**Программа утверждена на заседании
Ученого совета факультета наук о
материалах МГУ имени М.В.Ломоносова
Протокол № __ от _____ 2021 г.**

Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Наименование дисциплины (модуля): **Современные проблемы физики сверхпроводимости.**

Краткая аннотация: Рабочая программа дисциплины разработаны на основе Образовательного стандарта, самостоятельно установленного МГУ имени М.В.Ломоносова (далее – ОС МГУ), утвержденного Приказом № 552 от 23.06.2014 г. по МГУ с учетом изменений в ОС МГУ, внесенных Приказом №831 по МГУ от 31.08.2015 г. (уровень аспирантуры).

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре

3. Направление подготовки: 04.06.01 Химические науки. Направленности (профили): Неорганическая химия, Химия твердого тела, Электрохимия, Радиохимия, Физическая химия.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок 1 «Дисциплины (модули)».

1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу аспирант ОПОП результатам освоения ОПОП (в форме компетенция – индикатор - ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
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.	зачет	31 (УК-1) Знать: основные современные научные достижения в профессиональной области, основные методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских задач, в том числе и в междисциплинарных областях. У1 (УК-1)

		<p>Уметь: проводить анализ литературных данных в рамках поставленной исследовательской (практической, образовательной) задачи, выявлять основные вопросы и проблемы, существующие в современной науке.</p> <p>V1 (УК-1) Владеть: навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских, практических и образовательных задач в своей профессиональной области, в том числе в междисциплинарных областях.</p>
<p>ПК-1 Способность самостоятельно проводить научные исследования в области химии, физики и механики материалов и применять полученные результаты для решения практических задач.</p>	<p>зачет</p>	<p>32 (ПК-1) Знать: основные законы, теоретические модели и современные методы исследований и математического моделирования.</p> <p>У2 (ПК-1) Уметь: использовать полученные знания для анализа результатов научных исследований и решения практических задач.</p> <p>V2 (ПК-1) Владеть: разработкой методов научного исследования для получения новых фундаментальных знаний и способами применения этих знаний для решения практических задач.</p>

2. Общая трудоёмкость составляет 3 зачётные единицы, продолжительность **108** часов, из которых **36** часов составляет контактная работа студента с преподавателем (15 часов – лекции, 15 часов - семинарские занятия, 1 час – индивидуальные консультации, 5 часов – текущий контроль успеваемости), **72** часов – самостоятельная работа студента.

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Дисциплина «Современные проблемы физики сверхпроводимости» базируется на материалах курсов бакалавриата базовая и вариативная часть (математический естественнонаучный блок) по дисциплинам:

1. модуля «Математика» (математический анализ, линейная алгебра, аналитическая геометрия, теория функции комплексной переменной, дифференциальные уравнения, интегральные уравнения и вариационное исчисление),
2. модуля «Общая физика»,
3. курсов «Квантовая теория», «Введение в физику конденсированного состояния».

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

4.1. Структура дисциплины по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов дисциплины	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самостоятельная работа обучающегося, часы из них

Форма промежуточной аттестации по дисциплине		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа, в т.ч., лабораторные и практические работы	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.)*	Всего	Подготовка к лабораторным занятиям, мини-конференциям и пр.	Подготовка докладов, рефератов и т.п.	Всего
Раздел 1. Электронные свойства и характеристические параметры современных сверхпроводников	8	2	2				4	8		8
Раздел 2. Электрон-бозонное взаимодействие. Основные механизмы сверхпроводимости	12	3	3				6	12		12
Раздел 3. Высокотемпературная сверхпроводимость в купратах	12	3	3				6	12		12
Текущая аттестация в форме занятия семинарского типа	4					2	2	4		4
Раздел 4. Многощелевая и многозонная сверхпроводимость	8	2	2				4	8		8
Раздел 5. Неклассическая сверхпроводимость диборида магния	8	2	2				4	8		8

Раздел 6. Высокотемпературная сверхпроводимость железосодержащих сверхпроводников	10	3	3				6	8		8
Промежуточная аттестация – зачет	10				1	3	4	12		12
Итого	108	15	15	–	1	5	36	72	–	72

4.2. Содержание разделов (тем) дисциплины:

Раздел 1. Электронные свойства и характеристические параметры современных сверхпроводников

Тема 1. Электронные свойства и характеристические параметры современных сверхпроводников: энергетическая щель в спектре возбуждений, критическая температура T_c , критический ток и магнитное поле. Сверхпроводящий контур в магнитном поле. Сверхпроводники I и II рода. Вихри Абрикосова. Фазовая диаграмма сверхпроводника на плоскости $H-T$.

Тема 2. Оценки максимально возможных T_c для сверхпроводников. Сверхпроводимость гидридов под давлением, монослоя селенида железа, диборида магния, купратных ВТСП, аллотропных модификаций углерода. Методы исследования сверхпроводниковых материалов: сканирующий туннельный микроскоп, измерения электронной теплоемкости, рамановская спектроскопия.

Раздел 2. Электрон-бозонное взаимодействие. Основные механизмы сверхпроводимости

Тема 1. Электрон-фононное взаимодействие, куперовские пары. Теория БКШ, константа связи, плотность электронных состояний и закон дисперсии для элементарных возбуждений. Критическая температура, сверхпроводящая щель и характеристическое отношение в пределах слабой и сильной электрон-фононной связи. Зависимость сверхпроводящей щели от температуры. Изотопический эффект, влияние кулоновского отталкивания, формула Макмиллана. Поглощение ультразвука и оптические свойства сверхпроводников. Влияние магнитных и немагнитных примесей на критическую температуру s - и d -волнового сверхпроводника в моделях Абрикосова–Горькова и Опёнова.

Тема 2. Спин-флуктуационное взаимодействие. Модель Хаббарда, t - J -модель. Магнитный полярон.

Тема 3. Динамическая спиновая восприимчивость, нестинг поверхности Ферми, магнитный резонанс. Многощелевая сверхпроводимость, знакопеременный сверхпроводящий параметр порядка (s^{++} - и $s^{\pm}$ -модели).

Раздел 3. Высокотемпературная сверхпроводимость в купратах

Тема 1. Кристаллическая и магнитная структура купратов. Семейства купратов. Допирование купратов. Переход металл-изолятор. Фазовая диаграмма купратов: температуры фазовых переходов в зависимости от степени допирования. Фононный спектр купратов. Резистивный сверхпроводящий переход в купратах вдоль ab - и c -направления.

Тема 2. Зависимость критической температуры от числа плоскостей CuO_2 и от концентрации допирующих дырок. Изотопический эффект, зависимость изотопического коэффициента от концентрации допанта. Поверхность Ферми купратов в магнитной и немагнитной фазе. Щелевая структура купратов. Основные характеристические параметры купратов: сверхпроводящие щели, критические температуры, критические токи и магнитные поля, характеристические отношения БКШ.

Тема 3. Основные механизмы высокотемпературной сверхпроводимости, предложенные для купратов. Псевдощель в купратах. Модели псевдощелевого состояния, его природа и влияние на сверхпроводящие свойства. Наблюдение псевдощели в эксперименте.

Раздел 4. Многощелевая и многозонная сверхпроводимость

Тема 1. Двухзонная БКШ-модель, система уравнений Москаленко и Сула, эффект близости в k -пространстве. Эффективная константа связи. Характеристические отношения для двухщелевого случая в пределе слабой связи. Предельные случаи: внутризонная и межзонная сверхпроводимость, нулевой детерминант матрицы констант связи. «Грязный» предел.

Тема 2. Влияние внутризонного и межзонного взаимодействий и соотношения нормальных плотностей состояний (на уровне

Ферми) в двух зонах на температурные зависимости сверхпроводящих щелей. Расширение модели Москаленко и Сула на случай сильной связи.

Раздел 5. Неклассическая сверхпроводимость диборида магния

Тема 1. Кристаллическая структура MgB_2 . Анизотропия транспортных и оптических свойств. Изотопический эффект. Влияние допирования на критическую температуру. Основные характеристические параметры MgB_2 : сверхпроводящие щели и их симметрия, критическая температура, характеристические отношения БКШ. Критический ток и магнитное поле, сверхпроводимость «1,5»-го рода.

Тема 2. Зонная структура и поверхность Ферми MgB_2 . Sigma- и pi-зоны, их ортогональность в k -пространстве. Влияние допирования на константы связи и топологию поверхности Ферми. Электронный топологический переход Лифшица. «Грязный» предел. Температурные зависимости щелей в MgB_2 : внутризонное и межзонное взаимодействие, сила связи куперовских пар каждого типа.

Раздел 6. Высокотемпературная сверхпроводимость железосодержащих сверхпроводников

Тема 1. Основные классы железосодержащих сверхпроводников и их особенности. Кристаллические структуры. Структурный и магнитный переход. Магнитная структура FeAs-блоков. Монослой селенида железа. Зонная структура и поверхность Ферми железосодержащих сверхпроводников в магнитной и немагнитной фазе.

Тема 2. Основные характеристические параметры железосодержащих сверхпроводников: сверхпроводящие щели, критические температуры, критические токи и магнитные поля, характеристические отношения БКШ. Влияние допирования на критическую температуру. Изотопический эффект. Фазовая диаграмма железосодержащих сверхпроводников: температуры фазовых переходов в зависимости от степени допирования.

Тема 3. Основные механизмы сверхпроводимости, предложенные для железосодержащих сверхпроводниковых материалов. s^{++} - и $s^{\pm}$ -модели и структура сверхпроводящего параметра порядка. Нестинг и магнитный резонанс, спиновый экситон. Влияние примесей на критическую температуру в s^{++} - и $s^{\pm}$ -моделях.

5. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю): конспекты и аудиозаписи лекций, интернет-ресурсы для дополнительного знакомства с материалами по тематике лекций. Слушателям предоставляется программа курса, план занятий и задания для самостоятельной работы, графические материалы к лекционным занятиям. В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как Matematica, Matlab, Mathcad.

6. Ресурсное обеспечение:

6.1. Перечень основной и дополнительной литературы:

Основная литература:

1. В. Буккель. *Сверхпроводимость*. Мир, Москва, 1975.
2. М. Тинкхам. *Введение в сверхпроводимость*. Атомиздат, Москва, 1980.
3. *Физические свойства ВТСП*, том 1, под ред. А.И. Буздина и В.В. Мошалокова, Москва, 1990.
4. *Физические свойства ВТСП*, том 2, под ред. А.И. Буздина и В.В. Мошалокова, Москва, 1991.
5. *Физические свойства высокотемпературных сверхпроводников*, под ред. Д.М. Гинсберга, Москва, изд-во "Мир", 1990.
6. В.П. Минеев, К.В. Самохин, *Введение в теорию необычной сверхпроводимости*, Москва, изд-во МФТИ, 1998.
7. P.W. Anderson, *The Theory of Superconductivity in the High- T_c Cuprates*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1997.
8. *Handbook of High-Temperature Superconductivity, Theory and Experiment*, edited by J. R. Schrieffer and J. S. Brooks, Springer, New York, 2007.

Дополнительная литература:

1. В.Л. Гинзбург, Е.А. Андрюшин. *Сверхпроводимость*. Альфа-М, 2006.
2. В.Л. Гинзбург. *Сверхпроводимость и сверхтекучесть*. "Успехи физических наук" (УФН) том 167, 1997, стр. 429
3. Ю.А. Изюмов, УФН, т. 169, N 3, 1999, стр. 225.
4. В.Л. Гинзбург, УФН, т. 170, N 6, 2000, стр. 619.
5. Е.Г. Максимов, УФН, т. 170, N 10, 2000, стр. 1033.
6. А.А. Abrikosov, Physica C 341-348, 2000, p. 97.
7. W. Pickett, Nature 418, 2002, p. 733.
8. H.J. Choi, *et al.*, Nature 418, 2002, p. 758.
9. М.В. Садовский, УФН 178, 2008, стр. 1243.
10. P. J. Hirschfeld, Rep. Prog. Phys. 74, 2011, p. 124508.

11. М.М. Коршунов, УФН 184, 2014, стр. 882.
12. А.А. Кордюк, Физ. Низк. Темп. 40, 2014, стр. 375.
13. P. Dai, Rev. Mod. Phys. 87, 2015, p. 855.
14. М.В. Садовский, УФН 186, 2016, стр. 1035.
15. Т.Е. Кузьмичева, С.А. Кузьмичев, Физ. Низк. Темп. 45, 2019, стр. 1366.

6.2. Интернет-ресурсы

1. Доступ к основным мировым on-line библиотекам и базам данных (Web of Science и другие).
 2. Доступ к on-line ресурсам и журналам издательства Elsevier, Springer и других.
 3. База данных ArXiv: <http://xxx.lanl.gov/archive/cond-mat>, поиск по базе: <https://arxiv.org/search/advanced>
 4. Ресурсы российских научных периодических журналов: Успехи физических наук, Письма в ЖЭТФ, ЖЭТФ.
- Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. До-ступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются: <http://nbmgu.ru>

7 Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в аудитории, оснащенной техникой для демонстрации презентаций. Белая маркерная доска (фломастеры).

8 Язык преподавания - русский.

9 Лектор:

к.ф.-м.н., ст.н.с. Кузьмичев Светослав Александрович,
e-mail: [kuzmichev\(at\)mig.phys.msu.ru](mailto:kuzmichev(at)mig.phys.msu.ru), тел.: 8(906)076-33-13

10 Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

10.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости:

Опросы по темам лекций

1. Основные классы современных сверхпроводников: купратные высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП), дибориды магния, железосодержащие сверхпроводники, монослой селенида железа, гидриды под давлением. Особенности

- кристаллической и зонной структуры, анизотропия транспортных и электронных свойств современных сверхпроводников. Магнитное упорядочение и спиновые корреляции. Основные параметры сверхпроводящего состояния и сравнение свойств известных сверхпроводников. Фазовая диаграмма неклассических сверхпроводников и возможные механизмы спаривания.
2. Сильное электрон-фононное взаимодействие. Щель в спектре возбуждений и критическая температура. Сверхпроводимость в трехмерных изотропных системах. Константа связи и характеристическое отношение. Изотопический эффект. Кулоновское отталкивание. Учет сильной связи и наличия плоской зоны в модели Бардина-Купера-Шриффера (БКШ). Модель сильной связи Элиашберга. Формула Макмиллана. Влияние рассеяния на примесях на основные параметры сверхпроводящего состояния.
 3. Купратные ВТСП. Вариация состава и допирования. Переход металл-изолятор. Влияние состава, допирования и давления на сверхпроводящие свойства купратных ВТСП. Симметрия параметра порядка. Фононный спектр купратов. Особенности изотопического эффекта в купратных ВТСП. Модель Хаббарда, t - J -модель.
 4. Туннельная спектроскопия и плотность состояний сверхпроводников. Одночастичное туннелирование в NIS-контактах. Сканирующий туннельный микроскоп. Определение величины сверхпроводящей щели методами туннельных спектроскопий. Псевдощель. Влияние допирования на псевдощель. Рамановская спектроскопия.
 5. Двухщелевая сверхпроводимость. Система уравнений Москаленко и Сула. Эффект близости. Межзонное и внутризонное взаимодействие. Константы связи. Температурные зависимости сверхпроводящих щелей в зависимости от величин констант связи и плотности состояний на уровне Ферми в нормальном состоянии. Предельные случаи: внутризонная и межзонная сверхпроводимость.
 6. Двухщелевая сверхпроводимость диборидов магния. Вариация состава и допирования диборидов магния. Электронная структура и фазовая диаграмма. Основные параметры сверхпроводящего состояния. σ - и ρ -конденсаты. Изотопический эффект в диборидах магния. Механизм сверхпроводимости диборидов магния. «Грязный предел». Температурные зависимости сверхпроводящих щелей. Электронный топологический переход Лифшица в $(\text{Mg,Al})\text{B}_2$.
 7. Пниктиды и халькогениды железа. Основные классы железосодержащих сверхпроводников. Кристаллическая и электронная структура, фазовая диаграмма. Поверхность Ферми железосодержащих сверхпроводников по данным фотоэмиссии углового разрешения (ARPES).
 8. Основные модели сверхпроводимости железосодержащих сверхпроводников. Электрон-фононное взаимодействие и изотопический эффект в железосодержащих сверхпроводниках. Конгруэнтность поверхностей Ферми. Спин-флуктуационная $s^\pm$ -модель: знакопеременный параметр порядка, «спиновый резонанс» по данным нейтронного рассеяния. Анизотропия сверхпроводящей щели в импульсном пространстве. Влияние магнитных и немагнитных примесей. Основные типы симметрии параметра порядка железосодержащих сверхпроводников и их эволюция при изменении состава и допирования, электронный топологический переход Лифшица.
 9. Применение ВТСП материалов. Сильноточные и слаботочные применения. ВТСП-ленты. Терагерцевые генераторы и детекторы. СВЧ-фильтры.

10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Вопросы к зачету:

Блок 1. Электронные свойства и характеристические параметры современных сверхпроводников: энергетическая щель в спектре возбуждений, критическая температура T_c , критический ток и магнитное поле. Сверхпроводящий контур в магнитном поле. Сверхпроводники I и II рода. Вихри Абрикосова. Фазовая диаграмма сверхпроводника на плоскости $H-T$. Оценки максимально возможных T_c для сверхпроводников. Сверхпроводимость гидридов под давлением, монослоя селенида железа, диборида магния, купратных ВТСП, аллотропных модификаций углерода. Методы исследования сверхпроводниковых материалов: сканирующий туннельный микроскоп, измерения электронной теплоемкости, рамановская спектроскопия.

Блок 2. Электрон-бозонное взаимодействие. Основные механизмы сверхпроводимости:

- Электрон-фононное взаимодействие, куперовские пары. Теория БКШ, константа связи, плотность электронных состояний и закон дисперсии для элементарных возбуждений. Критическая температура, сверхпроводящая щель и характеристическое отношение в пределах слабой и сильной электрон-фононной связи. Зависимость сверхпроводящей щели от температуры. Изотопический эффект, влияние кулоновского отталкивания, формула Макмиллана. Поглощение ультразвука и оптические свойства сверхпроводников.
- Влияние магнитных и немагнитных примесей на критическую температуру s - и d -волнового сверхпроводника в моделях Абрикосова–Горькова и Опёнова.
- Спин-флуктуационное взаимодействие. Модель Хаббарда, t - J -модель. Магнитный полярон.
- Динамическая спиновая восприимчивость, нестинг поверхности Ферми, магнитный резонанс. Многощелевая сверхпроводимость, знакопеременный сверхпроводящий параметр порядка (s^{++} - и $s^{\pm}$ -модели).

Блок 3. Высокотемпературная сверхпроводимость в купратах:

- Кристаллическая и магнитная структура купратов. Семейства купратов. Допирование купратов. Переход металл-изолятор. Фазовая диаграмма купратов: температуры фазовых переходов в зависимости от степени допирования. Фононный спектр купратов. Резистивный сверхпроводящий переход в купратах вдоль ab - и c -направления.
- Зависимость критической температуры от числа плоскостей CuO_2 и от концентрации допирующих дырок. Изотопический эффект, зависимость изотопического коэффициента от концентрации допанта.
- Поверхность Ферми купратов в магнитной и немагнитной фазе. Щелевая структура купратов. Основные характеристические параметры купратов: сверхпроводящие щели, критические температуры, критические токи и магнитные поля, характеристические отношения БКШ.
- Основные механизмы высокотемпературной сверхпроводимости, предложенные для купратов.

— Псевдощель в купратах. Модели псевдощелевого состояния, его природа и влияние на сверхпроводящие свойства. Наблюдение псевдощели в эксперименте.

Блок 4. Многощелевая и многозонная сверхпроводимость:

— Двухзонная БКШ-модель, система уравнений Москаленко и Сула, эффект близости в k -пространстве. Эффективная константа связи.

Характеристические отношения для двухщелевого случая в пределе слабой связи.

— Предельные случаи: внутризонная и межзонная сверхпроводимость, нулевой детерминант матрицы констант связи. «Грязный» предел.

— Влияние внутризонного и межзонного взаимодействий и соотношения нормальных плотностей состояний (на уровне Ферми) в двух зонах на температурные зависимости сверхпроводящих щелей. Расширение модели Москаленко и Сула на случай сильной связи.

Блок 5. Неклассическая сверхпроводимость диборида магния:

— Кристаллическая структура MgB_2 . Анизотропия транспортных и оптических свойств. Изотопический эффект. Влияние допирования на критическую температуру. Основные характеристические параметры MgB_2 : сверхпроводящие щели и их симметрия, критическая температура, характеристические отношения БКШ. Критический ток и магнитное поле, сверхпроводимость «1,5»-го рода.

— Зонная структура и поверхность Ферми MgB_2 . σ - и ρ -зоны, их ортогональность в k -пространстве. Влияние допирования на константы связи и топологию поверхности Ферми. Электронный топологический переход Лифшица. «Грязный» предел.

— Температурные зависимости щелей в MgB_2 : внутризонное и межзонное взаимодействие, сила связи куперовских пар каждого типа.

Блок 6. Высокотемпературная сверхпроводимость железосодержащих сверхпроводников:

— Основные классы железосодержащих сверхпроводников и их особенности. Кристаллические структуры. Структурный и магнитный переход. Магнитная структура $FeAs$ -блоков. Монослой селенида железа.

— Зонная структура и поверхность Ферми железосодержащих сверхпроводников в магнитной и немагнитной фазе.

— Основные характеристические параметры железосодержащих сверхпроводников: сверхпроводящие щели, критические температуры, критические токи и магнитные поля, характеристические отношения БКШ. Влияние допирования на критическую температуру.

Изотопический эффект. Фазовая диаграмма железосодержащих сверхпроводников: температуры фазовых переходов в зависимости от степени допирования.

— Основные механизмы сверхпроводимости, предложенные для железосодержащих сверхпроводниковых материалов. s^{++} - и $s^{\pm}$ -модели и структура сверхпроводящего параметра порядка. Нестинг и магнитный резонанс, спиновый экситон. Влияние примесей на критическую температуру в s^{++} - и $s^{\pm}$ -моделях.

11 Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
Оценка Результат	незачёт	зачёт	зачёт	зачёт
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ
<p>Знать: В результате изучения дисциплины должно сформироваться представление об особенностях структурных, электронных и сверхпроводящих свойств известных классических и современных сверхпроводников (СП). Слушатель должен получить представление об особенностях структуры параметра порядка известных СП. Знать основные закономерности, лежащие в основе явления сверхпроводимости и приводящие к повышению критической температуры, а также характеристического отношения БКШ. Формулы для критической температуры и сверхпроводящей щели в теории БКШ для случая слабой и сильной связи. Знать температурные зависимости основных параметров сверхпроводящего состояния в рамках однозонной и двухзонной моделей. Понять критерии отнесения конкретного СП материала к определенному классу: классических, неклассических СП и высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). Знать границы применимости излагаемых в лекциях теоретических моделей: сильной и слабой связи в рамках теории БКШ, многозонной модели Москаленко-Сула, спин-флуктуационной модели спаривания Хаббарда и проблемы их экспериментального обоснования. Разбираться в</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>

<p>базовых экспериментальных методах исследования СП и ВТСП материалов.</p>	
<p>Уметь: применять теоретические знания на практике, в том числе для оценки основных параметров сверхпроводников (СП). Соотносить результаты экспериментальных исследований с существующими теоретическими представлениями. Делать оценки физических свойств СП и выводы о характере сверхпроводимости в конкретном СП материале (уметь классифицировать СП). Использовать фазовые диаграммы современных неклассических сверхпроводников для предсказания путей оптимизации СП свойств или синтеза СП материалов с заданными свойствами.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>
<p>Владеть: общим понятийным аппаратом физики СП. Принципами построения температурных зависимостей сверхпроводящих щелей в зависимости от величин констант связи и соотношения нормальных плотностей состояний на уровне Ферми в рамках двухзонной модели Москаленко и Сула. Владеть кругозором для ориентации в многообразии СП и умением самостоятельно выбрать верное направление для исследований или синтеза современных СП материалов.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>