

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования****«Московский физико-технический институт (государственный университет)»
МФТИ****Кафедра «Фундаментальных и прикладных проблем физики микромира»****«УТВЕРЖДАЮ»****Проректор по учебной работе****_____ О.А. Горшков****_____ 2012 г.****РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА****по дисциплине: Сверхпроводимость и сверхтекучесть****по направлению: 010900 «Прикладные математика и физика»****магистерская программа: 010912 - «Теоретические проблемы физики
элементарных частиц»****факультет: ФОПФ****кафедра: Фундаментальных и прикладных проблем физики микромира****курс: 5 (магистратура)****семестр: осенний****Диф. зачет: 9 семестр****Трудоёмкость в зач. ед.: вариативная - 4 зач.ед.****в т.ч.:****лекции: вариативная часть - 34 часа****семинарские занятия: вариативная часть - 34 часа****лабораторные занятия: нет****самостоятельная работа: вариативная часть - 68 часов, 2 зач.ед.****ВСЕГО АУДИТОРНЫХ ЧАСОВ: 64****Программу составил к.ф.-м.н. Шукринов Ю.М.****Программа обсуждена на заседании кафедры «Фундаментальных и прикладных
проблем физики микромира»****« ____ » _____ 2012 г.****Заведующий кафедрой****д.ф.-м.н., профессор Казаков Д.И.**

ОБЪЁМ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ И ВИДЫ ОТЧЁТНОСТИ

Вариативная часть, в т.ч. :	<u> 4 </u> зач. ед.
Лекции	<u> 34 </u> часа
Семинарские занятия	<u> 34 </u> часа
Лабораторные работы	<u> – </u> часов
Индивидуальные занятия с преподавателем	<u> – </u> часов
Самостоятельные занятия	<u> 68 </u> часов
ВСЕГО	136 часов (4 зач. ед.)
Итоговая аттестация	Диф. зачет, 9 семестр

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель курса - освоение студентами фундаментальных знаний в области современной физики сверхпроводимости, изучение основ теории и методов теоретического описания различных процессов в сверхпроводящих структурах, а также приобретение базовых навыков самостоятельной научно-исследовательской работы.

Задачами данного курса являются:

- формирование базовых знаний в области теоретической физики сверхпроводимости;
- обучение студентов современным методам теоретического описания различных сверхпроводящих структур и навыкам решения сопутствующих задач;
- формирование подходов к выполнению студентами исследований в области теоретической физики в рамках выпускных работ на степень магистра.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина «Сверхпроводимость и сверхтекучесть» включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативной части профессионального цикла ООП М.1.

Дисциплина «Сверхпроводимость и сверхтекучесть» базируется на материалах курсов, читаемых в рамках базовой и вариативной частей УЦ ООП Б.2 и Б.3 (Математический анализ, Дифференциальные уравнения, Теория функций комплексного переменного, Уравнения математической физики, Квантовая механика, Квантовая теория поля, Физика твердого тела), и относится к профессиональному циклу.

КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Сверхпроводимость и сверхтекучесть» направлено на формирование следующих общекультурных и профессиональных компетенций магистра:

а) общекультурные (ОК):

- компетенция самообразования и самоорганизации (ОК-1);
- компетенция профессиональной мобильности (ОК-2);
- компетенция получения знаний и использования новой информации (ОК-3);

- компетенция системного аналитического мышления (ОК-4);
- компетенция креативности (ОК-5).

б) профессиональные (ПК):

- компетенция профессионального использования информации (ПК-1);
- компетенция профессиональной аналитической деятельности (ПК-2);
- компетенция креативности в научно-исследовательской и инновационной деятельности (ПК-3);
- компетенция профессионального владения информационно-коммуникационными технологиями (ПК-4);
- компетенция презентации своей деятельности (ПК-6);
- компетенция самостоятельных исследований (ПК-10);
- компетенция обобщения и презентации результатов исследований (ПК-15).

3. КОНКРЕТНЫЕ ЗНАНИЯ, УМЕНИЯ И НАВЫКИ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины «Квантовая хромодинамика» обучающийся должен:

1. Знать:

- уравнения Лондонов;
- особенности термодинамики сверхпроводящего перехода;
- основные идеи микроскопической теории сверхпроводимости;
- критерий сверхтекучести Ландау;
- пробную волновую функцию сверхпроводящего состояния;
- энергию и волновую функцию основного и первого возбужденного состояния;
- энергетический спектр сверхпроводников;
- температурную зависимость энергетической щели;
- термодинамику сверхпроводников;
- теорию Гинзбурга-Ландау;
- квантование магнитного потока;
- сверхпроводимость второго рода;
- андреевское отражение
- эффект близости в сверхпроводниках
- туннельную плотность состояний
- метод туннельного гамильтониана
- уравнения Джозефсона
- эффект Джозефсона в магнитном поле
- переменный эффект Джозефсона и ступеньки Шапиро
- волны Сфихарта и ступеньки Фиске
- заряд квазичастицы в сверхпроводнике
- внутренний эффект Джозефсона в высокотемпературных сверхпроводниках
- плазменные осцилляции в джозефсоновском переходе

2. Уметь:

- эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной теоретической физики сверхпроводимости

3. Владеть:

- основными методами теории БКШ
- техникой вычисления пробной волновой функции сверхпроводящего состояния;
- техникой вычисления энергии и волновой функции основного и первого возбужденного состояния;
- техникой вычисления энергетического спектра сверхпроводников
- техникой расчета температурной зависимости энергетической щели
- методом туннельного гамильтониана;
- методом описания эффекта Джозефсона в магнитном поле
- методом описания переменного эффект Джозефсона,
- методом описания внутреннего эффект Джозефсона в высокотемпературных сверхпроводниках

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Структура преподавания дисциплины

Перечень разделов дисциплины и распределение времени по темам

№ темы и название	Количество часов
1. Введение. Общие свойства сверхпроводников	4
2. Макроскопическая теория сверхпроводимости.	8
3 Основные идеи микроскопической теории.	8
4. Основное состояние и элементарные возбуждения в сверхпроводниках.	8
5. Энергетический спектр сверхпроводников. Температурная зависимость энергетической щели.	8
6. Термодинамика сверхпроводников.	8
7. Сверхпроводящая корреляция и поверхностная энергия.	8
8. Теория Гинзбурга-Ландау.	12
9. Сверхпроводимость второго рода.	8
10. Эффект близости в сверхпроводниках. Андреевское отражение. .	8
11. Сверхпроводящие структуры. Одночастичное туннелирование.	8
12. Метод туннельного гамильтониана.	8
13. Структура сверхпроводник-изолятор сверхпроводник.	8
14. Эффект Джозефсона в магнитном поле.	8
15. Переменный эффект Джозефсона.	8

16. Неравновесная сверхпроводимость и внутренний эффект Джозефсона.	8
17. Сверхтекучесть	8
ВСЕГО (часов (зач.ед.))	136 часов (4 зач.ед.)

ВИД ЗАНЯТИЙ: ЛЕКЦИИ

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость в зач. ед. (количество часов)
1	Введение. Общие свойства сверхпроводников	2
2	Макроскопическая теория сверхпроводимости. Термодинамика сверхпроводящего перехода. Промежуточное состояние. Уравнения Лондонов	2
3	Основные идеи микроскопической теории. Критерий сверхтекучести. Фононное притяжение. Куперовские пары..	2
4	Основное состояние и элементарные возбуждения в сверхпроводниках. Выбор пробной волновой функции. Энергия основного состояния. Первое возбужденное состояние	2
5	Энергетический спектр сверхпроводников. Температурная зависимость энергетической щели.	2
6	Термодинамика сверхпроводников	2
7	Сверхпроводящая корреляция и поверхностная энергия. Два рода сверхпроводников	2
8	Теория Гинзбурга-Ландау. Вывод уравнений Гинзбурга-Ландау. Поверхностная энергия на границе нормальной и сверхпроводящей фаз. Квантование магнитного потока	2
9	Сверхпроводимость второго рода. Вихри в сверхпроводниках. Поле одиночного вихря. Первое критическое поле. Взаимодействие вихрей. Второе критическое поле.	2
10	Эффект близости в сверхпроводниках. Андреевское отражение.	2
11	Сверхпроводящие структуры. Одночастичное туннелирование. Туннельная плотность состояний.	2
12	Метод туннельного гамильтониана.	2
13	Структура сверхпроводник-изолятор сверхпроводник. Туннелирование куперовских пар. Уравнения Джозефсона	2
14	Эффект Джозефсона в магнитном поле.	2
15	Переменный эффект Джозефсона. Ступеньки Шапиро. Волны в Джозефсоновском контакте. Волны	2

	Сфихарта. Ступеньки Фиске.	
16	Неравновесная сверхпроводимость. Заряд квазичастицы в сверхпроводнике. Разбаланс заселенностей ветвей спектра элементарны возбуждений и электрическое поле в сверхпроводниках. Внутренний эффект Джозефсона в высокотемпературных сверхпроводниках. Плазменные осцилляции в джозефсоновском контакте. Индуктивная и емкостная связь в системе джозефсоновских контактов	2
17	Элементарные возбуждения в квантовой бозе-жидкости. Сверхтекучесть. Фононы в жидкости. Вырожденный почти идеальный бозе-газ. Волновая функция конденсата. Температурная зависимость плотности конденсата. Поведение сверхтекучей плотности вблизи λ -точки.	2
ВСЕГО (зач. ед. (часов))		1 зач. ед. (34 часа)

ВИД ЗАНЯТИЙ: СЕМИНАРЫ

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость в зач. ед. (количество часов)
1	Введение. Общие свойства сверхпроводников	2
2	Макроскопическая теория сверхпроводимости. Термодинамика сверхпроводящего перехода. Промежуточное состояние. Уравнения Лондонов	2
3	Основные идеи микроскопической теории. Критерий сверхтекучести. Фононное притяжение. Куперовские пары..	2
4	Основное состояние и элементарные возбуждения в сверхпроводниках. Выбор пробной волновой функции. Энергия основного состояния. Первое возбужденное состояние	2
5	Энергетический спектр сверхпроводников. Температурная зависимость энергетической щели.	2
6	Термодинамика сверхпроводников	2
7	Сверхпроводящая корреляция и поверхностная энергия. Два рода сверхпроводников	2
8	Теория Гинзбурга-Ландау. Вывод уравнений	2

	Гинзбурга-Ландау. Поверхностная энергия на границе нормальной и сверхпроводящей фаз. Квантование магнитного потока	
9	Сверхпроводимость второго рода. Вихри в сверхпроводниках. Поле одиночного вихря. Первое критическое поле. Взаимодействие вихрей. Второе критическое поле.	2
10	Эффект близости в сверхпроводниках. Андреевское отражение.	2
11	Сверхпроводящие структуры. Одночастичное туннелирование. Туннельная плотность состояний.	2
12	Метод туннельного гамильтониана.	2
13	Структура сверхпроводник-изолятор сверхпроводник. Туннелирование куперовских пар. Уравнения Джозефсона	2
14	Эффект Джозефсона в магнитном поле.	2
15	Переменный эффект Джозефсона. Ступеньки Шапиро. Волны в Джозефсоновском контакте. Волны Сфихарта. Ступеньки Фиске.	2
16	Неравновесная сверхпроводимость. Заряд квазичастицы в сверхпроводнике. Разбаланс заселенностей ветвей спектра элементарны возбуждений и электрическое поле в сверхпроводниках. Внутренний эффект Джозефсона в высокотемпературных сверхпроводниках. Плазменные осцилляции в джозефсоновском контакте. Индуктивная и емкостная связь в системе джозефсоновских контактов	2
17	Элементарные возбуждения в квантовой бозе-жидкости. Сверхтекучесть. Фононы в жидкости. Вырожденный почти идеальный бозе-газ. Волновая функция конденсата. Температурная зависимость плотности конденсата. Поведение сверхтекучей плотности вблизи λ -точки	2
ВСЕГО (зач. ед. (часов))		1 зач. ед. (34 часа)

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ:

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость в зач. ед. (количество часов)
1	Изучение теоретического курса Выполняется самостоятельно каждым студентом по итогам каждой из лекций. Результаты контролируются преподавателем на лекционных занятиях. Используются конспекты лекций, учебное пособие, а также рекомендованная учебная литература.	24
2	Решение задач по заданию преподавателя Решаются задачи, выданные преподавателем по	24

	итогах лекционных занятий. Результаты контролируются преподавателем на семинарских занятиях. Используются конспекты лекций, учебное пособие, включающее сборник задач, а также рекомендованная учебная литература.	
3	Подготовка к диф. зачету	20
ВСЕГО (зач. ед. (часов))		68 часов (2 зач.ед.)

Содержание дисциплины

Развёрнутые темы и вопросы по разделам

№ п/п	Название модулей	Разделы и темы лекционных занятий	Содержание	Объем	
				Аудиторная работа (зачетные единицы / часы)	Самостоятельная работа (зачетные единицы / часы)
1		Введение.	Общие свойства сверхпроводников	4	4
2		Макроскопическая теория сверхпроводимости.	Макроскопическая теория сверхпроводимости. Термодинамика сверхпроводящего перехода. Промежуточное состояние. Уравнения Лондонов	4	4
3		Основные идеи микроскопической теории.	Основные идеи микроскопической теории. Критерий сверхтекучести. Фононное притяжение. Куперовские пары..	4	4
4		Основное состояние и элементарные возбуждения в сверхпроводниках.	Основное состояние и элементарные возбуждения в сверхпроводниках. Выбор пробной волновой функции. Энергия основного состояния. Первое возбужденное состояние.	4	4
5		Энергетический спектр сверхпроводников.	Энергетический спектр сверхпроводников. Температурная зависимость энергетической щели..	4	4
6		Сверхпроводящая корреляция и поверхностная энергия.	Сверхпроводящая корреляция и поверхностная энергия. Два рода сверхпроводников	4	4
7		Теория Гинзбурга-Ландау.	Теория Гинзбурга-Ландау. Вывод уравнений Гинзбурга-Ландау. Поверхностная	4	4

			энергия на границе нормальной и сверхпроводящей фаз. Квантование магнитного потока		
8		Термодинамика сверхпроводников	Термодинамика сверхпроводников	4	4
9		Сверхпроводимость второго рода.	Сверхпроводимость второго рода. Вихри в сверхпроводниках. Поле одиночного вихря. Первое критическое поле. Взаимодействие вихрей. Второе критическое поле.	4	4
10		Эффект близости в сверхпроводниках.	Эффект близости в сверхпроводниках. Андреевское отражение.	4	4
11		Сверхпроводящие структуры	Сверхпроводящие структуры. Одночастичное туннелирование. Туннельная плотность состояний.	4	4
12		Метод туннельного гамильтониана.	Метод туннельного гамильтониана.	4	4
13		Структура сверхпроводник-изолятор сверхпроводник.	Структура сверхпроводник-изолятор сверхпроводник. Туннелирование куперовских пар. Уравнения Джозефсона	4	4
14		Эффект Джозефсона в магнитном поле.	Эффект Джозефсона в магнитном поле	4	4
15		Переменный эффект Джозефсона.	Переменный эффект Джозефсона. Ступеньки Шапиро. Волны в Джозефсоновском контакте. Волны Сфихарта. Ступеньки Фиске.	4	4
16		Неравновесная сверхпроводимость и внутренний эффект Джозефсона	Неравновесная сверхпроводимость. Заряд квазичастицы в сверхпроводнике. Разбаланс заселенностей ветвей спектра элементарны возбуждений и электрическое поле в сверхпроводниках. Внутренний эффект Джозефсона в	4	4

			высокотемпературных сверхпроводниках. Плазменные осцилляции в джозефсоновском контакте. Индуктивная и емкостная связь в системе джозефсоновских контактов		
17		Сверхтекучесть.	Элементарные возбуждения в квантовой бозе-жидкости. Сверхтекучесть. Фононы в жидкости. Вырожденный почти идеальный бозе-газ. Волновая функция конденсата. Температурная зависимость плотности конденсата. Поведение сверхтекучей плотности вблизи λ -точки	4	4

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии:

№ п/п	Вид занятия	Форма проведения занятий	Цель
1	Лекция	Изложение теоретического материала	Получение теоретических знаний по дисциплине
2	Семинар	Решение задач	Повышение степени понимания материала, осознание связи между теорией и практикой, осознание взаимосвязи между различными дисциплинами, а также выработка навыков практического применения полученных знаний
3	Самостоятельная работа студента	Изучение теоретического курса и решение задач	Повышение степени понимания материала и выработка профессиональных навыков

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Контрольно-измерительные материалы:

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 10-ом семестре:

1. Общие свойства сверхпроводников.
2. Макроскопическая теория сверхпроводимости.
3. Термодинамика сверхпроводящего перехода.
4. Промежуточное состояние.
5. Уравнения Лондонов.
6. Основные идеи микроскопической теории.
7. Критерий сверхтекучести.
8. Фононное притяжение. Куперовские пары.
9. Основное состояние и элементарные возбуждения в сверхпроводниках. Выбор пробной волновой функции.
10. Энергия основного состояния. Первое возбужденное состояние
11. Энергетический спектр сверхпроводников.
12. Температурная зависимость энергетической щели.
13. Термодинамика сверхпроводников.
14. Сверхпроводящая корреляция и поверхностная энергия. Два рода сверхпроводников.
15. Теория Гинзбурга-Ландау.
16. Вывод уравнений Гинзбурга-Ландау.
17. Поверхностная энергия на границе нормальной и сверхпроводящей фаз.
18. Квантование магнитного потока.
19. Сверхпроводимость второго рода.
20. Вихри в сверхпроводниках. Поле одиночного вихря. Первое критическое поле.
21. Взаимодействие вихрей. Второе критическое поле.
22. Эффект близости в сверхпроводниках.
23. Андреевское отражение.
24. Сверхпроводящие структуры. Одночастичное туннелирование.
25. Туннельная плотность состояний.
26. Метод туннельного гамильтониана.
27. Структура сверхпроводник-изолятор-сверхпроводник. Туннелирование куперовских пар.
28. Уравнения Джозефсона.
29. Эффект Джозефсона в магнитном поле.
30. Переменный эффект Джозефсона.
31. Ступеньки Шапиро.
32. Волны в Джозефсоновском контакте.
33. Волны Сфихарта.
34. Ступеньки Фиске.
35. Неравновесная сверхпроводимость. Заряд квазичастицы в сверхпроводнике.
36. Разбаланс заселенностей ветвей спектра элементарных возбуждений и электрическое поле в сверхпроводниках.
37. Внутренний эффект Джозефсона в высокотемпературных сверхпроводниках.
38. Плазменные осцилляции в джозефсоновском контакте.
39. Индуктивная и емкостная связь в системе джозефсоновских контактов.

40. Элементарные возбуждения в квантовой бозе-жидкости.
41. Сверхтекучесть.
42. Фононы в жидкости.
43. Вырожденный почти идеальный бозе-газ.
44. Волновая функция конденсата.
45. Температурная зависимость плотности конденсата.
46. Поведение сверхтекучей плотности вблизи λ -точки

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий:

компьютер и мультимедийное оборудование (проектор)

Необходимое программное обеспечение:

Adobe Acrobat Reader

Обеспечение самостоятельной работы:

доступ к библиотеке и базам данных по журналам Теоретическая и математическая физика, ЖЭТФ, Письма в ЖЭТФ, Lecture Notes in Physics, SUST, Physics Review Letters, Physics Review B Physics Reports, Physical Review E, Reviews of Modern Physics, Physica C

8. НАИМЕНОВАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ТЕМ КУРСОВЫХ РАБОТ

учебным планом не предусмотрено

9. ТЕМАТИКА И ФОРМЫ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РАБОТЫ

учебным планом не предусмотрено

10. ТЕМАТИКА ИТОГОВЫХ РАБОТ

учебным планом не предусмотрено

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Абрикосов А.А. Основы теории металлов. М.: Наука, 1987, 519 с.
2. В. В. Шмидт. Введение в физику сверхпроводников. – 2-е изд. М.: МЦМНО, 2000.
(V. V. Schmidt The Physics of Superconductors // Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag / Eds. P. Muller, A. V. Ustinov. 1997.)
3. Тинкхам М. Введение в сверхпроводимость. М.: Атомиздат, 1980, 310 с.
(M. Tinkham. Introduction to Superconductivity. New York: McGraw-Hill (2 Ed.), 1996.)
4. J. B. Ketterson, S. N. Song. Superconductivity. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

Дополнительная литература:

1. В. Л. Гинзбург. О сверхпроводимости и сверхтекучести. ФизМатЛит, 2005, 228 стр.
2. П. де Жен. Сверхпроводимость металлов и сплавов. М.: Мир, 1968.
3. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. Теоретическая физика: Т. IX. Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния.

- 2-е изд. М.: Физматлит, 2000.

4. Н.Кобояси, Введение в нанотехнологию, М., БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005 г.
5. К. К. Лихарев. Введение в динамику джозефсоновских переходов. М.: Наука, 1985.
6. T. van Duzer, C, W. Turner. Principles of Superconductive Devices and Circuits. New York: Elsevier, 1981.
7. А.Бароне, Дж.Патерно. Эффект Джозефсона. Физика и применения. М: Мир, 1984

Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных:

Информационные ресурсы: Доступные через интернет журналы по физике сверхпроводимости (Теоретическая и математическая физика, ЖЭТФ, Письма в ЖЭТФ, Lecture Notes in Physics, SUST, Physics ReviewLetters, Physics Review B Physics Reports, Physical Review E, Reviews of Modern Physics, Physica C)

Программу составил
к.ф.-м.н. Шукринов Ю. М.

« _____ » _____ 2012 г.