

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АСТРОФИЗИКИ И ЗВЕЗДНОЙ АСТРОНОМИИ

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
МГУ
_____ / Н.Н. Сысоев /
«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

ФИЗИКА СОЛНЦА

Уровень высшего образования:

Специалитет

Направление подготовки:

03.05.01 Астрономия

Направленность (профиль) ОПОП:

Общая специальность

Квалификация «Специалист»

Форма обучения: Очная форма обучения

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Ученым советом физического факультета МГУ

(протокол № _____, _____)

Москва 20__

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.01 Астрономия.

Год (годы) приема на обучение _____

Авторы–составители:

Д.ф.-м.н., профессор РАН, Богачёв Сергей Александрович, главный научный сотрудник ФИАН

Заведующий кафедрой

Д.ф.-м.н. профессор Постнов Константин Александрович

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Физика Солнца»

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.

Разделы рабочей программы

1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО).
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (при наличии)
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями
4. Форма обучения.
5. Язык обучения.
6. Содержание дисциплины.
7. Объем дисциплины
8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий
9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.
10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).
11. Шкала оценивания.
12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.
13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.
14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Физика Солнца» реализуется на 4-ом курсе в 8-ом семестре и является составной частью профессионального блока вариативной части.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Отсутствуют.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

| Формируемые компетенции (код компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю) |
|---|---|
| УК-1.Б | <p>З-1 Знать: строение и основные характеристики Солнца, законы и механизмы солнечной активности</p> <p>З-2 Знать: основные понятия о системе солнечно-земных связей, включая физику межпланетного магнитного поля и солнечного ветра</p> <p>У-1 Уметь: осуществлять критический анализ информации в области исследований по тематике физики Солнца</p> <p>У-2 Уметь: самостоятельно решать, в том числе с применением системного подхода, задачи в области физики Солнца</p> <p>В-1 Владеть: базовым математическим аппаратом и терминологией для изучения явлений и процессов в физике Солнца</p> <p>В-2 Владеть: методами теоретического и экспериментального исследования явлений и процессов в физике Солнца</p> |
| ОПК-1.Б | <p>З-1 Знать: основные методы теоретических и экспериментальных исследований в области физики Солнца</p> <p>У-1 Уметь: решать типовые задачи физики Солнца</p> <p>У-2 Уметь: строить математические модели явлений и процессов в атмосфере Солнца</p> <p>В-1 Владеть: навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов</p> |

1. **Форма обучения:** очная.

2. **Язык обучения:** русский.

3. **Содержание дисциплины**

Тема 1. Основные понятия о Солнце

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.

Тема 2. Внутреннее строение и видимая поверхность Солнца

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.

Тема 3. Солнечные пятна

Солнечные пятна. История наблюдений солнечных пятен. Число Вольфа. Цикл солнечной активности. Распределение солнечных пятен по широте. Диаграмма «бабочка». Период вращения Солнца. Дифференциальное вращение Солнца.

Тема 4. Хромосфера Солнца

Хромосфера Солнца. Наблюдения хромосферы с Земли. Флоккулы. Темные волокна. Солнечные протуберанцы. Эруптивные протуберанцы. Хромосферные спикулы. Хромосферные вспышки. Хромосферная сетка.

Тема 5. Солнечная корона. Затмения Солнца

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.

Тема 6. Магнитное поле Солнца

Магнитное поле Солнца. Структура крупномасштабного магнитного поля. Солнечное динамо. Тороидальное и полоидальное магнитное поле. Меридиональная циркуляция. Альфа-эффект. Тахоклин. Смена знака магнитного поля (переполюсовка).

Тема 7. Состояние плазмы в короне Солнца

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.

Тема 8. Видимые проявления солнечной активности

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.

Тема 9. Основные понятия о механизмах солнечной активности

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.

Тема 10. Спектр солнечного излучения

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.

Тема 11. Солнечный ветер

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.

Тема 12. Межпланетное магнитное поле

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.

Тема 13. Основные понятия о солнечно-земных связях

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.

Тема 14. Инструменты для исследования Солнца

Основные инструменты для исследования Солнца. Горизонтальные и башенные солнечные телескопы. Внеатмосферные 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.

Тема 15. Внеатмосферные исследования Солнца

Внеатмосферные исследования Солнца. Начало космической эры: ракеты Р-1а, 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.

7. Объем дисциплины

| НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ | Трудоемкость в зачетных единицах | объем учебной нагрузки в ак. часах | | | | Самостоятельная работа студентов |
|---------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------|-----------|-------------------------------------|
| | | Общая трудоемкость | в том числе ауд. занятий | | | |
| | | | Общая аудиторная нагрузка | Лекций | Семинаров | |
| Физика Солнца | 2 | 72 | 34 | 34 | 0 | 38 |

8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Изучение курса «Физика Солнца» включает в себя лекции, на которых рассматривается содержание курса, и самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным занятиям и закреплению пройденного материала.

| № темы | Наименование раздела дисциплины | Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы | | | | | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации |
|--------|--|---|--------|-----------------------------|----------|------------------------|---|
| | | Всего часов | Лекции | Научно-практические занятия | Семинары | Самостоятельная работа | |
| 1 | Основные понятия о Солнце | 4 | 2 | - | - | 2 | Собеседование, опрос |
| 2 | Внутреннее строение и видимая поверхность Солнца | 4 | 2 | - | - | 2 | |
| 3 | Солнечные пятна | 4 | 2 | - | - | 2 | |
| 4 | Хромосфера Солнца | 4 | 2 | - | - | 2 | |
| 5 | Солнечная корона. Затмения Солнца | 7 | 4 | - | - | 3 | |
| 6 | Магнитное поле Солнца | 4 | 2 | - | - | 2 | |
| 7 | Состояние плазмы в короне Солнца | 8 | 4 | - | - | 4 | |
| 8 | Видимые проявления солнечной активности | 4 | 2 | - | - | 2 | |
| 9 | Основные понятия о механизмах солнечной активности | 4 | 2 | - | - | 2 | |
| 10 | Спектр солнечного излучения | 5 | 2 | - | - | 3 | |
| 11 | Солнечный ветер | 4 | 2 | - | - | 2 | |
| 12 | Межпланетное магнитное поле | 4 | 2 | - | - | 2 | |
| 13 | Основные понятия о солнечно-земных связях | 4 | 2 | - | - | 2 | |
| 14 | Инструменты для исследования Солнца | 4 | 2 | - | - | 2 | |
| 15 | Внеатмосферные исследования Солнца | 4 | 2 | - | - | 2 | |

| | | | | | | | |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|--|
| | Промежуточная аттестация | 4 | | | | 4 | Зачёт в устной форме (подготовка с последующим собеседованием) |
| ИТОГО: | | 72 | 34 | - | - | 38 | |

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Физика Солнца» осуществляется на лекциях и заключается в оценке активности и качества участия в опросах и собеседованиях по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий, аргументированности позиции; оценивается широта используемых теоретических знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физика Солнца» проводится в восьмом семестре в форме зачета. Зачет проводится в форме собеседования после подготовки учащегося по перечню вопросов, совпадающему с перечнем тем, изучаемых в рамках дисциплины.

Результаты зачёта оцениваются по шкале «зачтено», «не зачтено». Результат «зачтено» означает успешное прохождение промежуточной аттестации.

10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлен в таблице

| Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства | Представление оценочного средства в фонде |
|--|---|---|
| Оценочные средства текущего контроля | | |
| Тематический опрос (в форме ответов на вопросы) | Средство контроля, организованное как специальная беседа по тематике предыдущей лекции и рассчитанное на выяснение объема и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме. | Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины |
| Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме) | Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции. | Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины |
| Оценочные средства промежуточной аттестации | | |
| Собеседование | Средство, позволяющее получить экспертную оценку знаний, умений и навыков по для оценивания и анализа различных фактов и | Перечень тем, изучаемых в рамках |

| | | |
|--|---|------------|
| | явлений в своей профессиональной области. | дисциплины |
|--|---|------------|

11. Шкала оценивания.

| Формируемые компетенции (код компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю) |
|---|--|
| УК-1.Б | <p>З-1 Знать: строение и основные характеристики Солнца, законы и механизмы солнечной активности</p> <p>З-2 Знать: основные понятия о системе солнечно-земных связей, включая физику межпланетного магнитного поля и солнечного ветра</p> <p>У-1 Уметь: осуществлять критический анализ информации в области исследований по тематике физики Солнца</p> <p>У-2 Уметь: самостоятельно решать типовые задачи в области физики Солнца</p> <p>В-1 Владеть: базовым математическим аппаратом и терминологией для изучения явлений и процессов в физике Солнца</p> <p>В-2 Владеть: методами теоретического и экспериментального исследования явлений и процессов в физике Солнца</p> |
| ОПК-1.Б | <p>З-1 Знать: основные методы теоретических и экспериментальных исследований в области физики Солнца</p> <p>У-1 Уметь: решать типовые задачи в области физики солнечной плазмы</p> <p>У-2 Уметь: строить математические модели явлений и процессов в атмосфере Солнца</p> <p>В-1 Владеть: навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов</p> |

| Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения | |
|---|---|--|
| | не зачтено | зачтено |
| ЗНАТЬ: строение и основные характеристики Солнца, законы и механизмы солнечной активности УК-1.Б З-1 | Отсутствие знаний в соответствующих областях, либо заметное отсутствие системности знаний | В целом успешные системные знания соответствующих вопросов |
| ЗНАТЬ: основные понятия о системе солнечно-земных связей, включая физику межпланетного магнитного поля и солнечного ветра УК-1.Б З-2 | Отсутствие знаний в соответствующих областях, либо заметное отсутствие системности знаний | В целом успешные системные знания соответствующих вопросов |
| ЗНАТЬ: основные методы | Отсутствие знаний в соответствующих областях, | В целом успешные системные знания |

| | | |
|---|---|---|
| теоретических и экспериментальных исследований в области физики Солнца ОПК-1.Б 3-1 | либо заметное отсутствие системности знаний | соответствующих вопросов |
| УМЕТЬ: осуществлять критический анализ информации в области исследований по тематике физики Солнца УК-1.Б У-1 | Отсутствие умения осуществлять критический анализ информации в области исследований по тематике физики Солнца | В целом успешное умение осуществлять критический анализ информации в области исследований по тематике физики Солнца |
| УМЕТЬ: самостоятельно решать типовые задачи в области физики Солнца УК-1.Б У-2 | Отсутствие умения самостоятельно решать типовые задачи в области физики Солнца | В целом успешное умение самостоятельно решать типовые задачи в области физики Солнца |
| УМЕТЬ: решать типовые задачи в области физики солнечной плазмы ОПК-1.Б У-1 | Отсутствие умения решать типовые задачи в области физики солнечной плазмы | В целом успешное умение решать типовые задачи в области физики солнечной плазмы и |
| УМЕТЬ: строить математические модели явлений и процессов в атмосфере Солнца ОПК-1.Б У-2 | Отсутствие умения строить математические модели явлений и процессов в атмосфере Солнца | В целом успешное умение строить математические модели явлений и процессов в атмосфере Солнца |
| ВЛАДЕТЬ: базовым математическим аппаратом и терминологией для изучения явлений и процессов в физике Солнца УК-1.Б В-1 | Отсутствие владения или фрагментарное владение соответствующим аппаратом | В целом успешное владение соответствующим аппаратом |
| ВЛАДЕТЬ: методами теоретического и экспериментального исследования явлений и процессов в физике Солнца УК-1.Б В-2 | Отсутствие владения или фрагментарное владение соответствующими методами | В целом успешное владение соответствующими методами |
| ВЛАДЕТЬ: навыками проведения физического эксперимента и обработки его результатов ОПК-1.Б В-1 | Отсутствие владения или фрагментарное владение соответствующими навыками | В целом успешное владение соответствующими навыками |

12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

Текущий контроль успеваемости производится в форме тематической беседы или свободной дискуссии по тематике предыдущих лекций. Задаваемые вопросы совпадают с содержанием дисциплины (раздел 3 настоящего документа)

Пример: Назовите основные слои атмосферы Солнца. Назовите характерную скорость солнечного ветра на уровне орбиты Земли. Дайте определение числа Вольфа для солнечных пятен. Сформулируйте закон Шпёгера для цикла солнечной активности.

13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Материалы промежуточной аттестации обучающихся

Перечень вопросов к зачёту совпадает с перечнем тем, изучаемых в рамках дисциплины (раздел 3 данного документа).

Пример: Основные понятия о Солнце. 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.

14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Основная литература.

1. Эллисон М.А. Солнце и его влияние на Землю. М.: Изд-во физ.-мат. лит-ры, 1959.
2. Гибсон Э. Спокойное Солнце. М.: Мир, 1977
3. Прист Э.Р. Солнечная магнитогидродинамика. М.: Мир, 1985
4. Зирин Г., Солнечная атмосфера. М., 1969

Дополнительная литература.

1. Сомов Б.В. Космическая электродинамика и физика Солнца. М.: Изд-во МГУ, 1993.

Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».

Курс может быть прочитан в поточной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.