

03.04.01 Прикладные математика и физика

Очная форма обучения, 2017 года набора

Аннотации рабочих программ дисциплин

Взаимодействующие электроны в металлах

Цель дисциплины:

Предлагаемый курс лекций ориентирован на студентов-экспериментаторов и является введением в физику взаимодействующих ферми-частиц. Изложение ограничено сравнительно простой техникой и требует только знания квантовой механики на уровне вторичного квантования. Тем не менее, объем курса достаточен для качественного понимания ряда актуальных проблем современной физики твердого тела.

Задачи дисциплины:

Задача курса - познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- что такое одночастичная функция Грина;
- что такое двухчастичная функция Грина;
- что такое температурные функции Грина;
- обоснование ферми-жидкостных представлений;
- теорию жидкости Томонага-Латтинжера;
- гипотезу о композитных фермионах, основные понятия по теме дисциплины.

Уметь:

- записать гамильтониан и графическое представление взаимодействия;
- произвести диаграммное разложение функции Грина;
- произвести качественный вывод плазменных колебаний;

- качественно рассчитать диэлектрическую проницаемость;
- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования;
- решать задачи по теме дисциплины.

Владеть:

- методом канонических преобразований;
- методом самосогласованной теории возмущений;
- методом графического представления взаимодействия;
- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Одночастичная функция Грина.
- Уравнение Дайсона.
- Квазичастицы в приближении хаотических фаз.
- Обоснование ферми-жидкостных представлений.
- Энергия основного состояния в приближении хаотических фаз.
- Вакуумная амплитуда и энергия основного состояния. Энергия основного состояния
- Двухчастичная функция Грина. Определение двухчастичной функции Грина.
- Плазмоны. Вершинная функция и рассеяние квазичастиц. Экситоны.
- Температурные функции Грина. Постановка задачи. Термодинамическая (мацубаровская) функция Грина.
- Термодинамическая функция Грина свободной частицы.
- Жидкость Томонага-Латтинжера. Проблемы с ферми-жидкостным описанием в одномерном случае.
- Модель Томонага. Модель Латтинжера. Хиральная Латтинжеровская жидкость.

Основная литература:

1. Р.Маттук «Феймановские диаграммы в проблеме многих тел»
- 2.

История, философия и методология естествознания

Цель дисциплины:

приобщить студентов к историческому опыту мировой философской мысли, дать ясное

представление об основных этапах, направлениях и проблемах истории и философии науки, способствовать формированию навыков работы с предельными вопросами, связанными с границами и основаниями различных наук и научной рациональности, овладению принципами рационального философского подхода к процессам и тенденциям развития современной науки.

Задачи дисциплины:

- систематизированное изучение философских и методологических проблем естествознания с учетом историко-философского контекста и современного состояния науки;
- приобретение студентами теоретических представлений о многообразии форм человеческого опыта и знания, природе мышления, соотношении истины и заблуждения;
- понимание роль науки в развитии цивилизации, соотношение науки и техники и связанные с ними современные социальные и этические проблемы, умение различать исторические типы научной рациональности, знать структуру, формы и методы научного познания в их историческом генезисе, современные философские модели научного знания;
- знакомство с основными научными школами, направлениями, концепциями, с ролью новейших информационных технологий в мире современной культуры и в области гуманитарных и естественных наук;
- понимание смысла соотношения биологического и социального в человеке, отношения человека к природе, дискуссий о характере изменений, происходящих с человеком и человечеством на рубеже третьего тысячелетия;
- знание и понимание диалектики формирования личности, ее свободы и ответственности, своеобразие интеллектуального, нравственного и эстетического опыта разных исторических эпох.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- структуру естественных и социо-гуманитарных наук, специфику их методологического аппарата;
- соотношение принципов и гипотез в построении научных систем и теорий;
- основы современной научной картины мира, базовые принципы научного познания и ключевые направления междисциплинарных исследований;

- концепции развития науки и разные подходы к проблеме когнитивного статуса научного знания;
- проблему материи и движения;
- понятия энергии и энтропии;
- проблемы пространства–времени;
- современные проблемы физики, химии, математики, биологии, экологии;
- великие научные открытия XX и XXI веков;
- ключевые события истории развития науки с древнейших времён до наших дней;
- взаимосвязь мировоззрения и науки;
- проблему формирования мировоззрения;
- систему интердисциплинарных отношений в науке, проблему редукционизма в науке;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях к естественным наукам;
- о Вселенной в целом как физическом объекте и ее эволюции;
- о соотношении порядка и беспорядка в природе, о проблемах нелинейных процессов и самоорганизующихся систем;
- динамические и статистические закономерности в природе;
- о роли вероятностных описаний в научной картине мира;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания для создания технических устройств;
- особенности биологической формы организации материи, принципы воспроизводства и развития живых систем;
- о биосфере и направлении ее эволюции.

Уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, гипотезы, доказательства, законы;
- применять методологию естествознания при организации конкретных исследований;
- дать панораму наиболее универсальных методов и законов современного естествознания.

Владеть:

- научной методологией как исходным принципом познания объективного мира;
- принципами выбора адекватной методологии исследования конкретных научных проблем;
- системным анализом;

- знанием научной картины мира;
- понятным и методологическим аппаратом междисциплинарных подходов в науке.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Возникновение и развитие науки на Западе и на Востоке
- Методология научного и философского познания
- Современная философия о проблемах естественнонаучного знания
- Современная философия о проблемах естественнонаучного знания
- Современная философия о проблемах социального и гуманитарного знания
- Наука, религия, философия
- Проблема кризиса культуры в научном и философском дискурсе
- Наука и философия о природе сознания

Основная литература:

1. Западная философия от истоков до наших дней [Текст] : [в 4 т.] Т. 3. От Возрождения до Канта / С. А. Мальцева, Д. Антисери, Дж. Реале .— СПб. : Пневма, 2004, 2010 .— 880 с.
2. Западная философия от истоков до наших дней [Текст] : [в 4 т.] / Д. Антисери, Дж. Реале ; пер. с итал. под ред. С. А. Мальцевой .— СПб. : Пневма, 2003. — Т. 1-2: Античность и Средневековье. - 2003. - 688 с.
3. Западная философия от истоков до наших дней [Текст] : [в 4 т.] Т. 4 / Д. Антисери, Дж. Реале; пер. с итал. под ред. С. А. Мальцевой .— СПб. : Пневма, 2003, 2008 .— 880 с.
4. Западная философия от истоков до наших дней [Текст]: [в 4 т.] / Д. Антисери, Дж. Реале; пер. с итал. С. А. Мальцевой .— СПб. : Пневма, 2004 .— Т. 3: От Возрождения до Канта. - 2004. - 880 с.
5. Философия [Текст] : Хрестоматия / сост. П. С. Гуревич .— М. : Гардарики, 2002 .— 543 с.
6. Философия науки [Текст] : учебник для магистратуры / под ред. А. И. Липкина ; Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Юрайт, 2015 .— 512 с

Магнетизм

Цель дисциплины:

- изучение физики магнитоупорядоченных сред: ферро-, ферри - и антиферромагнетиков;

- изучение статистической физики магнетонного газа и его взаимодействие с внешними полями; формализма среднего поля и методов определения его точности;
- изучение задач, связанных с динамикой изолтрованных спинов; эффекта Ландау-Зенера и некоторых эффектов, важных для физики ядерного магнитного резонанса.

Задачи дисциплины:

- познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

Уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

Владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Гамильтониан магнетон-магнетонного взаимодействия в ферромагнетиках (трех- и четырехчастичное слагаемые). Разные области доминантности магнитодипольных и обменных нелинейностей. Кинетическое уравнение и оценка магнетонных времен релаксации. Магнетики в переменных внешних полях. Параметрическая неустойчивость.
- Магнетики с сильной одноосной анизотропией: классическая модель Изинга. Приближение среднего поля и последовательное вычисление поправок к нему для модели Изинга при конечной температуре в ферромагнитной фазе (подход Вакса-Ларкина). Статические корреляции в двумерном гайзенберговском ферромагнетике при низких температурах (двумерная сигма-модель). Стабилизация дальнего порядка магнитодипольным взаимодействием при низких температурах.
- Обменное взаимодействие. Спиновая природа спонтанной намагниченности (замораживание орбитального момента). Гамильтониан Гайзенберга. Магнитоупорядоченные диэлектрики: ферро-, антиферро- и ферримагнетики. Магнитодипольное взаимодействие в ферро- и ферримагнетиках. Размагничивающие

факторы. Кристаллографическая анизотропия. Доменная структура в ферромагнетиках. Структура и энергия доменных стенок.

- Ферромагнитный резонанс. Магноны в ферромагнетиках. Роль магнитодипольного взаимодействия в низкочастотной части спектра. Магноны в антиферромагнетиках. Оценка квантовых поправок к спонтанной намагниченности при низких температурах. Низкотемпературная термодинамика ферромагнетиков (газ невзаимодействующих магнонов). Расходимости магнонных чисел заполнения в двумерных магнетиках в отсутствие внешнего поля.

Основная литература:

1. Е.М.Лифшиц, Л.П.Питаевский, Статистическая физика. Часть 2. - М.: Физматлит, 2002.
2. А.Г.Гуревич, Г.А.Мелков, Магнитные колебания и волны, - М.: Наука, 1994.
3. А.З.Паташинский, В.Л.Покровский, Флуктуационная теория фазовых переходов, - М.: Наука, 1982.
4. Д. Маттис, Теория магнетизма, - М.: Мир. 1967.
5. В.С.Львов, Нелинейные спиновые волны, - М.: Наука, 1987.

Методы описания Ферми-жидкости

Цель дисциплины:

Предлагаемый курс лекций ориентирован на студентов-экспериментаторов и является введением в физику взаимодействующих ферми-частиц. Изложение ограничено сравнительно простой техникой и требует только знания квантовой механики на уровне вторичного квантования. Тем не менее, объем курса достаточен для качественного понимания ряда актуальных проблем современной физики твердого тела.

Задачи дисциплины:

Задача курса - познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теорию Ферми-жидкости Ландау;
- приближение Хартри-Фока;
- микроскопические теории линейного отклика;
- формализм Ландауэра;
- скейлинговую гипотезу.

Уметь:

- использовать аппарат вторичного квантования;
- записывать гамильтониан для взаимодействующей системы электронов в представлении вторичного квантования;
- использовать изученную технику для решения практических задач.

Владеть:

- методом описания систем из взаимодействующих ферми-частиц;
- методом решения кинетического уравнения для квазичастиц;
- формализмом Ландауэра;
- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Введение. Проблема кулоновского взаимодействия.
- Задача многих тел и теория ферми-жидкости Ландау.
- Кинетическое уравнение для квазичастиц. Плотность потока квазичастиц. Термодинамическая плотность состояний и скорость звука в системе взаимодействующих фермионов.
- Квантовая механика – используемый аппарат. Вторичное квантование в системе Ферми-частиц.
- Микроскопические теории – часть 1. Приближение Хартри-Фока.
- Методы описания систем из взаимодействующих ферми-частиц. Концепция пробной частицы.
- Вычисление динамического форм-фактора газа невзаимодействующих ферми-частиц в случае малых передач импульса.
- Заряженные ферми-жидкости. Статическое экранирование, приближение Томаса-Ферми. Динамическое экранирование и плазменные колебания.
- Микроскопические теории линейного отклика Диэлектрическая проницаемость в приближении Хартри-Фока.
- Диэлектрическая проницаемость в приближении хаотических фаз.
- Отклик ферми-систем на однородное электрическое поле. Гамильтониан взаимодействия.

- Формализм Ландауера. Соображения Таулесса и скейлинговая гипотеза.
- Практическое использование изученной техники. Диэлектрическая проницаемость двумерного электронного газа в приближении хаотических фаз.
- Рассеяние двумерных электронов на кулоновских центрах.

Основная литература:

1. Дж. Займан, Современная квантовая теория, - М.: Мир, 1971.
2. Д. Пайнс, Ф. Нозьер, Теория квантовых жидкостей, - М.: Мир, 1967.
3. С Датта, Электронный транспорт в мезоскопических системах, Cambridge University Press, 1995.

Последние достижения в физике твердого тела

Цель дисциплины:

Семинар организован для студентов 10-го семестра, которые уже практически закончили курс обучения на физтехе и работают в лабораториях над своими магистерскими работами. Цель – не дать им полностью погрузиться в их узкую проблему, заставить их почувствовать связь их узкой области с окружающим морем проблем, показать многообразие экспериментальных приемов, подходов и способов рассуждений на примерах работ либо вообще существующих еще только в электронном виде, либо опубликованных совсем недавно. Для докладчика это бесценный опыт: подняв предшествующую литературу, досконально разобраться в чужой статье и изложить ее связно и понятно.

Семинар работает следующим образом. Руководитель семинара подбирает работы для обсуждения, заранее раздает их участникам (обычно – по одной на каждого) и составляет график обсуждений. За несколько дней до семинара он проверяет ход подготовки очередного докладчика, на самом семинаре обычно делает небольшое вступление. Оптимально, когда участники семинара при обсуждении втягиваются в общую дискуссию. Обсуждение каждой статьи предположительно будет занимать два занятия.

Задачи дисциплины:

Задача курса - познакомить студентов с основными направлениями и идеями в области

современной физики твердого тела, с постановкой задач и подходами к их решениям.

Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области, научатся готовить презентации и делать научные доклады.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- новые активно исследуемые объекты физики твердого тела, такие, как графен, топологический изолятор;
- 2D-электронный газ в режиме квантового эффекта Холла;
- сверхпроводники с нетипичной симметрией параметра порядка.

Уметь:

- читать и понимать научную литературу в области данной дисциплины;
- составить доклад и сделать презентацию по прочитанной научной статье.

Владеть:

- современными методами исследований в физике твердого тела, такими, как сканирующая туннельная и atomic-force микроскопия, ARPES;
- теоретическими моделями, описывающими переходы металл-диэлектрик и сверхпроводник-диэлектрик;
- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Новые аллотропные формы графита под давлением.
- Туннельная сканирующая микроскопия наночастицы Ru.
- Возвратные состояния целочисленного квантового эффекта Холла.
- Визуализация электронных состояний в образцах $Ga_{1-x}Mn_xAs$.
- Свойства поверхностных состояний Bi_2Se_3 .
- Обзор разнообразных экспериментов на Sr_2RuO_4 .
- Уникальная одномерная структура металл–полупроводник–металл, состоящая полностью из одного только графена.

Основная литература:

1. Yu Lin, Li Zhang, et al., Amorphous Diamond: A High-Pressure Superhard Carbon Allotrope, PRL 107, 175504 (2011)
2. Y. Bekenstein, K. Vinokurov, et al., Periodic negative differential conductance in a single metallic nanocage, cond.-mat. 1209.2241, Phys. Rev. B. 86, 085431, 2012
3. N. Deng, J.D. Watson, et al., Contrasting Energy Scales of the Reentrant Integer Quantum Hall States, cond.-mat. 1209.2395
4. A. Richardella, A. Yazdani, et al., Visualizing Critical Correlations Near the Metal-Insulator Transition in $\text{Ga}_{1-x}\text{Mn}_x\text{As}$. SCIENCE 327, 665 (2010)
5. D. Kim, S. Cho, et al., Surface conduction of topological Dirac electrons in bulk insulating Bi_2Se_3 , NATURE PHYSICS, 8, 459 (2012).
6. C. Kallin, Chiral P-Wave Order in Sr_2RuO_4 , arXiv: 1210.2992
7. J. Hicks, A. Tejada, et al., A wide band gap metal-semiconductor-metal nanostructure made entirely from graphene, arXiv: 1210.3532.

Современные аспекты высокотемпературной сверхпроводимости

Цель дисциплины:

Данный курс лекций позволит студентам получить представление о сравнительно новой и активно развивающейся области физики твердого тела – высокотемпературной сверхпроводимости. Курс лекций, построенный на базе публикаций последних лет, включает обзор ряда современных теоретических моделей и изложение основных характеристик высокотемпературных сверхпроводников: их кристаллической структуры, фазовых диаграмм, транспортных и магнитных свойств.

Задачи дисциплины:

- познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- историю открытия высокотемпературной сверхпроводимости;
- основные системы с высокими T_c ;
- кристаллическую структуру ВТСП, фазовые диаграммы;
- основные методы исследования резистивных свойств сильно анизотропных слоистых систем;
- различия между когерентным и некогерентным транспортом;
- факторы, влияющие на T_c ;
- экспериментальные данные по сосуществованию сверхпроводимости и магнетизма;
- современные теоретические модели ВТСП.

Уметь:

- ориентироваться в большом объеме литературы по ВТСП;
- оценивать величину T_c на основании теории БКШ;
- анализировать основные характеристики сверхпроводника в рамках анизотропной модели Гинзбурга – Ландау;
- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования;
- решать задачи по теме дисциплины.

Владеть:

- экспериментальными методами исследования анизотропии слоистых кристаллов;
- современными моделями, описывающими поперечный транспорт в слоистых кристаллах;
- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Введение. История открытия; основные представители ВТСП и их характеристики.
- Структуры сильно анизотропных слоистых сверхпроводников.
- Аномалии свойств ВТСП в нормальном состоянии. Когерентный и некогерентный поперечный транспорт.
- Термодинамические свойства ВТСП. ВТСП в магнитном поле: $H-T$ фазовая диаграмма.
- Анизотропная модель Гинзбурга – Ландау; Магнитные свойства.
- Фазовые диаграммы ВТСП. Варьирование концентрации носителей в ВТСП.
- Типичные фазовые диаграммы для купратов, органических сверхпроводников и пниктидов железа.
- Псевдощелевые особенности; Реконструкция ферми-поверхности, ее связь со сверхпроводящими свойствами.

- Магнетизм и сверхпроводимость.
- Факторы, влияющие на T_c .
- Типы сверхпроводящего спаривания.
- Прямое наблюдение анизотропии параметра порядка
- Обзор современных теорий
- Практическое применение ВТСП-материалов.

Основная литература:

1. «Проблема высокотемпературной сверхпроводимости» Под ред. В.Л.Гинзбурга и Д.А.Киржница, «Наука», - М.: 1977.
2. Н.М.Плакида, «Высокотемпературные сверхпроводники», «Международная программа образования», - М.: 1996.

Современные проблемы естествознания и устойчивого развития.

Теоретическая физика

Цель дисциплины:

дать студентам, поступившим в магистратуру и не имеющим необходимой подготовки по курсам базовой и вариативной части Б.З кода УЦ ООП блока «Теоретическая физика» знания, необходимые для описания различных физических явлений методами теоретической физики, методы построения соответствующих математических моделей, показать соответствие системы постулатов, положенных в основу теории классической теории поля, квантовой механики и статистической физики, существующим экспериментальным данным, что позволяет считать теорию достоверной в области её применимости. Дать навыки, позволяющие понять как адекватность теоретической модели соответствующему физическому явлению, так и её пределы применимости.

Задачи дисциплины:

- изучение математического аппарата специальной теории относительности, релятивистской механики и классической микроскопической электродинамики;
- изучение методов решения задач релятивистской кинематики и динамики и классической микроскопической электродинамики;

- изучение методов описания систем заряженных частиц и создаваемых ими электромагнитных полей, в том числе систем взаимодействующих с внешним электромагнитным полем;
- овладение студентами методами релятивистской механики и классической микроскопической электродинамики для описания свойств различных конкретных физических систем.
- изучение математического аппарата нерелятивистской квантовой механики;
- изучение методов решения задач нерелятивистской квантовой механики;
- изучение методов решения задач, описывающих микроскопические (квантовые) системы;
- овладение студентами методами нерелятивистской квантовой механики одночастичных систем.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- постулаты и принципы специальной теории относительности, релятивистской механики и классической микроскопической электродинамики, методы описания релятивистских частиц и систем заряженных частиц, а также электромагнитного поля, создаваемого заряженными частицами и взаимодействующего с ними;
- основные уравнения и свойства электромагнитного поля;
- основные методы математического аппарата специальной теории относительности, релятивистской механики и классической электродинамики: трехмерную тензорную алгебру, векторный анализ и аппарат четырехмерных векторов и тензоров;
- основные методы решения задач релятивистской кинематики и динамики и классической микроскопической электродинамики, включая движение заряженных частиц в электромагнитном поле и создание поля системами заряженных частиц;
- методы и способы описания излучения электромагнитных волн системами заряженных частиц;
- методы описания рассеяния электромагнитных волн заряженными частицами.
- постулаты и принципы квантовой механики, методы описания квантовых систем, связь состояний и операторов с наблюдаемыми и измеряемыми величинами;
- основные свойства точно решаемых моделей квантовых систем;
- основные приближенные методы решения задач квантовой механики: квазиклассическое приближение; стационарную и нестационарную теорию возмущений.

Уметь:

- пользоваться аппаратом трехмерного векторного анализа;
- пользоваться аппаратом трехмерной тензорной алгебры;
- пользоваться аппаратом четырехмерных векторов и тензоров;
- решать кинематические задачи с участием релятивистских частиц;
- решать задачи о движении релятивистских заряженных частиц в заданном внешнем электромагнитном поле различной конфигурации;
- применять метод мультипольных моментов для решения задач электростатики и магнитостатики;
- решать задачи про излучение электромагнитных волн системами нерелятивистски движущихся заряженных частиц, используя мультипольные моменты;
- решать задачи про излучение электромагнитных волн релятивистски движущимися заряженными частицами.
- определять энергетические спектры и волновые функции в одномерных случаях;
- определять средние значения (физические величины) квантовых систем, если известны их волновые функции;
- определять состояния и классифицировать энергетические спектры частицы в симметричных потенциалах, в частности, обладающих аксиальной и центральной симметрией;
- решать простые модельные задачи и применять квазиклассическое приближение для оценки уровней энергии и вероятностей проникновения в одномерных потенциалах;
- применять стационарную теорию возмущений для нахождения поправок к уровням энергии и волновым функциям;
- применять нестационарную теорию возмущений для нахождения вероятностей переходов между состояниями;

Владеть:

- основными методами математического аппарата специальной теории относительности, релятивистской механики и классической микроскопической электродинамики;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных как со свойствами систем заряженных частиц, взаимодействующих с электромагнитным полем, так и со свойствами самого электромагнитного поля, создаваемого заряженными частицами
- основными методами решения задач о нахождении состояний и энергетических спектров различных квантовых систем;

- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Принцип относительности и преобразования Лоренца. Четырехмерное псевдоевклидово пространство Минковского и математический аппарат теории относительности
- Движение свободной релятивистской частицы и релятивистская кинематика
- Классическая система зарядов в электромагнитном поле
- Уравнения Максвелла как обобщение опытных фактов
- Энергия системы зарядов в электромагнитном поле.
- Свободное электромагнитное поле. Излучение
- Математический аппарат квантовой механики, теория представлений
- Уравнение Шредингера и его свойства. Временная эволюция физической системы. Симметрии в квантовой механике и законы сохранения
- Момент импульса
- Задача двух тел. Движение в поле центрально-симметричного потенциала
- Квазиклассическое приближение
- Стационарная теория возмущений. Метод функции Грина. Теория рассеяния. Борновское приближение.
- Нестационарная теория возмущений. Представление взаимодействия

Основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. 2. Теория поля.— М.: Наука, 1988.
2. Белоусов Ю.М. Методы теоретической физики. Часть 1. – М.: МФТИ, 2010.
3. Белоусов Ю.М. Курс квантовой механики. Нерелятивистская теория. – М.: МФТИ, 2006.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. – М.: Наука, 2002.
5. Белоусов Ю.М., Бурмистров С.Н., Тернов А.И. Задачи по теоретической физике. – Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2012.
6. Галицкий В.М., Карнаков Б.М., Коган В.И. Задачи по квантовой механике. – М.: Наука, 1981.

Спектроскопия полупроводников и диэлектриков

Цель дисциплины:

– познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач

и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

Задачи дисциплины:

- дать студентам необходимые знания в области спектроскопии полупроводников и диэлектриков, познакомить со всем многообразием экспериментальных эффектов, показать, как эти экспериментальные результаты объясняются в рамках современных теоретических моделей. Помимо традиционных разделов, описывающих оптические явления в объемных образцах, в курсе большое внимание уделено самым современным направлениям, таким, как спектроскопия низкоразмерных систем в условиях квантового эффекта Холла, Бозе-конденсация экситонов и др

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- основные понятия по теме дисциплины;
- квантовую теорию межзонных переходов;
- физику непрямых электрон-фононных оптических переходов;
- оптические свойства металлов по Друде-Лоренцу;
- приближение сильной связи и экситоны Френкеля;
- экситоны Ванье-Мотта;
- влияние внешних статических полей на экситонные спектры;
- эффекты коллективного взаимодействия в системе экситонов и неравновесных носителей большой плотности;
- примесные состояния в диэлектриках и полупроводниках;
- эффекты оптической ориентации спинов носителей и экситонов в полупроводниках;
- спин-решёточная и спин-спиновая релаксация.

Уметь:

- использовать адиабатическое приближение;
- анализировать оптические спектры поглощения и люминесценции;
- учитывать взаимодействие электронов с деформационными и поляризационными колебаниями кристаллической решетки;

- учитывать эффекты запаздывания и пространственной дисперсии в области экситонных резонансов;
- учитывать экранирование в случаях невырожденного и вырожденного электронного (дырочного) газа;
- решать задачи по теме дисциплины.

Владеть:

- теоретическими основами оптических методов исследований кристаллов;
- симметричными методами анализов спектров анизотропных сред;
- приближением эффективной массы для вычисления спектров водородоподобных примесей и экситонов;
- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Электроны в идеальном кристалле и представления о энергетических зонах.
- Структура энергетических зон для конкретных полупроводников: германий, кремний, арсенид галлия. Междузонные оптические переходы и оптические свойства.
- Аналитическое поведение оптических констант в критических точках энергетического спектра. Непрямые электрон-фононные оптические переходы.
- Многофотонные оптические переходы и структура оптических констант.
- Магнитооптические свойства кристаллов. Плазменные колебания и структура плазменного края. Оптические свойства нормального металла и сверхпроводника.
- Экситоны в кристаллах. Приближение сильной связи и экситоны Френкеля. Водородоподобная модель экситона. Экситоны в сильно анизотропных кристаллических средах.
- Экситон-фононное взаимодействие с деформационными и поляризационными фононами и непрямые экситон-фононные переходы. Поляризационное и диэлектрическое экранирование электрон-дырочного взаимодействия в экситоне.
- Влияние внешних статических полей на экситонные спектры: экситоны в электрическом поле, в магнитном поле, в условиях одноосных направленных деформаций.
- Эффекты коллективного взаимодействия в системе экситонов и неравновесных носителей большой плотности. Экситонные молекулы и трионы Бозе-эйнштейновская конденсация экситонов.
- Конденсация экситонов в капли электрон-дырочной жидкости (ЭДЖ). Переход Мотта в системе экситонов большой плотности. Экситонно-примесные комплексы.
- Многоэкситонные примесные комплексы, оболочечная модель таких комплексов. Оптическая ориентация спинов носителей и экситонов в полупроводниках. Оптическое детектирование спин-ориентированных носителей и экситонов.
- Оптическое выстраивание дипольных моментов экситонов. Экситоны в магнито-смешанных полупроводниках.

- Двумерные полупроводниковые системы. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник, гетероструктуры: квантовые ямы, сверхрешетки, квантовые нити и точки.
- Плотность состояний в поперечном магнитном поле и влияние флуктуаций случайного потенциала на форму одночастичного спектра. Несжимаемая квантовая ферми-жидкость и дробные заряды квазичастичных возбуждений. Конденсация экситонов в диэлектрическую жидкость.
- Вигнеровский кристалл. Магнитооптика сильно скоррелированных двумерных электронов. Конденсация экситонов в диэлектрическую жидкость в связанных квазидвумерных квантовых системах — двойных квантовых ямах и сверхрешетках.

Основная литература:

1. В. Л. Бонч-Бруевич и С.Г. Калашников, Физика полупроводников, - М.: Наука, 1977.
2. Ф. Бассани и П. Парравичини, Электронные состояния и оптические переходы в твердых телах, - М.: Наука, 1982.

Студенческий семинар "Оптическая спектроскопия"

Цель дисциплины:

- обучение студентов 5-го курса самостоятельно работать с научной литературой, расширение их научного кругозора, знакомство с самыми современными методиками и с наиболее интересными и значимыми результатами научных исследований, полученными в последние годы. Семинар организован в виде докладов, которые студенты делают по материалам оригинальных публикаций по соответствующим разделам курса.

Задачи дисциплины:

- познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям, а также научить их готовить презентации к докладам и уметь грамотно изложить материал той или иной научной работы. Предполагается, что поработав на этом семинаре, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- основные достижения последних лет в области спектроскопии кристаллов и низкоразмерных систем;
- особенности использования спектральной аппаратуры и ее основные характеристики;
- основные понятия по теме дисциплины, методики получения и применения спектральных методов в современной физике твердого тела.

Уметь:

на основе полученных знаний

- разобраться в материалах современных публикаций в научных журналах в рамках данной тематики;
- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

Владеть:

- современными методиками спектральных исследований;
- математическим и понятийным аппаратом;
- методами обработки экспериментальных данных.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Основная задача экспериментальной спектроскопии.
- Взаимодействие света с веществом. Уравнения Максвелла в среде.
- Поляризация электромагнитного излучения.
- Основные принципы, необходимые элементы измерительных систем
- Общие характеристики спектральных приборов
- Спектральные приборы с дифракционными решетками.
- Интерференционные спектральные приборы-интерферометр Фабри –Перо.
- Приемники оптического излучения
- Источники оптического излучения.
- Время-разрешенные измерения. Виды измерений.
- Рассеяние света в твердых телах.
- Модуляционные спектральные приборы. Устройство и основные характеристики Фурье-спектрометров

Основная литература:

1. В.В. Лебедева Экспериментальная оптика. 2005
2. В.И.Малышев Введение в экспериментальную спектроскопию. 1979.

3. А.Н.Зайдель, Г.В.Островская, Ю.И.Островский Техника и практика спектроскопии 1976.

4. С.М. Стариковская. Физические методы исследования. Семинарские занятия. 1.5. Источники и приемники излучения. – М.: МФТИ, 2007.

Студенческий семинар "Физика низких температур

Цель дисциплины:

- обучение студентов 5-го курса самостоятельно работать с научной литературой, расширение их научного кругозора, знакомство с самыми современными методиками и с наиболее интересными и значимыми результатами научных исследований, полученными в последние годы. Семинар организован в виде докладов, которые студенты делают по материалам оригинальных публикаций по соответствующим разделам курса.

Задачи дисциплины:

- познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям, а также научить их готовить презентации к докладам и уметь грамотно изложить материал той или иной научной работы. Предполагается, что поработав на этом семинаре, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные достижения последних лет в области физики низких температур;
- основные понятия по теме дисциплины, методики получения и применения низких температур в современной физике твердого тела.

Уметь:

на основе полученных знаний

- разобраться в материалах современных публикаций в научных журналах в рамках данной тематики;
- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

Владеть:

- современными методиками получения и применения низких температур;
- математическим аппаратом исследований, составляющими содержание дисциплины;
- методами исследований, составляющими содержание дисциплины

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Криогеника. Введение, история и основные этапы развития.
- Термодинамические основы процесса охлаждения.
- Криогенные жидкости. Фазовые диаграммы. Основные термодинамические характеристики.
- Основные принципы конструирования криогенных систем.
- Фазовая диаграмма смесей He3-He4. Принцип работы рефрижератора растворения.
- Рефрижераторы адиабатического размагничивания парамагнитной соли и ядерного размагничивания.
- Роль спиновой подсистемы в энтропии He3 при сверхнизких температурах. Фазовая диаграмма He3 в миллиградусной области.
- Сверхтекучесть He3. История открытия, основные экспериментальные результаты и их интерпретация.
- Лазерное охлаждение атомов. Наиболее яркие экспериментальные результаты.
- Термометрия в миллиградусной области.
- Оборудование для криогеники. Вакуумная техника, техника сильных магнитных полей.

Основная литература:

1. Enns Christian, and Hunklinger Seigfeld. "Low Temperature Physics". – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.
2. White G.K. and Meewson P.J. Experimental Techniques in Low-Temperature Physics – Oxford University Press, 2002.
3. «Методы получения и измерения низких температур». Справочник под ред. Б.И.Веркина. Киев, Наукова думка, 1977.
4. Г. Вентура, Л. Ризегари, «Искусство криогеники», Пер. с англ. – Интеллект, Долгопрудный, 2011.
5. О.В.Лоунасмаа, «Принципы и методы получения температур ниже 1К», Пер. с англ. - М., Мир, 1977.
6. Г.К.Уайт, «Экспериментальная техника в физике низких температур», Пер. с англ. – М.:

Физ-мат. Лит., 1961.

7. А.Н.Сахаров, «Взрывомагнитные генераторы», ЖЭТФ, 1962.

8. М.Уилсон, «Сверхпроводящие магниты», Пер. с англ. - М., Мир, 1985.