

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по научной деятельности КФУ
проф. Д.К. Нургалиев

" 29 " *сентября* 2015 г.



Программа дисциплины
Теоретическая физика Б1.В.ОД.7

Направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Профиль подготовки: 01.04.02 – Теоретическая физика

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

1. КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ

В ходе освоения дисциплины "Теоретическая физика" изучаются физические основы, методы, законы и модели теоретической физики; приобретаются дополнительные навыки использования знаний различных разделов теоретической физики в профессиональной деятельности и, таким образом, проводится подготовка к сдаче кандидатского экзамена по специальности 01.04.02 – теоретическая физика. По курсу предусмотрено 36 часов лекций и 72 часа самостоятельной работы. Освоение дисциплины будет способствовать успешной профессиональной деятельности.

Теоретическая физика – область физики, занимающаяся математической формулировкой закономерностей физических явлений, наблюдаемых экспериментально. Теоретическая физика является единой наукой, внутренние связи в которой устанавливаются путем аналитических вычислений или численных расчетов и сравнением с экспериментальными данными. Ее фактическое содержание связано со всем историческим развитием физики. Целью исследований в области теоретической физики является наиболее полное описание фундаментальных физических законов.

Курс базируется на вузовской подготовке аспирантов, дополняет ее и содержит сведения из следующих разделов теоретической физики: теория конденсированного состояния классических и квантовых, макроскопических и микроскопических систем; статистическая физика и кинетическая теория равновесных и неравновесных систем; нелинейная динамика сильно неравновесных систем, теории хаоса и турбулентности; общая теория относительности и релятивистская астрофизика; физические свойства материи и пространства-времени во Вселенной; классическая и квантовая теории поля; общие вопросы квантовой механики: основы, теория измерений, общая теория рассеяния; квантовая теория физических явлений в ядрах, атомах и молекулах; основы квантовых вычислений.

Целями освоения дисциплины "Теоретическая физика" являются

- изучение физических основ, методов, законов и моделей теоретической физики;
- приобретение навыков использования знаний различных разделов теоретической физики в профессиональной деятельности.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Данная учебная дисциплина включена в раздел «Б1.В.ОД Обязательные дисциплины» основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре. Осваивается на 3 году обучения, 5 семестр.

Изучение данной дисциплины базируется на вузовской подготовке аспирантов. Освоение дисциплины необходимо для успешной сдачи кандидатского экзамена по специальности 01.04.02 – теоретическая физика, что будет способствовать успешной профессиональной деятельности.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) в соответствии с ФГОС ВО программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

Обучающийся, завершивший изучение дисциплины, должен знать:

- теоретические основы, основные понятия, законы и модели механики, теории поля, электродинамики, механики сплошных сред и физической кинетики, квантовой механики, статистической физики, теории конденсированного состояния; иметь представление о современном состоянии этих разделов теоретической физики.

уметь:

- понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию;

- формулировать и доказывать основные результаты теоретической физики;
 - использовать знания в области теоретической физики для постановки и решения научно-исследовательских задач.

владеть:

- навыками решения задач теоретической физики.

демонстрировать способность и готовность:

- использовать знания в области теоретической физики в научно-исследовательской и преподавательской деятельности.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
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
УК-3	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач
УК-5	способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
ПК-1	способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области теоретической физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта
ПК-2	способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научных исследованиях в области теоретической физики
ПК-3	способность планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы 108 часов.

Итоговая форма контроля - экзамен.

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины (в часах) по видам нагрузки обучающегося и по разделам дисциплины

№	Раздел дисциплины	Семестр	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1.	Тема 1. Механика	5	4	0	0	5
2.	Тема 2. Теория поля	5	4	0	0	5
3.	Тема 3. Электродинамика	5	4	0	0	5

№	Раздел дисциплины	Семестр	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
4.	Тема 4. Механика сплошных сред и физическая кинетика	5	4	0	0	5
5.	Тема 5. Квантовая механика	5	8	0	0	5
6.	Тема 6. Статистическая физика	5	4	0	0	5
7.	Тема 7. Теория конденсированного состояния	5	8	0	0	6
	Подготовка к кандидатскому экзамену					36
8.	Итого		36	0	0	72

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Обобщенные координаты, принцип наименьшего действия, функция Лагранжа. Связи. Уравнения движения. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса. Задача Кеплера. Задача двух тел и рассеяние частиц. Малые колебания. Колебания систем со многими степенями свободы, нормальные координаты. Канонические уравнения, уравнения Гамильтона, скобки и теорема Пуассона, действие как функция координат. Принцип относительности. Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Четырехмерная скорость.

Тема 2.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Движение частицы в гравитационном поле. Метрика. Ковариантное дифференцирование. Символы Кристоффеля. Действие для частицы в гравитационном поле. Уравнения гравитационного поля. Тензор кривизны. Действие для гравитационного поля. Тензор энергии-импульса. Уравнения Эйнштейна. Нерелятивистский предел уравнений Эйнштейна. Закон Ньютона. Центральное-симметричное гравитационное поле. Метрика Шварцшильда. Гравитационный коллапс. Наблюдаемые эффекты ОТО в ньютоновом и постньютоновом приближении (гравитационное красное смещение, отклонение луча света, задержка сигнала, прецессия гироскопа, прецессия орбит планет). Гравитационные линзы. Релятивистская космология. Открытая, закрытая и плоская модели. Закон Хаббла. Расширение Вселенной на радиационно-доминированной, пылевидной и вакуум-доминированной стадиях. Физические процессы в ранней Вселенной. Закалка нейтрино. Первичный нуклеосинтез. Рекомбинация, реликтовые фотоны.

Тема 3.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Поле зарядов и токов в вакууме: уравнения Максвелла; скалярный и векторный потенциалы. Калибровочная инвариантность; электрическое поле; стационарное магнитное поле. Запаздывающие потенциалы. Электростатика диэлектриков и проводников. Диэлектрическая проницаемость и проводимость. Термодинамика диэлектриков. Магнитные свойства. Магнитное поле постоянных токов. Диа-, пара-, ферро- и антиферромагнетики. Сверхпроводники. Магнитные свойства. Сверхпроводящий ток. Критическое поле. Уравнения электромагнитных волн. Уравнения поля в отсутствие

дисперсии. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Соотношения Крамерса—Кронига. Распространение электромагнитных волн. Отражение и преломление.

Тема 4.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Потенциальное обтекание тел: присоединенная масса, сила сопротивления, эффект Магнуса. Переход к турбулентности. Неустойчивости ламинарных течений. Теория Ландау—Хопфа. Типы аттракторов. Странный аттрактор. Переход к турбулентности путем удвоения периодов. Развитая турбулентность. Спектр турбулентности в вязком интервале. Колмогоровский спектр. Звуковые волны со слабой дисперсией. Уравнение КДВ. Солитоны и их взаимодействие. Одномерное движение сжимаемого газа. Характеристики. Инварианты Римана. Простая волна Римана. Образование ударных волн. Ударная адиабата. Слабые разрывы. Теория сильного взрыва. Ударные волны слабой интенсивности. Уравнение Бюргерса. Бесстолкновительные ударные волны. Ленгмюровские и ионно-звуковые волны. Пучковая неустойчивость: гидродинамическая и кинетическая стадии. Квазилинейная теория. Столкновения в плазме. Интеграл столкновений Ландау. Длина пробега частиц в плазме.

Тема 5.

лекционное занятие (8 часа(ов)):

Основные положения квантовой механики. Принцип неопределенности. Принцип суперпозиции. Операторы, собственные значения и собственные функции. Волновая функция, общий метод вычисления вероятностей результатов измерений. Дискретный и непрерывный спектры. Операторы координаты, импульса, момента импульса. Гамильтониан. Соотношения неопределенности. Матрица плотности. Уравнение Шредингера. Основные свойства уравнения Шредингера. Дифференцирование операторов по времени. Стационарные состояния. Гайзенберговское представление. Одномерное движение. свободная частица; кусочно-постоянный потенциал; туннельный эффект; гармонический осциллятор. Плотность потока. Квазиклассическая волновая функция. Момент количества движения. Собственные функции и собственные значения момента количества движения. Четность. Сложение моментов. Разложение Клебша—Гордана. Движение в центральном поле. Радиальное уравнение Шредингера. Атом водорода. Теория возмущений. Возмущения, не зависящие от времени (простые уровни, вырожденные уровни). Возмущения, зависящие от времени, переходы под влиянием периодических возмущений и постоянного возмущения. Переходы в непрерывном спектре. Периодические и внезапные изменения состояния систем. Уравнение Дирака. Решение уравнения Дирака для свободной частицы. Отрицательные энергии, позитрон. Спин электрона; оператор спина. Спин-орбитальное взаимодействие. Уравнение Паули, магнитный момент электрона.

Тема 6.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Основные принципы статистики. Функция распределения и матрица плотности. Статистическая независимость. Теорема Лиувилля. Роль энергии. Закон возрастания энтропии. Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса. Большое каноническое распределение Гиббса. Термодинамические величины. Температура. Работа и количество тепла. Термодинамические потенциалы. Системы с переменным числом частиц. Свободная энергия в распределении Гиббса. Вывод термодинамических соотношений. Термодинамика идеальных газов. Распределение Максвелла-Больцмана. Столкновение молекул. Неравновесный идеальный газ. Закон равнораспределения. Одноатомный идеальный газ. Учет тождественности частиц. Распределение Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Вырожденный идеальный ферми-газ. Термодинамические свойства идеального классического газа. Равновесие фаз. Формула

Клапейрона—Клаузиса. Критическая точка. Системы с различными частицами. Правило фаз. Флуктуации. Распределение Гиббса. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона. Временные флуктуации. Флуктуационно-диссипативная теорема. Условия равновесия и устойчивости. Фазовые переходы I рода. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау. Критические индексы. Масштабная инвариантность. Флуктуации в окрестности критической точки.

Тема 7.

лекционное занятие (8 часа(ов)):

Типы и симметрия твердых тел. Кристаллические структуры. Симметрия кристаллов. Свойства обратной решетки. Зона Бриллюэна. Теорема Блоха. Колебания решетки. Теория упругости. Звук в твердых телах. Акустические и оптические ветви. Модель Дебая. Удельная теплоемкость решетки. Квантование фононов. Ангармонизм и тепловое расширение. Фактор Дебая—Уоллера. Взаимодействие колебаний решетки с электромагнитной волной, эффект Мессбауэра. Зонная структура и типы связи. Квазичастицы. Статистика электронов и электронная теплоемкость. Поверхность Ферми. Кинетические явления: кинетическое уравнение; электропроводность и теплопроводность металлов. Магнетизм электронов: парамагнетизм Паули; диамагнетизм Ландау. Кинетические явления в магнитном поле. Диамагнитный и циклотронный резонанс. Открытые орбиты. Квантование орбит. Эффект де Газа–ван Альфена. Процессы распада и слияния фононов. Рассеяние фононов на примесях. Кинетическое уравнение для фононов в диэлектрике. Теплопроводность. Электрон-фононное взаимодействие и проблема полярона. Магнетизм. Обменное взаимодействие. Магнитные свойства изолированного атома. Правило Хунда. Гамильтониан Гейзенберга. Модель Хаббарда. Магнитные примеси в металле. Обменное взаимодействие через электроны проводимости (РККИ). Эффект Кондо.

5. Образовательные технологии

Курс лекций, организованных по стандартной технологии в интерактивной форме с живым диалогом между преподавателем и аспирантами. Используются следующие формы учебной работы: лекции, самостоятельная работа аспиранта, консультации. Использование мультимедийных средств и Интернета.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Тема 1.

примерные вопросы:

Симметрии. Теорема Нетер. Резонанс и параметрический резонанс. Колебания при наличии трения. Физические особенности нелинейных колебаний. Движение твердых тел. Угловая скорость, момент инерции и момент количества движения твердых тел. Эйлера углы и уравнение Эйлера. Канонические преобразования, фазовое пространство, теорема Лиувилля, уравнение Гамильтона—Якоби, разделение переменных. Релятивистская механика. Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс. Распад частиц. Упругие столкновения частиц.

Тема 2.

примерные вопросы:

Заряд в электромагнитном поле. Четырехмерный потенциал поля. Уравнения движения заряда в поле, калибровочная (градиентная) инвариантность. Тензор электромагнитного поля. Закон Кулона. Электростатическая энергия зарядов. Мультипольные моменты. Система зарядов во внешнем поле. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоские волны. Поляризационные характеристики излучения. Поле движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара—Вихерта. Излучение электромагнитных волн. Поле системы зарядов на далеких расстояниях.

Преобразование Лоренца для поля. Инварианты поля. Действие для электромагнитного поля. Уравнения электромагнитного поля. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности. Плотность и поток энергии. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Мультипольное излучение. Излучение быстро движущегося заряда. Рассеяние свободными зарядами.

Тема 3.

примерные вопросы:

Электромагнитные волны в анизотропных средах. Эффекты Керра и Фарадея. Пространственная дисперсия. Естественная оптическая активность. Нелинейная оптика. Нелинейная проницаемость. Самофокусировка. Генерация второй гармоники. Ионизационные потери быстрых частиц. Излучение Черенкова. Рассеяние электромагнитных волн в средах. Рэлеевское рассеяние.

Тема 4.

примерные вопросы:

Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Поток энергии. Поток импульса. Сохранение циркуляции скорости. Основы теории упругости; упругие волны. Вязкая жидкость: уравнения движения вязкой жидкости (Навье-Стокса). Диссипация энергии в несжимаемой жидкости. Звуковые волны. Геометрическая акустика. Гидродинамика сверхтекучей жидкости. Двухжидкостное описание. Кинетическая теория газов. Кинетическое уравнение Больцмана. H-теорема. Теплопроводность и вязкость газов. Симметрии кинетических коэффициентов. Диффузионное приближение. Уравнение Фоккера—Планка. Бесстолкновительная плазма. Уравнения Власова. Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной плазмы. Затухание Ландау.

Тема 5.

примерные вопросы:

Квазиклассическое приближение. Тождественность частиц. Симметрия при перестановке частиц. Вторичное квантование для бозонов и фермионов. Обменное взаимодействие. Атом. Состояние электронов атома. Уровни энергии. Самосогласованное поле. Атом гелия. Молекула водорода. Уравнение Томаса—Ферми. Тонкая структура атомных уровней. Эффект Штарка. Эффект Зеемана. Периодическая система Менделеева. Движение в магнитном поле. Уравнение Шредингера для движения в магнитном поле. Плотность потока в магнитном поле. Теория рассеяния.

Тема 6.

примерные вопросы:

Термодинамические неравенства. Принцип Ле-Шателье. Теорема Нернста. Свойства вещества при больших плотностях. Вырожденный бозе-газ. Конденсация Бозе—Эйнштейна. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка. Светимость абсолютно черного тела. Основы неравновесной термодинамики: законы сохранения, потоки и термодинамические силы; соотношения взаимности Онзагера; уравнения неравновесной термодинамики. Случайные стационарные марковские процессы; уравнения Смолуховского; уравнения Фоккера-Планка; броуновское движение. Линейная реакция системы на внешнее возмущение.

Тема 7.

примерные вопросы:

Сверхпроводимость. Куперовское спаривание. Теория Бардина—Купера—Шриффера (БКШ). Теория Лондонов. Нелокальная электродинамика сверхпроводника:

лондоновский и пиппардовский случай. Эффекты четности числа электронов в сверхпроводниках малых размеров. Теория сверхпроводимости Гинзбурга—Ландау. Ток, калибровочная инвариантность, квантование потока. Сверхпроводники первого и второго рода. Верхнее и нижнее критические поля. Вихревая решетка. Эффект Джозефсона. Эффект близости. Флуктуационные эффекты вблизи сверхпроводящего перехода. Туннельные эффекты в сверхпроводниках. Неидеальный бозе-газ. Симметрия волновой функции системы бозонов, бозе-конденсат. Слабонеидеальный бозе-газ. Модель Боголюбова. Спектр возбуждений. Сверхтекучесть. Основные принципы диаграммной техники. Уравнение Дайсона. Вершинная функция. Многочастичные функции Грина.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

7.1. Регламент дисциплины

Лекционный курс по "Теоретической физике" предназначен для подготовки к сдаче кандидатского экзамена по специальности 01.04.02 – теоретическая физика. По курсу предусмотрено 36 часов лекций и 72 часа самостоятельной работы. В ходе семестра проводятся устные и письменные опросы на лекциях, возможно выполнение домашних заданий, часть материала передается на самостоятельное изучение.

7.2. Оценочные средства текущего контроля

Примерные варианты письменных домашних заданий. Материал берется из источников, указанных в разделе 9.

- Интегрирование уравнений движения. Одномерное движение, движение в центральном поле.
- Распад частиц, упругие столкновения. Формула Резерфорда.
- Свободные и вынужденные одномерные колебания.
- Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. Теорема Лармора.
- Магнитная гидродинамика.
- Поле зарядов и токов в вакууме: уравнения Максвелла; скалярный и векторный потенциалы. Калибровочная инвариантность; электрическое поле; стационарное магнитное поле. Запаздывающие потенциалы.
- Теория рассеяния. Амплитуда и фаза рассеяния. Борновское приближение. Формула Резерфорда. Резонансное рассеяние. Столкновение тождественных частиц. Упругое рассеяние при наличии неупругих процессов. Матрица рассеяния. Формула Брейта—Вигнера.
- Слабые растворы. Смесь идеальных газов. Смесь изотопов. Химические реакции. Условие химического равновесия. Закон действующих масс. Теплота реакции. Ионизационное равновесие.
- Неидеальные газы, термодинамические свойства.
- Особенности электронных свойств систем пониженной размерности. Энергетические спектры и плотность квантовых состояний. Квантовый эффект Холла в двумерном электронном газе. Эффекты локализации электронов в одно- и двумерных системах, перколяционные явления.
- Динамика критических явлений. Уравнения ренормгруппы.
- Квантовая теория поля.

7.3. Примерные вопросы к экзамену

(полный список вопросов к кандидатскому экзамену по дисциплине приведен в Приложении 1, каждый аспирант также должен утвердить на Ученом совете Института Физики дополнительную программу со списком вопросов по теме своего диссертационного исследования (образец дополнительной программы в Приложении 2))

1. Обобщенные координаты, принцип наименьшего действия, функция Лагранжа.
2. Канонические уравнения, уравнения Гамильтона. Уравнение Гамильтона—Якоби, разделение переменных.
3. Задача Кеплера. Задача двух тел и рассеяние частиц.
4. Преобразование Лоренца. Четырехмерная скорость.
5. Движение твердых тел. Уравнения Эйлера.
6. Тензор электромагнитного поля. Действие для электромагнитного поля. Уравнения электромагнитного поля.
7. Поле движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы. Излучение электромагнитных волн.
8. Поле зарядов и токов в вакууме: уравнения Максвелла; скалярный и векторный потенциалы.
9. Диэлектрическая проницаемость и проводимость. Термодинамика диэлектриков.
10. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Соотношения Крамерса—Кронига. Распространение электромагнитных волн.
11. Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера.
12. Кинетическая теория газов. Кинетическое уравнение Больцмана. Теплопроводность и вязкость газов.
13. Вязкая жидкость: уравнения движения вязкой жидкости (Навье-Стокса).
14. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Движение в центральном поле.
15. Возмущения, зависящие от времени, переходы под влиянием периодических возмущений и постоянного возмущения. Переходы в непрерывном спектре.
16. Уравнение Дирака. Решение уравнения Дирака для свободной частицы.
17. Вторичное квантование для бозонов и фермионов.
18. Тонкая структура атомных уровней. Эффект Штарка. Эффект Зеемана.
19. Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса. Большое каноническое распределение Гиббса.
20. Термодинамика идеальных газов. Распределение Максвелла-Больцмана.
21. Флуктуации основных термодинамических величин. Флуктуационно-диссипативная теорема.
22. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка. Светимость абсолютно черного тела.
23. Теорема Блоха. Колебания решетки. Теория упругости. Звук в твердых телах. Акустические и оптические ветви. Модель Дебая. Удельная теплоемкость решетки.
24. Статистика электронов и электронная теплоемкость. Поверхность Ферми.
25. Кинетические явления: кинетическое уравнение; электропроводность и теплопроводность металлов.
26. Магнетизм электронов: парамагнетизм Паули; диамагнетизм Ландау.
27. Кинетические явления в магнитном поле. Эффект де Газа—ван Альфена.
28. Сверхпроводимость. Куперовское спаривание. Теория Бардина—Купера—Шриффера (БКШ).
29. Теория сверхпроводимости Гинзбурга—Ландау.
30. Основные принципы диаграммной техники. Уравнение Дайсона. Вершинная функция. Многочастичные функции Грина.

7.4. Таблица соответствия компетенций, критериев оценки их освоения и оценочных средств

Индекс компетенции	Расшифровка компетенции	Показатель формирования компетенции для	Оценочное средство
--------------------	-------------------------	-----------------------------------------	--------------------

		данной дисциплины	
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	Умение решать задачи теоретической физики и использовать навыки решений при решении новых задач.	Экзаменационные вопросы. Ответы на дополнительные вопросы членов комиссии.
УК-3	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	Умение четко сформулировать задачи, возникающие при решении поставленной проблемы.	Устный опрос на лекциях
УК-5	способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	Умение находить правильный и доступный инструментарий для решения задачи	Экзаменационные вопросы. Домашняя письменная работа.
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Умение решать задачи и проблемы в своей деятельности, находить полезную информацию (современные обзоры, работы по данной тематике, решения аналогичных задач в других областях и т.д.) в сети Интернет. Самостоятельная работа по подготовке к экзамену.	Ответы на вопросы членов экзаменационной комиссии по основной и дополнительной программам.
ПК-1	способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области теоретической физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и	Умение самостоятельно ставить конкретные задачи в своей области научных исследований	Ответы на вопросы, входящие в дополнительную программу кандидатского минимума по теоретической физике.

	зарубежного опыта		
ПК-2	способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научных исследованиях в области теоретической физики	Умение принимать участие в разработке новых подходов в научных исследованиях в своей области	Ответы на вопросы, входящие в дополнительную программу кандидатского минимума по теоретической физике.
ПК-3	способность планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции	Умение проводить анализ чужих результатов и работ в области теоретической физики. Обладать широким кругозором.	Подготовка к кандидатскому экзамену по теоретической физике. Беседа с комиссией.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Можно выделить несколько видов самостоятельной работы аспирантов при изучении данной дисциплины.

Разбор и усвоение лекционного материала. После каждой лекции аспиранту следует внимательно прочитать и разобрать конспект, при этом:

- Понять и запомнить все новые определения.
- Понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект.
- Выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются).
- Если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать.
- При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Также можно обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы. К письму можно прикрепить какие-либо электронные материалы, связанные с возникшими вопросами, например, отсканированные или сфотографированные листочки с рукописными комментариями, пометками, выкладками и т.п.

Самостоятельное изучение части материала. Если часть учебного материала отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материал в отведенные им сроки. Материал следует изучить по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщит преподаватель.

Подготовка к устному опросу. Устный опрос проводится с целью проверить, как на данном этапе обучения усвоен лекционный материал и/или материал, отведённый на

самостоятельное изучение. Рекомендации по изучению соответствующих материалов приведены выше. При подготовке следует иметь в виду, что во время устного опроса:

- нужно уметь сформулировать определения изученных величин, понятий и т.д.;
- нужно уметь сформулировать изученные законы, теоремы, утверждения, постулаты и т.д.,
- по каждой теме или подтеме нужно уметь вкратце словами раскрыть суть того, что в ней излагается;
- нужно уметь сформулировать словами, на чем основаны доказательства изученных утверждений и формул, указать сделанные при этом приближения и принятые допущения.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Основная литература:

1. Кочелаев Б.И. Квантовая теория: конспект лекций / Б. И. Кочелаев; Казан. федер. ун-т, Ин-т физики, Каф теорет. физики.-[2-е изд., перераб., доп. и испр.]- Казань: [Казанский университет], 2013.-222 с

2. Петров, Ю.В. Основы физики конденсированного состояния: [учебное пособие] / Ю. В. Петров. - Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 213 с.

3. Васильев А.Н. Классическая электродинамика. СПб. БХВ-Петербург. 2010. - 276 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=350602>

4. Степаньянц К.В. Классическая теория поля. - М.: Физматлит, 2009. - 538 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2328/>

5. Абрикосов А.А. Основы теории металлов М. Физматлит. - 2010. - 600 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2093/>

6. Нигматулин Р.И. Механика сплошной среды, Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика: учебник для аспирантов высших учебных заведений.— Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2014.—639 с. (43 экз.)

7. Леушин А.М., Нигматуллин Р.Р., Прошин Ю.Н. Теоретическая физика. Механика (практический курс) Задачник для физиков. [Электронный ресурс] // Казань: Казан. ун-т, 2015. - 250 с. Издание третье, исправленное и дополненное. Режим доступа: <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/32292>

9.2. Дополнительная литература:

1. Борисёнок С.В., Кондратьев А.С. Квантовая статистическая механика. М.: Физматлит, 2011. - 136 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2672/>

2. Еремин, М. В. Микроскопические модели в конденсированных средах/ М. В. Еремин, Учебное пособие. - Казань: Изд. КГУ, 2011, - 113с. http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin_Posobie_2011.doc

3. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела: учебное пособие / Г. И. Епифанов.- Издание 4-е, стереотипное.- Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2011 .- 288 с.: ил.

4. Ландау, Л.Д. Статистическая физика: Учеб.пособие для студ.ун-тов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского.-М.: Физматлит, Б.г..-(Теоретическая физика;Т.5). Ч.1.-5-е изд.,стереотип.-2005.-616 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2230/>

5. Ландау Л.Д., Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика. Т.8. Электродинамика сплошных сред. М. Физматлит. - 2005. - 656 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2234/>

6. Ландау Л.Д., Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика. Т.7. Теория упругости. -М.:Физматлит. - 2007. - 264 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2233/>

7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.9 Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния. М.: Физматлит, 2004, 496 стр. 4-е изд., стереот., <http://e.lanbook.com/view/book/2235/>
8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.1 Механика, М., Физматлит, 2007.- 224 с. Режим доступа: - <http://e.lanbook.com/view/book/2231/>
9. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.6 Гидродинамика, М., Физматлит, 2000.- 732 с. Режим доступа: - <http://e.lanbook.com/view/book/2232/>
10. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.2 Теория поля, М., Физматлит, 2006.- 504 с. Режим доступа: - <http://e.lanbook.com/view/book/2236/>
11. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.4 Квантовая электродинамика, М., Физматлит, 2006. - 712 с. Режим доступа: - <http://e.lanbook.com/view/book/2237/>
12. Каликинский И.И. Электродинамика. НИЦ Инфра-М. 2014. – 159 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=406832>
13. Д. Блохинцев. Квантовая механика. Изд-во Лань, 2004. – 665 с. - <http://e.lanbook.com/view/book/619/>
14. Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики. - изд. Лань. - 2007. - 448с. <http://e.lanbook.com/view/book/692/>
15. Сверхпроводимость / В.Л. Гинзбург, Е.А. Андрюшин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Альфа-М, 2006. - 110 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Библиотека СОИ "Идеи и технологии будущего"). (переплет) ISBN 5-98281-088-6. <http://znanium.com/bookread.php?book=114620>
16. Байков Ю.А. Физика конденсированного состояния. М.: Бинوم. Лаборатория знаний. 2011, 293 стр. ISBN: 978-5-9963-0290-1 <http://e.lanbook.com/view/book/4372/>
17. Гантмахер В.Ф. Электроны в неупорядоченных средах. М. Физматлит. - 2005. - 232 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2156/>

9.3. Интернет-ресурсы:

1. Образовательный проект А.Н. Варгина - <http://www.ph4s.ru/index.html>
2. Библиотека Library Genesis - <http://gen.lib.rus.ec>
3. ЭОР на www.twirpx.com - http://www.twirpx.com/files/#category_42
4. Сайт кафедры теоретической физики КФУ - <http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teoreticheskoy-fiziki>
5. Поисковик электронных книг - <http://www.poiskknig.ru>
6. Сайт Научной библиотеки им. Н. И. Лобачевского - <http://kpfu.ru/library>
7. Электронная библиотека «Наука и техника» - <http://n-t.ru>
8. Научно популярный сайт «Элементы большой науки» - <http://elementy.ru>
9. Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ - <http://lib.mexmat.ru/>

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение дисциплины "Теоретическая физика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже

Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО аспирантуры (Приказ Минобрнауки РФ от 30.07.2014 № 867).

Автор(ы):

заведующий кафедрой теоретической физики, д.н. (профессор) Прошин Ю.Н.

ассистент кафедры теоретической физики, к.н. Соловьев О.В.

Рецензент(ы):

заведующий кафедрой теории относительности и гравитации, д.н. (профессор) Сушков С.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой теоретической физики: Прошин Ю.Н.

Протокол заседания кафедры №10 от 8 мая 2015 г.

ОДОБРЕНО:

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК №11 от "20" мая 2015 г

Приложения:

Приложение 1. Программа кандидатского экзамена по теоретической физике (01.04.02)

Приложение 2. Образец дополнительной программы на кандидатский экзамен по специальности.

**ПРОГРАММА-МИНИМУМ кандидатского экзамена по специальности
01.04.02 «Теоретическая физика»
по физико-математическим наукам**

1. Механика

1. Уравнения движения. Обобщенные координаты, принцип наименьшего действия, функция Лагранжа. Симметрии. Теорема Нетер. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса.
2. Интегрирование уравнений движения. Одномерное движение, приведенная масса, движение в центральном поле.
3. Распад частиц, упругие столкновения. Сечение рассеяния частиц, формула Резерфорда.
4. Малые колебания. Свободные и вынужденные одномерные колебания, параметрический резонанс. Колебания систем со многими степенями свободы, полярные координаты. Колебания при наличии трения.
5. Движение твердых тел. Угловая скорость, момент инерции и момент количества движения твердых тел. Эйлеровы углы и уравнение Эйлера.
6. Канонические уравнения, уравнение Гамильтона, скобки Пуассона, действие как функция координат, теорема Лиувилля, уравнение Гамильтона-Якоби, разделение переменных.
7. Принцип относительности. Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Четырехмерная скорость.
8. Релятивистская механика. Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс. Распад частиц. Упругие столкновения частиц.

2. Теория поля

1. Заряд в электромагнитном поле. Четырехмерный потенциал поля. Уравнения движения заряда в поле, калибровочная (градиентная) инвариантность. Тензор электромагнитного поля. Преобразование Лоренца для поля. Инварианты поля.
2. Действие для электромагнитного поля. Уравнения электромагнитного поля. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности. Плотность и поток энергии. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.
3. Постоянное электромагнитное поле. Закон Кулона. Электростатическая энергия зарядов. Дипольный момент. Мультипольные моменты. Система зарядов во внешнем поле. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. Теорема Лармора.
4. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоские волны. Монохроматическая плоская волна. Спектральное разложение. Поляризационные характеристики излучения. Разложение электростатического поля.
5. Поле движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Излучение электромагнитных волн. Поле системы зарядов на далеких расстояниях. Мультипольное излучение. Излучение быстродвижущегося заряда. Рассеяние свободными зарядами.
6. Движение частицы в гравитационном поле. Метрика. Ковариантное дифференцирование. Символы Кристоффеля. Действие для частицы в гравитационном поле.
7. Уравнения гравитационного поля. Тензор кривизны. Действие для гравитационного поля. Тензор энергии-импульса. Уравнения Эйнштейна.
8. Нерелятивистский предел уравнений Эйнштейна. Закон Ньютона. Центральносимметричное гравитационное поле. Метрика Шварцшильда. Гравитационный коллапс.

9. Наблюдаемые эффекты ОТО в ньютоновом и постньютоновом приближении (гравитационное красное смещение, отклонение луча света, задержка сигнала, прецессия гироскопа, прецессия орбит планет). Гравитационные линзы.
10. Релятивистская космология. Открытая, закрытая и плоская модели. Закон Хаббла. Расширение Вселенной на радиационно-доминированной, пылевидной и вакуум-доминированной стадиях.
11. Физические процессы в ранней Вселенной. Закалка нейтрино. Первичный нуклеосинтез. Рекомбинация, реликтовые фотоны.

3. Электродинамика сплошных сред

1. Электростатика диэлектриков и проводников. Диэлектрическая проницаемость и проводимость. Термодинамика диэлектриков. Магнитные свойства. Постоянное магнитное поле. Магнитное поле постоянных токов. Термодинамические соотношения. Диа-, пара-, ферро- и антиферромагнетики.
2. Сверхпроводники. Магнитные свойства. Сверхпроводящий ток. Критическое поле.
3. Уравнения электромагнитных волн. Уравнения поля в отсутствие дисперсии. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Соотношения Крамерса-Кронига. Плоская монохроматическая волна. Распространение

электромагнитных волн. Отражение и преломление. Принцип взаимности.

4. Электромагнитные волны в анизотропных средах. Эффекты Керра и Фарадея. Пространственная дисперсия. Естественная оптическая активность.
5. Магнитная гидродинамика. МГД волны. Проблема динамо.
6. Нелинейная оптика. Нелинейная проницаемость. Самофокусировка. Генерация второй гармоники.
7. Ионизационные потери быстрых частиц. Излучение Черенкова. Рассеяние электромагнитных волн в средах. Рэлеевское рассеяние.

4. Механика сплошных сред и физическая кинетика

1. Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Поток энергии. Поток импульса. Сохранение циркуляции скорости. Потенциальное обтекание тел: присоединенная масса, сила сопротивления, эффект Магнуса.
2. Вязкая жидкость: уравнения движения вязкой жидкости. Диссипация энергии в несжимаемой жидкости.
3. Переход к турбулентности. Неустойчивости ламинарных течений. Теория Ландау-Хопфа. Типы аттракторов. Странный аттрактор. Переход к турбулентности путем удвоения периодов. Развитая турбулентность. Спектр турбулентности в вязком интервале. Колмогоровский спектр.
4. Звук. Звуковые волны. Геометрическая акустика.
5. Одномерное движение сжимаемого газа. Характеристики. Инварианты Римана. Простая волна Римана. Образование ударных волн. Ударная адиабата. Слабые разрывы. Теория сильного взрыва.
6. Ударные волны слабой интенсивности. Уравнение Бюргерса.
7. Звуковые волны со слабой дисперсией. Уравнение КДВ. Солитоны и их взаимодействие. Бесстолкновительные ударные волны.
8. Гидродинамика сверхтекучей жидкости. Двухжидкостное описание.
9. Кинетическая теория газов. Кинетическое уравнение Больцмана. H -теорема. Теплопроводность и вязкость газов. Симметрии кинетических коэффициентов. Диффузионное приближение. Уравнение Фоккера-Планка.

10. Бесстолкновительная плазма. Уравнения Власова. Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной плазмы. Затухание Ландау. Ленгмюровские и ионно-звуковые волны. Пучковая неустойчивость: гидродинамическая и кинетическая стадии. Квазилинейная теория.

11. Столкновения в плазме. Интеграл столкновений Ландау. Длина пробега частиц в плазме.

5. Квантовая механика

1. Основные положения квантовой механики. Принцип неопределенности. Принцип суперпозиции. Операторы. Дискретный и непрерывный спектры. Гамильтониан. Стационарные состояния. Гейзенберговское представление. Соотношения неопределенности.

2. Уравнение Шредингера. Основные свойства уравнения Шредингера. Одномерное движение. Одномерный осциллятор. Плотность потока. Квазиклассическая волновая функция. Прохождение через барьер.

3. Момент количества движения. Собственные функции и собственные значения момента количества движения. Четность. Сложение моментов. Разложение Клебша-Гордана.

4. Движение в центральном поле. Сферические волны. Разложение плоской волны. Радиальное уравнение Шредингера. Атом водорода.

5. Теория возмущений. Возмущения, не зависящие от времени. Периодические возмущения. Квазиклассическая теория возмущений.

6. Спин. Оператор спина. Тонкая структура атомных уровней.

7. Тождественность частиц. Симметрия при перестановке частиц.

Вторичное квантование для бозонов и фермионов. Обменное взаимодействие.

8. Атом. Состояние электронов атома. Уровни энергии. С амосогласованное поле. Уравнение Томаса-Ферми. Тонкая структура темных уровней. Периодическая система Менделеева.

9. Движение в магнитном поле. Уравнение Шредингера для движения в магнитном поле. Плотность потока в магнитном поле.

10. Столкновения частиц. Общая теория. Формула Бора. Резонансное рассеяние. Столкновение тождественных частиц. Упругое рассеяние при наличии неупругих процессов. Матрица рассеяния. Формула Брейта-Вигнера.

6. Статистическая физика

1. Основные принципы статистики. Функция распределения и матрица плотности. Статистическая независимость. Теорема Лиувилля. Роль энергии. Закон возрастания энтропии. Микроканоническое распределение. Распределение Гиббса. Распределение Гиббса с переменным числом частиц.

2. Термодинамические величины. Температура. Работа и количество тепла. Термодинамические потенциалы. Термодинамические неравенства. Принцип Ле-Шателье. Теорема Нернста. Системы с переменным числом частиц. Свободная энергия в распределении Гиббса. Вывод термодинамических соотношений.

3. Термодинамика идеальных газов. Распределение Больцмана. Столкновение молекул. Неравновесный идеальный газ. Закон равнораспределения. Одноатомный идеальный газ.

4. Распределение Ферми и Бозе. Вырожденный идеальный ферми-газ. Свойства вещества при больших плотностях. Вырожденный бозе-газ. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка. Светимость абсолютно черного тела.

5. Неидеальные газы и конденсированные среды. Фононные спектры и термодинамические свойства газа. Термодинамические свойства неидеального классического газа.

6. Равновесие фаз. Формула Клапейрона-Клаузиуса. Критическая точка.
7. Системы с различными частицами. Правило фаз. Слабые растворы. Смесь идеальных газов. Смесь изотопов. Химические реакции. Условие химического равновесия. Закон действующих масс. Теплота реакции. Ионизационное равновесие.
8. Слабонеидеальный бозе-газ. Модель Боголюбова. Спектр возбуждений. Сверхтекучесть. Квантовые вихри.
9. Твердые тела. Кристаллические структуры. Поверхность Ферми. Зонная структура. Квазичастицы.
10. Колебания решетки. Теория упругости. Звук в твердых телах. Процессы распада и слияния фононов. Рассеяние фононов на примесях. Кинетическое уравнение для фононов. Теплопроводность.
11. Сверхпроводимость. Куперовское спаривание. Теория Бардина-Купера-Шриффера(БКШ). Теория Лондонов. Теория Гинзбурга-Ландау. Ток, калибровочная инвариантность, квантование потока. Сверхпроводники первого и второго рода. Эффект Джозефсона.
12. Флуктуации. Распределение Гиббса. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона. Временные флуктуации. Симметрии кинетических коэффициентов. Флуктационно-диссипативная теорема.
13. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау. Критические индексы. Масштабная инвариантность. Флуктуации в окрестности критической точки.

Раздел для специалистов по теории твердого тела

7. Теория конденсированного состояния

1. Неидеальный бозе-газ. Симметрия волновой функции системы бозонов, бозе-конденсат. Слабонеидеальный бозе-газ. Модель Боголюбова. Спектр возбуждений. Сверхтекучесть. Двухжидкостное описание. Критерий Ландау. Теория Фейнмана. Квантовые вихри. Корреляции в положении частиц бозе-газа.
2. Типы и симметрия твердых тел. Кристаллические структуры. Симметрия кристаллов. Свойства обратной решетки. Зона Бриллюэна. Теорема Блоха.
3. Зонная структура и типы связи. Квазичастицы. Электронная теплоемкость.
4. Поверхность Ферми. Диамагнитный и циклотронный резонанс. Открытые орбиты. Квантование орбит. Эффект де Гааза-ван Альфена.
5. Колебания решетки. Теория упругости. Звук в твердых телах. Акустические и оптические ветви. Модель Дебая. Удельная теплоемкость решетки. Квантование фононов. Ангармонизм и тепловое расширение. Фактор Дебая- Уоллера.
6. Процессы распада и слияния фононов. Рассеяние фононов на примесях. Кинетическое уравнение для фононов в диэлектрике. Теплопроводность. Электрон-фононное взаимодействие и проблема полярона.
7. Магнетизм. Обменное взаимодействие. Магнитные свойства изолированного атома. Правило Хунда. Гамильтониан Гейзенберга. Модель Хаббарда. Природа магнетизма металлов. Спиновый парамагнетизм Паули и орбитальный диамагнетизм Ландау. Магнитные примеси в металле. Обменное взаимодействие через электроны проводимости (РККИ). Эффект Кондо.
8. Магнитный порядок. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм. Метод среднего поля для ферромагнетика. Доменная структура. Гистерезис ферромагнетиков. Спиновые волны (магноны). Квантовые флуктуации и спиновые волны в антиферромагнетике. Вклад магнонов в термодинамику магнетиков. Динамика магнитного момента в ферромагнетике. Уравнение Ландау-Лифшица.
9. Сверхпроводимость. Куперовское спаривание. Теория Бардина-Купера-Шриффера (БКШ). Теория Лондонов. Нелокальная электродинамика сверхпроводника: лондоновский

и пиппардовский случай. Эффекты четности числа электронов в сверхпроводниках малых размеров.

10. Теория сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау. Ток, калибровочная инвариантность, квантование потока. Сверхпроводники первого и второго рода. Верхнее и нижнее критические поля. Вихревая решетка. Эффект Джозефсона. Эффект близости. Флуктуационные эффекты вблизи сверхпроводящего перехода. Туннельные эффекты в сверхпроводниках.

11. Функции Грина. Корреляционные функции. Термодинамический предел и квазисредние. Основные принципы диаграммной техники. Уравнение Дайсона. Вершинная функция. Многочастичные функции Грина. Диаграммная техника при конечных температурах. Кинетические уравнения.

12. Динамика критических явлений. Уравнения ренормгруппы.

13. Особенности электронных свойств систем пониженной размерности. Энергетические спектры и плотность квантовых состояний. Квантовый эффект Холла в двумерном электронном газе. Эффекты локализации электронов в одно- и двумерных системах, перколяционные явления.

*Раздел для специалистов по теории элементарных частиц
и физике высоких энергий*

8. Квантовая теория полей

1. Квантование свободных полей. Симметрии лагранжиана и теорема Нетер. Алгебра токов. Дискретные симметрии. СРТ теорема и связь спина со статистикой.

2. Квантовая электродинамика. Правила Фейнмана. Перенормировки. Тождества Уорда-Такахаша.

3. Квантовоэлектродинамические расчеты: Комpton-эффект, e^+e^- аннигиляция, рождение пар. Тормозное излучение и инфракрасная катастрофа. Аномальный магнитный момент электрона. Лэмбовский сдвиг.

4. Представление Челлена-Лемана. Формула Лемана-Симанчика-Циммермана. Аналитические свойства амплитуд рассеяния. Правила Кутковского. Правила Ландау для особенностей фейнмановских диаграмм.

5. Ренормгруппа. β -функция и аномальные размерности. Операторное разложение. Аномальные размерности составных операторов.

6. Калибровочные теории поля. Квантование по Фаддееву-Попову и духи. Тождества Славнова-Тейлора. Квантовая хромодинамика и асимптотическая свобода.

7. Спонтанное нарушение симметрии, теорема Голдстоуна, явление Хиггса.

8. Кварковая модель. Спектроскопия адронов и составляющие кварки. Чармоний, боттомоний.

9. КХД и киральная симметрия сильных взаимодействий. Частичное сохранение аксиального тока. Пионы как голдстоуновские частицы. Киральная аномалия Адлера-Белла-Джакива.

10. Стандартная модель. W - и Z -бозоны, их распады. Хиггсовский бозон. Поколения лептонов и кварков. Матрица Каббиво-Кобаяши-Маскава.

11. β -распад нейтрона, распад мюона, распады тяжелых кварков. Нелептонные слабые распады.

12. Нарушение CP инвариантности. Осцилляции нейтральных каонов и тяжелых мезонов.

13. Глубоконеупругое рассеяние и партонная модель. Нарушение скейлинга и уравнения эволюции Грибова-Липатова-Докшицера-Алтарелли-Паризи. e^+e^- аннигиляция в адроны. Рождение адронных струй и существование глюонов.

14. Топологические свойства теории поля. Инстантоны. Монополи 'т-Хоофта-Полякова. Действие Новикова-Весса-Зумино-Виттена.

15. Вне стандартной модели: великое объединение, распад протона, осцилляции нейтрино.
16. Суперсимметрия. Суперполя. Суперсимметричные лагранжианы.

Формализм Бекки-Руэ-Стора-Тютина. Теоремы об отсутствии перенормировок.

17. Физика частиц и ранняя Вселенная. Космологические фазовые переходы. Темная материя, ограничения на свойства массивных нейтрино.
18. Фазовые переходы в КХД. Кварк-глюонная плазма.

Приложение 2.
О Б Р А З Е Ц

УТВЕРЖДАЮ
Председатель Ученого Совета
Института физики
Никитин С.И.
ФИО

(подпись)
Протокол № ____ от «__» _____ 20__ г.

Дополнительная программа

Для сдачи кандидатского экзамена по специальности _____

(шифр и наименование специальности)

аспиранта (соискателя) кафедры _____

(ФИО аспиранта, соискателя)

Тема диссертации: « _____ »

Вопросы:

1. _____

2. _____

....

15. _____

Литература

1. _____

2. _____

....

10. _____

Научный руководитель
(уч. степень, уч. звание, должность)

Ф.И.О

Соискатель

Ф.И.О

Рассмотрено на заседании кафедры

Протокол № _____ от _____ 201__ г.