

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория  
Российской академии наук (ГАО РАН)**

Принято на заседании Ученого совета  
протокол от 25.08.21г. № 6

УТВЕРЖДАЮ  
И.о. директора ГАО РАН

  
Н.Р. Ихсанов

## ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**с/к «Реконструкция крупномасштабных магнитных полей  
Солнца»**

**направление подготовки – 03.06.01 «Физика и Астрономия»  
профиль – 01.03.03 «Физика Солнца»**

Вариативная часть ООП

Дисциплина по выбору

Трудоемкость (границы трудоемкости) в зачетных единицах: 3

Форма отчетности аспирантов: устный дифференцированный зачет

Форма обучения: очная/ заочная

Квалификация: **Исследователь. Преподаватель-исследователь.**

Санкт – Петербург  
2021 г.

## Раздел 1. Характеристики учебной программы

### 1.1. Цели и задачи учебных занятий:

Изучения методов наблюдения магнитных полей Солнца, в том числе и крупномасштабных с целью подготовки аспирантов к выполнению самостоятельных научных исследований в области солнечной астрофизики.

### 1.2. Требования к подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты):

Для успешного освоения дисциплины аспирант должен иметь предварительную подготовку в объеме дисциплины «Физика Солнца».

### 1.3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Реконструкция крупномасштабных магнитных полей Солнца» входит в вариативную часть учебного плана подготовки аспирантов и является дисциплиной по выбору по профилю 01.03.03 «Физика Солнца». Она необходима при подготовке научно-квалификационной работы аспиранта, при подготовке к итоговой государственной аттестации и подготовке к сдаче второй части кандидатского экзамена по специальности. Дисциплина осваивается аспирантами в 3 учебном году. Изучение данной дисциплины и специфика подачи отдельных вопросов может варьироваться в зависимости от индивидуального плана работы аспиранта, согласованного с его научным руководителем в целях оптимального соответствия решаемым задачам.

### 1.4. Перечень результатов обучения:

УК-1, УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, ОПК-1, ПК-3

### 1.5. Язык преподавания

Русский

## Раздел 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1. Объем и структура учебных занятий:

Общая трудоемкость курса 3 з.е. На ее изучение отводится 108 часа (26 часов аудиторной работы, 82 часа отводится на самостоятельную работу, в том числе 26 — на подготовку к текущей и промежуточной аттестации). Форма промежуточной аттестации – зачет.

| Вид учебной работы               | Трудоемкость<br>(в часах) |
|----------------------------------|---------------------------|
| Аудиторные занятия               |                           |
| Лекции                           | 26                        |
| Внеаудиторные занятия            |                           |
| Самостоятельная работа аспиранта | 82                        |
| ИТОГО                            | 108                       |
| Вид итогового контроля           | Зачет                     |



## 2.2. Содержание учебных занятий:

### 2.2.1 Аудиторные занятия

#### 1. Введение. Основные понятия.

1.1. История наблюдений магнитных полей на Солнце.

1.2. Объекты исследования – крупномасштабные магнитные поля Солнца и вариации магнитных полей в циклах солнечной активности.

#### 2. Инструменты и методы.

2.1. Магнитометры, магнитографы и поляриметры.

2.2. Современные инструменты для исследования магнитных полей Солнца (WSO, Mount Wilson, VSM/NSO, SOLIS, HMI/SDO, СТОП).

2.2. Основные характеристики крупномасштабных магнитных на Солнце и полей активных областей.

2.3. Механизмы и модели формирования спектральных магниточувствительных линий.

Эффект Зеемана. Параметры Стокса. Методы измерений величины магнитных полей.

2.4. Методы восстановления магнитных полей по данным наблюдений спектров.

2.5. Реконструкция синоптических карт магнитных полей.

#### 3. Моделирование параметров солнечного ветра по данным наблюдений магнитных полей.

3.1. Современные модели солнечно-земных связей.

3.2. Восстановление магнитного поля в солнечной короне в приближении PFSS.

3.3. Распространение магнитного поля в межпланетной среде с учётом солнечного ветра.

3.4. Модели распространения корональных выбросов массы в межпланетной среде.

### 2.2.2. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме повторение лекционного материала по темам, чтение рекомендованной литературы и научной периодики. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся должны широко использовать библиотечные фонды ГАО РАН, электронные ресурсы Интернета, доступ к которым им обеспечен. На программу самостоятельной работы по курсу выделяется 82 часа, в том числе на подготовку к текущей и промежуточной аттестации — 26 часов.

## Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

### 3.1. Методическое обеспечение:

#### 3.1.1. Методическое обеспечение самостоятельной работы:

Учебный процесс обеспечивается наличием учебной и учебно-методической литературы и доступом к иным библиотечно-информационным ресурсам, что гарантирует возможность качественного освоения аспирантом образовательной программы. ГАО РАН располагает библиотекой, включающей научно-техническую литературу по дисциплине, журналы с научными статьями и материалами симпозиумов и конференций, а также имеет договор с БАН. Аспирантам предоставляются компьютеры с доступом к сети Интернет и доступ к постоянной электронной подписке ГАО РАН на ведущие научные журналы.

### 3.1.2. Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерий оценивания:

Виды текущего контроля: проверка качества усвоения знаний проводится как в устной, так и в письменной форме: конспекты, беседы по прочитанной литературе, подготовка и обсуждение вопросов в соответствии с темами занятий.

Форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачет в виде устного ответа. Три вопроса, время на подготовку – один час.

### 3.1.3. Методические материалы для проведения промежуточной аттестации:

*Список вопросов для промежуточной аттестации:*

- Принципы наблюдения магнитных полей на Солнце.
- Формирование излучения спектральных линий в фотосфере Солнца.
- Крупномасштабные магнитные поля Солнца. Эволюция в течении циклов солнечной активности.
- Формирование полярных магнитных полей на Солнце.
- Параметры Стокса. Эффект Зеемана. Эффект Пашена - Бака.
- Уравнение переноса излучения. Приближение Милна-Эддингтона.
- Профили Стокса. Приближение слабых полей.
- Реконструкция магнитных полей. Метод центра гравитации.
- Моделирование параметров коронального магнитного поля в приближении PFSS. Модель WSA.
- Баллистическая модель. Модели магнитной гидродинамики.

#### Критерии оценки промежуточной аттестации:

| Оценка | Оценка | Процент | Критерий   |
|--------|--------|---------|--|
| Зачет  | 5      | 90-100  | Ответ полный, соответствует поставленному вопросу, логично и последовательно изложен. В нем проявляется самостоятельность мышления отвечающего, умение интегрировать знания из разных областей знания, умение соотносить теоретический материал с практикой.                       |
|        |        | 82-89   | Ответ полный, соответствует поставленному вопросу, логично и последовательно изложен. В нем проявляется самостоятельность мышления отвечающего, умение интегрировать знания из разных областей знания, не всегда проявляется умение соотносить теоретический материал с практикой. |
|        |        | 75-81   | Ответ в достаточной степени соответствует поставленному вопросу, логично и последовательно изложен. Аспиранту не всегда удается интегрировать знания из разных областей знания для полного освещения вопроса.  |
|        | 3      | 67-74   | Частичное раскрытие содержания вопроса.  |
|        |        | 60-66   | Демонстрация общего понимания курса.   |



|         |  |          |                           |
|---------|--|----------|---------------------------|
| Незачет |  | менее 60 | Незнание материала курса. |
|---------|--|----------|---------------------------|

**Критерии оценки уровня освоения универсальных и общепрофессиональных умений (компетенций):**

| Уровень освоения  | Расшифровка  |
|---|--|
| <p>Базовый<br/>(обязательный для всех слушателей – аспирантов по завершении освоения ООП)</p> | <p>Аспирант способен к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p> <p>Готов участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач, готов использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках.</p> |
| <p>Продвинутый</p>  | <p>Аспирант способен выбирать и обосновывать методики и средства решения поставленных задач. Способен планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития, в том числе с применением информационно-коммуникационных технологий.</p>  |

**Критерии оценки уровня освоения профессиональных умений (компетенций):**

| Уровень освоения  | Расшифровка  |
|---|--|
| <p>Базовый<br/>(обязательный для всех слушателей – аспирантов по завершении освоения ООП)</p> | <p>Аспирант способен самостоятельно получать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследования; выбирать и обосновывать методики и средства решения поставленных задач.</p> <p>Владеет современными методами проведения фундаментальных научных исследований, навыками анализа, обобщения и публичного представления результатов выполненных научных исследований.</p> <p>Свободно пользуется библиотечными и электронными ресурсами для совершенствования знаний.</p> |
| <p>Продвинутый</p>  | <p>Аспирант в большей степени способность и готовность к организации проведения фундаментальных научных исследований в области физики и астрономии с использованием современных методов и технологий.</p> <p>По своим должностным обязанностям может решать проблему, принимать страте-</p>  |

### 3.2. Кадровое обеспечение

Преподаватель – кандидат или доктор физ.-мат. наук по специальностям 01.03.02 «Астрофизика и звездная астрономия» или 01.03.03 «Физика Солнца».

### 3.3. Материально-техническое обеспечение:

3.3.1. В лекционной аудитории имеется возможность подключения медиапроектора, компьютера/ноутбука, а также имеется экран и маркерная доска.

3.3.2. Телескопы ГАО РАН и горной астрономической станции ГАО РАН в Kislovodsk.

3.3.3. Научная литература: постоянная электронная подписка организации на ведущие журналы; научная литература, хранящаяся в БАН.

3.3.4. Читальный зал для самостоятельной работы аспиранта

3.3.5. Аудитория для самостоятельной работы аспирантов обеспечена компьютерами с выходом в Интернет.

### 3.4. Информационное обеспечение:

#### 3.4.1. Список обязательной литературы:

1. Паркер Е. «Космические магнитные поля». В 2 томах. — М.: Мир, 1982.
2. Прист Э.Р. «Солнечная магнитогидродинамика». — М.: Мир. 1985. — 589 с.
3. Прист Э., Форбс Т. «Магнитное пересоединение». / Magnetic Reconnection: MHD Theory and Applications. — М.: Физматлит, 2005. — 592 с.
4. Современные достижения в плазменной гелиогеофизике /ред. Зеленый Л.М., Веселовский И.С., Петрукович А.А. — М.: Физматлит, 2019. — 672 с.

#### 3.4.2. Список дополнительной литературы:

1. Roger K. Ulrich, Scott Evans, John E. Boyden, and Larry Webster “Mount Wilson Synoptic Magnetic Fields: Improved Instrumentation, Calibration, and Analysis Applied to the 2000 July 14 Flare and to the Evolution of the Dipole Field”. *Astrophysical Journal*, 2002. — V. 139, pp. 259-279.
2. Y.-M. Wang, J. L. Lean, and N. R. Sheeley, Jr. “Modeling the Sun's Magnetic Field and Irradiance since 1713”. *Astrophysical Journal*, 2005. — V.625, pp. 522-528.
3. J. O. Stenflo. “Distribution functions for magnetic fields on the quiet Sun”. *Astronomy & Astrophysics*, 2010. — V. 517, A37
4. J. O. Stenflo. “Collapsed, uncollapsed, and hidden magnetic flux on the quiet Sun”. *Astronomy & Astrophysics*, 2011. — V. 529, A42

#### 3.4.3. Интернет-ресурсы:

1. Электронная библиотека по физике и астрономии - [adsabs.harvard.edu](http://adsabs.harvard.edu)
2. Электронная библиотека по физике и астрономии - <http://arxiv.org/archive/astro-ph>



#### Раздел 4. Разработчики программы

| Фамилия, имя,<br>отчество | Учёная степень | Должность     |
|---------------------------|----------------|---------------|
| Тлатов А.Г.               | д.ф.-м.н.      | Г.н.с.        |
| Барсунова О.Ю.            | к.ф.-м.н.      | Уч. секретарь |