Высокотемпературная сверхпроводимость

Лектор: к.ф.-м.н., с.н.с. Кузьмичёв Светослав Александрович
(кафедра физики низких температур и сверхпроводимости физического факультета МГУ)

Код курса:	
Статус:	обязательный
Аудитория:	специальный
Специализация:	физика низких температур
Семестры:	9
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	32 часа
Семинаров:	
Практ. занятий:	
Отчётность:	экзамен
Начальные компетенции:	М-ПК-1, М-ПК-6
Приобретаемые компетенции:	М-ПК-3, М-ПК-4

Аннотация курса

Теоретические и экспериментальные исследования природы высокотемпературной сверхпроводимости далеки от завершения, тем не менее, за 25 лет изучения высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) с помощью самых современных экспериментальных методов накоплен огромный фактический материал и построены теоретические модели для описания уникальных свойств ВТСП. К сожалению, все еще отсутствует согласие в выборе механизма спаривания, хотя полученные в самое последнее время экспериментальные данные явно указывают на существенную роль фононов в формировании сверхпроводящих свойств ВТСП (модель Абрикосова). В задачи настоящего курса входит: ознакомление с современными представлениями о структуре и физических свойствах ВТСП, знакомство с современными методами, используемыми для выяснения сложной физической природы высокотепратурной сверхпроводимости, знакомство с основными теоретическими моделями, предложенными для описания сверхпроводящих свойств ВТСП, ознакомление с технологией синтеза и оптимизации ВТСП материалов.

Приобретаемые знания и умения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные физические закономерности, лежащие в основе явления высокотемпературной сверхпроводимости, должен иметь представление о методах исследования различных физических свойств высокотемпературных сверхпроводников и о возможностях оптимизации параметров этих материалов для их эффективного использования в современной технике.

Образовательные технологии

Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования. Программа курса и контрольные материалы доступны через интернет.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс основывается на дисциплинах «Введение в физику конденсированного состояния», «Квантовая теория твёрдого тела», «Кооперативные явления в твёрдых телах», «Сверхпроводимость и сверхтекучесть».

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, курсовая работа, магистерская диссертация, дипломная работа

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Проблема высокотемпературной сверхпроводимости, под ред. В.Л. Гинзбурга и Д.А. Киржница, изд-во “НАУКА”, Москва, 1977.
2. Handbook of High-Temperature Superconductivity, Theory and Experiment, edited by J. R. Schrieffer and J. S. Brooks, Springer, New York, 2007.
3. P. W. Anderson, The Theory of Superconductivity in the High-Tc Cuprates, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1997.
4. В.П. Минеев, К.В. Самохин, Введение в теорию необычной сверхпроводимости, Москва, изд-во МФТИ, 1998.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

5. Физические свойства высокотемпературных сверхпроводников, под ред. Д.М. Гинсберга, Москва, “Мир”, 1990.
1. Физические свойства ВТСП, том 1, под ред. А.И. Буздина и В.В. Мощалкова, Москва,1990.
2. Физические свойства ВТСП, том 2, под ред. А.И. Буздина и В.В. Мощалкова, Москва,1991.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. E. G. Maksimov, M. L. Kulić and O. V. Dolgov, Bosonic Spectral Function and the Electron-Phonon Interaction in HTSC Cuprates // Advances in Condensed Matter Physics, v. 2010 (2010), Article ID 423725, doi:10.1155/2010/423725.
2. V. Z. Kresin, S. A. Wolf, Electron-lattice interaction and its impact on high *Tc* Superconductivity // Rev. Mod. Phys., vol. 81, 2009, p. 481.
3. J. Bouvier and J. Bok, Electron-Phonon Interaction in the High-T_C Cuprates in the Framework of the Van Hove Scenario // Advances in Condensed Matter Physics, v. 2010 (2010), Article ID 472636, doi:10.1155/2010/472636
4. В.Л. Гинзбург, Сверхпроводимость: позавчера, вчера, сегодня, завтра, УФН, т. 170, N 6, 2000, стр. 619.
5. Е.Г. Максимов, Проблема высокотемпературной сверхпроводимости. Современное состояние, УФН, т. 170, N 10, 2000, стр. 1033.
6. Ю.А. Изюмов, Спин-флуктуационный механизм высокотемпературной сверхпроводимости и симметрия параметра порядка, УФН, т. 169, N 3, 1999, стр. 225.
7. В.М. Локтев, Механизмы высокотемпературной сверхпроводимости медных оксидов, Физика низких температур, т. 22, N 1, 1996, стр. 3.
8. Г.Г. Сергеева, Ю.П. Степановский, А.В. Чечкин, Высокотемпературная сверхпроводимость с d-волновой симметрией параметра порядка, Физика низких температур, т. 24, N 11, 1996, стр. 1029.
9. Е.Г. Максимов, С.Ю. Саврасов, Фотоэмиссионная спектроскопия высокотемпературных сверхпроводников, УФН, т. 160, вып. 9, 1990, стр. 155.
10. W.E. Pickett, Electronic structure of the high-temperature oxide superconductors, Rev. Mod. Phys., v.61, N 2, 1989, p. 433.
11. E.W. Carlson, V.J. Emery, S.A. Kivelson, D. Orgad, Concepts in High Temperature Superconductivity, arXiv:cond-mat/0206217 12 Jun 2002.
12. J.F. Annett, Unconventional superconductivity, Contemporary Physics, v. 36, N 6,1995, p. 423.
13. Z.-X. Shen, D.S. Dessau, Electronic structure and photoemission studies of late transition-metal oxides – Mott insulators and high-temperature superconductors, Phys. Rep., v. 253, 1995, pp. 1.
14. Damascelli, D.H. Lu, Z.-X. Shen, From Mott insulator to overdoped superconductor: Evolution of the electronic structure of cuprates studied by ARPES, arXiv:cond-mat/0107042 2 Jul 2001.
15. C.C. Tsuei, J.R. Kirtley, Pairing symmetry in cuprate superconductors, Rev. Mod. Phys., v.72, N 4, 2000, p. 969.
16. M. Cardona, Raman scattering in high Tc superconductors: phonons, electrons, and electron-phonon interaction, Physica C, v. 317-318, 1999, p. 30.
17. T. Timusk, Infrared properties of exotic superconductors, Physica C, v. 317-318, 1999, p. 18.
18. A.A. Yurgens, Intrisic Josephson junctions: recent developments, Supercond. Sci. Technol., v. 13, 2000, p. R85.
19. R. Kleiner, P. Muller, Intrinsic Josephson effects in layered superconductors, Physica C, v. 293, 1997, p. 156.
20. Я.Г. Пономарев, Туннельная и андреевская спектроскопия высокотемпературных сверхпроводников // УФН, т. 172, N 6, 2002, стр. 705.

Контроль успеваемости	**Промежуточная аттестация** проводится на 8 и 15 неделях в форме контрольной работы с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса. **Текущая аттестация** проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень освоения материала, ответы на вопросы.
Фонды оценочных средств	Контрольные вопросы для текущей аттестации; вопросы и задачи для контрольных работ; вопросы к зачёту и к экзамену.

Структура и содержание дисциплины

Раздел	Неделя
Природа и механизмы сверхпроводимости. Щель в спектре возбуждений и критическая температура. Сверхпроводимость в трехмерных изотропных системах. Электронные свойства и сверхпроводимость слоистых кристаллов.	1-2
Высокотемпературная сверхпроводимость. Получение высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). Кристаллическая структура купратных ВТСП. Переход металл-изолятор. Магнитное упорядочение и спиновые корреляции.	3
Электронная структура и анизотропия свойств ВТСП. Влияние допирования на сверхпроводящие свойства купратных сверхпроводников. Симметрия параметра порядка. Псевдощель. Влияние допирования и температуры на сверхпроводящую щель и псевдощель в ВТСП. Фазовые диаграммы ВТСП и возможные механизмы спаривания.	4-5
Протяженная сингулярность ван Хова. Многощелевая сверхпроводимость. Диборид магния. Железосодержащие сверхпроводники.	6
Структурные и магнитные возбуждения в ВТСП по данным нейтронного рассеяния. Внутренний эффект Джозефсона. Поверхность Ферми и сверхпроводящая щель по данным фотоэмиссионной спектроскопии	7-8
Симметрия спаривания по данным фазочувствительных джозефсоновских измерений.	9
Инфракрасная спектроскопия ВТСП. Рамановская спектроскопия ВТСП. Электронная рамановская спектроскопия.	10
Туннельная и андреевская спектроскопия допированных ВТСП. Исследования ВТСП методами ЯМР и ЭПР.	11--12
Термодинамические свойства ВТСП. Флуктуационные явления. Явления переноса и упругие свойства ВТСП. Нижнее и верхнее критические поля в ВТСП. Критическая плотность тока.	13-14
Применения высокотемпературных сверхпроводников. Сильноточные применения. Слаботочные прменения. Терагерцевые генераторы и детекторы. СВЧ - фильтры.	15-16