

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе
Российской академии наук



Зам. директора Института по научной работе
С. В. Лебедев

УТВЕРЖДАЮ
" 20 " 02 2015 г.

Рабочая программа обязательной дисциплины

Физическая кинетика

основной образовательной программы подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре по направлению 03.06.01 Физика и астрономия

профиль подготовки:
01.04.10 Физика полупроводников

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Принято Ученым советом
Протокол № 1 от «20» февраля 2015 г.

Санкт-Петербург
2015 г.

Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных образовательных стандартов основных образовательных программ высшего образования подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 03.06.01 Физика и астрономия, профиль 01.04.10 Физика полупроводников.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса является ознакомление аспирантов с основными явлениями переноса в твердых телах и современными теоретическими методами исследования этих явлений. В результате изучения дисциплины должны быть сформированы понимание общих принципов физической кинетики, умение описания кинетических явлений на основе этих общих принципов, а также умение выполнить количественные оценки тех или иных кинетических коэффициентов, важных для практических применений (электропроводности, теплопроводности и др.).

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Учебная дисциплина «Физическая кинетика» входит в вариативную часть ООП (дисциплины по выбору).

Обучение ведется в форме аудиторных занятий и самостоятельной подготовки. Изучение дисциплины обеспечивает знания в области физической кинетики, элементарных процессов в электронной и фононной систем твердых тел. Изучение дисциплины является основой для самостоятельной научно-исследовательской работы в области физики явлений переноса. В результате прохождения курса обучения по данной дисциплины аспирант должен освоить базовые принципы физики твердого тела в русле проблематики лаборатории (группы), где работает его научный руководитель, и где будет проходить самостоятельная научная работа аспиранта. Изучение данной дисциплины и специфика подачи отдельных вопросов может варьироваться в зависимости от индивидуального плана работы аспиранта, согласованного с его научным руководителем в целях оптимального соответствия решаемым задачам.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Физическая кинетика» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ООП:

3.1. Универсальные компетенции:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1).

3.2. Общепрофессиональные компетенции:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1).

3.3. Профессиональные компетенции:

- способность планировать, организовывать работу по проектам, направленным на разработку новых физических принципов работы и создание приборов на базе полупроводниковых материалов и композиционных полупроводниковых структур, разработку методов исследования полупроводников и композитных полупроводниковых структур (ПК-1);

- способность осуществлять моделирование свойств и физических явлений в полупроводниках и структурах, технологических процессов и полупроводниковых приборов (ПК-2);

- способность применять технологические методы получения полупроводниковых материалов, композитных структур, структур пониженной размерности и полупроводниковых приборов и интегральных устройств на их основе (ПК-3);

- способность получать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследования, выбирать и обосновывать методики и средства решения поставленных задач (ПК-4).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

4.1. Объем дисциплины и количество учебных часов:

Вид учебной работы	Трудоемкость (в часах)
Аудиторные занятия	14
Лекции	12
Семинары	-
Лабораторные занятия	-
Другие виды учебной работы (зачет по темам курса)	2
Внеаудиторные занятия	94
Самостоятельная работа аспиранта	94
ИТОГО	108
Вид итогового контроля	зачет

4.2. Структура дисциплины

№ п/п	Тема	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу, и трудоемкость (в часах)			
		Лек	СЕМ	Лаб	СР
1	Введение	2			4
2	Методологические аспекты физической кинетики	2			22
3.	Традиционные кинетические явления	4			34
4	Современные проблемы физической кинетики	4			34
5	Зачет		2		
	ИТОГО	12			94

5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ (ТЕМ) ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Содержание аудиторных занятий

Тема 1 – Введение.

(лекции - 2 часа)

Особенности электронных спектров металлов, полупроводников и диэлектриков. Поверхность Ферми. Статистика собственных и примесных полупроводников. Дырочная функция распределения. Компенсированные полупроводники.

(СР - 4 часа)

Тема 2 – Методологические аспекты физической кинетики

(лекции - 2 часа)

Кинетическое уравнение Больцмана. Интеграл столкновений и приближение времени релаксации. Уходное и транспортное времена релаксации. Формула Друде для проводимости. Рассеяние на заряженных и нейтральных примесях. Рассеяние на акустических и оптических фононах. Общие характеристики различных механизмов рассеяния. Упругое и неупругое рассеяние. Время релаксации импульса и время релаксации

энергии. Основные этапы вывода квазиклассического уравнения Больцмана, исходя из квантовомеханического уравнения для статистического оператора. Пределы применимости уравнения Больцмана. Гидродинамическое приближение. Процедура Чепмена - Энскога и уравнение диффузии. Случай больших длин свободного пробега. Метод интеграла вдоль траектории для решения кинетического уравнения.

(СР - 2 2 часа)

Тема 3 – Традиционные кинетические явления

(лекции - 4 часа)

Особенности электронных траекторий в магнитном поле для материалов со сложным спектром. Гальваномагнитный тензор в полупроводниках с квадратичным электронным спектром. Эффект Холла и магнетосопротивление в слабых магнитных полях. Эффект Холла и магнетосопротивление в сильных магнитных полях. Фононная теплопроводность диэлектриков. Электронная теплопроводность металлов. Термо-э;д.с. для вырожденной (металл) и невырожденной (полупроводник) ситуаций. Эффект фонон-электронного увлечения. Поглощение звука в проводниках. Постановка задачи и основные уравнения. Бесстолкновительное поглощение звука. Осцилляционные эффекты в поглощении звука в магнитном поле. Релаксация энергии в разогретой электронной системе. Приближение электронной температуры. Эффект убегания для рассеяния на заряженных примесях. Уравнение энергетической диффузии и эффект убегания для полярного оптического рассеяния. Эффект Ганна.

(СР - 3 4 часа)

Тема 4 – Современные проблемы физической кинетики

(лекции - 4 часа)

Интерференционные квантовые поправки к проводимости и их проявления. Эффект Ааронова-Бома в твердых телах. Мезоскопические флуктуации проводимости. Статистика Вигнера-Дайсона. Баллистический транспорт. Кинетические явления в микроконтактах. Микроконтактная спектроскопия и квантование проводимости микроконтактов. Явления в двумерном электронном газе. Квантовый эффект Холла (целочисленный и дробный). Основные представления об электродинамике сверхпроводников и о кинетических явлениях в сверхпроводниках. Сверхпроводимость второго рода. Явления в спинполяризованных системах на основе ферромагнетиков (включая эффект гигантского отрицательного магнетосопротивления). Спинтроника

(СР - 3 4 часа)

5.2. Самостоятельная работа аспиранта

Самостоятельная работа аспиранта включает повторение лекционного материала по темам, чтение рекомендованной литературы и научной периодики, а также изучение методических рекомендаций для самостоятельной работы.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

6.1. Текущий контроль

Текущий контроль проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки.

Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений.

6.2. Аттестация

Аттестация проводится в форме зачета с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.

Контрольные вопросы для аттестации:

N	Контрольные вопросы
1.	Особенности электронных спектров металлов, полупроводников и диэлектриков. Поверхность Ферми.
2.	Кинетическое уравнение Больцмана. Интеграл столкновений и приближение времени релаксации. Пределы применимости уравнения Больцмана
3.	Основные этапы вывода квазиклассического уравнения Больцмана, исходя из квантовомеханического уравнения для статистического оператора.
4.	Формула Друде для проводимости. Рассеяние на заряженных и нейтральных примесях. Рассеяние на акустических и оптических фононах.
5.	Гальваномагнитный тензор в полупроводниках с квадратичным электронным спектром.
6.	Эффект Холла и магнетосопротивление в слабых магнитных полях. Эффект Холла и магнетосопротивление в сильных магнитных полях.
7.	Фононная теплопроводность диэлектриков. Электронная теплопроводность металлов.
8.	Поглощение звука в проводниках. Постановка задачи и основные уравнения. Бесстолкновительное поглощение звука
9.	Релаксация энергии в разогретой электронной системе. Приближение электронной температуры.
10.	Уравнение энергетической диффузии и эффект убегания для полярного оптического рассеяния. Эффект Ганна.
11.	Интерференционные квантовые поправки к проводимости и их проявления. Эффект Ааронова-Бома в твердых телах
12.	Мезоскопические флуктуации проводимости. Статистика Вигнера-Дайсона. Баллистический транспорт.
13.	Кинетические явления в микроконтактах. Микроконтактная спектроскопия и квантование проводимости микроконтактов.
14.	Квантовый эффект Холла (целочисленный и дробный).
15.	Основные представления о кинетических явлениях в сверхпроводниках. Сверхпроводимость второго рода
16.	Явления в спинполяризованных системах на основе ферромагнетиков. Эффект гигантского отрицательного магнетосопротивления.

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе обучения применяются следующие образовательные технологии:

1. Сопровождение лекций показом визуального материала;
2. Использование компьютерных моделей физических процессов в полупроводниках;
3. Выполнение лабораторных работ с использованием современного научного оборудования.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные, учебно-методические и иные библиотечно-информационные ресурсы обеспечивают учебный процесс и гарантируют возможность качественного освоения аспирантом образовательной программы. ФТИ им. А.Ф.Иоффе располагает обширной библиотекой, включающей общенаучную и специальную литературу.

Основная литература:

1. А.А.Абрикосов. Основы теории металлов. М., Наука, 1978

2. А.И.Ансельм. Введение в теорию полупроводников. М., Наука, 1987 и последующие издания
3. Питер Ю, Мануэль Кардона. Основы физики полупроводников. М. Физмат- лит, 2002

Дополнительная литература

1. В.И.Козуб. «Физическая кинетика», электронный вариант конспекта.

Программное обеспечение

1. Новые полупроводниковые материалы. Наноструктуры. Характеристики и свойства. База данных разработана и поддерживается сектором теоретических основ микроэлектроники: <http://www.matprop.ru/>

Интернет-ресурсы

Отечественные журналы:

- Физика твердого тела электронная версия; доступ с 1992 по текущий год
 Физика и техника полупроводников электронная версия; доступ с 1992 по текущий год
- год
- ЖЭТФ; электронная версия; доступ с 2001 по текущий год
 Письма в ЖЭТФ электронная версия; доступ с 2008 по текущий год
 Успехи физических наук электронная версия; доступ с 1988 по текущий год

Иностраные журналы:

1. Physical Review B (American Physical Society) электронная версия; доступ с 1970 по текущий год;
2. Physical Review Letters (American Physical Society) электронная версия; доступ с 1958 по текущий год;
3. Applied Physics A: Materials Science & Processing (Springer) подписка с 2013 года
4. Central European Journal of Physics доступ с 2003 по текущий год
5. The European Physical Journal B Condensed Matter and Complex Systems (Springer) подписка с 2013 года
6. International Journal of Modern Physics B (World Scientific Publishing Company) электронная версия; доступ с 2003 по текущий год
7. Journal of Physics and Chemistry of Solids (Elsevier (Science Direct) электронная версия; доступ с 1958 по 2009
8. Journal of Physics : Condensed Matter (UK Institute of Physics) электронная версия; доступ с 1989 по текущий год
9. Nanotechnology (UK Institute of Physics) электронная версия; доступ с 1990 по текущий год
10. Nature (Nature Publishing Group) электронная версия; доступ с 1997 по текущий год
11. Nature Materials (Nature Publishing Group) электронная версия; доступ с 2002 по текущий год
 New Journal of Physics" (UK Institute of Physics) электронная версия; доступ с 1999 по текущий год
12. Philosophical Magazine (Taylor & Francis Group) электронная версия; доступ с 1798 по текущий год
13. Philosophical Magazine Letters (Taylor & Francis Group) электронная версия; доступ с 1987 по текущий год
14. Physica B (Condensed Matter) Elsevier (Science Direct) электронная версия; доступ с 1999 по текущий год
15. Physica E (Nanostructures) Elsevier (Science Direct) электронная версия; доступ с 2003 по текущий год
16. Physica Status Solidi A (Wiley) электронная версия; доступ с 1996 по текущий год
17. Physica Status Solidi B (Wiley) электронная версия; доступ с 1996 по текущий год
18. Physica Status Solidi C (Wiley) электронная версия; доступ с 2003 по текущий год

- год
19. Physica Status Solidi RRL (Wiley) электронная версия; доступ с 2007 по текущий год
 20. Solid State Communications (Elsevier (Science Direct) электронная версия; доступ с 1972 по 2010

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН располагает материально-технической базой, соответствующей санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической подготовки, предусмотренной учебным планом.

Наименование оборудования для проведения занятий по дисциплине:

1. Лекционная аудитория
2. Мультимедийный проектор
3. Персональный компьютер

Программа разработана профессором, д.ф.-м.н. В.И.Козубом