

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Чувашский государственный педагогический
университет им. И.Я. Яковлева»



УТВЕРЖДАЮ

Ректор

Б. Г. Миронов

«25»

ИЮНЬ

2012 г.

ПРОГРАММА

кандидатского экзамена по специальности

01.04.02 «Теоретическая физика»

по физико-математическим наукам

Чебоксары 2012

Введение

В основу данной программы положены следующие дисциплины: механика, теория поля, электродинамика и механика сплошных сред, квантовая механика, статистическая физика, квантовая теория поля.

Программа составлена доктором физико-математических наук, профессором кафедры общей и теоретической физики Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева Филипповым Г.М. на основе программы-минимума, разработанной экспертным советом по физике Высшей аттестационной комиссии Минобразования России при участии Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН, Института ядерных исследований РАН, ГНЦ «Курчатовский институт», МИФИ и МГУ им. Ломоносова.

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. Центральное-симметричное 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. Самосогласованное поле. Уравнение Томаса-Ферми. Тонкая структура атомных 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-Клаузиса. 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. Флуктуационно-диссипативная теорема.
13. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау. Критические индексы. Масштабная инвариантность. Флуктуации в окрестности критической точки.

7. Теория конденсированного состояния

(Раздел для специалистов по теории твердого тела)

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. Диаманитный 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.

14. Определение группы Ли. Основные теоремы теории групп Ли. Группа вращений. Представления группы вращений в $R-3$. Элементы теории точечных групп. Группы симметрии реальных кристаллов. Представления точечных групп. Неприводимые представления. Приложения теории групп в физике твердого тела. Смешанные и чистые состояния. Идеи фон Неймана. Теория матрицы плотности. Разложение матрицы плотности.

15. Когерентные состояния и их свойства. Модификации когерентных состояний. Применение когерентных состояний в теории твердого тела.

Расширенные когерентные состояния и их применение для расчета матриц плотности.

16. Теория возмущений в квантовой статистической физике. Формулы Кубо.

17. Фейнмановская трактовка квантовой механики.

18. Основные понятия теории калибровочных полей. Спонтанное нарушение симметрии, голстоуновские бозоны и механизм Хиггса. Особенности процедуры квантования калибровочных полей. Формализм Гупта-Блейлера в квантовании электромагнитного поля.

19. Элементарные возбуждения сплошных сред и их описание на основе представлений о квазичастицах. Поля квазичастиц и их свойства.

20. Взаимодействие заряженных частиц с решеткой твердого тела. Описание на основе потенциалов, зависящих от температуры.

21. Поверхностные электромагнитные поля. Поверхностные поляритоны. Генерация поверхностных поляризационных полей движущимися атомными частицами.

22. Расширенные когерентные состояния и описание перестройки квантово-механических состояний атомных частиц, взаимодействующих с твердым телом.

23. Локализация квантовых частиц при взаимодействии с полями квазичастиц твердого тела.

24. Перестройка состояния атома при движении в объеме твердого тела и вторичные явления, возникающие как следствие перестройки.

25. Нанотехнологии. Размерные явления в металлах и полупроводниках. Квантовые ямы, проволоки, точки. Распределения электронов по энергиям в 3D, 2D, 1D, 0D – системах.

26. Проводимость квантового провода. Формула Ландауэра. Явления локализации в неупорядоченных проводниках и полупроводниках (Андерсон, Имри, Бюттикер и др.). Блоховские осцилляции.

27. Влияние магнитного поля на проводимость. Уровни Ландау. Эффект Шубникова – Де-Гааза в 2D – системах. Эффект Аронова – Бома и фазовые корреляции в электронной системе 2D – проводника.

8. Квантовая теория полей

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

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-Такахаши.

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^\pm - и Z^0 -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.
17. Формализм Бекки-Руэ-Стора-Тюттина. Теоремы об отсутствии перенормировок.
18. Физика частиц и ранняя Вселенная. Космологические фазовые переходы. Темная материя, ограничения на свойства массивных нейтрино.
19. Фазовые переходы в КХД. Кварк-глюонная плазма.

Основная литература

1. Ашкрофт, Н. Физика твердого тела. Т. 1. / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. – М. : Мир, 1979.
2. Берестецкий, В. Б. Квантовая электродинамика / В. Б. Берестецкий, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. – М. : ФМЛ, 2001.
3. Блат, Ф. Физика электронной проводимости в твердых телах / Ф. Блат. – М. : Мир, 1971.
4. Блихер. Физика силовых биполярных и полевых транзисторов / Блихер. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1986.
5. Боголюбов Н. Н., Квантовые поля / Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков. – М. : Наука, 1993.
6. Бонч-Бруевич, В. Л. Физика полупроводников / В. Л. Бонч-Бруевич, С. Г. Калашников. – М. : Наука, 1977.

7. Давыдов А. С. Квантовая механика / А. С. Давыдов. – М. : Наука, 1973.
8. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела / Г. И. Епифанов. – М. : Высшая школа, 1977.
9. Епифанов, Г. И. Твердотельная электроника / Г. И. Епифанов, Ю. А. Мома. – М. : Высшая школа. 1978.
10. Ициксон, К. Квантовая теория поля : в 2-х т. / К. Ициксон, Ж.-Б. Зюбер. – М. : Мир, 1984.
11. Квасников, И. А. Термодинамика и статистическая физика. Теория неравновесных систем / И. А. Квасников. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1987.
12. Квасников, И. А. Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем / И. А. Квасников. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1991.
13. Кубо, Р. Статистическая механика / Р. Кубо. – М. : Мир, 1967.
14. Ландау, Л. Д. Гидродинамика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : ФМЛ, 2001.
15. Ландау, Л. Д. Квантовая механика. Нерелятивистская теория / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : ФМЛ, 2001.
16. Ландау, Л. Д. Механика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : ФМЛ, 2001.
17. Ландау, Л. Д. Статистическая физика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : ФМЛ, 2001. – Ч.1.
18. Ландау, Л. Д. Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : Наука, 1988.
19. Ландау, Л. Д. Электродинамика сплошных сред / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : ФМЛ, 2001.
20. Лифшиц, Е. М. Статистическая физика / Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. – М. : Наука, 2000. – Ч. 2.
21. Лифшиц, Е. М. Физическая кинетика / Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. – М. : Наука, 1979.
22. Пул, Ч. Нанотехнологии : учебное пособие / Ч. Пул. – М., 2006.
23. Ридли, Б. Квантовые процессы в полупроводниках / Б. Ридли. – М. : Мир, 1986.
24. Румер, Ю. Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика / Ю. Б. Румер, С. М. Рывкин. – М. : Наука, 1971.
25. Суздалев, И. П. Нанотехнология : физикохимия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздалев. – М. : Комкнига, 2006.
26. Шифф, Л. Квантовая механика / Л. Шифф. – М., 1957.
27. Шур, М. Физика полупроводниковых приборов : в 2-х томах / М. Шур. – М. : Мир, 1992.

Дополнительная литература

1. Абрикосов, А. А. Основы теории металлов / А. А. Абрикосов. – М. : Наука, 2000.
2. Абрикосов, А. А. Методы квантовой теории поля в статистической физике / А. А. Абрикосов, Л. П. Горьков, И. Е. Дзялошинский. – М. : Физматгиз, 1962.
3. Ансельм, А. И. Введение в теорию полупроводников : учеб. пособие для вузов по физ. и техн. направлениям и спец. / А. И. Ансельм. - Изд. 3-е, стер. – СПб. : Лань, 2008.
4. Артамонов, В. А. Группы и их приложения в физике, химии, кристаллографии : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. ВПО 020900 "Химия, физика и механика материалов" / В. А. Артамонов, Ю. Л. Словохотов. - М. : Академия, 2005.
5. Балабанов, В. И. Нанотехнологии. Наука будущего / В. И. Балабанов. – М. : Эскмо, 2009.
6. Вигнер, Е. Теория групп и ее приложение к квантовой механике / Е. Вигнер. – М. : ИЛ, 1961.
7. Головин, Ю. И. Введение в нанотехнику / Ю. И. Головин. – М. : Наука, 2007.
8. Гринштейн, Д. Квантовый вызов : учеб. пособие для физ. и компьют. спец. вузов / Д. Гринштейн, А. Г. Зайонц ; пер. 2-го изд. под ред. и с доп. В. В. Аристова, А. В. Никулова. - Долгопрудный : Интеллект, 2008.
9. Зельдович, Я. Б. Строение и эволюция вселенной / Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков. – М. : Наука, 1975.
10. Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель. – М. : Наука, 2000.
11. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника: мировые достижения / под ред. П. П. Мальцева. – М. : Техносфера, 2008.
12. Окунь, Л. Б. Кварки и лептоны / Л. Б. Окунь. – М. : Наука, 1990.
13. Рау В. Г., Основы теоретической физики. Физика атомного ядра и элементарных частиц / В. Г. Рау. - М. : Высш. шк., 2005.
14. Савельев И. В. Основы теоретической физики : [учеб. для вузов] : в 2 т. Т. 1 : Механика ; Электродинамика / И. В. Савельев. - Изд. 3-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2005.
15. Савельев И. В., Основы теоретической физики : [учеб. для вузов] : в 2 т. Т. 2 : Квантовая механика / И. В. Савельев. - Изд. 3-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2005.
16. Суздаев, И. П. Нанотехнология : физикохимия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаев. – М. : Комкнига, 2006.
17. Усыченко, В. Г. Электронная синергетика. Физические основы самоорганизации и эволюции материи : курс лекций / В. Г. Усыченко. – СПб. : Лань, 2010.

18. Филиппов, Г. М. Теория рассеяния частиц монокристаллами / Г. М. Филиппов. – Чебоксары : ЧГУ, 1978.

19. Филиппов, Г. М. Избранные вопросы квантовой теории взаимодействия частиц с твердыми телами / Г. М. Филиппов. – Чебоксары : ЧГПУ, 2004.

Программа обсуждена на заседании кафедры общей и теоретической физики 22 июня 2012 г., протокол № 78

Зав. кафедрой ОиТФ
канд. физ.-мат. наук, доцент



А.И. Китаев