

Физика Солнца

Богачев Сергей Александрович

(Лаборатория рентгеновской астрономии Солнца ФИАН)

Физика Солнца – одно из основных направлений современной астрофизики, предметом которого является изучение Солнца как звезды, а также исследование многообразных проявлений активности, вероятно характерных и для других звезд, но недоступных для наблюдения нигде кроме Солнца. В лекционном курсе содержатся базовые знания о внутреннем строении Солнца, физике его атмосферы, механизмах и наблюдательных проявлениях солнечной активности, а также о приборах и методах, используемых в современной физике Солнца. Отдельное внимание уделяется механизмам воздействия Солнца на гелиосферу и на магнитосферы планет, а также роли Солнца как фактора космической погоды.

1. Расстояние до Солнца, размер и масса Солнца. Внутреннее строение Солнца. Строение солнечной атмосферы. Цвет и температура Солнца. Солнце как звезда: спектральный класс, класс светимости, положение на диаграмме Герцшпрунга—Рассела. Положение Солнца в Галактике. Возраст Солнца. Эволюция Солнца после главной последовательности.
2. Источник солнечной энергии. Состояние плазмы в ядре Солнца. Протон-протонный цикл. Солнечные нейтрино. Перенос энергии от ядра Солнца к поверхности. Зона лучистого переноса. Конвективная зона. Солнечная постоянная. Потемнение фотосферы Солнца к краю. Грануляция и супергрануляция Солнца.
3. Солнечные пятна. История наблюдений солнечных пятен. Число Вольфа. Цикл солнечной активности. Распределение солнечных пятен по широте. Диаграмма «бабочка». Период вращения Солнца. Дифференциальное вращение Солнца.
4. Хромосфера Солнца. Наблюдения хромосферы с Земли. Флоккулы. Темные волокна. Солнечные протуберанцы. Эруптивные протуберанцы. Хромосферные спикюлы. Хромосферные вспышки. Хромосферная сетка.
5. Солнечная корона. Наблюдения короны Солнца с Земли. К, F и L – компоненты оптической короны. Затмения Солнца. Полные, частные и кольцеобразные затмения. Частота затмений. Драконический период (сарос). Температура и плотность плазмы в короне. Переходная область между короной и хромосферой. Область температурного минимума. Нагрев короны Солнца.
6. Магнитное поле Солнца. Структура крупномасштабного магнитного поля. Солнечное динамо. Тороидальное и полоидальное магнитное поле. Меридиональная циркуляция. Альфа-эффект. Тахоклин. Смена знака магнитного поля (переполусовка).
7. Состояние плазмы в короне Солнца. Система уравнений магнитной гидродинамики. Закон Ома для корональной плазмы. Приближение сильного магнитного поля. Магнитная вязкость и число Рейнольдса. Вмороженность магнитного поля в плазму.
8. Солнечная активность и ее основные проявления: солнечные вспышки, выбросы вещества, ускорение частиц. Активные области в атмосфере Солнца. Проявления вспышек в оптическом, УФ и рентгеновском диапазонах. Рентгеновская шкала солнечных вспышек. Белые вспышки. Крупнейшие вспышки в истории наблюдений.
9. Основные источники энергии солнечной активности. Потенциальная и непотенциальная компоненты магнитного поля. «Свободная» магнитная энергия.

- Электрические поля и токи в короне Солнца. Особые точки и поверхности магнитного поля. Магнитное пересоединение.
10. Основные понятия о спектре Солнца. Непрерывный оптический спектр Солнца. Фраунгоферов спектр. Непрерывное излучение и эмиссионный спектр короны. Запрещенные линии в короне Солнца. Жесткое рентгеновское и гамма-излучение Солнца. Радиокорона. Распространение радиоволн. Поляризация солнечного излучения. Химический состав Солнца.
 11. Основные понятия о солнечном ветре. Состав солнечного ветра. Ускорение солнечного ветра. Спокойный и быстрый солнечный ветер. Ударные волны в солнечном ветре. Корональные дыры и их связь с солнечным ветром. Давление солнечного ветра и излучения Солнца. Солнечный парус.
 12. Структура межпланетного магнитного поля. Спираль Паркера. Гелиосфера. Гелиопауза. Гелиосферный токовый слой. Исследование гелиосферы аппаратами «Вояджер». Основные понятия о распространении корональных выбросов массы и заряженных частиц в межпланетной среде. Солнечные и галактические космические лучи. Форбуш-эффект.
 13. Воздействие солнечной активности на магнитосферы планет. Основные понятия о магнитном поле Земли. Строение земной магнитосферы. Радиационные пояса. Магнитные бури. Полярные сияния. Основные индексы геомагнитной активности. Шкала магнитных бурь. Воздействие солнечных вспышек на атмосферу и ионосферу Земли. Влияние Солнца на климат. Маундеровский минимум. Гелиобиология.
 14. Основные инструменты для исследования Солнца. Горизонтальные и башенные солнечные телескопы. Внеатомные коронографы. Методы измерений магнитного поля и лучевых скоростей Солнца. Основные понятия о приемниках излучения: ПЗС матрицы, сцинтилляционные детекторы, кристаллические детекторы, болометры. Рентгеновская оптика: зеркала наклонного падения, зеркала с многослойным покрытием.
 15. Внеатмосферные исследования Солнца. Начало космической эры: ракеты P-1a, спутник ИСЗ-2, первые фотографии Солнца из космоса. Космические обсерватории НАСА «OSO». Космическая станция Skylab. Солнечные обсерватории SMM и Hinotori. Обсерватория Yohkoh. Действующие солнечные обсерватории: SOHO, STEREO, Hinode, SDO. Программа КОРОНАС. Перспективные космические солнечные обсерватории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартынов Д.Я. Курс общей астрофизики, 4-е изд., М.: Наука, 1988.
2. Соболев В.В. Курс теоретической астрофизики. М.: Наука, Физматлит, 1967.
3. Хундхаузен А. Расширение короны и солнечный ветер. М.: Мир, 1976.
4. Паркер Е. Динамические процессы в межпланетной среде. М.: Мир, 1965.
5. Зирин Г., Солнечная атмосфера. М., 1969
6. Гибсон Э. Спокойное Солнце. М.: Мир, 1977
7. Брандт Дж. Солнечный ветер: Пер. с англ., 1973
8. Филиппов Б.П. Эруптивные процессы на Солнце, 2007
9. Смит Г., Смит Э. Солнечные вспышки: Пер. с англ., 1966
10. Бруцек А., Дюран Ш. (Ред.). Солнечная и солнечно-земная физика. Иллюстрированный словарь терминов. Пер. с англ., 1980
11. Могилевский Э.И. (Ред.). Физика Солнца. Исследования по физике солнечной активности, 1979
12. Пикельнер С.Б. Солнце, 1961
13. Могилевский Э.И. (Ред.). Физика солнечной активности 1980