

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

АННОТАЦИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНА

«ФИЗИКА СОЛНЦА И СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА»

Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия

направленность (профиль)

01.03.03 «Физика Солнца»

Москва

2018 г.

«Физика Солнца и солнечного ветра»

1. 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. Радиоактивная 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. 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 диссипация энергии в плазме. Проблема нагрева хромосферы и короны.

Устойчивость. Методы исследования устойчивости. Энергетический принцип.

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

3. 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.

4. 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 н Землю по данным нейтронных мониторов. Влияние межпланетного магнитного поля. Фарбуш-эффект.

5. 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.

«Магнитные облака» в солнечном ветре. Секторная структура межпланетного магнитного поля вблизи плоскости и эклиптики и гелиосферный токовый слой. Ударные волны и разрывы в солнечном ветре.

Распространение солнечных космических лучей в межпланетном пространстве. Граница гелиосферы.

Литература:

Основная:

1. Акасофу С., Чепмен С. Солнечно-земная физика. М.: Мир, 1974.
2. Хундзаузен А. Дж. Расширение короны и солнечный ветер. М.: Мир, 1976.
3. Паркер Е.Н. Динамические процессы в межпланетной среде. М.: Мир, 1965.
4. Мурзин В.С. Введение в физику космических лучей. (I-III изд.)
Последнее изд.: -М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988, с. 1-319
5. Лонгейр М. Астрофизика высоких энергий. Под ред. Р.А. Сюняева. М.: МИР, 1984.
6. Засов А.В., Постнов. К.А. Общая астрофизика. М.: 2006 г. стр., 580.
7. Бакал Дж. Нейтринная астрофизика /пер. с англ. Под ред. Г.Т. Зацепина и Л.И. Мирошниченко. М.: Мир, 1993, 616 с.
8. Сомов Б.В. Космическая электродинамика и физика Солнца. М.: Изд-во МГУ, 1993.
9. Прист Э.Р. Солнечная магнитогидродинамика. М.: Мир, 1985.
10. Space Weather. The physics behind a slogan. K. Shrerer, H. Fichtner, B. Heber, U. Mall, Springer, 2005.
11. Solar Eruptions and Energetic Particles, Editors N. Gopalswamy, R. Mewaldt, and J. Torsti, Geophysical Monograph 165, AGU, Washington DC, 2006.

Дополнительная:

1. Прист Э.Р. Солнечная магнитогидродинамика. М.: Мир, 1985.
2. Мартынов Д.Я. Курс общей астрофизики. 4-е изд. М.: Наука, 1988.

3. Соболев В.В. Курс теоретической астрофизики. М.: Наука, Физматлит, 1967.
4. Каплан С.А. Цытович В.Н., Пикельнер С.Б. Физика плазмы солнечной атмосферы. М.: Физматлит, 1977.
5. Пикельнер С.Б. Основы космической электродинамики. 2-е изд. М.: Физматгиз, 1966.
6. Альвен Г., Фельдхаммар К.Г. Космическая электродинамика. М.: Мир, 1967.
7. Солнечная и солнечно-земная физика: Иллюстрированный словарь терминов. М.: Мир, 1980.
8. Космическая магнитная гидродинамика: Сб./ Под ред. Э. Приста, А. Худа, М.: Мир, 1995.
9. Астрофизика космических лучей / Под ред. В.Л. Гинзбурга. М.: Наука, 1990.
10. Лонгейр М. Астрофизика высоких энергий. М.: Мир, 1984.
11. Росси Б., Ольберт С. Введение в физику космического пространства. М.: Атомиздат, 1974.
12. Космические лучи и солнечный ветер / Г.Ф. Крымский, А.И. Кузьмин, П.А. Кривошапкин и др. Новосибирск: Наука, 1981.
13. Топтыгин И.Н. Космические лучи в межпланетных магнитных полях. М.: Наука, 1983.
14. Структура и динамика солнечной короны // Труды Международной конференции по физике Солнца, посвященной памяти проф. Г.М. Никольского, Троицк, 1999.
15. Solar drivers of interplanetary and terrestrial disturbances / Ed. Balasubramaniam // Astr. Soc. Of Pacific Conf. Ser. V.95. 1996.
16. Труды конференций по циклам солнечной активности. Пулково, 1998-2001 гг. Изд-во РАН.
17. Труды семинара «Космическая электродинамика и солнечная физика» и материалы XXV Конференции по космическим лучам // Известия РАН. Сер. физика. 1999. Т.63. №8.
18. Плазменные процессы в солнечной системе. Под ред. Р.З. Сагдеева. М.: ВИНТИ, 1986.
19. Гибсон Э. Спокойное солнце. М.: Мир, 1977.

20. Поток энергии Солнца и его изменения. Под ред. О.Уайта.
М.: Мир, 1980.

СОСТАВИТЕЛИ:

д.ф.-м.н., доцент

А. Б. Струминский

д.ф.-м.н., профессор

Г. Н. Застенкер

д.ф.-м.н., профессор

О. Л. Вайсберг

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

АННОТАЦИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНА
«ФИЗИКА ПЛАЗМЫ»

Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия

направленность (профиль)

01.03.03 «Физика Солнца»

Москва

2018 г.

«Физика плазмы»

1. Кулоновские столкновения. Дебаевский радиус экранирования. Длина свободного пробега заряженных частиц. Динамическое трение. Убегающие электроны. Постоянная времени выравнивания температур T_e и T_i . Времена релаксации.

2. Взаимодействие электронов и ионов с нейтралами. Возбуждение, ионизация. Перезарядка, упругие столкновения. Модель ЛТР (локального термодинамического равновесия). Ионизационное равновесие. Формула Саха. Тормозное и линейчатое излучение.

3. Взаимодействие излучения с веществом. Вторичная электронная и ионная эмиссии. Прохождение излучения через вещество. Пробег ионов, флуктуации пробега электронов. Поглощение рентгеновского и ультрафиолетового излучения. Фотоэлектроны и Оже-электроны.

4. Методы описания плазмы. Кинетическое уравнение с самосогласованным полем. Дрейфовое кинетическое уравнение. Магнитогидродинамическая модель плазмы. Идеальная проводимость и «вмороженность» плазмы. Диффузия магнитного поля. Скиновое время. Магнитное число Рейнольдса.

5. Явления переноса в плазме. Проводимость плазмы. Ток Холла. Проводимости Холла, Педерсена, Каулинга. Обобщенный закон Ома. Диффузия частиц поперек поля. Теплопроводность. Амбиполярная диффузия.

6. Дрейфовые движения заряженных частиц. Приближение «ведущего центра». Дрейф в скрещенных полях (электрический дрейф). Дрейф в неоднородном магнитном поле. Центробежный дрейф. Поляризационный дрейф. Ток намагничивания. Диамагнетизм плазмы. Адиабатические инварианты движения. Магнитный момент. Продольный инвариант. Магнитный поток через дрейфовую поверхность. Движение частиц в ловушке с магнитными пробками. Условия сохранения инвариантов движения. Ускорения Ферми. Бетатронное ускорение.

7. Волны малой амплитуды в плазме. Плазма без магнитного поля (гидродинамическое приближение). Поперечные колебания плазмы. Продольные волны (ленгмюровские колебания, ионнозвуковые волны). Дисперсионное уравнение. Волновой вектор. Групповая и фазовая скорость. Плазма в магнитном поле. Характерные частоты. Случай поперечного распространения волн. Гибридные резонансы. Продольное распространение

волн. Циклотронные резонансы. Магнитогидродинамические волны. Альфвеновская и быстрая магнитозвуковая волна. Вистлеры.

8. Затухание Ландау. Декремент затухания ленгмюровских волн.

9. Неустойчивости плазмы. Перестановочные неустойчивости. Кинетические неустойчивости. Неустойчивости пучка в плазме. Шланговая и зеркальная неустойчивости. Желобковая неустойчивость. Пучковые неустойчивости. Неустойчивость относительного движения электронов и ионов (Фарлей-Бунемановская неустойчивость).

10. Ударные волны. Соотношение Гюгонио. Ударная адиабата. Магнитогидродинамические разрывы. Бесстолкновительные ударные волны. Ламинарные и турбулентные ударные волны. Критические числа Маха. Диссипация в бесстолкновительной ударной волне.

Литература:

1. Франк-Каменецкий Д.А. Лекции по физике плазмы. М.: Атомиздат, 1968.
2. Спитцер Л. Физика полностью ионизованного газа. М.: Мир, 1965.
3. Арцемович Л.А., Сагдеев Р.З. Физика плазмы для физиков. М.: Атомиздат, 1979.
4. Вопросы теории плазмы. Вып. 1-10. М.: Атомиздат, 1963-1979 гг.
5. Основы физики плазмы. В 2-х т. I (под редакцией А.А. Галеева и Р. Судана). М.: Энергоатомиздат, 1983-1984 гг.
6. Клемоу Ф., Доуэрти Дж. Электродинамика частиц и плазмы. М.: Мир, 1996.

СОСТАВИТЕЛИ:

д.ф.- м. н., профессор, академик РАН

Л. М. Зеленый

д.ф.- м. н.

Д. Р. Шкляр

к.ф.- м. н.

Т. М. Буринская

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

АННОТАЦИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНА
«ФИЗИКА МАГНИТОСФЕРЫ»

Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия

направленность (профиль)

01.03.03 «Физика Солнца»

Москва

2018 г.

«Физика магнитосферы»

1.

2. Обтекание магнитосферы Земли солнечным ветром. Бесстолкновительная ударная волна. Переходная область (магнитослой). Структура магнитосферы. Магнитопауза. Полярные каспы. Геомагнитный хвост. Плазменный слой и крупномасштабный электрический ток хвоста. Размеры магнитосферы и хвоста. Зона устойчивого захвата энергичных частиц (пояса радиации). Понятие о моделях крупномасштабного магнитного и электрического поля в магнитосфере Земли.

3. Магнитосферы Юпитера и Сатурна. Магнитосфера Урана. Вырожденные магнитосферы Венеры, Марса, кометы Галлея. Магнитосфера Меркурия. Понятие о гелиосфере.

4. Крупномасштабные электрические поля в магнитосфере и конвекция плазмы. Понятие о механизмах генерации электрического поля. Дрейф горячей плазмы плазменного слоя к Земле, адиабатическое ускорение частиц. Крупномасштабные трехмерные электрические токи в магнитосфере, их замыкание через проводящую ионосферу.

5. Радиационные пояса Земли. Распределение интенсивности захваченных в геомагнитную ловушку заряженных частиц. Понятие о дрейфовой оболочке (L-оболочке), инвариантных координатах. Нарушение адиабатических инвариантов и диффузия захваченных частиц в магнитосфере поперек L-оболочек, по питч-углам. Механизмы наполнения и уточки энергичных частиц радиационных поясов. Энергетические спектры захваченных частиц, массовый и зарядовый состав энергичных ионов. Суммарная энергия захваченных частиц и сторм – тайм вариация геомагнитного поля (Dst-вариация). Понятие о радиационной опасности для аппаратуры в поясе радиации. Понятие о радиационных поясах магнитосфер Юпитера и Сатурна.

6. Магнитосферная суббуря и магнитная буря. Формы проявления и фазы магнитосферной суббури. Инжекция энергичных частиц во внутреннюю магнитосферу и формирование пояса кольцевого тока, механизмы его распада.

7. Полярные сияния. Основные морфологические формы дискретных полярных сияний. Понятие о механизмах ускорения в спокойных однородных и в активных лучистых дискретных формах полярных сияний. Структура энергетических спектров и угловых распределений

высыпающихся частиц в авроральном овале и в диффузной авроральной зоне. Полярные сияния как отображение процессов нагрева, ускорения и рассеяние частиц в горячей плазме в магнитосфере. Носители восходящих и нисходящих продольных токов, роль продольного электрического поля. Понятие о связи полярных сияний с основными магнитосферными структурами – плазменным слоем, каспом. Понятие о генерации продольных токов в магнитосфере и ионосфере.

8. Волновые излучения магнитосферной плазмы Вистлеры, шипения, авроральное километровое радиоизлучение (АКР), ионно–циклотронные волны. Понятие о механизмах их возбуждения. Понятие о взаимодействии волн и частиц в магнитосфере.

9. Верхняя атмосфера. Состав атмосферы. Ионосфера. Источники ионизации. Распределение электронной концентрации по высоте в среднеширотной ионосфере. Основные высотные области (слои) ионосферы. Изменение ионного состава с высотой. Поглощение радиоволн в ионосфере. Рефракция радиоволн. Среднеширотный ионосферный провал, его природа. Провал легких ионов, плазмосфера и плазмопауза. Заполнение внешней плазмосферы тепловой плазмой. Полярный ветер. Нагрев внешней плазмосферы. Стабильные красные дуги. Понятие об ионосферах других планет.

Литература:

1. Акасофу С., Чепмен С. Солнечно земная физика. М.: Мир, 1974.
2. Хесс В. Радиационный пояс и магнитосфера Земли. М.: Атомиздат, 1971.
3. Акасофу С. Полярные и магнитосферные суббури. М.: Мир, 1971.
4. Редерер Х. Динамика радиации, захваченной геомагнитным полем. М.: Мир, 1972.
5. Бауэр З. Физика планетных ионосфер. М.: Мир, 1976.
6. Космическая геофизика. Под ред. А. Эгеленда, О. Хольтера и О. Охмольта. М.: Мир, 1976.
7. Лихтер Я.И., Гульельми А.В., Ерухимов Л.М., Михайлова Г.А. Волновая диагностика приземной плазмы. М.: Наука, 1988.
8. Лайонс Л., Уильямс Д. Физика Магнитосферы. Количественный подход. М.: Мир, 1987.
9. Ионосферно-магнитные возмущения на высоких широтах. Под ред. О.А. Трошичева и др. Л.: Гидрометеиздат, 1986.

10. Кринберг И.А., Тащилин А.В. Ионосфера и плазмосфера. М.: Наука, 1984.
11. Итоги науки и техники. Исследование космического пространства. Т.24, 1986.
12. Плазменные процессы в солнечной системе. Под ред. Р.З. Сагдеева. М.: ВИНТИ, 1986.
13. Плазменная гелиогеофизика. В 2-х томах. Под ред. Л.М. Зеленого. М.: Физматлит, 2008.
14. Прист Э., Форбс Т. Магнитное пересоединение. М.: Физматлит, 2005.
15. Модель Космоса. В двух томах под ред. М.И. Панасюка. М.: Университет, 2007.

СОСТАВИТЕЛИ:

к.ф.-м.н.

А. М. Садовский

д.ф.-м.н.

А. А. Петрукович

чл.-корр. РАН

д.ф.-м.н.

М. И. Веригин

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

АННОТАЦИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНА

**«ПРИБОРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАЗМЫ СОЛНЦА И
МАГНИТОСФЕРЫ»**

Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия

направленность (профиль)

01.03.03 «Физика Солнца»

Москва

2018 г.

«Приборы для исследований плазмы Солнца и магнитосферы»

1. Оптические измерения фотосферы, хромосферы и короны Солнца. Понятие об оптических методах определения магнитного поля на Солнце. Радиофизические методы исследования солнечной короны.

2. Зондовые методы исследования плазмы. Зонд Ленгмюра. Вольт – амперная характеристика зонда в плазме. Двойной электрический зонд. Электростатический анализатор плазмы. Анализаторы с тормозящим и отклоняющим полем. Магнитные анализаторы. Модуляционные ловушки. Геометрический фактор прибора. Спектральное и угловое разрешение. Времяпролетные анализаторы скоростей ионов.

3. Масс-спектрометрия в исследованиях космической плазмы. Фильтр Вина. Энерго-масс-угловые анализаторы. Анализ зарядового состава ионов.

4. Радиофизические методы исследования ионосферной плазмы. Импульсное радиозондирование с Земли и со спутников. Метод некогерентного рассеяния радиоволн. Метод абсорбционного и рефракционного просвечивания атмосфер планет.

5. Фотометрия полярных сияний свечения атмосферы. Понятие о фототелевизионных измерениях планетарной картины свечения полярных сияний со спутников. Основные эмиссии полярных сияний.

6. Детекторы заряженных частиц и свечения. Коллекторы, ВЭУ, КЭУ, ФЭУ. Микроканальные пластины и ПЗС - матрицы, сцинтилляторы, полупроводниковые детекторы. Методы измерения температуры и скоростей микроскопических движений в ионосфере и верхней атмосфере.

7. Измерения электрических и магнитных полей. Зондовая методика. Бариевые облака. Магнитометры (феррозондовый, индукционный, квантовый). Электрические и магнитные антенны. Понятие об электромагнитной совместимости, о магнитной чистоте космического аппарата.

Литература:

1. Горн Л.С., Хазанов Б.И. Современные приборы для измерения ионизирующих излучений, М.: Энергоиздат, 1989.
2. Козлов О.В. Электрический зонд в плазме. М.: Атомиздат, 1969.
3. Джейрм Р. Масс-спектрометрия. М.: Мир, 1969.
4. Методы исследования плазмы. Сб. ст. под ред. В. Лохте-Хольтгрёвен. М.: Мир, 1971.
5. Мареев Е.К., Чугунов Ю.В. Антенны в плазме.
6. Методы астрономии. Под ред. Хилтнера. М.: Мир, 1967.

7. Каплан С.А. Элементарная радиоастрономия.
8. Готт Ю.В., В.А. Курнаев, О.Л. Вайсберг, Корпускулярная диагностика лабораторной и космической плазмы. МИФИ. 2008

СОСТАВИТЕЛИ:

д.ф.-м. н., профессор

О. Л. Вайсберг

д.ф.-м. н., профессор

С. И. Климов

д.ф.-м.н
член-корр. РАН

А. А. Петрукович