

**ФГАОУ ВПО "Казанский (Приволжский) федеральный университет"**



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной деятельности

Д.К. Нургалиев

« \_\_\_\_\_ » 201 г.

**Программа кандидатского экзамена по специальности**

**Отрасль науки Физико-математические науки**  
Группа специальностей 01.04.00- Физика, специальности:  
01.04.02- Теоретическая физика

Казань  
2012

## Вопросы программы кандидатского экзамена по специальности

01.04.02

(шифр)

теоретическая физика

(наименование)

### 1. Механика

Обобщенные координаты, принцип наименьшего действия, функция Лагранжа. Связи. Уравнения движения.

Симметрии. Теорема Нетер. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса.

Интегрирование уравнений движения. Одномерное движение, движение в центральном поле. Задача Кеплера

Задача двух тел и рассеяние частиц. Распад частиц, упругие столкновения. Формула Резерфорда.

Малые колебания. Свободные и вынужденные одномерные колебания, Резонанс и параметрический резонанс. Колебания систем со многими степенями свободы, нормальные координаты. 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 уравнения, уравнения Гамильтона, скобки и теорема Пуассона, действие как функция координат. Канонические преобразования, фазовое пространство, теорема Лиувилля, уравнение Гамильтона—Якоби, разделение переменных.

Принцип относительности. Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Четырехмерная скорость.

Релятивистская механика. Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс. Распад частиц. Упругие столкновения частиц.

### 2. Теория поля

Заряд в электромагнитном поле. Четырехмерный потенциал поля. Уравнения движения заряда в поле, калибровочная (градиентная) инвариантность. Тензор электромагнитного поля. 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.

Постоянное электромагнитное поле. Закон Кулона. Электростатическая энергия зарядов. Дипольный момент. Мультипольные моменты. Система зарядов во внешнем поле. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. Теорема Лармора.

Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоские волны. Монохроматическая

плоская волна. Спектральное разложение. Поляризационные характеристики излучения. Разложение электростатического поля.

Поле движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара—Вихерта. Излучение электромагнитных волн. Поле системы зарядов на далеких расстояниях. Мультипольное излучение. Излучение быстро движущегося заряда. Рассеяние свободными зарядами.

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.

### 3. Электродинамика

Поле зарядов и токов в вакууме: уравнения Максвелла; скалярный и векторный потенциалы. Калибровочная инвариантность; электрическое поле; стационарное магнитное поле; электромагнитное поле в вакууме. Запаздывающие потенциалы; излучение электромагнитных волн. Вибратор Герца.

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.

Сверхпроводники. Магнитные свойства. Сверхпроводящий ток. Критическое поле.

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.

Электромагнитные волны в анизотропных средах. Эффекты Керра и Фарадея. Пространственная дисперсия. Естественная оптическая активность.

Магнитная гидродинамика. МГД-волны. Проблема динамо.

Нелинейная оптика. Нелинейная проницаемость. Самофокусировка. Генерация второй

гармоники.

Ионизационные потери быстрых частиц. Излучение Черенкова. Рассеяние электромагнитных волн в средах. Рэлеевское рассеяние.

#### **4. Механика сплошных сред и физическая кинетика**

Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Поток энергии. Поток импульса. Сохранение циркуляции скорости. Потенциальное обтекание тел: присоединенная масса, сила сопротивления, эффект Магнуса.

Основы теории упругости; упругие волны.

Вязкая жидкость: уравнения движения вязкой жидкости (Навье-Стокса).. Диссипация энергии в несжимаемой жидкости.

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.

#### **Звук. Звуковые волны. Геометрическая акустика.**

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 Бюргера.

Звуковые волны со слабой дисперсией. Уравнение КДВ. Солитоны и их взаимодействие. Бесстолкновительные ударные волны.

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. Ленгмюровские и ионно-звуковые волны. Пучковая неустойчивость: гидродинамическая и кинетическая стадии. Квазилинейная теория.

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

#### **5. Квантовая механика**

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. Сферические волны. Разложение плоской волны. 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. . Квазиклассическая теория возмущений.

Уравнение Дирака. Решение уравнения Дирака для свободной частицы. Отрицательные энергии, позитрон. Спин электрона; оператор спина. Спин-орбитальное взаимодействие. Уравнение Паули, магнитный момент электрона.

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. Амплитуда и фаза рассеяния. Борновское приближение. Формула Резерфорда. Резонансное рассеяние. Столкновение тождественных частиц. Упругое рассеяние при наличии неупругих процессов. Матрица рассеяния. Формула Брейта—Вигнера.

## **6. Статистическая физика**

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. Термодинамические неравенства. Принцип Ле-Шателье. Теорема Нернста. 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. Свойства вещества при больших плотностях. Вырожденный бозе-газ. Конденсация Бозе—Эйнштейна. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка. Светимость абсолютно черного тела.

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

Равновесие фаз. Формула Клапейрона—Клаузиуса. Критическая точка.

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.

Флуктуации. Распределение Гиббса. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона. Временные флуктуации. Симметрии кинетических коэффициентов. Флуктационно-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.

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.

## **7. Теория конденсированного состояния**

*(Раздел для специалистов по теории твердого тела)*

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 Альфвена.

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. Природа магнетизма металлов. Спиновый парамагнетизм Паули и орбитальный диамагнетизм Ландау. Магнитные примеси в металле. Обменное взаимодействие через электроны проводимости (РККИ). Эффект Кондо.

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.

Сверхпроводимость. Куперовское спаривание. Теория Бардина—Купера—Шриффера (БКШ). Теория Лондонов. Нелокальная электродинамика сверхпроводника: лондоновский и пиппардовский случаи. 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. Двухжидкостное описание. Критерий Ландау. Теория Фейнмана. Квантовые вихри. Корреляции в положении частиц бозе-газа.

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.

Динамика критических явлений. Уравнения ренормгруппы.

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.

## **8. Квантовая теория поля**

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

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

Квантовая электродинамика. Правила Фейнмана. Перенормировки. Тожества Уорда—Такахаша.

Квантово-электродинамические расчеты: комптон-эффект,  $e^+$ ,  $e^-$  аннигиляция, рождение пар. Тормозное излучение и инфракрасная катастрофа. Аномальный магнитный момент электрона. Лэмбовский сдвиг.

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

Ренормгруппа.  $\beta$ -функция и аномальные размерности. Операторное разложение. Аномальные размерности составных операторов.

Калибровочные теории поля. Квантование по Фаддееву—Попову и духи. Тожества Славнова—Тейлора. Квантовая хромодинамика и асимптотическая свобода.

Спонтанное нарушение симметрии, теорема Голдстоуна, явление Хиггса.

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

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

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

$\beta$ -распад нейтрона, распад мюона, распады тяжелых кварков. Нелептонные слабые распады.

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

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.

Топологические свойства теории поля. Инстантоны. Монополи Хоофта—Полякова. Действие Новикова—Веса—Зумино—Виттена.

Вне стандартной модели: великое объединение, распад протона, осцилляции нейтрино.

Суперсимметрия. Суперполя. Суперсимметричные лагранжианы.

Формализм Беки—Руэ—Стора—Тютиня. Теоремы об отсутствии перенормировок.

Физика частиц и ранняя Вселенная. Космологические фазовые переходы. Темная материя, ограничения на свойства массивных нейтрино.

Фазовые переходы в КХД. Кварк-глюонная плазма.

*Программа кандидатского экзамена составлена в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования. В основу данной программы положена программа, разработанная экспертным советом Высшей*



*аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по физике при участии Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН, Института ядерных исследований РАН, ГИЦ «Курчатовский институт», МИФИ и МГУ им. М.В. Ломоносова.*

**1. Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы кандидатского экзамена по специальности**

01.04.02

(шифр)

теоретическая физика

(наименование)

**Основная литература**

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика, М., Физматлит, 2004.
2. Ольховский И.И. Курс теоретической механики для физиков, Изд. 4-е, С.-Пб., Лань, 2008.
3. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике, М., Физматлит, 2005.
4. Киттель Ч., Найт У., Рудерман М. Механика. Изд. 3-е, С.-Пб., Лань, 2009.
5. Черняк В. Г., Суетин П. Е. Механика сплошных сред- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 352 с.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. М. “Физматлит”. 2003. 259 с.
7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М. “Физматлит”. 2005. 651 с.
8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М. “Физматлит”. 2003. 731 с.
9. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М. Физматлит. 2003. – 533 с.
10. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика, т. 3 Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М. Наука, 2009
11. Шифф Л. Квантовая механика. М. ИЛ, 1959.
12. Давыдов А. С.Квантовая механика Изд БХВ-Петербург 2010
13. Коэн-Таннуджи К, Диу Б, Лалоз Ф, Квантовая механика Т.1-2, Екатеринбург Изд. Уральского университета 2000
14. Берестецкий В.Б., Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Квантовая электродинамика. М.: Физматлит, 2001.
15. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М.: Физматлит, 2003.
16. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика, 2002, М.: Едиториал УРСС.
17. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т.1, 2002, М.: Едиториал УРСС.
18. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т.2, 2010, М.: Едиториал УРСС.
19. Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики, 2007, СПб.: Лань.
20. Кубо Р. Статистическая механика, 2006, М.: Едиториал УРСС.
21. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Статистическая физика. Ч.2. М.: Наука, 2000.
22. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Физическая кинетика. М.: Наука, 1979.
23. Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В. Квантовые поля. М.: Наука, 1993.
24. Анималу А. Квантовая теория кристаллических твердых тел. Мир, 1981.
25. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. Изд-во Лань, 2008.
26. Абрикосов А.А. Основы теории металлов. Наука, 1987.

27. Киттель. Ч. Квантовая теория твердых тел. Наука, 1967.
28. Ициксон К., Зюбер Ж.-Б. Квантовая теория поля. В 2 т. М.: Мир, 1984.  
А также другие издания указанных книг.

### *Дополнительная литература*

1. Мигдал А.Б. Качественные методы в квантовой теории. М. Наука, 1975
2. Ольховский И.И., Павленко Ю.Г., Кузьменков Л.С. Задачи по теоретической механике для физиков, Изд. 2-е, С.-Пб., Лань, 2009.
3. Пятницкий Е.С., Трухан Н.М., Ханукаев Ю.И., Яковенко Г.Н. Сборник задач по аналитической механике, М., Физматлит, 2002.
4. Коткин Г.Л., Сербо В.Г. Черных А.И. Лекции по аналитической механике. Новосибирский гос. университет, Новосибирск, 2007.
5. Седов Л.И. Механика сплошной среды.-М.:Наука, 1983, т. 1-2.
6. Кочелаев Б.И. Квантовая теория (конспект лекций, часть 1). Издательство Казанского университета, 2009, 100 стр.
7. Кочелаев Б.И. Квантовая теория (конспект лекций, часть 2). Издательство Казанского университета, 2010, 119 стр.
8. Мессиа А. Квантовая механика, т.т.1-2, М. Наука, 1979
9. Дирак П.А.М. Принципы квантовой механики. Физматгиз, М. 1960
10. Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А. Курс теоретической физики. Т 2. М. Наука, 1971
11. Левич В.Г. Курс теоретической физики. Т.1. 1969. М. Наука.
12. Кемпфер Ф. Основные положения квантовой механики. Мир, М. 1967
13. Флюгге З. Задачи по квантовой механике, т.т.1-2, Изд. ЛКИ 2008
14. Блохинцев Д.Квантовая механика Изд. Лань 2004
15. Галицкий В.М., Карнаков Б.М., Коган В.И. Задачи по квантовой механике. М. Наука, 1992.
16. Друкaрев Г.Ф. Квантовая механика. Ленинград, Изд. Ленинградского университета, 1988
17. Ферми Э. Квантовая механика (конспект лекций). Мир, М. 1965
18. Дирак П.А.М. Квантовая теория-лекции. Физматлит, М. 2002
19. Боум А. Квантовая механика: основы и приложения. Мир, М. 1990
20. Мотт Н., Снеддон И. Волновая механика и ее применения Изд. КомКнига 2006
21. Брандт Н.Б., Кульбачинский В.А. Квазичастицы в физике конденсированного состояния, Физматлит, 2005.
22. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела (в двух томах). Мир, 1979.
23. Уайт Р.М. Квантовая теория магнетизма. Мир, 1985.
24. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. Наука, 1982.
25. Косевич А. М. Основы механики кристаллической решетки. Наука, 1972.
26. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М. “Дрофа”. 2003. 840 с.
27. Батыгин В.В., Топтыгин И.Н. Сборник задач по электродинамике. (под редакцией М.М. Бредова). М. – Ижевск. Институт компьютерных исследований. НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”. 2002. 639 с.
28. Аминов Л.К. Термодинамика и статистическая физика. Конспекты лекций и задачи: Учебное пособие. Для студентов физического факультета, 2008, Казань: КГУ.
29. Кондратьев А.С., Райгородский П.А. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории, 2007, М.: Физматлит.
30. Базаров И.П. Термодинамика, 2010, СПб.: Лань.
31. Коткин Г.Л. Лекции по статистической физике, 2006, Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований.
32. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т.3, 2003, М.: Едиториал УРСС.
33. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т.4, 2010, М.: КомКнига.
34. Садовский М.В. Лекции по статистической физике, 2003, Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований.
35. Тамм И.Е. Основы теории электричества. 1976. М. Наука.

36. Угаров В.А. Специальная теория относительности. 1977. М. Наука.  
37. Гинзбург В.Л. Теоретическая физика и астрофизика. 1981. М. Наука.  
38. Паули В. Теория относительности. 1983. М. Наука.  
39. Борн М. Эйнштейновская теория относительности. 1972. М. Мир.  
40. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Тт. 5,6,7. 1977. М. Мир.  
А также другие (предыдущие) издания указанных книг.

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии Института/факультета  
..... КФУ от ..... г., протокол № .....

### **СОГЛАСОВАНО**

Директор института физики

\_\_\_\_\_

(подпись)

Аганов А.В.  
(Ф.И.О.)

Зав. кафедрой теоретической физики

\_\_\_\_\_

(подпись)

Прошин Ю.Н.  
(Ф.И.О.)

Зав. отд. аспирантуры и докторантуры .....

\_\_\_\_\_

(подпись)

Е.М.Нуриева