

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований Российской академии наук
(ИКИ РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИКИ РАН

академик РАН Л. М. Зеленый

« 05 » июля 2017г.

ПРОГРАММА

вступительного экзамена в аспирантуру ИКИ РАН

по направлению подготовки 03.06.01 – «Физика и астрономия»

по научной специальности

01.03.03 – «ФИЗИКА СОЛНЦА»

УТВЕРЖДЕНО

на Ученом совете ИКИ РАН

« 04 » июля 2017г.

Протокол № 4

Москва – 2017

ПРОГРАММА
вступительного экзамена в аспирантуру ИКИ РАН
по научной специальности 01.03.03 – «Физика Солнца»

ОБЩАЯ ФИЗИКА

1. Механика

Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Законы Ньютона. Экспериментальные основы теории относительности. Принцип относительности Галилея и Эйнштейна. Четырехмерное пространство-время, интервал. Преобразования Лоренца. Преобразования скорости. Релятивистская кинематика. Эффект Доплера.

Законы сохранения как следствие однородности пространства-времени. Упругое рассеяние двух тел в системе центра масс. Движение в центрально-симметричном поле, кулоновское рассеяние (формула Резерфорда).

Течение идеальной жидкости. Уравнение непрерывности. Уравнение Бернулли. Вязкое течение жидкости. Потенциальное течение. Турбулентное и ламинарное течение. Разрывы и ударные волны. Соотношения Гюгонио. Скорость звука. Критерия подобия, числа Рейнольдса и Маха.

2. Электричество

Закон Кулона. Теорема Гаусса в интегральной и дифференциальной формах. Теорема о циркуляции электрического поля. Потенциал. Уравнение Пуассона. Электрическое поле в веществе. Поляризация и электрическая индукция. Граничные условия. Сегнето и пьезоэлектрики.

Магнитное поле постоянных токов в вакууме. Основные уравнения магнитостатики в вакууме. Граничные условия. Постоянное магнитное поле в веществе. Основные уравнения магнитостатики в веществе. Граничные условия.

Классическая электродинамика и границы ее применимости. Уравнения Максвелла для поля зарядов и токов в вакууме. Токи смещения и закон сохранения заряда. Относительность электрического и магнитного полей.

Энергия электромагнитного поля. Закон сохранения энергии в электродинамике (вектор и теорема Пойтинга).

Уравнения Максвелла в среде. Граничные условия. Энергия электромагнитного поля в среде.

Волновое уравнение. Волновой пакет, фазовая и групповая скорость.

Движение заряда в электромагнитном поле. Методы селекции частиц в ЭМ поле. Рассеяние электромагнитных волн свободными зарядами. Классическая теория дисперсии. Формула Рэлея.

Тормозное и синхротронное излучение. Эффект Вавилова-Черенкова.

3. Оптика

Интерференция линейных волн. Временная и пространственная когерентность. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Границы применимости геометрической оптики. Разрешающая способность оптических приборов.

Пространственное Фурье-преобразование. Дифракция на синусоидальных решетках. Принципы голографии.

Поляризация света. Угол Брюстера. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Брэгга-Вульфа. Высокочастотный предел показателя преломления.

4. Атомная физика

Экспериментальные основы квантовой механики. Волны де Бройля и волновые функции. Соотношения неопределенностей. Уравнение Шредингера. Туннельный эффект.

Спин, орбитальный и спиновый магнитные моменты. Уровни энергии водородоподобных атомов, тонкая и сверхтонкая структура. Рентгеновские линии, закон Мозли.

Симметричные и антисимметричные волновые функции. Принцип Паули, бозоны и фермионы. Периодическая система элементов Менделеева. Эффект Зеемана.

Квантовый осциллятор и ротатор, колебательные и вращательные уровни молекул.

5. Ядерная физика и физика элементарных частиц

Атомное ядро – радиус, масса, состав, энергия связи. Спектры альфа, бета и гамма излучения.

Ядерные реакции захвата, деления и синтеза. Резонансный характер ядерных реакций (захват нейтронов, эффект Мессбауэра). Оценки сечений ядерных реакций. Фундаментальные взаимодействия и их переносчики, законы сохранения. Лептоны и кварки. Кварковая структура адронов.

6. Термодинамика

Термодинамические системы и термодинамическое равновесие. Обратимые и необратимые процессы. Термодинамические параметры. Уравнение состояния. Первое начало. Теплоемкости. Второе начало. Энтропия и абсолютная температура. Равномерное распределение энергии по степеням свободы. Зависимость теплоемкости молекулярного газа от температуры.

Условия равновесия и устойчивости термодинамических фаз. Кривые равновесия. Фазовые переходы и уравнение Клайперона-Клаузиуса.

7. Статистика и кинетика

Элементарная ячейка фазового пространства. Число квантовых состояний и статистический вес. Энтропия. Химический потенциал.

Распределения Бозе и Ферми, переход к распределению Максвелла-Больцмана. Фотонный газ и законы излучения АЧТ. Давление и плотность энергии излучения АЧТ.

Конденсация Бозе-Эйнштейна.

Спонтанное и вынужденное излучение, коэффициенты Эйнштейна. Создание инверсной заселенности и принцип работы лазера.

Длина свободного пробега, коэффициенты переноса – диффузия, вязкость и теплопроводность. Броуновское движение. Подвижность. Флуктуации.

Колебания кристаллической решетки, фононы, температура Дебая. Теплоемкость и теплопроводность твердого тела в при низких температурах.

Вырожденный Ферми газ, энергия Ферми. Вклад электронов в теплоемкость и теплопроводность металлов.

Проводник, полупроводник и изолятор в зонной теории. Эффективная масса переносчиков заряда. Электропроводность металлов и полупроводников.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сивухин Д.В., Общий курс физики, 3-е изд., т. 1-5. М.:«Наука», 1989-2002.
2. Основы физики, под редакцией Ю.М. Ципенюка, т. 1-2. М.:«Физматлит», 2001.
3. Ландау Л.Д. и Лифшиц Е.М. Краткий курс теоретической физики, т. 1-2. М.:«Наука», 1969.
4. Ленг К. Астрофизические формулы, т. 1-2, М.:«Мир», 1978.
5. Капитонов И.М. Введение в физику ядра и частиц. М.: Едиториал УРСС, 2010.
6. Мурзин В.С. Введение в физику космических лучей. М.: МГУ, 1988.
7. Мурзин В.С. Астрофизика космических лучей, М.: МГУ, 2007.

I. ФИЗИКА ПЛАЗМЫ

1. Плазма без магнитного поля

Потенциал точечного заряда в плазме. Плазменный конденсатор. Сферический зонд в плазме. Двойной слой Ленгмюра.

Классификация видов плазмы. Степень ионизации. Формула Саха. Столкновения частиц в плазме. Энергия электростатического взаимодействия. Потери энергии частицей в плазме, время максвеллизации. Явления переноса в плазме.

Плазма в высокочастотном поле. Проникновение электромагнитной волны в плазму. Трансформация в плазменные колебания. Излучение плазмы.

Кинетическое уравнение для плазмы. Гидродинамическое описание плазмы.

Ионно-звуковые колебания в плазме. Кинетическая теория волн в плазме. ленгмюровские колебания. Пучковая неустойчивость. Квазилинейная теория колебаний плазмы. Параметрические неустойчивости плазмы

2. Плазма в магнитном поле

Движение частиц в магнитном поле. Виды дрейфов. Циклотронный резонанс и нагрев. Диамагнетизм плазмы. Адиабатические инварианты. Точность сохранения. Магнитные ловушки.

Магнитная гидродинамика. Равновесие плазмы в магнитном поле. Понятие замороженности и магнитного числа Рейнольдса. Уравнения анизотропной гидродинамики.

Ветви колебаний плазмы в магнитном поле в рамках одножидкостной МГД. Альфвеновская, быстрая и медленная магнитозвуковые волны.

Тензор диэлектрической проницаемости и дисперсионные уравнения для холодной плазмы, помещенной в магнитное поле.

Фарадеевское вращение плоскости поляризации для электромагнитных и альфвеновских волн.

Неустойчивости плазмы в магнитном поле: дрейфовая, Рэлея-Тейлора, Кельвина-Гельмгольца, шланговая.

Аномальные вязкость, сопротивление, диффузия. Двойные слои в плазме.

Бесстолкновительные ударные волны и солитоны.

Нейтральные слои и разрывные неустойчивости.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кролл Н, Трайвелпис А. Основы физики плазмы. М.: «Мир», 1975.
2. Франк-Каменецкий Д.А. Лекции по физике плазмы. 3-е изд. Долгопрудный интеллект, 2008, 279 с.
3. Арцимович Л.А., Сагдеев, Р.З. Физика плазмы для физиков. М.: Атомиздат, 1979.
4. Кадомцев Б.В. Коллективные явления в плазме. М.: Наука, 1988.
5. Чен Ф. Введение в физику плазмы. М.: Мир, 1987.
6. Кингсеп А.С. Введение в нелинейную физику плазмы. М.: МФТИ, 1996.
7. Ахиезер А.И. и др. Электродинамика плазмы. М.: Наука, 1974.

8. Основы физики плазмы, под ред. А.А.Галеева. М.: Энергоатомиздат, Т.1 –1983, Т.2 – 1984.
9. Александров А.Ф. и др. Колебания и волны в плазменных средах. М.: МГУ, 1990.
10. Ишимару С. Основные принципы физики плазмы. М.: Атомиздат, 1975.
11. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Теоретическая физика т. 10 Физическая кинетика. Изд. 2-е, исп., М.: Наука, 2007.
12. Пикелнер С.Б. Основы космической электродинамики. М.: Наука, 1966.
13. Ф. Клемоу Ф., Доэрти Дж. Электродинамика частиц и плазмы. М. Мир, 1996.
14. Трубников Б.А. Теория плазмы. М.: Энергоатомиздат, 1996.

II. ФИЗИКА СОЛНЦА И ГЕЛИОСФЕРЫ

1. Солнце

Термоядерные реакции на Солнце. Термоядерные циклы. Современные эксперименты по регистрации нейтрино.

Строение Солнца. Зона энерговыделения, зона лучистого переноса, конвективная зона, хромосфера, фотосфера, корона. Потемнение диска Солнца к краю. Спектр и поляризация излучения короны. Гелиосейсмология. Солнечная постоянная.

2. Солнечная активность

Общее магнитное поле. 11 и 22 летние циклы. Спектр излучения Солнца в спокойные и активные периоды. Активные образования на Солнце. Солнечные вспышки. Энергетика солнечных вспышек. Радио, рентгеновское и гамма излучение солнечных вспышек. Солнечные космические лучи.

3. Солнечный ветер и гелиосфера.

Формирование солнечного ветра. Граница гелиосферы. Спокойный и высокоскоростной солнечный ветер. Спираль Паркера. Корональные дыры и корональные выбросы массы, корототирующие потоки. Долговременная и кратковременная модуляция галактических космических лучей, распространение солнечных космических лучей.

4. Магнитосферы.

Взаимодействие планетного магнитного поля с солнечным ветром. Структура магнитосферы. Магнитное поле Земли. Радиационные пояса Земли. Динамика магнитосферы Земли. Магнитные бури. Полярные сияния. Понятие об особенностях магнитосфер планет.

III. ПЛАНЕТЫ

1. Ионосфера. Свечение ночного неба. Водородная геокорона.
2. Свойства атмосферы на различных высотах. Прохождение электромагнитного излучения через Земную атмосферу. Каскад космических лучей в атмосфере Земли.
3. Современные представления о происхождении, составе и основных закономерностях Солнечной системы. Основные сведения о планетах. Планеты Земной группы и планеты типа Юпитера.
4. Малые планеты и их связь с метеоритами. Природа комет. Метеоры и метеорные потоки, связь с кометами. Болиды. Метеоритные кратеры. Метеориты – химический состав и возраст.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Мартынов Д.Я. Курс общей астрофизики. М.: Наука, 1988, 640 с.
2. Физика космоса, маленькая энциклопедия, ред. Р.А. Сюняев. М.: «Советская энциклопедия», 1986.
3. Солнечная и солнечно-земная физика. Иллюстрированный словарь терминов. М.:«Мир», 1980.
4. Ленг К. Астрофизические формулы, т. 1-2. М.: «Мир», 1978.
5. Бакал Дж. Нейтринная астрофизика. М.: «Мир», 1993.
6. Мурзин В.С. Введение в физику космических лучей. М.:МГУ, 1988.
7. Мурзин В.С. Астрофизика космических лучей, М.: МГУ, 2007.

Составители:

д.ф. – м.н., чл.-корр. РАН

А. А. Петрукович

д.ф. – м.н.

А. Б. Струминский