

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 13.09.2022 14:50:31
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный университет»
Физико-технический факультет



Утверждаю:

Руководитель ООП

Мальш
Мальшкина О.В.

«13» сентября 2017

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Динамика решетки

Квалификация

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Направление подготовки

03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

специальность

01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Для аспирантов 2 года обучения

Составитель: д.ф-м.н., доцент Солнышкин А. В.

I. Аннотация

1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Динамика решетки.

2. Цель и задачи дисциплины

Целями освоения дисциплины является: изучение теоретических основ микроскопического описания физических свойств материалов, находящихся в конденсированном состоянии.

Задачами освоения дисциплины является формирование четкого понимания основных понятий и идей современной физики конденсированного состояния; подготовка аспирантов к изучению, в случае необходимости, специальных обзоров и оригинальных работ по отдельным вопросам данной области знания.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина является дисциплиной по выбору вариативной части блока 1 направления подготовки 03.06.01 – Физика и Астрономия, направленность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния. Дисциплина изучается на втором году обучения и имеет логические и содержательно – методические взаимосвязи с обязательными дисциплинами и дисциплинами по выбору вариативной части ООП. Для освоения дисциплины от слушателей требуются предварительные знания и навыки из курсов направления подготовки магистратуры 03.04.02 «Физика» и 03.04.03 «Радиофизика». Дисциплина «Динамика решетки» подготавливает аспирантов к сдаче кандидатского минимума по специальности.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. ед., 144 академических часов, в том числе контактная работа: Лекции 6 час., практические занятия 6 час., самостоятельная работа 132 часа.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения образовательной программы (Формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1 способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в	Владеть: способностью анализировать экспериментальный результат и сопоставлять с соответствующей теорией и известными свойствами исследуемого материала. Уметь проводить анализ и обобщение изученной литературы, ясно излагать и аргументировать собственную точку зрения, свободно ориентироваться в сферах применения современных методов, ставить конкретные задачи научных исследований. Знать: современные представления о проблемах в различных областях современной физики конденсированного состояния

междисциплинарных областях	
ПК-1 способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта	Владеть постановкой научной задачи физики конденсированного состояния и умением решать их с помощью современной аппаратуры и зарубежного опыта. Знать основные понятия и теоретические основы физики конденсированного состояния, современное состояние научных исследований в данной области.

6. Форма промежуточной аттестации
зачет на 2 году обучения.

7. Язык преподавания русский.

II. Структура дисциплины

1. Структура дисциплины для студентов очной и заочной формы обучения

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Практические (лабораторные) работы	
Колебания решетки Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.	36	2	2	32
Сверхпроводимость Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в	108	4	4	100

образец. Эффект Джозефсона. Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.				
ИТОГО:	144	6	6	132

III. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

– Вопросы к сдаче кандидатского минимума.

IV. Фонды оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Контроль сформированности компетенции осуществляется с помощью оценочных средств на основе критериев, которые разрабатываются с целью выявления соответствия этапов освоения компетенции планируемому результату обучения (см. карту компетенций).

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции УК-1 «Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях».

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Промежуточный <i>Владеть:</i> способностью анализировать экспериментальный результат и сопоставлять с соответствующей теорией и известными свойствами исследуемого материала. <i>Уметь</i> проводить анализ и обобщение изученной литературы, ясно излагать и аргументировать собственную точку зрения, свободно ориентироваться в сферах применения современных методов, ставить конкретные задачи научных исследований. <i>Знать:</i> современные представления о проблемах в различных областях современной физики	1. Сверхпроводимость. 2. Эффект Мейснера 3. Сверхпроводники первого и второго рода.	<ul style="list-style-type: none"> • Тема актуальна и сформулирована грамотно – 1 балл; • корректно использован понятийный аппарат; продемонстрирован большой лексический запас, логичность и ясность изложения – 2 балла; • использованы публикации последних лет – 1 балл; • определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 2 балл;

конденсированного состояния		
-----------------------------	--	--

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-1 «Способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта».

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
<p>промежуточный</p> <p><i>Владеть</i> постановкой научной задачи физики конденсированного состояния и умением решать их с помощью современной аппаратуры и зарубежного опыта.</p> <p><i>Знать:</i> основные понятия и теоретические основы физики конденсированного состояния, современное состояние научных исследований в данной области.</p>	<p>1. Закон дисперсии упругих волн.</p> <p>2. Фононы.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Тема актуальна и сформулирована грамотно – 1 балл; • корректно использован понятийный аппарат; продемонстрирован большой лексический запас, логичность и ясность изложения – 2 балла; • использованы публикации последних лет – 1 балл; • определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 2 балл;

V. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Франк-Каменецкая, О.В. Кристаллофизика : учебное пособие / О.В. Франк-Каменецкая ; Санкт-Петербургский государственный университет. - СПб.: Издательство Санкт-Петербургского Государственного Университета, 2016. - 84 с. : схем., ил. - ISBN 978-5-288-05673-4; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457943>
2. Шалимова, К.В. Физика полупроводников [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 384 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/648>.
3. Томилин, В.И. Физическое материаловедение. В 2 частях : учебное пособие / В.И. Томилин, Н.П. Томилина, В.А. Бахтина. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. - Ч. 1.

Пассивные диэлектрики. - 280 с. - ISBN 978-5-7638-2510-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229343>

4. 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
<http://znanium.com/go.php?id=363421>

б) дополнительная литература

1. Федотов, А.К. Физическое материаловедение : учебное пособие : в 3-х ч. / А.К. Федотов. - Минск : Вышэйшая школа, 2010. - Ч. 1. Физика твердого тела. - 400 с. : ил. - ISBN 978-985-06-1918-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=119759>
2. Четверикова, А.Г. Кристаллография : учебное пособие / А.Г. Четверикова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». - Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2012. - 104 с. : ил., схем., табл. - Библиогр.: с. 85-87. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260745>

VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

- 2) журнал «Физика твердого тела» <http://journals.ioffe.ru/journals/1>
- 3) <http://physics.info/dielectrics/>
- 4) свойства материалов <http://materials.springer.com/>

VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вопросы к экзамену по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

ЧАСТЬ I

1. Силы связи в твердых телах

- 1.1 Электронная структура атомов.
- 1.2 Химическая связь и валентность.
- 1.3 Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь.
- 1.4 Типы сил связи в конденсированном состоянии: ионная связь, ковалентная связь.
- 1.5 Типы сил связи в конденсированном состоянии: металлическая связь.
- 1.6 Химическая связь и ближний порядок.
- 1.7 Структура вещества с ненаправленным взаимодействием.
- 1.8 Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ.
- 1.9 Структура типа CsCl, типа NaCl.
- 1.10 Структура типа перовскита CaTiO₃.
- 1.11 Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена.
- 1.12 Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.

2. Симметрия твердых тел

- 2.1 Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность.
- 2.2 Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтца.
- 2.3 Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле.
- 2.4 Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.
- 2.5 Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции.
- 2.6 Операции (преобразования) симметрии.
- 2.7 Элементы теории групп, группы симметрии.
- 2.8 Возможные порядки поворотных осей в кристалле.
- 2.9 Пространственные и точечные группы (кристаллические классы).
- 2.10 Решетка Браве. Классификация решеток Браве.

3. Дефекты в твердых телах

- 3.1 Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.
- 3.2 Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

4. Дифракция в кристаллах

- 4.1 Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле.
- 4.2 Распространение волн в кристаллах. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.
- 4.3 Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы.
- 4.4 Дифракция в аморфных веществах.

5. Колебания решетки

- 5.1 Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов.
- 5.2 Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания.
- 5.3 Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

ЧАСТЬ II

6. Тепловые свойства твердых тел

- 6.1 Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость.
- 6.2 Теплоемкость твердых тел. Электронная теплоемкость.
- 6.3 Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.
- 6.4 Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.
- 6.5 Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.
- 6.6 Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.
- 6.7 Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана – Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

7. Электронные свойства твердых тел

- 7.1 Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. Проводимость.
- 7.2 Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. Эффект Холла.
- 7.3 Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. ТермоЭДС.
- 7.4 Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде. Фотопроводимость. Оптическое поглощение.
- 7.5 Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна – Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции.
- 7.6 Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.
- 7.7 Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.
- 7.8 Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.
- 7.9 Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.
- 7.10 Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы.
- 7.11 Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Диэлектрики
- 7.12 Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Полупроводники.
- 7.13 Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Полуметаллы.
- 7.14 Классификация диэлектриков. Основные процессы, протекающие в твердых телах под действием электрического поля. Тепловая, ионная и ориентационная поляризации.
- 7.15 Электромеханические свойства диэлектриков. Пьезоэлектрический эффект.
- 7.16 Природа спонтанной поляризации диэлектриков. Основные понятия физики сегнетоэлектричества. Фазовый переход в сегнетоэлектрическое состояние. Доменная структура. Пироэлектрический эффект.

8. Магнитные свойства твердых тел

- 8.1 Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри – Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.
- 8.2 Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
- 8.3 Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).
- 8.4 Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.
- 8.5 Спиновые волны, магноны.
- 8.6 Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

9. Оптические и магнитооптические свойства твердых тел

- 9.1 Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные.
- 9.2 Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса—Кронига.

- 9.3 Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.
- 9.4 Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра).
- 9.5 Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.

10. Сверхпроводимость

- 10.1 Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.
- 10.2 Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.
- 10.3 Эффект Джозефсона.
- 10.4 Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

VIII. Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (по необходимости)

Процесс обучения включает аудиторные занятия путем проведения лекционных и семинарских занятий, групповые и индивидуальные консультации, текущий контроль полученных знаний, использование различных форм научно-исследовательской деятельности, самостоятельную работу, а так же проведение итогового контроля.

Выработка профессиональных навыков и умений предполагает широкое использование в ходе образовательного процесса интерактивных методик обучения. Использование активных методов обучения имеет целью конструктивное вовлечение аспирантов в учебный процесс, активизацию учебно-познавательной деятельности. Активные методы обучения предполагают деловое сотрудничество, взаимодействие, обмен информацией, более глубокое усвоение материала, понимание сущности изучаемых явлений, и как результат – получение соответствующих знаний, умений и навыков, формирование компетенций.

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

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Учебная аудитория: 35 (170002, Тверская область, г. Тверь, Садовый пер., д.35)	Экран настенный ScreenMedia 153*203 (M082-08147) Ноутбук DELL Inspiron 1300 (1.7 GHz) 15.4WXGA. 512MB. 80GB Проектор LG RD-JT90, DLP ,2 200 ANSI Lm, Проектор Quadra 250 X Доска, комплект учебной мебели

X. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины (или)	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения

	модуля)		
1.	Перечень рекомендуемой дополнительной литературы	Уточнен перечень рекомендуемой дополнительной литературы	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.