

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт солнечно-земной физики  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИСЗФ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ИСЗФ СО РАН  
*А.П. Потехин* А.П. Потехин  
«22» *март* 2014 г.



**Программа  
кандидатского экзамена**

Направление подготовки  
**03.06.01 «Физика и астрономия»**

Направленность (профиль)  
**Физика Солнца**  
(специальность 01.03.03 Физика Солнца)

Иркутск 2014

## I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа составлена в соответствии с приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 08.10.2007 г. № 274 «Об утверждении программ кандидатских экзаменов» на основе программы, разработанной экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации по физике при участии ИЗМИРАН и ИСЗФ СО РАН.

В основу программы по направленности (профилю) «Физика Солнца» направления подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» положены вопросы астрофизики, практической астрофизики, теоретической астрофизики и радиоастрономии.

## II. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### 2.1. Приборы и методы исследования Солнца.

Горизонтальные и башенные телескопы. Фотогелиографы и хромосферные телескопы.

Внезатменный коронограф (типа Лио; с внешним затмением). К-коронометр.

Спектрограф, дифракционная решетка. Интерференционно-поляризационный фильтр. Эталоны Фабри—Перо. Спектрофотометрия.

Фотоэлектрические приемники радиации. Фотоумножитель. Электронно-оптический преобразователь. ПЗС–матрицы. Калибровки. Стандартизация.

Спектрогелиограф.

Поляриметрия. Поляроиды. Призма Волластона. Пластинки  $\lambda / 2$  и  $\lambda / 4$ . Электрооптические устройства. Параметры Стокса.

Методы измерений магнитного поля и лучевых скоростей Солнца. Вектор-магнитограф. Метод Лейтона. Солнечные магнитографы и стоксметры.

Внеатмосферные наблюдения Солнца, основные приборы и методы. Рентгеновские, ультрафиолетовые, инфракрасные телескопы: особенности схем и конструкций.

Аппаратура и методика радиоастрономических наблюдений Солнца (основные положения).

## **2.2. Солнце как звезда и его внутреннее строение**

Спектральный класс, класс светимости, положение на диаграмме Герцшпрунга—Рассела. Возраст. Вращение.

Химический состав Солнца. Методы определения.

Глобальное магнитное поле Солнца. Переполюсовка.

Гидростатическое равновесие солнечного вещества; баланс сил, лучистое трение.

Источник солнечной энергии. Ядерные циклы. Солнечные нейтрино. Радиативная зона Солнца.

Конвективная зона Солнца. Условие возникновения конвекции. Конвективный перенос энергии.

Грануляция. Наблюдения и теоретические результаты.

Конвекция сверхсупергрануляционных масштабов (гигантские ячейки). Конвекция в присутствии вращения и магнитных полей.

Гелиосейсмология. Спектр собственных колебаний.

## **2.3. Физика солнечной плазмы**

Основные параметры солнечной атмосферы. Кулоновское взаимодействие. Квазинейтральность. Проводимость. Теплопроводность.

Магнитная гидродинамика. Основные уравнения. Понятия вмороженности. Силы, действующие на плазму в магнитном поле. Магнитостатика. Бессилловые и потенциальные поля. Численные МГД методы.

Колебания в плазме. Звуковые и МГД-волны. Бесстолкновительные ударные волны. Перенос и диссипация энергии в плазме. Проблема нагрева хромосферы и короны.

Пересоединения магнитных силовых линий. Токовые слои. Понятия о теории динамо.

#### **2.4. Внешние слои Солнца**

Фотосфера, непрерывный спектр, потемнение к краю. Фраунгоферов спектр. Грануляция. Пятиминутные колебания.

Хромосфера, ее структура, плотность, температура. Спикулы, Супергрануляция и хромосферная сетка. Протуберанцы, их типы, физические свойства, устойчивость.

Корона Солнца, строение, яркость и поляризация. Непрерывный и линейчатый спектр. Температура и плотность. Ионизационное равновесие.

Излучение Солнца в видимой, рентгеновской и далекой ультрафиолетовой областях спектра. Радиационное остывание. Механизмы «уширения» спектральных линий. Линии поглощения.

Баланс энергии в атмосфере Солнца. Источники нагрева и охлаждения. Переходная область между хромосферой и короной.

Магнитные поля на Солнце: крупномасштабное поле, локальные поля Солнечные пятна. Биполярные области. Тонкая структура полей.

Радиоизлучение спокойного Солнца и активных областей: спектр, поляризация. Всплески радиоизлучения I-Y типов, причины возникновения их радиоизлучения, особенности всплесков в сантиметровом и дециметровом диапазонах. Низкочастотное радиоизлучение (гектометровый и километровый диапазоны). Исследование Солнца радиоастрономическими методами.

#### **2.5. Солнечная активность**

Активные области и их магнитные поля. Число Вольфа.

Солнечные циклы. Главные закономерности динамики распределения активных областей в 11-летнем солнечном цикле.

Солнечная вспышка. Механизмы накопления и быстрого выделения энергии над активной областью. Наблюдения вспышки в различных областях спектра. Вторичные процессы.

Корональные выбросы массы, их связь со вспышкой и воздействие на магнитосферы планет.

Петли и яркие рентгеновские точки. Удержание и нагревание плазмы в квазистационарных магнитных структурах.

Солнечные космические лучи в спокойные и активные периоды. Потoki галактических и солнечных космических лучей на Землю по данным нейтронных Мониторов. Влияние межпланетного магнитного поля. Фарбуш-эффект.

## **2.6. Корпускулярное излучение Солнца и межпланетная среда**

Расширяющаяся корона и солнечный ветер. Теория Паркера. Основные характеристики межпланетной среды.

Высокоскоростные потоки и их связь с корональными дырами и корональными выбросами массы. Ударные волны в солнечном ветре.

Структура межпланетного магнитного поля. Взаимодействие межпланетной среды с магнитосферой Земли. Причины, вызывающие суббури и главную фазу бури.

Связь суббурь с солнечными вспышками. Повторяемость магнитных бурь.

## **III. ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Прист Э.Р. Солнечная магнитогидродинамика. М.: Мир, 1985

Мартынов Д.Я. Курс общей астрофизики, 4-е изд., М.: Наука, 1988.

Соболев В.В. Курс теоретической астрофизики. М.: Наука, Физматлит, 1967.

- Каплан С.А., Цытович В.Н., Пикельнер С.Б. Физика плазмы солнечной атмосферы, М.: Физматлит, 1977.
- Пикельнер С.Б. Основы космической электродинамики, 2-е изд. М.: Физматгиз, 1966.
- Альвен Г., Фельдхаммар К.Г. Космическая электродинамика. М.: Мир, 1967.
- Солнечная и солнечно-земная физика: Иллюстрированный словарь терминов. М.: Мир, 1980.
- Космическая магнитная гидродинамика: Сб./ Под ред. Э. Приста, А. Худа, М.: Мир, 1995.
- Сомов Б.В. Космическая электродинамика и физика Солнца. М.: Изд-во МГУ, 1993.
- Паркер Е. Динамические процессы в межпланетной среде. М.: Мир, 1965.
- Астрофизика космических лучей / Под ред. В.Л. Гинзбурга. М.: Наука, 1990.
- Лонгейр М. Астрофизика высоких энергий. М.: Мир, 1984.
- Космические лучи и солнечный ветер / Г.Ф. Крымский, А.И. Кузьмин, П.А. Кривошапкин и др. Новосибирск: Наука, 1981.
- Топтыгин И.Н. Космические лучи в межпланетных магнитных полях. М.: Наука, 1983.
- Алтынцев А.Т., Кашапова Л.К. Введение в Радиоастрономию Солнца, Изд. ИГУ, Иркутск, 2014
- Плазменная Гелиогеофизика, Под ред.Л.М.Зеленого, И.С.Веселовского, М.:ФИЗМАТЛИТ, 2008, 1 том, 672с.
- Плазменная Гелиогеофизика, Под ред.Л.М.Зеленого, И.С.Веселовского, М.:ФИЗМАТЛИТ, 2008, 2 том, 560с.
- Б.П. Филиппов, Эруптивные процессы на Солнце, М.Физматлит, 2007, 216с.

Aschwanden M. Physics of the solar corona: An Introduction with Problems and Solutions (Springer Praxis Books), Springer, 2006.

Ж.А.Биттенкорт, Основы физики плазмы, М.:Физматлит, 2009, 584 с.

А.Г. Куликовский, Г.А. Любимов, Магнитная гидродинамика, М.: Логос, 2005. -328 с.

Кирко И.М., Кирко Г.Е., Магнитная гидродинамика. Современное видение проблем, Научно-изд. центр "Регулярная и хаотическая динамика", 2009 г., 632 стр.

Parks G.K., Physics of Space Plasmas. Introduction, Westview Press., 2nd edition, 2004

Э. Прист, Т.Форбс, Магнитное пересоединение. Магнитогидродинамическая теория и приложения. М. Физматлит, 2005, 591с.

Г. Альвен, К.-Г.Фельтхаммар. Космическая электродинамика, Мир, М., 1967.

Составители:

Зав. отделом аспирантуры, к. ф.-м. н.



В.И. Поляков

Ученый секретарь, к.ф.-м.н.



И.И. Салахутдинова

Согласовано:

Зам. директора по научной работе, д.ф.-м.н.



А.Т. Алтынцев

Одобрено Ученым советом ИСЗФ СО РАН (Протокол № 6 от 21 мая 2014 г.).