

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
физический факультет

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана физического факультета

Земляков В.В.

«29» марта 2016 г.



**Программа вступительного экзамена в аспирантуру  
по специальной дисциплине**

Направление подготовки

**03.06.01 Физика и астрономия**

Направленности (профили)

01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия

01.04.03 Радиофизика

01.04.07 Физика конденсированного состояния

Уровень высшего образования

**ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ**

Форма обучения

**очная**

Составители: д.ф.-м.н., проф. Мануилов М.Б., к.ф.-м.н., доц. Авакян Л.А.

Программа утверждена на заседании Ученого совета физического факультета  
Протокол № 3 от 29 марта 2016 г.

Ростов-на-Дону, 2016

## 1. Механика

1. Кинематика материальной точки.  
Система отсчета, радиус-вектор материальной точки. Векторы мгновенной скорости и ускорения. Нормальное, тангенциальное, полное ускорения. Вектор элементарного угла поворота, векторы мгновенной угловой скорости, углового ускорения. Прямая и обратная задачи кинематики. Преобразования Галилея для координат и скоростей. Принцип относительности Галилея.
2. Законы Ньютона. Изменение импульса материальной точки. Момент импульса материальной точки. Закон изменения и сохранения момента импульса. Теорема об изменении кинетической энергии материальной точки.
3. Динамика системы материальных точек.  
Закон сохранения и изменения импульса системы материальных точек. Центр масс. Теорема о движении центра масс системы частиц. Законы изменения и сохранения момента импульса системы материальных точек. Собственный, орбитальный, полный моменты импульса. Уравнение Мещерского. Консервативные силы. Связь консервативной силы с потенциальной энергией. Оператор набла. Фinitное и инфинитное движения. Закон сохранения механической энергии системы частиц. Кинетическая энергия системы частиц при плоском движении.
4. Динамика абсолютно твердого тела.  
Момент инерции тела относительно оси. Уравнение динамики вращательного движения твердого тела. Кинетическая энергия плоского движения твердого тела. Тензор инерции. Мгновенная ось вращения. Гироскоп. Угловая скорость прецессии.
5. Движение в неинерциальных системах отсчета. Силы инерции. Проявление сил инерции в системе отсчета, связанной с Землей. Принцип эквивалентности. Маятник Фуко
6. Колебания. Свободные колебания систем с одной степенью свободы. Математический и физический маятники. Уравнение гармонического осциллятора. Сложение гармонических колебаний. Биения. Затухающие колебания. Логарифмический декремент затухания. Добротность колебательной системы. Вынужденные колебания. Резонанс. Параметрический резонанс. Колебательные системы с двумя степенями свободы. Связанные маятники. Моды нормальных колебаний.
7. Деформации.  
Закон Гука. Модуль Юнга. Модуль сдвига. Коэффициент Пуассона. Энергия упругих деформаций.
8. Механика жидкостей и газов. Законы гидростатики.  
Стационарное течение жидкости. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости. Распределение скоростей в цилиндрическом потоке вязкой жидкости. Формула Пуазейля. Формула Стокса. Число Рейнольдса. Кавитация. Циркуляция потока. Подъемная сила. Эффект Магнуса.
9. Волны в сплошной среде.  
Уравнение плоской бегущей монохроматической волны. Фазовая и групповая скорости. Вектор Умова-Пойтинга. Стоячие волны. Эффект Доплера. Звуковые колебания в сплошной среде (струна, воздушный столб).

10. Основы специальной теории относительности. Преобразования Лоренца.  
Постулаты теории относительности. Преобразования Лоренца. Относительность одновременности. Длина движущегося тела. Темп хода движущихся часов. Собственное время. Сложение скоростей. Преобразования ускорения

## 2. Молекулярная физика

1. Термодинамический подход к описанию молекулярных явлений. Температура.  
Параметры состояния. Термодинамическая система. Изолированные термодинамические системы. Термодинамический процесс. Равновесный процесс. Круговой процесс. Термодинамическая шкала температур.
2. Первое начало термодинамики. Циклические процессы.  
Внутренняя энергия системы. Количество теплоты. Первое начало термодинамики. Работа газа при изменении объема.
3. Второе начало термодинамики.  
Тепловая машина. Коэффициент полезного действия тепловой машины. Второе начало термодинамики в формулировке Клаузиуса.
4. Энтропия термодинамической системы. Термодинамические потенциалы.  
Макросостояние и микросостояние. Статистический вес. Энтропия. Закон возрастания энтропии. Внутренняя энергия системы. Свободная энергия тела. Энтальпия.
5. Взаимодействие молекул. Идеальный газ. Основные газовые законы.  
Идеальный газ. Теплоемкость идеального газа. Уравнение Роберта Майера. Уравнение адиабаты идеального газа. Уравнение Пуассона. Политропические процессы. Работа газа при различных процессах.
6. Распределение молекул по скоростям. Идеальный газ во внешнем потенциальном поле.  
Функция распределения. Одномерная функция распределения молекул по скоростям. Объемная функция распределения молекул по скоростям. Функция распределения молекул по модулю скорости. Распределение Больцмана. Закон Максвелла-Больцмана.
7. Теория флуктуаций. Броуновское движение. Состояние. Вероятность состояния. Средняя квадратичная флуктуация.
8. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса.  
Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Внутренняя энергия реального газа.
9. Жидкости. Поверхностные явления.  
Поверхностное натяжение. Давление Лапласа. Смачивание и несмачивание.
10. Твердые тела. Кристаллы. Симметрия кристаллов. Классификация кристаллов. Типы кристаллических решеток.
11. Теплоемкость твердых тел. Модели Дебая и Эйнштейна.  
Статистическая сумма. Квантовая теория теплоемкостей Дебая и Эйнштейна.
12. Фазовые переходы первого и второго рода. Условия устойчивости и равновесия.  
Равновесие жидкости и насыщенного пара. Критическое состояние. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Тройная точка.

13. Явления переноса.  
Диффузия, теплопроводность, внутреннее трение.

### 3. Электродинамика и оптика

1. Электростатическое поле. Закон Кулона. Теорема Гаусса. Мультипольное разложение потенциала.  
Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции. Теорема Гаусса. Теорема о циркуляции. Потенциал. Разность потенциалов. Связь разности потенциалов и напряженности поля.
2. Статическое магнитное поле. Закон Био-Савара-Лапласа. Электромагнитная индукция.  
Вектор магнитной индукции. Закон Био-Савара-Лапласа. Теорема о циркуляции. Поток магнитной индукции через замкнутую поверхность. Электромагнитная индукция. Правило Ленца. Самоиндукция. Взаимная индукция.
3. Уравнения Максвелла в вакууме. Скалярный и векторный потенциалы.  
Ток смещения. Вихревое электрическое поле. Уравнения Максвелла в вакууме. Потенциалы электромагнитного поля.
4. Энергия электромагнитного поля. Вектор Умова-Пойнтинга.  
Связь электрического и магнитного полей в электромагнитной волне. Объемная плотность энергии электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга. Подсчет энергии электромагнитного поля.
5. Уравнения Максвелла в среде. Материальные уравнения. Комплексная диэлектрическая проницаемость и показатель преломления, их пространственная и временная дисперсия.  
Напряженность магнитного поля. Индукция электрического поля. Граничные условия для электрического и магнитного полей. Уравнения Максвелла в диэлектрической среде. Связь  $\vec{D}$  и  $\vec{E}$  в переменных полях в диэлектрике. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Классическая теория дисперсии. Аномальная дисперсия.
6. Диэлектрики, магнетики, проводники, сверхпроводники и их электромагнитные свойства.  
Поляризация диэлектриков. Диэлектрическая восприимчивость и проницаемость. Сегнетоэлектрики. Классификация магнетиков. Магнитные моменты электрона в атомах. Природа магнетизма. Закон Ома для участка цепи в интегральной и дифференциальной формах. Сверхпроводимость. Магнитные свойства сверхпроводников. Высокотемпературная сверхпроводимость.
7. Квазистационарное приближение. Скин-эффект.  
Переменный электрический ток. Условия квазистационарности. Получение переменного тока. Нагрузки в цепи переменного тока. Символический метод описания цепей переменного тока. Резонансы токов и напряжений. Мощность в цепи переменного тока. Скин-эффект.
8. Интерференция света. Временная и пространственная когерентность. Интерферометры.  
Когерентность колебаний. Когерентные колебания в оптике. Осуществление когерентных колебаний в оптике. Локализация интерференционных полос. Двухлучевые интерферометры. Интерферометр Фабри-Перо.

9. Дифракция света. Приближения Френеля и Фраунгофера. Спектральные приборы. Принцип Гюйгенса-Френеля для дифракции. Зоны Френеля. Зонная и фазовая пластинки. Линза как зонная пластинка. Дифракция на краю полуплоскости. Дифракция Фраунгофера. Дифракционная решетка. Современные дифракционные решетки. Основные характеристики спектральных приборов.
10. Излучение света атомами и молекулами. Ширина линии излучения. Спонтанные и вынужденные переходы. Лазеры. Спектр атома водорода. Спектры щелочных металлов. Ширина спектральной линии. Молекулярные спектры. Вынужденное излучение. Лазеры.
11. Дисперсия и поглощение света. Отражение и преломление света на границе двух сред. Рассеяние света. Формула Рэлея. Электронная теория дисперсии. Аномальная дисперсия. Поглощение света. Формула Френеля. Рассеяние света. Закон Рэлея.
12. Взаимодействие света и вещества. Законы фотоэффекта. Закон Стефана-Больцмана. Фотоэффект. Законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Тепловое излучение. Законы Стефана-Больцмана и Вина. Формула Рэлея-Джинса. Ультрафиолетовая катастрофа. Формула Планка.

#### **4. Атомная физика, физика атомного ядра**

1. Излучение черного тела. Приближения Рэлея-Джинса и Вина для спектральной плотности излучения черного тела. Формула Планка.
2. Спонтанные и вынужденные переходы атомов между стационарными состояниями. Полуклассическая теория Эйнштейна для излучения черного тела.
3. Атом водорода по Бору. Правила квантования орбит. Энергии уровней и радиусы стационарных орбит. Спектры излучения атома водорода.
4. Фотоэффект. Экспериментальные факты. Законы фотоэффекта. Теория фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна. Эффект Комптона.
5. Гипотеза де Бройля. Уравнение де Бройля. Опыты Девидсона и Джермера. Фазовая и групповая скорости волн де Бройля.
6. Уравнение Шредингера, его физический смысл и основные свойства. Стационарные состояния и их свойства.
7. Движение частицы в поле прямоугольного бесконечно протяженного потенциального барьера конечной высоты  $U_0$  при  $E > U_0$  и  $E < U_0$  где  $E$  – энергия частицы. Коэффициенты отражения и прохождения.
8. Прохождение частицы через прямоугольный потенциальный барьер. Коэффициент прохождения. Туннельный эффект.
9. Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим уровням атома.
10. Собственные функции операторов и их свойства. Одновременная измеримость физических величин. Соотношения неопределенности для координаты и импульса.

11. Спектр энергии и волновые функции атома водорода.
12. Оператор углового момента в квантовой механике. Операторы проекций момента и квадрата момента импульса. Коммутационные соотношения и их следствия. Собственные функции и значения оператора квадрата момента и проекции момента на ось Z.
13. Основные характеристики атомных ядер. Квантовые характеристики ядерных состояний.  
Массовое число и электрический заряд атомного ядра. Радиус ядра. Удельная энергия связи нуклона в ядре. Дефект масс. Энергетическая поверхность. Спин и магнитный момент ядра. Сверхтонкая структура. Четность. Изотопический спин. Однуклонная модель Шмидта.
14. Радиоактивность.  
Экспоненциальный закон радиоактивного распада. Альфа-распад. Механизм альфа-распада. Туннельный переход. Бета-распад. Три вида бета-распада. Понятие о теории бета-распада.
15. Принципы и методы ускорения заряженных частиц.  
Движение заряженных частиц в однородном электрическом и магнитном полях. Ускоритель Ван-де-Графа. Основные формулы релятивистской динамики. Принцип действия и устройство циклотрона. Принцип действия и устройство бетатрона.
16. Методы детектирования частиц.  
Газонаполненные детекторы и ионизационные камеры. Счетчик Гейгера-Мюллера. Сцинтилляционные счетчики. Камеры Вильсона. Черенковские счетчики. Фотографические методы регистрации частиц и излучений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Механика. Молекулярная физика. - М. 1986+.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. - М. 1988+.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра. - М. 1987+.
4. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. - М. 2003+.
5. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. - М. 1981+.
6. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. - М. 1983+.
7. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. - М. 1981+.
8. Матвеев А.Н. Оптика. - М. 1985+.
9. Матвеев А.Н. Атомная физика. - М. 1989+.
10. Сивухин Д.В. Общий курс физики. т. 1. Механика. т.2. Термодинамика и молекулярная физика. т.3. Электричество. т. 4. Оптика. т. 5-1. Атомная физика. т.5-2. Ядерная физика. -М. 1980+.
11. Кингсеп А. С, Л о к ш и н Г. Р., О л ь х о в О. А. Основы физики. Курс общей физики: Учебн. В 2 т. Т. 1. Механика, электричество и магнетизм, колебания и волны, волновая оптика / Под ред. А.С. Кингсеп. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.
12. Белонучкин В.Е., Заикин Д. А., Ципенюк Ю.М., Основы физики. Курс общей физики: Учебн. В 2 т. Т. 2. Квантовая и статистическая физика / Под ред. Ю.М. Ципенюка. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.

Пояснительная записка  
к программе вступительных испытаний по направлению  
подготовки в аспирантуре  
03.06.01 – физика и астрономия

Вступительное испытание по физике проходит в форме устного экзамена. Билеты содержат три вопроса из различных разделов программы вступительного экзамена. Поступающие получают билет и лист ответа, им дается время на подготовку (около часа). Затем поступающий устно отвечает по вопросам билета, а также по дополнительным вопросам.