам) К развитию компетенций (ОПК-3 ,ПК-1, ПК-4)

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Примерные вопросы к экзамену:

1. Элементы кристаллографии. Ячейка Вигнера-Зейтца.
2. Свойства обратной решетки.
3. Колебания решетки. Модель Эйнштейна, модель Дебая.
4. Колебания решетки: акустическая ветвь колебаний.
5. Колебания решетки: оптическая ветвь колебаний.
6. Квантование колебаний решетки. Фононы.
7. Колебательная энергия, теплоемкость твердых тел, закон Дебая.
8. Функции Блоха для электронов. Зона Бриллюэна. Эффективная масса.
9. Скорость электрона. Скорость изменения квазиимпульса.
10. Закон дисперсии для свободных электронов и блоховских электронов.
11. Определение закона дисперсии методом ЛКАО; простая кубическая решетка.
12. Полуклассическое движение блоховских электронов во внешних полях.
13. Функция плотности электронных состояний. Концентрация носителей.
14. Классификация твердых тел по их электропроводности.
15. Классификация твердых тел по магнитным свойствам. Магнитная восприимчивость.
16. Магнитное упорядочение в твердых телах. Модель молекулярного поля Вейсса.
17. Представление о спиновых волнах.
18. Металлы. Электронная теплоемкость. Электронное "вырождение".
19. Оптические свойства твердых тел. Полупроводники как лазерные материалы.
20. Эффект Мессбауэра.
21. Условия дифракции излучений на кристалле.
22. Явления неустойчивости в полупроводниках.

### **ТЕМЫ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

1. ОБРАТНАЯ РЕШЕТКА КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КРИСТАЛЛАХ.
2. ИНЖЕКЦИОННЫЙ ЛАЗЕР (НА P-N ПЕРЕХОДЕ).
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАКОНА ДИСПЕРСИИ ФОНОНОВ.
4. ЯВЛЕНИЯ НА P-N ПЕРЕХОДЕ. КОНТАКТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ.
5. МОДЕЛЬ МАГНИТНОГО УПОРЯДОЧЕНИЯ ВЕЙССА.
6. АДИАБАТИЧЕСКОЕ РАЗМАГНИЧИВАНИЕ.
7. СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ.

8. ЭФФЕКТ МЕССБАУЭРА.
9. ЭФФЕК ГАННА.
10. ФАКТОР ДЕБАЯ-ВАЛЛЕРА.
11. СПИНОВЫЕ ВОЛНЫ, МАГНОНЫ.
12. НЕЙТРОНОГРАФИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ
13. ОСНОВЫ РЕНТГЕНОДИФРАКЦИОННОГО АНАЛИЗА
14. ОСНОВЫ РЕНТГЕНО ФЛЮОРЕСЦЕНЦИИ
15. МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

#### ВОПРОСЫ К КОЛОКВИУМУ И ДЛЯ УСТНОГО ОПРОСА.

1. Чем вызвано использование понятия обратной решетки в аппарате физики твердого тела?
2. Может ли эффективная масса иметь отрицательное значение.
3. В каком случае справедлив закон действующих масс?
4. В каком случае говорят о "квантовых" кристаллах?
5. Используется ли теорема Блоха при описании колебаний узлов решетки (фононов) и колебаний их магнитных моментов (магнонов)?
6. В чем проявляется вырождение электронного газа?
7. Как согласовать протяженность блоховской функции с представлением об электроны как о локализованном объекте?
8. Как проявляется существование нулевых колебаний на опыте?
9. Почему мы говорим, что оптические переходы прямые?
10. Какова функция (миссия) интеграла столкновений в кинетическом уравнении Больцмана?
11. Чем отличается "физика твердого тела" от "механики твердого тела"?
12. Что является "неустойчивым" при реализации эффекта Ганна?
13. Чем отличаются оптические колебания в кристалле от акустических?
14. В чем проявляется вырождение электронного газа?

#### 7.1. Основная литература:

1. Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-369-00967-3, 500 экз.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=363421>

2. Основы физики частично упорядоченных сред : жидкие кристаллы, коллоиды, фрактальные структуры, полимеры и биологические объекты / М. Клеман, О. Д. Лаврентович ; пер. с англ.: Е. Б. Логинова [и др.] ; под. ред. С. А. Пикина, В. Е. Дмитриенко .? Москва : Физматлит, 2007 .? 680 с..

3. Основы физики конденсированного состояния : [учебное пособие] / Ю. В. Петров .? Долгопрудный : Интеллект, 2013 .? 213 с.

#### 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. Физика твердого тела / Епифанов Г.И. - СПб.: Лань; 2011. - 288 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2023](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2023)

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Информационно-аналитическая система продвижения образовательных продуктов -

<http://nano.fcior.edu.ru/card/27564/lekcii-po-discipline-sovremennye-problemy-fiziki-kondensirovannogo-so>

МГУ им. Ломоносова - [shg.phys.msu.ru/educat/cond\\_mat/notes.htm](http://shg.phys.msu.ru/educat/cond_mat/notes.htm)

нанотехнологическое сообщество Нанометр -

[http://www.nanometer.ru/2010/04/03/msu\\_210223.html](http://www.nanometer.ru/2010/04/03/msu_210223.html)

НИИЯФ МГУ им. Ломоносова - <http://nuclphys.sinp.msu.ru/solidst/index.html#%D1%81>

Образовательный проект А.Н. Варгина - [www.ph4s.ru/book\\_ph\\_tv\\_telo.html](http://www.ph4s.ru/book_ph_tv_telo.html)

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

Освоение дисциплины "Введение в физику твёрдого 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.

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.

Лаборатория магнитных и полупроводниковых материалов.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.62 "Физика" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Садыков Э.К. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Петухов В.Ю. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.