

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке
В.В. Кружаев

« 2 » _____ 2020 г.



ПРОГРАММА

вступительных испытаний в аспирантуру по направлению подготовки
03.06.01 – Физика и астрономия

Екатеринбург

2020

Содержание

1. Назначение и область применения.....	3
2. Содержание программы.....	3
3. Вопросы для вступительного испытания.....	9
4. Список рекомендуемой литературы.....	15
5. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру.....	17
Лист согласования.....	19

1. Назначение и область применения

Программа определяет требования к содержанию вступительных испытаний в аспирантуру по направлению 03.06.01 – Физика и астрономия

Предназначена для лиц, готовящихся поступить в аспирантуру по одной из физических или астрономических специальностей направления подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия. Целью вступительного экзамена является проверка способности и готовности претендента к получению послевузовского профессионального образования (аспирантура) по основной профессиональной образовательной программе, утвержденной приказом Минобрнауки РФ от 16.03.2011 г. № 1365, выполнять профессиональные задачи в сфере научной деятельности.

Форма проведения вступительного экзамена

Устный, письменный или смешанный

Требования к процедуре вступительного экзамена

Требования к порядку планирования, организации и проведения вступительного экзамена, к структуре и форме документов по его организации сформулированы Управлением подготовки научно-педагогических кадров УрФУ.

2. Содержание программы

Раздел 1 ФИЗИКА

1.1 Механика

1.Основные законы механики. Пространство и время в физике. Способы измерения протяженности и длительности (в лабораторной практике, в космических масштабах, в микромире). Материальная точка. Инерциальная система отсчета. Явление инерции. Первый закон Ньютона. Движение материальной точки под действием силы. Масса как мера инертности. Второй закон Ньютона. Взаимодействие материальных точек. Третий закон Ньютона. Гравитационное поле. Масса как источник гравитационного поля. Закон всемирного тяготения. Равенство гравитационной и инертной масс.

Движение материальной точки относительно неинерциальных систем отсчета. Сила инерции. Сила Кориолиса.

Движение абсолютно твердого тела. Вращательное движение. Угловая скорость. Плоское движение. Движение вокруг закрепленной точки. Углы Эйлера. Тензор инерции. Главные оси инерции тела. Уравнения Эйлера.

2.Законы сохранения в механике. Импульс материальной точки. Закон изменения и сохранения импульса. Столкновение тел. Момент импульса. Закон изменения и сохранения момента импульса. Момент силы. Движение под действием момента сил. Механическая работа. Энергия. Кинетическая и потенциальная энергия системы материальных точек тела и системы тел. Закон сохранения механической энергии. Связь законов сохранения со свойствами пространства-времени. Роль законов сохранения в механике. Движение в центральном поле. Задача двух тел. Законы Кеплера. Рассеяние частиц.

3.Принцип относительности в механике. Принцип относительности Галилея. Преобразование Галилея. Сложение скоростей в классической физике. Принцип относительности Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Сокращение длин и замедление

времени. Сложение скоростей в релятивистской физике. Эквивалентность массы и энергии. Импульс и энергия релятивистской частицы. Релятивистское уравнение движения.

4. Механические колебания и волны. Условие возникновения колебаний. Малые колебания. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс. Колебания в системах связанных тел. Собственные частоты. Волны. Продольные и поперечные волны. Частота, длина волны, закон дисперсии, скорость, поляризация. Плоские и сферические волны. Волновые пакеты. Фазовая и групповая скорости. Элементы акустики.

5. Вариационные принципы в механике. Принцип наименьшего действия. Функция Лагранжа. Уравнения движения в форме Лагранжа. Функция Гамильтона. Уравнения движения в форме Гамильтона.

1.2 Молекулярная физика. Термодинамика и статистическая физика

1. Основные понятия и постулаты термодинамики. Макроскопическая система. Основы молекулярно-кинетической теории строения вещества. Термодинамический и статистический методы описания. Внешние и внутренние параметры. Термодинамическое состояние и его функции. Состояние термодинамического равновесия. Постулаты термодинамики. Установление термодинамического равновесия в изолированной системе. Равновесные и неравновесные процессы.

2. Начала термодинамики. Внутренняя энергия, теплота и работа. Первое начало термодинамики. Теплоемкости и скрытые теплоты. Изопроецессы и газовые законы на примере идеального газа и газа Ван дер Ваальса. Циклические процессы, тепловая и холодильная машины. Второе начало термодинамики. Энтропия. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Неравенство Клаузиуса. Третье начало термодинамики (тепловая теорема Нернста). Поведение термодинамических величин при температуре, стремящейся к абсолютному нулю.

3. Термодинамические потенциалы, условия равновесия и фазовые переходы. Внутренняя энергия, свободная энергия, потенциал Гиббса, энтальпия. Термодинамические потенциалы для систем с переменной массой. Химический потенциал. Основное соотношение равновесной термодинамики. Условия термодинамического равновесия. Гомогенная и гетерогенная системы. Общие условия термодинамического равновесия. Необходимые условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы. Условия устойчивости равновесия однофазной системы. Принцип Ле Шателье. Фазовые переходы первого рода. Поведение термодинамических величин при фазовых переходах первого рода. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Плавление. Сублимация. Испарение и кипение, давление насыщенного пара. Краевой угол. Смачивание. Капиллярные явления. Метастабильные состояния. Тройная точка. Критическая точка. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы второго рода. Поведение физических величин при фазовых переходах второго рода.

4. Основные положения статистической физики. Фазовое пространство. Ансамбль Гиббса (статистический ансамбль). Функция распределения. Теорема Лиувилля. Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса. Связь

статистической суммы со свободной энергией. Распределение Максвелла-Больцмана. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы. Теплоемкость классического идеального газа. Неидеальные газы. Газ Ван дер Ваальса. Большое каноническое распределение Гиббса. Квантовая статистика. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Общие свойства ферми-газов.

5. Флуктуации. Распределение вероятностей флуктуаций (распределение Гаусса). Флуктуации в идеальном газе.

6. Физическая кинетика. Частичные функции распределения. Кинетическое уравнение Больцмана. Диффузия. Законы Фика. Вязкость. Закон Ньютона. Механизмы внутреннего трения (вязкости) в газах, жидкостях, твердых телах. Сверхтекучесть. Теплопроводность. Закон Фурье. Механизмы теплопроводности в газах, жидкостях, твердых телах. Электропроводность. Формула Друде-Лоренца для электропроводности.

1.3 Электричество и магнетизм

1. Основные законы физики электромагнитных явлений. Электрический заряд и его свойства. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Теорема Гаусса. Обобщение закона Кулона в виде дифференциального уравнения. Потенциальность электрического поля неподвижных зарядов. Потенциал поля точечного заряда. Потенциал системы зарядов. Электрический ток. Магнитное поле тока. Закон Био-Савара-Лапласа. Ток смещения. Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца.

2. Электрические цепи. Сопротивление. Закон Ома. Емкость. Конденсатор. Конденсатор в цепи переменного тока. Сопротивление конденсатора переменному току (емкостное сопротивление). Само- и взаимная индукция. Индуктивность в цепи переменного тока. Индуктивное сопротивление. Электрические цепи. Правила Кирхгофа для постоянных и переменных токов. Сопротивление цепи переменному току. Мощность переменного тока. Переменный ток и его применение. Колебательный контур.

3. Электромагнитные волны. Волновое уравнение для электромагнитного поля. Плоские монохроматические электромагнитные волны и их основные свойства (частота и волновое число, связь частоты с волновым числом (закон дисперсии), скорость распространения, ориентация полей). Плотность энергии и плотность потока энергии электромагнитного поля. Излучение ЭМВ диполем Герца. Сферические волны.

4. Взаимодействие зарядов и токов с электромагнитным полем. Сила Лоренца. Движение заряда в электрическом поле. Движение заряда в магнитном поле. Ускорители заряженных частиц. Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле (сила Ампера). Магнитный момент замкнутого тока. Взаимодействие магнитного момента с полем. Преобразование энергии в поле переменных токов. Электродвигатели и генераторы переменного тока.

5. Материальные среды в электромагнитном поле. Макроскопические электромагнитные поля в средах. Уравнения Максвелла. Материальные уравнения. Диэлектрическая и магнитная проницаемости. Диэлектрики. Связанные заряды. Поляризация диэлектриков в электрическом поле. Вектор поляризации. Электрическая восприимчивость (поляризуемость). Полярные и неполярные диэлектрики. Особенности их поведения в постоянных и переменных полях. Магнитные свойства вещества. Вектор намагниченности. Молекулярные токи. Диа-, пара- и ферромагнетики. Магнитная проницаемость и магнитная восприимчивость. Природа диамагнетизма. Диамагнетизм Ландау. Спиновый магнитный момент. Природа пара- и ферромагнетизма. Применение пара- и ферромагнетизма. Сверхпроводимость. Электрические и магнитные свойства сверхпроводников. Высокотемпературная сверхпроводимость.

1.4 Оптика

1. Геометрическая оптика и фотометрия

Законы геометрической оптики. Центрированная оптическая система и ее кардинальные элементы. Построение изображений в собирающих и рассеивающих тонких линзах. Поперечное увеличение оптических приборов. Оптические приборы: глаз, лупа, микроскоп, телескоп. Геометрическая оптика как предел волновой.

Основные фотометрические величины: поток света, сила света, яркость, светимость, освещенность, интенсивность света. Спектральная чувствительность глаза.

2. Волновая оптика

Электромагнитная природа света. Поперечность электромагнитных волн. Поляризация, виды поляризации световой волны. Поляризаторы. Закон Малюса. Интерференция света, Двухлучевая и многолучевая интерференция. Когерентность. Оптическая разность хода. Методы получения и расчета интерференционной картины. Классические интерференционные опыты. Интерферометры. Дифракция. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля. Дифракция Френеля на круглых отверстиях и препятствиях. Зоны Френеля. Дифракция Фраунгофера. Дифракционные решетки. Расчет дифракционной картины света на решетке. Дифракция рентгеновских лучей. Спектральные приборы, основные характеристики спектральных приборов. Голография: запись и восстановление изображения.

3. Излучение света

Классическая физическая модель излучения света. Естественная ширина спектральной линии. Формы спектральной линии. Уширение спектральных линий. Законы Кирхгофа для теплового излучения. Спектральная плотность излучения. Понятие абсолютно черного тела и законы его излучения. Квантовая физическая модель излучения света. Формула Планка для излучения абсолютно черного тела. Спонтанное и вынужденное излучение света атомами.

4. Квантовая оптика

Фотоны. Фотоэффект, законы фотоэффекта. Формула Эйнштейна для фотоэффекта. Эффект Комптона и его объяснение. Источники когерентного излучения – лазеры. Активная среда. Понятие об отрицательной температуре. Лазер и его принципиальное устройство. Применение лазеров.

5. Распространение света в различных средах

Отражение света от границы раздела двух изотропных сред: теория Френеля, угол Брюстера. Полное внутреннее отражение. Световоды. Дисперсия света. Электронная теория дисперсии света. Фазовая и групповая скорости света. Закон Бугера. Рассеяние света, рэлеевское рассеяние света. Распространение света в анизотропных средах. Оптические оси. Двойное лучепреломление и его применение. Оптически активные среды, эффект Фарадея в магнитных средах. Нелинейные среды. Эффекты в распространении света в нелинейных средах.

1.5 Атомная физика и квантовая механика

1. Краткая история возникновения и развития квантовых представлений. Излучение абсолютно черного тела. Квантовая гипотеза Планка. Кванты света. Фотоэффект. Постоянная Планка. опыты Резерфорда. Классические представления о строении атома, их несостоятельность. Атом водорода по Бору. Пространственное квантование и опыты Штерна-Герлаха. Корпускулярно-волновой дуализм. Волны де-Бройля. Эффект Комптона. опыты Дэвиссона и Джермера. Невозможность классического описания движения микрочастиц. Принцип неопределенности Гейзенберга, его эвристическая ценность.

2. Основные постулаты и принципы квантовой механики. Наблюдаемые величины и состояния. Волновая функция, ее статистическая интерпретация. Принцип суперпозиции. Матричная механика Гейзенберга. Операторы в квантовой механике. Понятие измерения. Среднее значение физической величины.

3. Эволюция состояний квантовых систем. Уравнение Шредингера, его стационарные решения. Свойства стационарных состояний. Плотность вероятности, плотность потока вероятности. Симметрия и законы сохранения в квантовой механике.

4. Простейшие и точно решаемые задачи квантовой механики. Одномерное движение. Туннелирование. Гармонический осциллятор. Движение частицы в центральном поле. Пространственный ротатор. Нерелятивистская теория атома водорода.

5. Теория возмущений. Стационарная теория возмущений. невырожденный уровень. вырожденный уровень. Квантовые переходы, вероятность перехода. «Золотое» правило Ферми. Закон сохранения энергии и соотношение неопределенностей энергия–время.

6. Взаимодействие квантовой системы с электромагнитным полем. Правила отбора для электродипольного излучения и поглощения. Рентгено-электронная спектроскопия. Резонансные методы исследования веществ (ЭПР, ЯМР и др.).

7. Системы тождественных частиц. Спин. Спиновые волновые функции. Уравнение Паули. Тождественные частицы в квантовой механике. Принцип Паули. Перестановочная

симметрия волновых функций. Бозоны и фермионы. Атом гелия. Строение многоэлектронных атомов. Электронные конфигурации. Периодическая система химических элементов. Термы. Правило Хунда. Проявление спин-орбитального взаимодействия. Мультиплетное расщепление термов. Молекула водорода, возникновение химической связи. Перекрывание атомных орбиталей, ковалентность. Связывающие и антисвязывающие молекулярные орбитали. Обменное взаимодействие. Энергетический спектр и волновые функции электрона в идеальном кристалле. Энергетические зоны. Металлы, диэлектрики, полупроводники.

8. Физика ядра и элементарных частиц. Радиоактивность. Альфа-распад ядер. Элементарная теория Гамова для альфа-распада. Бета-распад ядер. Элементарная теория Ферми для бета-распада. Энергия связи ядра. Формула Вайцекера для энергии связи и ее обоснование. Элементарные и составные частицы. Частицы (мезоны, барионы, кварки, лептоны) - источники полей. Кварки.

Раздел 2 АСТРОНОМИЯ

2.1 Общая астрономия и астрометрия. Системы сферических координат. Явления прецессии, нутации, абберации и рефракции. Измерение времени. Временные шкалы. Оптическая, радио, космическая астрометрия. Неравномерность вращения Земли вокруг оси. Движение полюсов. Геодинамика. Звездные каталоги. Собственные движения и параллаксы. Астрономические постоянные. Системы астрономических постоянных.

2.2 Небесная механика. Задача двух тел: дифференциальные уравнения движения в различных системах отсчета; первые интегралы. Разложения по степеням эксцентриситета в задаче двух тел. Разложения в ряды Фурье в задаче двух тел. Вычисление эфемерид в рамках задачи двух тел. Определение орбиты в задаче двух тел: по начальным условиям, по граничным условиям, по трем наблюдениям — метод Гаусса, по трем наблюдениям — Лапласа. Задача N тел. Ограниченная задача трех тел. Задача о движении ИСЗ. Оскулирующие элементы. Уравнения Эйлера и Лагранжа. Пертурбационная функция и ее разложение. Теория вековых возмущений Лапласа–Лагранжа. Улучшение орбит.

2.3 Общая астрофизика. Звезды. Шкалы звездных величин. Светимости и абсолютные величины звезд. Показатель цвета звезды. Температуры звезд. Классификация звездных спектров. Диаграмма «спектр — светимость». Фотометрические системы. Поглощение света в Галактике. Представление о звездной эволюции.

2.4 Галактическая астрономия. Галактика. Общая структура Галактики. Звездные подсистемы. Звездные скопления и ассоциации. Звездообразование и его спусковые механизмы. Звездный состав Галактики. Функции светимости и функции масс Галактики и звездных скоплений. Звездная кинематика. Локальная скорость Солнца. Вращение Галактики.

2.5 Звездная динамика. Основные понятия звездной динамики. Виды равновесия звездных систем. Основное уравнение звездной динамики. Теоремы Джинса и Лиувилля. Интегралы основного уравнения для типичных случаев. Эргодическая гипотеза. Действие иррегулярных сил в звездных системах. Формула Джинса. Кумулятивный эффект. Время релаксации («столкновительной»). Потенциальная энергия звездных систем. Теорема вириала. Локальная динамическая задача. Условие устойчивости звездных скоплений в поле Галактики. Приливный радиус стабильности скопления. Гросс-динамическая (ГсД) эволюция моделей изолированных звездных скоплений вследствие диссипации звезд. ГсД-эволюция рассеянных звездных скоплений в поле Галактики. Элементы гросс-динамики нестационарных в регулярном поле звездных скоплений. Инварианты бурной релаксации звездных систем. Наиболее вероятное по D.Lynden-Bell состояние звездной системы после бурной релаксации.

2.6 Строение и эволюция звезд. Механическое равновесия звезд и его устойчивость. Лучистый перенос энергии в звездах. Конвективный перенос энергии в звездах. Характер ядерных реакций в звездах. Скорость ядерного энерговыделения в звездах. Законы сохранения энергии в звездах. Белые карлики, уравнение состояния, предел Чандрасекхара. Теория остывания белых карликов.

2.7 Теоретическая астрофизика. Теория фотосферы: перенос излучения, лучистое равновесие, строение фотосфер. Коэффициент непрерывного поглощения. Линии поглощения. Методы решения уравнений переноса. Механизмы формирования непрерывного спектра звезд и межзвездного газа. Методы решения уравнений переноса излучения в нестационарном случае. Линейчатый спектр атомов и молекул. Формирование наблюдаемых профилей спектров линий. Методы решения уравнений переноса излучения в линиях.

2.8 Физика межзвездной среды. Межзвездная среда. Состав. Фазы межзвездной среды. Распределение газа в Галактике. Образование звезд в молекулярных облаках. Фрагментация молекулярных облаков. Роль тепловых процессов, турбулентности и магнитного поля. Механизмы звездообразования. Вспышки звездообразования. Связь процессов звездообразования и структуры галактик.

3. Вопросы для вступительного испытания

ФИЗИКА

Механика

1. Кинематика прямолинейного движения материальной точки.
2. Кинематика криволинейного движения материальной точки. Нормальное и тангенциальное ускорения. Вращательное движение материальной точки. Угловая скорость и угловое ускорение.

3. Кинематика твердого тела. Число степеней свободы. Связи. Абсолютно твердое тело. Поступательное, вращательное и плоское движение твердого тела.
4. Сила, масса, импульс, работа и энергия в механике Ньютона.
5. Инерциальные системы отсчета. Законы динамики Ньютона.
6. Момент импульса и момент силы. Уравнение моментов для материальной точки и системы материальных точек. Тензор инерции.
7. Законы сохранения и их роль в физике. Законы сохранения импульса, момента импульса и полной механической энергии. Симметрия пространства-времени и законы сохранения.
8. Преобразования Галилея. Принцип относительности Галилея.
9. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца для координат и времени. Следствия из преобразований Лоренца (относительность одновременности и принцип причинности, сокращение расстояний и замедление хода движущихся часов). Пространственно-временной интервал. Сложение скоростей в специальной теории относительности. Эквивалентность массы и энергии.
10. Затухающие колебания. Декремент затухания. Вынужденные колебания. Резонанс.
11. Малые колебания. Гармонический осциллятор. Уравнение движения линейного гармонического осциллятора. Уравнение гармонических колебаний. Фазовый портрет гармонического осциллятора. Энергия колебаний.
12. Волны в упругих средах. Продольные и поперечные волны. Частота, длина волны, закон дисперсии, скорость, поляризация. Волновые пакеты. Фазовая и групповая скорости. Элементы акустики. Плоские и сферические волны
13. Принцип наименьшего действия. Функция Лагранжа. Уравнения движения в форме Лагранжа. Функция Гамильтона. Уравнения движения в форме Гамильтона.

Молекулярная физика и термодинамика

1. Внутренняя энергия, теплота и работа. Первое начало термодинамики.
2. Изопроцессы и газовые законы на примере идеального газа и газа Ван дер Ваальса. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам в идеальном газе.
3. Циклические процессы, тепловая и холодильная машины. Обратимые и необратимые процессы Второе начало термодинамики.
- 4.Энтропия. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов.
5. Третье начало термодинамики (тепловая теорема Нернста).
6. Внутренняя энергия, свободная энергия, потенциал Гиббса, энтальпия. Термодинамические потенциалы для систем с переменной массой. Химический потенциал.
7. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы. Условия устойчивости равновесия однофазной системы. Принцип Ле Шателье.
8. Фазовые переходы первого рода. Поведение термодинамических величин при фазовых переходах первого рода. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Плавление. Сублимация. Испарение и кипение, давление насыщенного пара.
9. Краевой угол. Смачивание. Капиллярные явления.
10. Метастабильные состояния. Тройная точка. Критическая точка. Правило фаз Гиббса.
11. Фазовые переходы второго рода. Поведение физических величин при фазовых переходах второго рода.
12. Фазовое пространство. Ансамбль Гиббса (статистический ансамбль). N-частичная функция распределения. Теорема Лиувилля.
13. Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса.

14. Распределение Максвелла-Больцмана.
15. Большое каноническое распределение Гиббса.
16. Квантовая статистика. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Общие свойства ферми-газов и бозе-газов.
17. Распределение вероятностей флуктуаций (распределение Гаусса). Флуктуации в идеальном газе.
18. Кинетическое уравнение Больцмана для разреженного газа.
19. Диффузия. Законы диффузии Фика.
20. Механизмы внутреннего трения (вязкости) в газах, жидкостях, твердых телах.
21. Механизмы теплопроводности в газах, жидкостях, твердых телах.
22. Электропроводность. Формула Друде-Лоренца для электропроводности.

Электричество и магнетизм

1. Электрический заряд и его свойства. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.
2. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Теорема Гаусса.
3. Потенциальность электрического поля неподвижных зарядов. Потенциал поля точечного заряда. Потенциал системы зарядов.
4. Электрический ток. Магнитное поле тока. Закон Био-Савара-Лапласа.
5. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца.
6. Электрическое сопротивление. Проводники. Закон Ома для участка цепи.
7. Конденсатор в цепи переменного тока. Сопротивление конденсатора переменному току (емкостное сопротивление).
8. Индуктивность в цепи переменного тока. Индуктивное сопротивление.
9. Электрические цепи. Правила Кирхгофа для постоянных и переменных токов.
10. Сопротивление цепи переменному току. Мощность переменного тока.
11. Плоские монохроматические электромагнитные волны и их основные свойства (частота и волновое число, связь частоты с волновым числом (закон дисперсии), скорость распространения, ориентация полей). Поперечность электромагнитных волн.
12. Движение заряда в электрическом поле. Движение заряда в магнитном поле. Сила Лоренца.
13. Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле (сила Ампера).
14. Магнитный момент замкнутого тока. Взаимодействие магнитного момента с полем.
15. Макроскопические электромагнитные поля в средах. Уравнения Максвелла. Материальные уравнения.
16. Диэлектрики. Связанные заряды. Поляризация диэлектриков в электрическом поле. Вектор поляризации.
17. Электрическая восприимчивость (поляризуемость). Полярные и неполярные диэлектрики. Особенности их поведения в постоянных и переменных полях.
18. Магнитные свойства вещества. Вектор намагниченности. Молекулярные токи. Диа-, пара- и ферромагнетики.
19. Природа диамагнетизма. Теорема Лармора. Диамагнетизм Ландау.
20. Природа пара- и ферромагнетизма.
21. Сверхпроводимость. Электрические и магнитные свойства сверхпроводников. Высокотемпературная сверхпроводимость.

Оптика

1. Законы геометрической оптики. Построение изображений в собирающих и рассеивающих тонких линзах.
2. Основные фотометрические величины: поток света, сила света, яркость, светимость, освещенность, интенсивность света.
3. Электромагнитная природа света. Поляризация, виды поляризации световой волны. Поляризаторы.
4. Интерференция света, Двухлучевая и многолучевая интерференция. Когерентность.
5. Дифракция. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля. Дифракция Френеля на круглых отверстиях и препятствиях. Зоны Френеля.
6. Спектральные приборы. Характеристики спектральных приборов. Дифракционная решетка и интерферометр Фабри-Перо. Спектроскопия.
7. Дифракция света на многомерных структурах. Дифракция рентгеновских лучей.
8. Классическая физическая модель излучения света. Естественная ширина спектральной линии. Формы спектральной линии. Уширение спектральных линий.
9. Законы Кирхгофа для теплового излучения. Абсолютно черное тело и законы его излучения. Спектральная плотность излучения.
9. Квантовая физическая модель излучения света. Формула Планка для излучения абсолютно черного тела. Спонтанное и вынужденное излучение света атомами.
10. Фотоэффект, законы фотоэффекта. Формула Эйнштейна для фотоэффекта.
11. Эффект Комптона и его объяснение.
12. Источники когерентного излучения – лазеры. Активная среда. Понятие об отрицательной температуре. Лазеры и нелинейная оптика.
13. Отражение света от границы раздела двух изотропных сред: теория Френеля, угол Брюстера.
14. Анизотропные среды. Распространение света в анизотропной среде. Уравнение Френеля. Двухлучепреломление. Применение явления двухлучепреломления. Оптическая активность.
14. Дисперсия света. Электронная теория дисперсии света. Нормальная и аномальная дисперсия. Поглощение света.
15. Рассеяние света, рэлеевское рассеяние света.

Физика атома и квантовая механика.

1. Излучение абсолютно черного тела. Квантовая гипотеза Планка. Кванты света. Постоянная Планка.
2. Классические представления о строении атома, их несостоятельность. Атом водорода по Бору.
3. Корпускулярно-волновой дуализм. Волны де-Бройля.
4. Принцип неопределенности Гейзенберга, его эвристическая ценность.
5. Волновая функция, ее статистическая интерпретация. Принцип суперпозиции.
6. Матричная механика Гейзенберга. Операторы в квантовой механике. Понятие измерения. Среднее значение физической величины.
7. Уравнение Шредингера, его стационарные решения. Свойства стационарных состояний.
8. Симметрия и законы сохранения в квантовой механике.
9. Гармонический осциллятор.

10. Движение частицы в центральном поле. Пространственный ротатор.
11. Нерелятивистская теория атома водорода.
12. Стационарная теория возмущений. Невырожденный уровень. Вырожденный уровень.
13. Квантовые переходы, вероятность перехода. «Золотое» правило Ферми.
14. Закон сохранения энергии и соотношение неопределенностей энергия–время.
15. Правила отбора для электродипольного излучения и поглощения. Рентгено-электронная спектроскопия.
16. Резонансные методы исследования веществ (ЭПР, ЯМР и др.).
17. Проблема тождественных частиц в квантовой механике. Принцип Паули. Перестановочная симметрия волновых функций.
18. Атом гелия. Строение многоэлектронных атомов.
19. Электронные конфигурации. Периодическая система химических элементов. Термы.
20. Молекула водорода, возникновение химической связи. Перекрытие атомных орбиталей, ковалентность.
21. Энергетический спектр и волновые функции электрона в идеальном кристалле. Энергетические зоны.
22. Явление радиоактивности.
23. Альфа- распад ядер. Элементарная теория Гамова для альфа-распада.
24. Бета-распад ядер. Элементарная теория Ферми для бета-распада.
25. Энергия связи ядра. Формула Вайцекера для энергии связи и ее обоснование.
26. Элементарные и составные частицы. Частицы (мезоны, барионы, кварки, лептоны) - источники полей.
27. Спин электрона. Уравнение Паули. Спиновая волновая функция. Спиноры.

АСТРОНОМИЯ

1. Системы сферических координат.
2. Явления прецессии, нутации, абберации и рефракции.
3. Измерение времени. Временные шкалы.
4. Оптическая, радио, космическая астрометрия.
5. Неравномерность вращения Земли вокруг оси. Движение полюсов. Геодинамика.
6. Звездные каталоги. Собственные движения и параллаксы.
7. Астрономические постоянные. Системы астрономических постоянных.
8. Задача двух тел: дифференциальные уравнения движения в различных системах отсчета; первые интегралы.
9. Разложения по степеням эксцентриситета в задаче двух тел.
10. Разложения в ряды Фурье в задаче двух тел.
11. Вычисление эфемерид в рамках задачи двух тел.
12. Определение орбиты в задаче двух тел: по начальным условиям.
13. Определение орбиты в задаче двух тел: по граничным условиям.
14. Определение орбиты в задаче двух тел: по трем наблюдениям — метод Гаусса.
15. Определение орбиты в задаче двух тел: по трем наблюдениям — Лапласа.
16. Задача N тел.
17. Ограниченная задача трех тел.
18. Задача о движении ИСЗ.
19. Оскулирующие элементы.

20. Уравнения Эйлера и Лагранжа.
21. Пертурбационная функция и ее разложение.
22. Теория вековых возмущений Лапласа–Лагранжа.
23. Улучшение орбит.
24. Шкалы звездных величин.
25. Светимости и абсолютные величины звезд.
26. Показатель цвета звезды.
27. Температуры звезд.
28. Классификация звездных спектров.
29. Диаграмма «спектр — светимость».
30. Фотометрические системы.
31. Поглощение света в Галактике.
32. Представление о звездной эволюции.
33. Общая структура Галактики.
34. Звездные подсистемы.
35. Звездные скопления и ассоциации.
36. Звездообразование и его спусковые механизмы.
37. Звездный состав Галактики.
38. Функции светимости и функции масс Галактики и звездных скоплений.
39. Звездная кинематика. Локальная скорость Солнца. Вращение Галактики.
40. Основные понятия звездной динамики.
41. Виды равновесия звездных систем.
42. Основное уравнение звездной динамики.
43. Теоремы Джинса и Лиувилля.
44. Интегралы основного уравнения для типичных случаев.
45. Эргодическая гипотеза.
46. Действие иррегулярных сил в звездных системах.
47. Формула Джинса. Кумулятивный эффект.
48. Время релаксации («столкновительной»).
49. Потенциальная энергия звездных систем.
50. Теорема вириала.
51. Локальная динамическая задача.
52. Условие устойчивости звездных скоплений в поле Галактики.
53. Приливный радиус стабильности скопления.
54. Гросс-динамическая эволюция моделей изолированных звездных скоплений вследствие диссипации звезд.
55. Гросс-динамическая эволюция рассеянных звездных скоплений в поле Галактики.
56. Элементы гросс-динамики нестационарных в регулярном поле звездных скоплений.
57. Инварианты бурной релаксации звездных систем.
58. Наиболее вероятное по D.Lynden-Bell состояние звездной системы после бурной релаксации.
59. Механическое равновесия звезд и его устойчивость.
60. Лучистый перенос энергии в звездах.
61. Конвективный перенос энергии в звездах.
62. Характер ядерных реакций в звездах.
63. Скорость ядерного энерговыделения в звездах.
64. Законы сохранения энергии в звездах.
65. Белые карлики, уравнение состояния, предел Чандрасекхара.
66. Теория остывания белых карликов.

67. Теория фотосферы: перенос излучения, лучистое равновесие, строение фотосфер.
68. Коэффициент непрерывного поглощения. Линии поглощения.
69. Методы решения уравнений переноса.
70. Механизмы формирования непрерывного спектра звезд и межзвездного газа.
71. Методы решения уравнений переноса излучения в нестационарном случае.
72. Линейчатый спектр атомов и молекул.
73. Формирование наблюдаемых профилей спектров линий.
74. Методы решения уравнений переноса излучения в линиях.
75. Межзвездная среда. Состав. Фазы межзвездной среды.
76. Распределение газа в Галактике.
77. Образование звезд в молекулярных облаках.
78. Фрагментация молекулярных облаков.
79. Роль тепловых процессов, турбулентности и магнитного поля.
80. Механизмы звездообразования.
81. Вспышки звездообразования.
82. Связь процессов звездообразования и структуры галактик.

4. ЛИТЕРАТУРА

Физика

Основная литература

1. Сивухин Д.В. “Общий курс физики. Механика“, Т.1, М., Физматлит, 2014.
2. Сивухин Д.В. “Общий курс физики. Термодинамика и молекулярная физика“, Т.2, М., “Физматлит”, 2014.
3. Сивухин Д.В. “Общий курс физики. Электричество“, Т.3, М., Физматлит, 2009.
4. Сивухин Д.В. “Общий курс физики. Оптика“, Т.4, М., Физматлит, 2013.
5. Сивухин Д.В. “Общий курс физики. Атомная и ядерная физика“, Т.5, М., Физматлит, 2011.

Дополнительная литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. “Механика”, Т. 1, М., Физматлит, 2012.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. “Теория поля”, Т. 2, М., Физматлит, 2001.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. “Квантовая механика”, Т.3, М., Физматлит, 2008.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. “Электродинамика сплошных сред”, Т.8, М., Физматлит, 2005.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., “Статистическая физика. Ч.1”, Т5, М., Физматлит, 2013.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Питаевский. Л.П., “Статистическая физика. Ч.2”, Т9, М., Физматлит, 2001.
7. Д.И. Блохинцев. Основы квантовой механики. СПб, Лань, 2004.

Астрономия

Основная литература

1. Бисноватый-Коган Г. С. Релятивистская астрофизика и физическая космология: / Г. С. Бисноватый-Коган. - М.: [КРАСАНД, 2011]. 362, [1] с., [4] л. цв. ил.
2. Конникова В. К. Практическая радиоастрономия: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 010702 - Астрономия / В. К. Конникова, Е. Е. Лехт, Н. А. Силантьев ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Гос. астрон. ин-т им. П. К. Штернберга. - Москва: Издательство Московского университета, 2011. - 304 с.
3. Локтин А. В. Лекции по звездной астрономии: учебно-научная монография / А. В. Локтин, В. А. Марсаков. - [Ростов-на-Дону: ЮФУ], 2009. 280 с.

Дополнительная литература

1. Астрономия: век XXI: / ред.-сост. В. Г. Сурдин. - Фрязино: Век 2, 2008. 605 с.
2. Жаров В. Е. Сферическая астрономия: учебник для вузов / В. Е. Жаров. - Фрязино: ВЕК 2, 2006. 478 с.
3. Ковалевский Ж. Современная астрометрия: / Ж. Ковалевский. - Фрязино: Век 2, 2004. 480 с.
4. Небесная механика: / . - [Б. м.]: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", [2005]. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM)
5. Засов А. В. Общая астрофизика: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям: 010701 - Физика, 010702 - Астрономия / А. В. Засов, К. А. Постнов ; МГУ, Физ. фак., Гос. астрон. ин-т им. П. К. Штернберга. - Фрязино: Век 2, 2006. - 496 с.: ил.; 22 см. - Библиогр.: с. 485-486 (16 назв.). - Предм. указ.: с. 487-493.
6. Чернин А. Д. Звезды и физика / А. Д. Чернин. - Изд. 2-е, испр. и доп. - М.: УРСС, 2004. - 176 с.
7. Шварцшильд М. Строение и эволюция звезд / М. Шварцшильд ; пер. с англ. Э. В. Кононовича под ред. А. Г. Масевич. - Изд. 2-е, доп. - М.: УРСС, 2004. - 436 с.
8. Данилов В. М. Структурно-динамические характеристики рассеянных звездных скоплений: Учеб. пособие для вузов / В. М. Данилов. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2004. 56 с.
9. Миронов А. В. Основы астрофотометрии. Практические основы фотометрии и спектрофотометрии звезд: / А. В. Миронов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 258 с.
10. Кинг А.Р. Введение в классическую звездную динамику. М.: УРСС, 2002.
11. Песин Я. Б., Теория размерности и динамические системы: современный взгляд и приложения. М.; Ижевск, 2002
12. Order and chaos in stellar and planetary systems. Astron. Society of the Pacific Conf. Series. V.316, 2003. Proceed. of a meeting held in Saint Petersburg, Russia 17-24 August 2003 (ed. G.G. Byrd, K.V. Kholshevnikov, A.M. Myllari, I.I. Nikiforov) .
13. Wilson T.L., Rohlf K., Huttemeister S. Tools of radio astronomy. Springer, 2009. 520 p.
14. Thompson A.R., Moran J.M., Swenson G.W. Jr. Interferometry and synthesis in radio astronomy. Wiley, 2001. 712 p.
15. Р. Л. Сороченко, М. А. Гордон. Рекомбинационные радиолнии. М., 2003.
16. Bisnovatyı-Kogan G.S. Stellar physics 2: Stellar evolution and stability. Springer, 2011. 514 p.
17. Salaris M., Cassisi S. Evolution of stars and stellar populations. Wiley, 2006. 386 p.

5. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру по направлению подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру по данному направлению производится по пятибалльной шкале и выставляется согласно критериям, приведенным в таблице.

Критерии оценки ответов претендентов при поступлении в аспирантуру

Оценка	Критерии
Отлично	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. 2. Демонстрируются глубокие знания по дисциплине. 3. Делаются обоснованные выводы. 4. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.
Хорошо	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. 2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. 3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия. 4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.
Удовлетворительно	<ol style="list-style-type: none"> 1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе. 2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплины. 3. Имеются затруднения с выводами. 4. Определения и понятия даны не чётко.
Неудовлетворительно	<ol style="list-style-type: none"> 1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определённой системы знаний по дисциплине. 2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии. 3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.

Программу вступительного испытания в аспирантуру по направлению подготовки 03.06.01 – «Физика и астрономия» разработали:

Зав. кафедрой общей и молекулярной физики,

Профессор, д.ф.-м.н.



Черняк В.Г.

Зав. кафедрой астрономии и геодезии,

Профессор, д.ф.-м.н.



Кузнецов Э.Д.

Зав. кафедрой физики,

Профессор, д.ф.-м.н.



Говзнер А.А.

Профессор кафедры экспериментальной физики,

Профессор, д.ф.-м.н.



Пустоваров В.А.



Лист согласования

Директор департамента
Фундаментальной и прикладной физики ИЕН _____ (Колчанова С.Г.)
(название института)  (подпись)

Директор ФТИ _____ (Иванов В.Ю.)
(название института)  (подпись)

Директор ИнФО _____ (Хлебников Н.А.)
(название института)  (подпись)