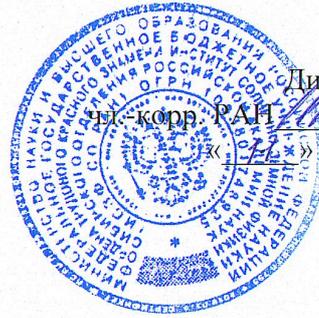


Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Ордена Трудового Красного Знамени  
Институт солнечно-земной физики  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИСЗФ СО РАН)



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ИСЗФ СО РАН  
А.В. Медведев  
«15» апреля 2022 г.

## Рабочая программа дисциплины

**Д.4 Приборы и методы для космических и астрономических исследований**

**Научная специальность 1.3.1 Физика космоса, астрономия**

Иркутск 2022

РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработали доктор физико-математических наук	Н. И. Кобанов
РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал кандидат физико-математических наук	С. В. Лесовой

### 1. Место и роль дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Приборы и методы исследования Солнца» входит в образовательную часть основной профессиональной образовательной программы по научной специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия

Дисциплина является обязательной для обучающихся в аспирантуре по научной специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия

Знания и умения, приобретаемые аспирантами после изучения дисциплины, будут использоваться для решения научных задач на этапе получения и обработки экспериментального материала, и направлены на подготовку к сдаче кандидатского экзамена и к дальнейшей научной работе.

### 2. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью дисциплины «Приборы и методы исследования Солнца» является получение фундаментальных знаний и возможности их использования в процессе дальнейшего обучения, при прохождении практики, написания научных работ, в своей научной деятельности.

Задачами дисциплины «Приборы и методы исследования Солнца» является освоение:

- Физико-математических основ методов исследования Солнца
- Методов наблюдения и физической интерпретации солнечной активности
- Основ создания перспективных инструментов для наблюдения Солнца

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины «Приборы и методы исследования Солнца» аспирант должен приобрести знания и умения, необходимые для его дальнейшего профессионального становления, а именно:

**Знать:** основы современных и перспективных методов и инструментов исследования Солнца; современные задачи физики Солнца, на решение которых нацелены проекты исследования Солнца

**Уметь:** проводить физические эксперименты и анализировать полученные результаты, проектировать новые приборы для исследования Солнца

**Владеть:** навыками проведения наблюдений на современных астрономических инструментах, навыками совместной обработки данных, полученных различными инструментами

### 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц
<b>Аудиторные занятия</b> (всего)	<b>36/1</b>
В том числе:	
Лекции	36/1
Семинары	
<b>Самостоятельная работа</b> (всего)	<b>72/2</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет)	0
<b>Контактная работа</b> (всего)	<b>36/1.0</b>
<b>Общая трудоёмкость</b> (часы/зачетные единицы)	<b>108/3</b>

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание разделов и темы дисциплины

#### Раздел 1. Современные солнечные радиотелескопы

Тема 1. Обзор существующих радиотелескопов. Перспективные проекты. Наземные обсерватории. Орбитальные обсерватории. Окна прозрачности земной атмосферы.

#### Раздел 2. Электромагнитное излучение Солнца

Тема 1. Излучение черного тела. Закон Рэлея-Джинса. Закон Планка.

Тема 2. Тепловое радиоизлучение Солнца. Тормозное радиоизлучение. Магнитотормозное радиоизлучение.

Тема 3. Нетепловое радиоизлучение Солнца. Гиротронное излучение. Плазменное излучение.

#### Раздел 3. Солнечные радиометры.

Тема 1. Антенны солнечных радиометров. Флуктуационная чувствительность, радиометрический выигрыш. Измерение параметров Стокса, регистрация спектров мощности.

#### Раздел 4. Солнечные радиоинтерферометры.

Тема 1. Антенные решетки солнечных радиоинтерферометров. Требование к минимальной базе. Чувствительность по плотности потока и по яркостной температуре. Выполнение условий теоремы Ван-Циттерта-Цернике при картографировании Солнца.

Тема 2. Методы реконструкции радиоизображений. Чистка. Метод максимума энтропии.

#### Раздел 5. Калибровка солнечных радиотелескопов.

Тема 1. Абсолютная и относительная калибровки радиометров.

Тема 2. Калибровка интерферометров. Фазовая калибровка. Амплитудная калибровка. Замкнутые фазы. Минимальная избыточность антенной решетки. Самокалибровка.

#### Раздел 6. Спектр Солнца.

Тема 1. Выдающиеся спектральные линии.

Тема 2. Эквивалентная ширина. Остаточная интенсивность.

Тема 3. Ионизация. Кривые роста.

Тема 4. Электронный атлас солнечного спектра. Теллурические линии.

#### Раздел 7. Солнечные оптические телескопы и их оснащение.

Тема 1. Горизонтальные и башенные телескопы. Фотогелиографы и хромосферные телескопы.

Тема 2. Внезатменный коронограф: типа Лио; с внешним затмением. К-коронограф.

Тема 3. Спектрограф, дифракционная решетка. Интерференционно-поляризационный фильтр.

Тема 4. Эталоны Фабри–Перо.

Тема 5. Фотоэлектрические приемники радиации. Фотоумножитель. Электронно-оптический преобразователь. ПЗС-матрицы. Спектрогелиограф.

#### Раздел 8. Методы измерений магнитного поля и скоростей.

Тема 1. Эффект Доплера. Метод Лейтона. Эффект Зеемана.

Тема 2. Поляриметрия. Параметры Стокса.

Тема 3. Поляриды. Призма Волластона. Пластинки  $X/2$  и  $X/4$ . Электрооптические устройства.

Тема 4. Методы измерений напряженности магнитного поля и лучевых скоростей Солнца.

Тема 5. Солнечные магнитографы и стоксметры. Вектор-магнитографа

### 5.2. Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№	Раздел	Всего часов	Аудиторные занятия		СРС	Форма контроля
			Лекции	Практические занятия		
1	Современные солнечные радиотелескопы.	10	2	0	8	Зачет
2	Электромагнитное излучение Солнца	14	4	0	10	Зачет
3	Солнечные радиометры	12	4	0	8	Зачет
4	Солнечные интерферометры	12	4	0	8	Зачет
5	Калибровка солнечных радиотелескопов	12	4	0	8	Зачет
6	Спектр Солнца.	16	6	0	10	Зачет
7	Солнечные оптические телескопы и их оснащение	16	6	0	10	Зачет
8	Методы измерений магнитного поля и лучевых скоростей	16	6	0	10	Зачет
<b>Итого (часы)</b>		<b>108</b>	<b>36</b>		<b>72</b>	
<b>Итого (з.е.)</b>		<b>3</b>	<b>1</b>		<b>2</b>	

### 5.3. Разделы и темы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин и практик	№ № разделов и/или тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин
1	Исследовательская практика	Р.1-8

### 5.4. Тематика заданий для самостоятельной работы

Раздел	Тема	Вид самостоятельной работы	Рекомендуемая литература	Всего часов
1	Тема 1. Обзор существующих радиотелескопов. Перспективные проекты. Наземные обсерватории. Орбитальные обсерватории. Окна прозрачности земной атмосферы.	конспектирование	а) основная литература 1,2,3 б) дополнительная литература 1,2	8
2	Тема 1. Излучение черного тела. Закон Рэлея-Джинса. Закон Планка.	конспектирование	а) 1,4,6 б) 2	3

	Тема 2. Тепловое радиоизлучение Солнца. Тормозное радиоизлучение. Магнитотормозное радиоизлучение.	конспектирование	а) 1,4 б) 2	3
	Тема 3. Нетепловое радиоизлучение Солнца. Гиротронное излучение. Плазменное излучение.	конспектирование	а) 1,10,13 б) 1,4	4
3	Тема 1. Антенны солнечных радиометров. Флуктуационная чувствительность, радиометрический выигрыш. Измерение параметров Стокса, регистрация спектров мощности.	конспектирование	а) 1,2,3 б) 1	8
4	Тема 1. Антенные решетки солнечных радиоинтерферометров. Требование к минимальной базе. Чувствительность по плотности потока и по яркостной температуре. Выполнение условий теоремы Ван-Циттерта-Цернике при картографировании Солнца.	конспектирование	а) 1,2,3 б) 1	4
	Тема 2. Методы реконструкции радиоизображений. Чистка. Метод максимальной энтропии.	конспектирование	а) 3 б) 1	4
5	Тема 1 Абсолютная и относительная калибровки радиометров.	конспектирование	а) 1,2,3 б) 1,	4
	Тема 2. Калибровка интерферометров. Фазовая калибровка. Амплитудная калибровка. Замкнутые фазы. Минимальная избыточность антенной решетки. Самокалибровка.	конспектирование	а) 1,2,3 б) 1	4
6	Тема 1. Выдающиеся спектральные линии. Эквивалентная ширина. Остаточная интенсивность.	конспектирование	а) 8,9	5
	Тема 2. Ионизация. Кривые роста.	конспектирование	а) 8,9	
	Тема 3. Электронный атлас солнечного спектра. Теллурические линии.		б) 5	5

7	Тема 1. Горизонтальные и башенные телескопы. Фотогелиографы и хромосферные телескопы.	конспектирование	а) 7	2
	Тема 2. Внезатменный коронограф: типа Лио; с внешним затмением. К-коронометр. Влияние земной атмосферы на качество наблюдений.	конспектирование	а) 7 б) 5	2
	Тема 3. Спектрограф, дифракционная решетка. Интерференционно-поляризационный фильтр. Эталоны Фабри–Перо.	конспектирование	а) 7,9	2
	Тема 4. Фотоэлектрические приемники радиации. Фотоумножитель. Электронно-оптический преобразователь. ПЗС-матрицы. Спектрогелиограф.	конспектирование	а) 7 б) 7	4
8	Тема 1. Эффект Доплера. Метод Лейтона. Эффект Зеемана.	конспектирование	а) 8,9,10 б) 4	1
	Тема 2. Поляризация света. Поляриметрия. Параметры Стокса.	конспектирование	а) 8,9,10 б) 4	2
	Тема 3. Поляроиды. Призма Волластона. Пластинки X/2 и X/4. Электрооптические устройства.	конспектирование	а) 7,10 б) 3,4	2
	Тема 4. Солнечные магнитографы и стоксметры. Вектор-магнитограф.	конспектирование	а) 7,8,10 б) 3,6	5

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Основная литература

	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1	Краус Дж. Д. Радиоастрономия. Сов.радио. 1973	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
2	Есепкина Н.А., Корольков Д.В., Парийский Ю.Н. Радиотелескопы и радиометры. М.: Наука 1973	1
3	А. Р. Томпсон, Дж. М. Моран, Дж. У. Свенсон, Интерферометрия и синтез в радиоастрономии,	2

	«ФИЗМАТЛИТ», 2003 г.	
4	Алтынцев А.Т., Кашапова Л.К. Введение в Радиоастрономию Солнца, Изд. ИГУ, Иркутск, 2014	5
5	Солнечная и солнечно-земная физика: Иллюстрированный словарь терминов. М.: Мир, 1980.	6
6	Aschwanden M. Physics of the solar corona: An Introduction with Problems and Solutions (Springer Praxis Books), Springer, 2005.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
7	Мартынов Д.Я. Курс практической астрофизики, 3-е изд., М.: Наука, 1977.	1
8	Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии. М., УРСС, 2004.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
9	Сотникова Р.Т., Файнштейн В.Г., Кобанов Н.И., Скляр А.А. Введение в физику Солнца: учеб. пособие: Ч.2. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2012. 87 с.	1
10	Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика, Издательство Московского Университета, 2004	1

### 6.2. Дополнительная литература

	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1	Христансен У., Хёгбом И. Радиотелескопы. Мир, 1972	1
2	Железняков В. В. Излучение в астрофизической плазме. Янус-К. 1997	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
3	В. М. Григорьев, Н. И. Кобанов // Солнечные магнитографы / Исслед. по геомагнетизму, астрономии и физике Солнца. - М.: Наука, 1980. - Вып.52. - С.155-176:	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
4	Жевандров Р.Д. Поляризация света. Наука. 1969.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
5	О.И. Шанин, Адаптивные оптические системы коррекции наклонов. Резонансная адаптивная оптика. Техносфера, Москва, 2013.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
6	В. М. Григорьев, Н. И. Кобанов, / Метод бихроматического изображения в исследованиях Солнца // Изв. Вузов. Радиофизика. - 1996. - Т.39, №10. - С.1315-1325	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
7	Бараночников М.Л. Приемники и детекторы излучений. Справочник. Электронная авторская версия. (Москва, 2018)	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ

### 6.3. Профессиональные базы данных, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- <http://ssrt.iszf.irk.ru/indexru.shtml>
- Архив наблюдений радиоастрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (<http://badary.iszf.irk.ru/>)
- База данных многолетних наблюдений солнечной активности в ГАО РАН (<http://www.gaoran.ru/database/csa/>, <http://www.gaoran.ru/database/esai/>, <http://www.gaoran.ru/english/database/sd/index.htm>)
- Международная база данных наблюдений Солнца «Виртуальная солнечная

- обсерватория» <https://sdac.virtualsolar.org/cgi/search>
- Научная база данных Scopus (<https://www.scopus.com>)
  - Научные данные (материалы) издательства Cambridge University Press (<http://www.cambridge.org>)
- 6.4. Информационные, информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:**
- Информационно-справочная информация в библиотеке ИСЗФ СО РАН <http://irbis.iszf.irk.ru>
  - Государственная публичная научно-техническая библиотека России <http://www.gpntb.ru/>
  - Журналы Американского физического общества <http://publish.aps.org/>
  - научная электронная библиотека + Российский Индекс Научного Цитирования <https://elibrary.ru>
  - Международный каталог и поисковая система по публикациям в области астрофизики [http://adsabs.harvard.edu/abstract\\_service.html](http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html)
  - Онлайн каталог изображений Солнца Гелиовьюер <https://helioviewer.org/>
  - Монитор солнечной активности <https://www.solarmonitor.org>
  - Международная система индексирования публикаций Web of Science <http://webofknowledge.com>
  - Научные ресурсы зарубежного издательства Elsevier B.V. – Freedom Collection (<https://www.elsevier.com>)

#### 6.5. Программное обеспечение

Программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

№	Наименование программного продукта	Кол-во	Обоснование для пользования ПО (Лицензия, Договор, счёт, акт или иное)	Дата выдачи лицензии	Срок действия права пользования
1	Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level	3	Номер Лицензии Microsoft 47790919	30.01.2009	бессрочно
2	Microsoft Windows Professional 7 Russian OPEN 1 License No Level Legalization Get Genuine	5	Номер Лицензии Microsoft 47771806	06.12.2010	бессрочно
3	7-Zip	1	Свободно распространяется на условиях лицензии GNU LGPL		бессрочно
4	Adobe Acrobat Reader DC	1	Лицензионное соглашение на программное обеспечение Adobe.		бессрочно
5	Mozilla Firefox	1	Свободно распространяется на условиях тройной		бессрочно

			лицензии Mozilla (MPL/GPL/LGPL).		
6	VLC Media player	1	Свободно распространяется на условиях лицензии GNU GPL		бессрочно
7	Операционная система Ubuntu	6	свободная лицензия		бессрочно
8	Дистрибутив Python Anaconda	6	свободная лицензия		бессрочно
9	Офисный пакет Libre Office	6	свободная лицензия		бессрочно

### 7. Образовательные технологии

В учебном процессе используются как активные, так интерактивные формы проведения занятий.

Интерактивные формы включают в себя:

- Лекции;
- Творческие задания в форме изложения проблемного материала;
- Групповые оценки и взаимооценки: а именно рецензирование аспирантами выступлений друг друга.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор). Презентации позволяют качественно иллюстрировать аудиторные занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками и структурировать материал занятия. Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что улучшает восприятие материала.

Самостоятельная работа включает в себя:

- формулирование проблемных вопросов в результате самостоятельного изучения темы с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей;
- конспектирование;

При необходимости, в процессе работы над заданием, аспирант может получить индивидуальную консультацию у преподавателя.

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием.

### 9. Фонд оценочных средств Текущая и промежуточная аттестация

**Цель контроля** — получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

**Знать**

1. характеристики электромагнитного излучения Солнца;
2. инструменты и методы наблюдений Солнца;

**Уметь**

1. применять методы организации и проведения солнечных исследований;
2. применять методы обработки информации, получаемой при наблюдениях;

**Владеть**

1. навыками проведения экспериментальных исследований Солнца;
2. теоретической интерпретацией наблюдаемых явлений;

**Текущий контроль**

Текущий контроль успеваемости аспиранта, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляется на протяжении семестра. Текущий контроль знаний обучающихся организован как устный групповой опрос по теме предыдущей лекции. Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта.

Объектами оценивания выступают:

- Учебная дисциплина - активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- Степень усвоения теоретических знаний.

**Характеристика ОС для обеспечения текущего контроля по дисциплине**

Раздел/ Тема	ОС	Содержание задания
1. Современные солнечные радиотелескопы.	Устный групповой опрос	Ответить на вопросы изученному материалу
2. Электромагнитное излучение Солнца	Устный групповой опрос	Ответить на вопросы изученному материалу
3. Солнечные радиометры	Устный групповой опрос	Ответить на вопросы изученному материалу
4. Солнечные интерферометры	Устный групповой опрос	Ответить на вопросы изученному материалу
5. Калибровка солнечных радиотелескопов	Устный групповой опрос	Ответить на вопросы изученному материалу
6. Спектр Солнца.	Устный групповой опрос	Ответить на вопросы изученному материалу
7. Солнечные оптические телескопы и их оснащение	Устный групповой опрос	Ответить на вопросы изученному материалу
8. Методы измерений магнитного поля и лучевых скоростей	Устный групповой опрос	Ответить на вопросы изученному материалу

## Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине осуществляется по окончании дисциплины, в виде зачета в соответствии с графиком учебного процесса.

### Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

#### Вопросы к зачету

1. Основные характеристики солнечного радиотелескопа.
2. Почему Солнце излучает как абсолютно черное тело?
3. Закон излучения абсолютно черного тела.
4. Яркостная температура
5. Антенная температура
6. Формула Найквиста для спектра теплового шума резистора
7. Понятие о uv-плоскости, связь распределения поля по раскрытию антенны с диаграммой направленности по мощности.
8. Пространственная когерентность электромагнитного поля. Способы измерения.
9. Фурье-синтез радиоизображений протяженных объектов.
10. Методы реконструкции радиоизображений.
11. Понятие о замкнутых фазах и амплитудах.
12. Антенные решетки с критической избыточностью.
13. Спектр Солнца. Выдающиеся линии солнечного спектра (Нальфа, Нбета, Н и К кальция).
14. Эффект Зеемана. Эффект Доплера. Их значение для современной астрофизики
15. Метод Лейтона измерений лучевых скоростей Солнца.
16. Расщепление магниточувствительных линий, фактор Ланде.
17. Вектор-магнитограф.
18. Солнечные магнитографы и стоксметры.
19. Горизонтальные и башенные телескопы.
20. Внезатменный коронограф: типа Лио; с внешним затмением.
21. Спектрографы с дифракционной решеткой.
22. Интерференционно-поляризационный фильтр.
23. Поляриметрия. Поляроиды. Призма Волластона. Фазосдвигающие пластинки  $X/2$  и  $X/4$ .
24. Электрооптические устройства для модуляции поляризации.
25. Параметры Стокса, их связь с характеристиками магнитного поля.

#### Задания к зачету

1. Вывести закон излучения Рэлея-Джинса
2. Вывести закон излучения Планка
3. Показать, что пространственная когерентность поля растет по мере распространения волны
4. Вывести формулу флуктуационной чувствительности двухэлементного интерферометра
5. Определить точность коррекции геометрической задержки для радиоинтерферометра с базой порядка 100 длин волн
6. Написать фрагмент программы (Python, IDL, C++) для чтения FITS файла
7. Рассчитать чувствительность по плотности потока и по яркостной температуре N-антенного радиоинтерферометра
8. Определить антенные температуры, вызванные излучением солнечного диска, протуберанца и пятенного источника.
9. Дать полный ответ на вопрос; почему днем небо голубое, а закат и восход красные?

- Какие физические зависимости и как надо изменить чтобы ситуация поменялась с точностью наоборот?
10. Что надо сделать чтобы из поляризованного солнечного света получить естественный (неполяризованный)?
  11. Рассчитать диаметр оптического телескопа, в который можно было бы разглядеть с Земли (земную атмосферу не учитывать) по крайней мере две детали на Альфа Центавра. Есть ли в наше время реальные возможности составлять карту поверхности столь удаленных звезд, наблюдая с Земли?
  12. Известны оптические телескопы-интерферометры. Их пространственное разрешение (способность различать мелкие детали) тем выше, чем больше расстояние между элементами интерферометра. Найти теоретический предел, до которого увеличение этого расстояния имеет смысл в интерферометре для наблюдений Солнца. Искажения земной атмосферы не учитывать.
  13. Вычислить напряженность продольного магнитного поля, если линия Fe I 5250 Å расщепилась на две компоненты, расстояние между которыми 50 mÅ.
  14. Скорость подъема вещества в центре диска Солнца составила 1,5 км/сек, определить величину и направление смещения спектральной линии Ba II 4554Å.
  15. Полоса фильтра настроена на ядро Нальфа. Оценить на фильтрограмме полного диска Солнца направления и примерные величины лучевых скоростей отдельных элементов изображения, указанных преподавателем.
  16. Рассчитать величину расщепления спектральной линии Fe I 6569Å для напряженности магнитного поля 1800 Гаусс и с помощью электронного атласа продемонстрировать итоговую форму профиля линии.
  17. Рассчитать параметры (экспозицию, частоту съемки) работы фотокамеры при которых реально существующие пятиминутные осцилляции лучевой скорости не приводят к стробоскопическому эффекту.

**Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется аспиранту, если основной материал усвоен, аспирант приобрел необходимые знания и умения;
- оценка «не зачтено» - если основной материал усвоен недостаточно, аспирант не приобрел необходимых знаний и умений