

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

УТВЕРЖДАЮ:

Врио директора ИСЗФ СО РАН

чл.– корр. РАН \_\_\_\_\_ А.В. Медведев

«15» марта 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Б1.В.ДВ.2.1 Спектроскопия**

Направление подготовки **03.04.02 Физика**

Направленность (профиль): **Физика солнечно-земных связей**

Квалификация выпускника: **МАГИСТР**

Тип профессиональной деятельности: **научно-исследовательский,  
педагогический**

Форма обучения: **очная**

Иркутск 2024

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика (уровень магистратуры), утвержденного приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 № 914

РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал кандидат физико-математических наук	А.А. Челпанов
---	---------------

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

Дисциплина «Спектроскопия» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы по направленности (профилю) подготовки Физика солнечно-земных связей направления подготовки 03.04.02 Физика, и является дисциплиной по выбору.

Предшествующие дисциплины, на которые данная дисциплина опирается: «Планирование и организация научных исследований», «Введение в физику плазмы», «Общая астрофизика».

Последующие дисциплины, практики для которых освоение данной дисциплины необходимо: научно-исследовательская работа.

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

Целью дисциплины «Спектроскопия» является ознакомление с методами, используемыми в спектроскопических астрономических наблюдениях и с анализом спектральных данных.

Задачами дисциплины «Спектроскопия» является:

- Ознакомление с основными принципами и границами применимости спектроскопии в астрономии;
- Ознакомление с методами анализа спектроскопических данных;
- Обучение работе с наблюдательными спектральными данными.

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

Процесс изучения дисциплины «Спектроскопия» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ОПОП по направлению подготовки 03.04.02 Физика:

Компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности	ИД 1. Способен решать исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области физики.	<b>Знать:</b> физические принципы формирования спектра излучения. <b>Уметь:</b> различать виды спектров и спектральных линий. <b>Владеть:</b> методами оценки физических параметров плазмы по спектроскопическим наблюдениям.
	ИД 2. Знает методы и приемы организации, выполнения экспериментальных исследований на современном уровне и анализировать их результаты.	<b>Знать:</b> основные схемы телескопов и спектрографов, применяющихся в астрономических наблюдениях. <b>Уметь:</b> Рассчитывать основные параметры телескопов и спектрографов. <b>Владеть:</b> математическим аппаратом, используемым в описании поляризации излучения.
	ИД 3. Умеет использовать фундаментальные знания профессиональной деятельности для решения конкретных задач.	<b>Знать:</b> понятия дисперсии спектральных данных. <b>Уметь:</b> использовать ПО для работы с наблюдательными данными. <b>Владеть:</b> приёмами оценки физических параметров сред.

<p>ПКА-2. Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики</p>	<p>ИД-1. Демонстрирует базовые знания теоретических и экспериментальных разделов физики в области физики солнечно-земных связей</p>	<p><b>Знать:</b> принципы распространения электромагнитных волн в средах. <b>Уметь:</b> рассчитывать основные параметры наблюдаемых спектров. <b>Владеть:</b> математическим аппаратом, используемым в описании формирования спектральных линий.</p>
	<p>ИД 2. Использует информационные ресурсы, научную, опытно-экспериментальную, наблюдательную и приборную базы при проведении научных исследований и реализации научных проектов в области физики солнечно-земных связей.</p>	<p><b>Знать:</b> основные интернет-ресурсы, публикуемые оперативные астрофизические данные. <b>Уметь:</b> загружать и анализировать данные, публикуемые на интернет-ресурсах. <b>Владеть:</b> программным обеспечением для обработки данных.</p>
	<p>ИД 3. Использует современные теоретические и экспериментальные методы, включая методы обработки и анализа данных, при проведении научных исследований и реализации научных проектов в области физики солнечно-земных связей</p>	<p><b>Знать:</b> основы поляризации излучения. <b>Уметь:</b> определять оптические оси поляризационной оптики и выстраивать оптическую схему на скамье. <b>Владеть:</b> формулами для расчёта полного вектора магнитного поля.</p>
	<p>ИД 4. Формулирует результаты, полученные в ходе решения исследовательских задач и реализации научных проектов в области физики солнечно-земных связей.</p>	<p><b>Знать:</b> основные понятия, используемые для описания параметров оптических схем. <b>Уметь:</b> рассчитывать вариации доплеровской скорости, интенсивности излучения, полуширин линий по спектральным наблюдательным данным. <b>Владеть:</b> знаниями о физических процессах в плазме.</p>

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц
<b>Аудиторные занятия</b> (всего)	<b>36/1</b>
В том числе:	
Лекции	18/0,5
Лабораторные работы	
Практические занятия	18/0,5
<b>Самостоятельная работа</b> (всего)	<b>72/2</b>
Вид промежуточной аттестации (экзамен)	36/1
<b>Контактная работа</b> (всего)	<b>36/1</b>
<b>Общая трудоёмкость</b> (часы/зачетные единицы)	<b>144/4</b>

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание разделов и темы дисциплины

#### Раздел 1.

Тема 1. Вводная информация по темам: спектр, развитие методов исследования света и другого э/м излучения; виды спектров; диапазоны спектра, используемые в астрофизике;

Тема 2. Приборы для изучения и регистрации спектров; применение спектроскопии в астрофизике и в других науках.

#### Раздел 2.

Тема 1. Спектроскопы и спектрографы, особенности различных приборов, вывод формул, описывающих характеристики диспергирующего элемента;

Тема 2. Другие параметры приборов; основные оптические схемы спектрографов.

#### Раздел 3.

Тема 1. Эшельный спектрограф, его особенности.

Тема 2. Спектр Фраунгофера, значимые линии; параметры профиля линии, их оценка; измерение доплеровского смещения, полуширины.

Тема 3. Вывод формулы доплеровского смещения; особенности применения доплеровского смещения в солнечной физике

#### Раздел 4.

Тема 1. Поляризация — виды, особенности, применение, измерение;

Тема 2. Параметры Стокса, поляриметр; зеемановское расщепление; упрощённый вариант поляриметра.

Тема 3. Практический расчёт линейной и угловой дисперсии, разрешающей силы на примере спектра; измерение доплеровских смещений за время наблюдательной серии.

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

№ п/п	Раздел	Всего часов	Аудиторные занятия				СРС
			Лекции	Лаб. занятия	Практические занятия	Семинары	
1.	Раздел 1	18	4				14
2.	Раздел 2	30	4		6		20
3.	Раздел 3	30	5		6		19
4.	Раздел 4	30	5		6		19
5.	Экзамен	36					
<b>Итого (часы)</b>		<b>144</b>	<b>18</b>		<b>18</b>		<b>72</b>
<b>Итого (з.е.)</b>		<b>4</b>	<b>0,5</b>		<b>0,5</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.	Научно-исследовательская работа	1-4

### 5.4. Перечень лекционных занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование используемых	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
-------	--------------------------------------	---------------------------	---------------------	--------------------

		<b>технологий</b>		
1.	1.1. Вводная информация по темам: спектр, развитие методов исследования света и другого э/м излучения; виды спектров; диапазоны спектра, используемые в астрофизике	Лекция	2	устный опрос
2.	1.2 Приборы для изучения и регистрации спектров; применение спектроскопии в астрофизике и в других науках	Лекция	2	устный опрос
3.	2.1 Спектроскопы и спектрографы, особенности различных приборов, вывод формул, описывающих характеристики диспергирующего элемента	Лекция	2	устный опрос
4.	2.2 Другие параметры приборов; основные оптические схемы спектрографов	Лекция	2	устный опрос
5.	3.1 Эшелённый спектрограф, его особенности.	Лекция	1	устный опрос
6.	3.2 Спектр Фраунгофера, значимые линии; параметры профиля линии, их оценка; измерение доплеровского смещения, полуширины	Лекция	2	устный опрос
7.	3.3 Вывод формулы доплеровского смещения; особенности применения доплеровского смещения в солнечной физике	Лекция	2	устный опрос
8.	4.1 Поляризация — виды, особенности, применение, измерение	Лекция	1	устный опрос
9.	4.2 Параметры Стокса, поляриметр; зеемановское расщепление; упрощённый вариант поляриметра	Лекция	2	устный опрос
10.	4.3 Практический расчёт линейной и угловой дисперсии, разрешающей силы на примере спектра; измерение доплеровских смещений за время наблюдательной серии	Лекция	2	устный опрос

### 5.5. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1.	2.2	Оценка параметров спектрографов	6	Обсуждение результатов решаемых задач
2.	3.2	Измерение дисперсии по спектральным данным	3	Обсуждение результатов решаемых задач
3.	3.3	Изменение параметров вариаций лучевой скорости по доплеровскому смещению спектральных линий	3	Обсуждение результатов лабораторных работ
4.	4.2	Определение оптических осей приборов и сборка оптической схемы	3	Отчёт о проделанной лабораторной работе
5.	4.3	Оценка физических параметров плазмы	3	Собеседование по решению задач

## 5.6. Тематика заданий для самостоятельной работы

Раздел	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	1.1	Чтение литературы	Самостоятельное изучение дополнительного материала по теме раздела	Спектральные исследования космического и атмосферного излучения [] : сб. науч. тр. / отв. ред. А. Г. Кисляков. - Горький : [б. и.], 1979.	7
1	1.2	Чтение литературы	Самостоятельное изучение дополнительного материала по теме раздела	Спектроскопия атмосферы [] / В. Е. Зуев, Ю. С. Макушкин, Ю. И. Пономарев. - Л. : Гидрометеиздат, 1987.	7
2	2.1	Письменное упражнение	Задача на расчёт характеристик диспергирующих элементов		10
2	2.2	Письменное упражнение	Задача на расчёт характеристик спектрографа		10
3	3.2	Чтение литературы	Самостоятельное изучение дополнительного материала по теме раздела	Курс общей астрономии [Текст] : учеб. пособие / П. И. Бакулин, Э. В. Кононович, В. И. Мороз. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Наука, 1977.	10
3	3.3	Письменное упражнение	Задача на расчёт доплеровского смещения		9
4	4.1.	Чтение литературы	Самостоятельное изучение дополнительного материала по теме раздела	Оптические телескопы. Теория и конструкция [] / Н. Н. Михельсон. - М. : Гл. ред. физ.-мат. лит-ры изд-ва "Наука", 1976.	7
4	4.2	Письменное упражнение	Задачи на расчёт зеемановского расщепления спектральных линий		6
4	4.3	Письменное упражнение	Задачи на расчёт угловой дисперсии, разрешающей силы		6

## 5.7. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Чтение литературы: преподаватель даёт тему для изучения, формулирует вопросы, на которые нужно найти ответы в процессе изучения литературы, организывает обсуждение материала и проверку конспектов.

Письменные упражнения: даются условия задач по теме изучаемого материала, студенты решают задачи самостоятельно; на семинарах организуется проверка решений и обсуждение возможных подходов к решению задач.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Основная литература

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
-------	--	------------------------

1.	Спектральные исследования космического и атмосферного излучения [] : сб. науч. тр. / отв. ред. А. Г. Кисляков. - Горький : [б. и.], 1979. - 172 с.	ЭБ <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> неограниченный доступ
2.	Спектроскопия атмосферы [] / В. Е. Зуев, Ю. С. Макушкин, Ю. И. Пономарев. - Л. : Гидрометеоздат, 1987. - 250 с.	ЭБ <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> неограниченный доступ
3.	Курс общей астрономии [Текст] : учеб. пособие / П. И. Бакулин, Э. В. Кононович, В. И. Мороз. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Наука, 1977. - 545 с.	ЭБ <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> неограниченный доступ
4.	Оптические телескопы. Теория и конструкция [] / Н. Н. Михельсон. - М. : Гл. ред. физ.-мат. лит-ры изд-ва "Наука", 1976. - 512 с.	ЭБ <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> неограниченный доступ
5.	Электронный атлас солнечного спектра в учебно-образовательном процессе Н.И. Кобанов, Р.Т. Сотникова, А.А. Скляр Солнечно-земная физика. Вып. 20. (2012) С. 15–18	2

## 6.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1.	Наблюдаем Солнце [] / Н. Н. Степанян. - М. : Наука; Гл. ред. физ. - мат. лит-ры, 1992. - 128 с.	ЭБ <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> неограниченный доступ
2.	Современная астрономическая оптика [] / Г. М. Попов. - М. : Наука : Гл. ред. физ. - мат. лит., 1988. - 192 с.	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:

- <https://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>
- <https://bass2000.obspm.fr/home.php?lang=fr>
- [https://bass2000.obspm.fr/solar\\_spect.php](https://bass2000.obspm.fr/solar_spect.php)

## 6.4. Информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- Информационно-справочная информация в библиотеке ИСЗФ СО РАН <http://irbis.iszf.irk.ru>

## 6.5. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины:

- Онлайн каталог изображений Солнца Гелиовьюер <https://helioviewer.org/>
- <https://solarmonitor.org/>

## 6.6. Программное обеспечение

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- Операционная система Ubuntu 18.04 (свободно распространяемое ПО)
- Офисный пакет Libre Office (свободно распространяемое ПО)

- 7-Zip (свободно распространяемое ПО)
- Adobe Acrobat Reader DC (свободно распространяемое ПО)
- Mozilla Firefox 1 (свободно распространяемое ПО)
- VLC Mediaplayer (свободно распространяемое ПО)
- K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО)
- Дистрибутив Python Anaconda (свободно распространяемое ПО)
- Набор компиляторов GCC (свободно распространяемое ПО)
- Операционная система Microsoft Windows 10 Pro
- Система ВКС VideoMost Proton

## 7. Образовательные технологии

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

Интерактивные формы включают в себя:

- Лекции;
- Групповые оценки и взаимооценки: а именно рецензирование студентами 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:

- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей;
- конспектирование;
- решение задач.

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

## 8. Практическая подготовка

Практическая подготовка обучающихся в рамках реализации данной учебной дисциплины осуществляется на практических занятиях.

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

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 12 посадочных мест, оснащена оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: <ul style="list-style-type: none"> <li>• доска магнитно-маркерная Branberg</li> <li>• экран для проектора Lumien Master Control</li> <li>• LMC-100110 305x229 см</li> <li>• проектор BenQ MH733 1920 x 1080</li> <li>• ноутбук HP 15-da1101ur Windows 10 Pro</li> <li>• колонки 2.0 Thonet &amp; Vander</li> </ul>
Учебная аудитория для групповых и	Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 7 посадочных мест, оснащена компьютерной техникой с

индивидуальных консультаций и самостоятельной работы	<p>возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• персональные компьютеры Неттоп Think Center Lenovo M710Q</li> <li>• мониторы ПУАМА PL2283H, Dell CRHX9K2</li> <li>• доска магнитно-маркерная Branberg</li> <li>• экран для проектора Projecta</li> <li>• проектор BenQ MH733 1920 x 1080</li> </ul>
--	--

## 10. Фонд оценочных средств

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

Знать

1. Физические принципы формирования спектра излучения.
2. Основные схемы телескопов и спектрографов, применяющихся в астрономических наблюдениях.
3. Понятия дисперсии спектральных данных.
4. Принципы распространения электромагнитных волн в средах.

Уметь

1. Различать виды спектров и спектральных линий.
2. Рассчитывать основные параметры телескопов и спектрографов.
3. Использовать ПО для работы с наблюдательными данными.
4. Рассчитывать основные параметры наблюдаемых спектров.

Владеть

1. Методами оценки физических параметров плазмы по спектроскопическим наблюдениям.
2. Математическим аппаратом, используемым в описании поляризации излучения.
3. Приёмами оценки физических параметров сред.
4. Математическим аппаратом, используемым в описании формирования спектральных линий.

**Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы**

Код компетенции	Разделы дисциплины, направленные на формирование компетенции			
	1	2	3	4
ОПК-1	+	+	+	+
ПКА-2		+	+	+

**Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Код компетенции	Показатели (индикаторы)	Формы оценивания					
		Текущий контроль					Промежуточная аттестация
		Устный опрос	Тестирование	Контроль самостоятельной работы	Решение задач	Лабораторные работы	
ОПК-1	Знать законы формирования	Основные оптические схемы	Вопросы 1-3		Задачи 1, 2	Практические задания 1-	экзамен

	ия спектра излучения; знать принципы работы и оптические схемы приборов, использующихся для регистрации и анализа спектра излучения.	спектрографов				3 (РПД)	
<i>ПКА-2</i>	Уметь решать задачи на анализ спектральных данных	Методы анализа света с использованием поляризационной оптики		Задачи 1,2		Практические задания 4, 5 (РПД)	экзамен

### Программа оценивания контролируемой компетенции

Тема или раздел дисциплины	Формируемый признак компетенции	Показатель	Критерий оценивания	Наименование ОС	
				ТК	ПА
Раздел 1. Вводная информация по темам: спектр, развитие методов исследования света и другого э/м излучения; виды спектров; диапазоны спектра, используемые в астрофизике; Приборы для изучения и регистрации спектров; применение спектроскопии в астрофизике и в других науках.	ОПК-1 Знает основные законы формирования спектра излучения; знать принципы работы и оптические схемы приборов, использующихся для регистрации и анализа спектра излучения.	Знание основных методов исследования света и другого э/м излучения; Владение базовой терминологией, используемой в спектроскопии	Владеет материалом раздела 1.  Правильно отвечает на вопросы о формировании и регистрации спектра излучения	Собеседование	экзамен
Раздел 2. Спектроскопы и спектрографы, особенности различных приборов, вывод формул, описывающих характеристики диспергирующего элемента; другие параметры приборов;	ОПК-1 Знает основные законы формирования спектра излучения; знать принципы работы и оптические схемы приборов, использующихся для регистрации и анализа спектра	Знание основных видов схем спектрографов и их характеристик	Владеет материалом раздела 2. Понимает особенности схем спектрографов	Собеседование, решение задач, лабораторная работа	экзамен

основные оптические схемы спектрографов.	излучения.				
Раздел 3. Эшельный спектрограф, его особенности. Спектр Фраунгофера, значимые линии; параметры профиля линии, их оценка; измерение доплеровского смещения, полуширины. Вывод формулы допл. смещения; особенности в применении в солнечной физике.	ПКА-2 Знает принципы формирования спектральных линий поглощения и физических параметров, влияющих на них	Знание методов оценки физических параметров плазмы по характеристикам спектра излучения	Владеет материалом раздела 3. Умеет оценивать физические параметры плазмы по характеристикам наблюдаемого спектра	Собеседование, решение задач	экзамен
Раздел 4. Поляризация — виды, особенности, применение, измерение; параметры Стокса, поляриметр; зеемановское расщепление; упрощённый вариант поляриметра; практический расчёт линейной и угловой дисперсии, разрешающей силы на примере спектра; измерение доплеровских смещений за время наблюдательной серии.	ПКА-2 Знает законы поляризации излучения и принципы работы приборов, использующихся для анализа поляризации	Знание основ поляриметрии и понимание возможностей их практического применения в области астроспектроскопии	Владеет материалом раздела 4. Может описать принципы работы оптических схем, включающих поляризационную оптику	Собеседование, решение задач, лабораторная работа	экзамен

### Текущая и промежуточная аттестация

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

#### Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости магистранта, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляется на протяжении семестра. Текущий контроль знаний обучающихся организован как устный групповой опрос, письменные работы

## Оценочные средства для оценки текущей успеваемости студентов

### Характеристика ОС для обеспечения текущего контроля по дисциплине

Раздел/Тема	Индекс и уровень формируемой компетенции или дескриптора	ОС	Содержание задания
Раздел 1. Вводная информация по темам: спектр, развитие методов исследования света и другого э/м излучения; виды спектров; диапазоны спектра, используемые в астрофизике; Приборы для изучения и регистрации спектров; применение спектроскопии в астрофизике и в других науках.	ОПК-1, ИД.1, ИД. 2	Собеседование	Дискуссия, обсуждение материала лекций. Устный ответ на вопросы преподавателя.
Раздел 2. Спектроскопы и спектрографы, особенности различных приборов, вывод формул, описывающих характеристики диспергирующего элемента; другие параметры приборов; основные оптические схемы спектрографов.	ОПК-1, ИД.1, ИД. 3	Собеседование, решение задач, лабораторная работа	Дискуссия, обсуждение материала лекций. Устный ответ на вопросы преподавателя.
Раздел 3. Эшельный спектрограф, его особенности. Спектр Фраунгофера, значимые линии; параметры профиля линии, их оценка; измерение доплеровского смещения, полуширины. Вывод формулы допл. смещения; особенности в применении в солнечной физике.	ОПК-1, ИД.2, ИД. 3	Собеседование, решение задач, лабораторная работа	Дискуссия, обсуждение материала лекций. Устный ответ на вопросы преподавателя.
Раздел 4. Поляризация — виды, особенности, применение, измерение; параметры Стокса, поляриметр; зеемановское расщепление; упрощённый вариант поляриметра; практический расчёт линейной и угловой дисперсии, разрешающей силы на примере спектра; измерение доплеровских смещений за время наблюдательной серии.	ПКА-2, ИД.1	Собеседование, решение задач, лабораторная работа	Дискуссия, обсуждение материала лекций. Устный ответ на вопросы преподавателя.

### Задания для текущего контроля

#### Вопросы для собеседования

##### Раздел 1

1. Смысл понятия спектр. Виды спектров; диапазоны спектра, используемые в астрофизике
2. Приборы для изучения спектра, их характеристики.

##### Раздел 2

1. Вывод формул, описывающих характеристики диспергирующего элемента.
2. Основные оптические схемы спектрографов, их сравнительные преимущества и недостатки.

##### Раздел 3

1. Спектр Фраунгофера, значимые линии. Влияние на спектральные линии различных параметров плазмы.
2. Вывод формулы величины доплеровского смещения наблюдаемой спектральной линии.

##### Раздел 4

1. Виды, особенности, применение, измерение поляризации излучения.

2. Причины и особенности зеемановского расщепления линий.
3. Расчёт линейной и угловой дисперсии, разрешающей силы по характеристикам диспергирующего элемента.

### **Задачи для практических занятий**

#### **Раздел 2**

1. Рассчитать параметры изображения Солнца по заданным характеристикам телескопов различных обсерваторий.
2. Рассчитать параметры получаемого на телескопе спектра по параметрам элементов оптической схемы телескопа и спектрографа.

#### **Раздел 3**

3. Рассчитать эквивалентную ширину спектральной линии поглощения по характеристикам её профиля.
4. Оценить ширину и форму профиля фраунгоферовой линии по физическим характеристикам среды на уровне её формирования.

#### **Раздел 4**

5. Практический расчёт линейной и угловой дисперсии, разрешающей силы на примере спектра.
6. Измерение доплеровских смещений за время наблюдательной серии.

### **Задания для лабораторных работ**

#### **Раздел 2**

1. Используя спектроскопические данные, полученные с использованием Автоматизированного солнечного телескопа Саянской солнечной обсерватории: а) построить профили наблюдаемых линий; б) определить спектральное разрешение спектрограмм; в) рассчитать эквивалентную ширину линий; г) измерить доплеровские скорости с использованием положения ядра линии и оценить предельную точность этого метода; д) написать код программы для определения доплеровской скорости с использованием изменения интенсивности в крыле линии.

#### **Раздел 3**

1. На основе данных, полученных по результатам выполнения задания лабораторной работы для Раздела 2 построить графики колебаний доплеровской скорости в активных областях; оценить параметры полученных колебаний с использованием Фурье-анализа и вейлет-анализа.

#### **Раздел 4**

1. Определить точность оценки продольного магнитного поля по спектральным линиям, наблюдаемым с использованием Автоматизированного солнечного телескопа Саянской солнечной обсерватории.
2. Используя магнитограммы, полученные космической обсерваторией SDO, оценить характеристики магнитных полей активных областей; определить погрешность в измерениях.

### **Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине осуществляется по окончании дисциплины, в виде экзамена в соответствии с графиком учебного процесса. Проверка наличия конспектов по дисциплине является допуском к экзамену. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий), студент отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

### **Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

#### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1 (образец билета)**

1. Вопрос для проверки уровня обученности ЗНАТЬ  
 Параметры профиля фраунгоферовой линии, физические условия, влияющие на её характеристики.
2. Вопрос для проверки уровня обученности УМЕТЬ  
 Расчёт необходимых параметров спектрографа для получения заданного разрешения.
3. Вопрос (задача/задание) для проверки уровня обученности ВЛАДЕТЬ  
 Расчёт спектрального разрешения прибора по заданному примеру спектральных данных.

### Вопросы к экзамену

1. Спектр, развитие методов исследования света и другого э/м излучения.
2. Виды спектров; диапазоны спектра, используемые в астрофизике.
3. Приборы для изучения и регистрации спектров; применение спектроскопии в астрофизике и в других науках.
4. Спектроскопы и спектрографы, особенности различных приборов.
5. Вывод формул, описывающих характеристики диспергирующего элемента.
6. Параметры спектрографов; основные оптические схемы спектрографов.
7. Эшельный спектрограф, его особенности.
8. Спектр Фраунгофера, значимые линии.
9. Параметры профиля линии Фраунгофера, их оценка.
10. Измерение доплеровского смещения, полуширины.
11. Вывод формулы допп. смещения; особенности в применении в солнечной физике.
12. Поляризация — виды, особенности, применение, измерение.
13. Параметры Стокса, поляриметр; зеемановское расщепление.
14. Упрощённый вариант поляриметра.
15. Практический расчёт линейной и угловой дисперсии, разрешающей силы на примере спектра

### Задания к экзамену

1. Расчитать спектральное разрешение прибора по заданному примеру спектральных данных.
2. В области расположения спектрально линии H-alpha Фраунгоферова линия сдвинута на 45 мА в красном направлении. Нужно найти скорость плазмы и направление её движения.

Оценивание обучающихся происходит с использованием нормативных оценок на экзамене – 5 –отлично, 4-хорошо, 3-удовлетворительно, 2 –неудовлетворительно.

### Критерии оценивания результатов обучения

Критерии	Шкала оценивания			
	«отлично»	«хорошо»	«удовлетворительн о»	«неудовлетворительн о»
<b>Владение специальной терминологией</b>	Свободно владеет терминологией из различных разделов курса	Владеет терминологией, делая ошибки; при неверном	Редко использует при ответе термины, подменяет одни понятия другими, не	Не владеет терминологией по курсу

		употреблении сам может их исправить	всегда понимая разницы	
<b>Глубина и полнота знаний теоретических основ курса</b>	Демонстрирует прекрасное знание предмета, соединяя при ответе знания из разных разделов, добавляя комментарии, пояснения, обоснования	Хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи, может провести анализ и т.д., но не всегда делает это самостоятельно без помощи экзаменатора	Отвечает только на конкретный вопрос, соединяет знания из разных разделов курса только при наводящих вопросах экзаменатора	Не владеет теоретическими основами курса
<b>Умение проиллюстрировать теоретический материал примерами</b>	Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами	Может подобрать соответствующее примеры из имеющихся в учебных материалах	С трудом может соотнести теорию и практические примеры из учебных материалов; примеры не всегда правильные	Не может соотнести теоретические знания и практические примеры
<b>Дискурсивные умения</b>	Демонстрирует различные формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Владеет аргументацией, грамотной, лаконичной, доступной и понятной речью.	Присутствуют некоторые формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Хорошая аргументация, четкость, лаконичность ответов.	С трудом применяются некоторые формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Слабая аргументация, нарушенная логика при ответе, однообразные формы изложения мыслей.	Не может применить формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Отсутствует аргументация, логика при ответе.

**Оценочные средства, обеспечивающие диагностику сформированности компетенций, заявленных в рабочей программе дисциплины (модуля)**

<b>Результат диагностики сформированности компетенций</b>	<b>Показатели</b>	<b>Критерии</b>	<b>Соответствие/ несоответствие</b>	<b>Зачет/ экзамен</b>
Положительные результаты устного промежуточного контроля	Подготовка к устному промежуточному контролю, знание основных тем дисциплины, указанных в Программе оценивания контролируемой компетенции	Дал грамотный и развернутый ответ на вопросы для подготовки по теоретическим вопросам курса. Не ответил или ответил неправильно на вопросы для подготовки по теоретическим вопросам курса	Соответствие  Несоответствие	Экзамен
Положительные результаты решения задач	Решение предложенных преподавателем задач, знание основных тем	Положительные результаты решения задач	Соответствие	Экзамен

	дисциплины	Не решил или неправильно решил предложенные задачи	Несоответствие	
Положительные результаты экзамена	Подготовка к экзамену и знание экзаменационных вопросов	<p>Полностью раскрыты все вопросы, даны все правильные определения</p> <p>Не полностью раскрыт один из вопросов и(или) в определениях есть неточности</p> <p>Не полностью раскрыты два вопроса и(или) определения неверны</p>	<p>Соответствие</p> <p>Соответствие</p> <p>Несоответствие</p>	экзамен