

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
электроники, фотоники и
молекулярной физики
В.В. Иванов**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Избранные вопросы теории твердого тела
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра электроники
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: Г.Н. Шкердин, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры электроники 29.05.2020

Аннотация

Курс "Избранные вопросы теории твердого тела" предусматривает изучение основ теории твердого тела.

Задачи курса:

- знакомство с основными методами и приближениями в теории твердого тела;
- изучение квантового характера движения электронов в сильном магнитном поле;
- рассмотрение основных явлений переноса в полупроводниках;
- исследование механизмов рассеяния носителей заряда в твердых телах.

По результатам освоения курса студент должен:

Знать:

- особенности поведения электронов в квантующих магнитных полях, основные явления переноса во внешних полях и при наличии градиента температуры с учетом нагрева электронного газа, основные механизмы рассеяния носителей заряда в твердых телах.

Уметь:

- решать уравнение Шредингера в приближении эффективной массы, решать кинетическое уравнение и вычислять кинетические коэффициенты для различных явлений переноса, вычислять времена релаксации импульса и энергии электронного газа для основных механизмов рассеяния электронов в твердых телах.

Владеть:

- основными методами построения теории твердого тела, теоретическими моделями, используемыми при анализе явлений переноса и механизмов рассеяния носителей заряда.

Основное содержание курса изложено в следующих разделах:

1. Общие понятия о движении электронов в кристалле.
2. Поведение электронов и дырок во внешних полях без учета рассеяния.
3. Квантовый характер движения электронов и дырок в сильном магнитном поле.
4. Явления переноса в полупроводниках и металлах. Электропроводность полупроводников.
5. Гальваномагнитные явления.
6. Явление переноса при наличии градиента температуры.
7. Механизмы рассеяния носителей заряда.
8. Горячие электроны

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение основ теории твердого тела.

Задачи дисциплины

- знакомство с основными методами и приближениями в теории твердого тела;
- изучение квантового характера движения электронов в сильном магнитном поле;
- рассмотрение основных явлений переноса в полупроводниках;
- исследование механизмов рассеяния носителей заряда в твердых телах.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации,	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи

применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- особенности поведения электронов в квантующих магнитных полях, основные явления переноса во внешних полях и при наличии градиента температуры с учетом нагрева электронного газа, основные механизмы рассеяния носителей заряда в твердых телах.

уметь:

- решать уравнение Шредингера в приближении эффективной массы, решать кинетическое уравнение и вычислять кинетические коэффициенты для различных явлений переноса, вычислять времена релаксации импульса и энергии электронного газа для основных механизмов рассеяния электронов в твердых телах.

владеть:

- основными методами построения теории твердого тела, теоретическими моделями, используемыми при анализе явлений переноса и механизмов рассеяния носителей заряда.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Электроны в кристалле	4	4		10
2	Электроны и дырки во внешних полях	4	4		10
3	Квантовый характер движения электронов	4	4		10
4	Явления переноса в полупроводниках и металлах	4	4		10
5	Гальваномагнитные явления	4	4		10
6	Явление переноса в полупроводниках	4	4		10
7	Механизмы рассеяния	4	4		9
8	Горячие электроны	2	2		6
Итого часов		30	30		75
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 8 (Весенний)

1. Электроны в кристалле

Общие понятия о движении электронов в кристалле.

2. Электроны и дырки во внешних полях

Поведение электронов и дырок во внешних полях без учета рассеяния.

3. Квантовый характер движения электронов

Квантовый характер движения электронов и дырок в сильном магнитном поле.

4. Явления переноса в полупроводниках и металлах

Явления переноса в полупроводниках и металлах. Электропроводность полупроводников.

5. Гальваномагнитные явления

Совокупность эффектов, связанных с воздействием магнитного поля на электрические свойства проводников (металлов и полупроводников), по которым течёт электрический ток.

6. Явление переноса в полупроводниках

Явление переноса при наличии градиента температуры.

7. Механизмы рассеяния

Механизмы рассеяния носителей заряда.

8. Горячие электроны

Подвижные носители заряда в полупроводнике или металле, энергетическое распределение которых смещено относительно равновесного при данной температуре в сторону больших энергий.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория, оснащенная мультимедиа проектором, экраном и микрофоном.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников. - М.: Наука : Гл. ред. Ф/м, 1978.
2. Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г. Физика полупроводников. - М.: Наука : Гл. ред. Ф/м, 1977.
3. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. - М.: Наука : Гл. ред. Ф/м, 1978.
4. Давыдов А. С. Теория твердого тела. - М.: Наука : Гл. ред. Ф/м, 1976.

Дополнительная литература

1. Цидильковский И. М. Зонная структура полупроводников. - М.: Наука : Гл. ред. Ф/м, 1978
2. Харрисон У. Теория твердого тела. - М.: Мир, 1972

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://www.elsevier.com>

2. <http://www.elibrary.ru>
3. <http://www.books.google.ru>

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

мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

- 1) посещение всех лекций и семинаров, предусмотренных учебным планом; ведение конспектов занятий; активное участие в обсуждении лекций и семинаров;
- 2) важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультацией к преподавателю на лекции или к докладчику на семинаре.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра электроники
курс:	4
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	Г.Н. Шкердин, д-р физ.-мат. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Избранные вопросы теории твердого тела» обучающийся должен:

знать:

- особенности поведения электронов в квантующих магнитных полях, основные явления переноса во внешних полях и при наличии градиента температуры с учетом нагрева электронного газа, основные механизмы рассеяния носителей заряда в твердых телах.

уметь:

- решать уравнение Шредингера в приближении эффективной массы, решать кинетическое уравнение и вычислять кинетические коэффициенты для различных явлений переноса, вычислять времена релаксации импульса и энергии электронного газа для основных механизмов рассеяния электронов в твердых телах.

владеть:

- основными методами построения теории твердого тела, теоретическими моделями, используемыми при анализе явлений переноса и механизмов рассеяния носителей заряда.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы для подготовки к дифф.зачету:

1. Общие понятия о движении электронов в кристалле.
2. Поведение электронов и дырок во внешних полях без учета рассеяния.
3. Квантовый характер движения электронов и дырок в сильном магнитном поле.
4. Явления переноса в полупроводниках и металлах. Электропроводность полупроводников.
5. Гальваномагнитные явления.
6. Явление переноса при наличии градиента температуры.
7. Механизмы рассеяния носителей заряда.
8. Горячие электроны

Критерии оценивания

10 баллов — (ПРЕВОСХОДНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;

- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

9 баллов — (ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы, полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

8 баллов — (ПОЧТИ ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку с позиций государственной идеологии (по дисциплинам социально-гуманитарного цикла);
- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

7 баллов — (ОЧЕНЬ ХОРОШО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

6 баллов — (ХОРОШО):

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;
- использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;

- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

5 баллов — (ПОЧТИ ХОРОШО):

- достаточные знания в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

4 балла — (УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), ЗАЧТЕНО:

- достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;
- работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

3 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), НЕЗАЧТЕНО:

- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;
- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;
- неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

2 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта;
- знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины;
- неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых стилистических и логических ошибок;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

1 балл — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не должен превышать двух астрономических часов в устной и (или) письменной форме.