

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

чл.–корр. РАН _____ А.В. Медведев

« 28 » марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

ФТД.2 Введение в физику космических лучей

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 2025

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	В.Е. Сдобнов
---	--------------

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

Дисциплина «Введение в физику космических лучей» относится к факультативным дисциплинам основной образовательной программы по направленности (профилю) подготовки Физика солнечно-земных связей направления подготовки 03.04.02 Физика.

2. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Введение в физику космических лучей» является формирование теоретических знаний и практических навыков в области солнечно-земной физики, необходимых для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности.

Задачами дисциплины «Введение в физику космических лучей» является:

- дать студентам представление о происхождении, свойствах и регистрации космического излучения;
- ознакомление с современными моделями источников различных космических излучений.
- получение современных теоретических представлений о механизмах ускорения и распространения космических лучей;
- ознакомление с основными современными наземными установками для регистрации космических лучей на мировой сети станций;
- получение представлений о месте исследования космических лучей в задачах солнечно-земной физики

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины «Введение в физику космических лучей» 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
ПКА-2 Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики	ИД-1 Демонстрирует базовые знания теоретических и экспериментальных разделов физики в области физики солнечно-земных связей	Знать историю и современное состояние науки о космических лучах; когда и кем было открыто космическое излучение, галактические и солнечные космические лучи, состав галактических космических лучей, ионизационные потери космических лучей, ускорение космических лучей, космические лучи в магнитном поле и атмосфере Земли, регистрация космических лучей мировой сетью станций, космические лучи как зонд околоземного пространства. Уметь работать с соответствующей литературой, грамотно задавать вопросы и искать решения поставленных физических задач в области физики космоса и космических излучений; Владеть базовыми знаниями и специфической терминологией в области физики космоса и космических излучений для использования космических лучей для диагностики ММП и магнитосферы Земли.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц
Аудиторные занятия (всего)	36/1
В том числе:	
Лекции	18/0,5
Лабораторные работы	
Практические занятия	18/0,5
Самостоятельная работа (всего)	72/2
Вид промежуточной аттестации (зачет)	
Контактная работа (всего)	36/1
Общая трудоёмкость (часы/зачетные единицы)	108/3

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов и темы дисциплины

Раздел 1. Первичное космическое излучение

Тема 1. Введение: история открытия космических лучей (КЛ) и их основные характеристики

Тема 2. Происхождение космических лучей

Тема 3. Механизмы ускорения космических лучей

Тема 4. Галактические и солнечные космические лучи

Раздел 2. Вариации космических лучей

Тема 1. Основные понятия, классификация и современные представления о природе вариаций космических лучей. Космические лучи как зонд для изучения космического пространства

Тема 2. Мировая наземная сеть станций космических лучей и ее оснащение. Нейтронный монитор и мезонный телескоп.

Тема 3. Уравнение вариаций космических лучей. Коэффициенты связи. Разделение вариаций на вариации атмосферного, магнитосферного и межпланетного происхождения.

Тема 4. Космические лучи в магнитосфере Земли

Тема 5. Прохождение космических лучей через атмосферу, взаимодействия с ядрами атомов воздуха.

Тема 6. Барометрический эффект и температурные эффекты космических лучей

Тема 7. Методы изучения вариаций космических лучей.

5.2. Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ п/п	Раздел	Всего часов	Аудиторные занятия				СРС
			Лекции	Лаб. занятия	Практические занятия	Семинары	
1.	Первичное космическое излучение	32	8				24
2.	Вариации космических лучей	76	10		18		48
Итого (часы)		108	18		18		72
Итого (з. е.)		3	0,5		0,5		2

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

№	Наименование обеспечиваемых	№ № разделов и/или тем данной дисциплины,
---	-----------------------------	---

п/п	(последующих) дисциплин и практик	необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин
1.	Производственная практика (Научно-исследовательская работа)	2-5

5.4. Перечень лекционных занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование используемых технологий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1.	Раздел 1 Тема 1	Интерактивные лекции	1	Устный опрос
2.	Раздел 1 Тема 2	Интерактивные лекции	1	Устный опрос
3.	Раздел 1 Тема 3	Интерактивные лекции	5	Устный опрос
4.	Раздел 1 Тема 4	Интерактивные лекции	1	Устный опрос
5.	Раздел 2 Тема 1	Интерактивные лекции	1	Устный опрос
6.	Раздел 2 Тема 2	Интерактивные лекции	2	Устный опрос
7.	Раздел 2 Тема 3	Интерактивные лекции	2	Устный опрос
8.	Раздел 2 Тема 4	Интерактивные лекции	1	Устный опрос
9.	Раздел 2 Тема 5	Интерактивные лекции	1	Устный опрос
10.	Раздел 2 Тема 6	Интерактивные лекции	1	Устный опрос
11.	Раздел 2 Тема 7	Интерактивные лекции	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.	Раздел 2. Тема 6.	Расчет барометрического коэффициента по данным измерений интенсивности КЛ и атмосферного давления в конкретном пункте наблюдения	4	Решение задач барометрический коэффициент для пункта наблюдения
		Расчет барометрического коэффициента по данным измерений интенсивности КЛ и атмосферного давления в конкретном пункте наблюдения в разные периоды солнечной активности	14	Решение задач барометрические коэффициенты в разные периоды времени

5.6. Тематика заданий для самостоятельной работы

Раздел	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Кол-во часов
1	Механизмы ускорения космических лучей	Конспект	Изучение и конспектирование материала	Мирошниченко Л. И. Физика Солнца и солнечно-земных связей. – М.: Университетская книга, 2011.	24
2	Уравнение вариаций космических лучей. Коэффициенты связи. Разделение вариаций на вариации атмосферного, магнитосферного и межпланетного происхождения.	Конспект	Изучение и конспектирование материала	Белов А.В. Вариации галактических космических лучей. – М.: Издательство Московского университета, 2018 г.	14
		Конспект	Изучение и конспектирование материала		14

Космические лучи в магнитосфере Земли	Конспект	Изучение и конспектирование материала	Дорман, И. В. Космические лучи [Текст]: ист. очерк / И. В. Дорман. - М.: Наука, 1981.-192 с: ил Мурзин В.С. Введение в физику космических лучей. - М., Атомиздат, 1979 Дорман, И. В. Космические лучи, ускорители и новые частицы [Текст] / И. В. Дорман. - М.: Наука, 1989. - 229 с.	20
---------------------------------------	----------	---------------------------------------	---	----

5.7. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

- конспектирование;
- 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.

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.	Мурзин В.С. Введение в физику космических лучей. - М., Атомиздат, 1979. –301 с.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ
2.	Мурзин В.С. Астрофизика космических лучей: Учебное пособие для вузов. - М.: Университетская книга; Логос, 2007. – 488 с.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ
3.	Белов А.В. Вариации галактических космических лучей. – М.: Издательство Московского университета, 2018 г. – 258-284 с.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ
4.	Мирошниченко Л.И. Солнце и космические лучи - М. : Знание, 1970. – 82 с.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ
5.	Топтыгин И.Н. Космические лучи в межпланетных полях. М.: Наука, 1983. – 303 с.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ
6.	Дорман, И. В. Космические лучи: ист. очерк - М.: Наука, 1981. – 98 с.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ
7.	Дорман, И. В. Космические лучи, ускорители и новые частицы – М.: Наука, 1989. - 229 с.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ

6.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1.	С Хаякава. Физика космических лучей. Часть 2 Астрофизический аспект. М. Мир. 1974	2

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

- База данных измерений нейтронного монитора с высоким разрешением для реального времени <http://www.nmdb.eu/>

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:

- <http://window.edu.ru/resource/619/34619>
- <http://dec1.sinp.msu.ru/~rumith/kosmofizika/ucheba/study.htm>
- https://elementy.ru/catalog/1314/Server_SiZiF_solnechno_zemnaya_fizika_kosmofizika_ru

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)
- Операционная система Microsoft Windows 10 Pro
- Сервер видеоконференцсвязи Jitsi Meet

7. Образовательные технологии

- Лекции с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор)
- Самостоятельная работа. Самостоятельное изучение темы с привлечением основной и дополнительной литературы;

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	Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 30 посадочных мест, оснащена оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: доска магнитно-маркерная Branberg
---	---

индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	• экран для проектора Projecta • проектор BenQ MH733 1920 x 1080 • ноутбук ASUS L1500CDA Windows 10 Pro • система акустическая Electro Voice EVID 6.2
Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций и самостоятельной работы	Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 7 посадочных мест, оснащена компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде: • персональные компьютеры Неттоп Think Center Lenovo M710Q • мониторы IIYAMA PL2283H, Dell CRHX9K2 • доска магнитно-маркерная Branberg • экран для проектора Projecta • проектор BenQ MH733 1920 x 1080
«Лаборатория мониторинга солнечной активности»	• Нейтронный супермонитор 18NM64 (Станция космических лучей ИРКУТСК (ИРКТ)) • Барометр БРС-1М • Платы таймеров-счетчиков PCI-1780 • Барометр рабочий сетевой БРС-1М-2 №16006-97 со свидетельством поверки. • Платы таймеров-счетчиков PCI-1780 – Диск с программным обеспечением, поставляемый с платами.

10. Фонд оценочных средств

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать

- 1 современные методы решения задач солнечно-земной физики с использованием космических лучей;
2. достоинства и недостатки современных методов решения задач при исследовании вариаций космических лучей.

Уметь

- 1 абстрактно мыслить, анализировать и обобщать полученную в ходе исследования информацию по физике космических лучей;
2. выбирать наиболее эффективный метод или способ при решении задач в области исследования вариаций космических лучей.

Владеть

1. математическими методами при решении задач с использованием данных наблюдений космических лучей
2. современными методами и способами решения задач в области исследования вариаций космических лучей.

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

Код компетенции	Разделы дисциплины, направленные на формирование компетенции	
ИКА-2	1	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	Решение задач	Контроль самостоятельной работы	Зачет/экзамен
ПКА-2	<i>Знать:</i> основные типы вариаций космических лучей (11-ти летняя, 27-дневная, звездно-суточная) и механизмов их образования; <i>Уметь:</i> применять современные методы решения задач в области исследования вариаций космических лучей <i>Уметь:</i> применить метод глобальной съемки, метод спектрографической глобальной съемки для анализа и решения задач в области вариаций космических лучей <i>Владеть:</i> одним из методов решения задач в области исследования вариаций космических лучей	Вопросы для текущего контроля (1-12)	Типовое задание 1,2	Проверка конспектов	зачет

Программа оценивания контролируемой компетенции

Тема или раздел дисциплины	Формируемый признак компетенции	Показатель	Критерий оценивания	Наименование ОС	
				ТК	ПА
Раздел 1. Первичное космическое излучение	Знать современные методы решения задач физики космических лучей. (ПКА-2). Уметь анализировать научно-техническую информацию и обобщать отечественный и зарубежный опыт в области физики космических лучей (ПКА-2). Владеть навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; аргументированно отстаивать собственное видение рассматриваемых	Знает основные термины и понятия физики космических лучей. Источники космических лучей, химический состав и энергетические спектры космических лучей. Основные механизмы ускорения космических лучей. Принципы и методы регистрации космических лучей. Прохождение	Владеет материалом раздела 1. Умеет аргументированно вести дискуссию по вопросам базовым вопросам физики космических лучей.	Собеседование, конспектирование	зачет

	проблем (ПКА-2)	космических лучей через атмосферу Земли.			
Раздел 2 Вариации космических лучей	Знать вариации космических лучей, владеть навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; Рассчитывать барометрический коэффициент по данным измерений интенсивности КЛ и атмосферного давления в конкретном пункте наблюдения в разные периоды солнечной активности (ПКА-2)	Знает космические лучи и магнитосферу Земли. Типы и природу вариаций космических лучей. Методы исследования вариаций космических лучей.	Владеет материалом раздела 2. Умеет аргументированно вести дискуссию по вопросам базовым вопросам физики космических лучей.	Собеседование, решение задач на барометрические коэффициенты в разные периоды времени, конспектирование	зачет

Текущая и промежуточная аттестация

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

Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости студента, 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 Первичное космическое излучение	ПКА-2, ИД.1.	Собеседование, решение задач барометрические коэффициенты в разные периоды времени, конспектирование, зачет	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, решить задачу.
Раздел 2 Вариации космических лучей	ПКА-2, ИД.1.	Собеседование, решение задач на барометрические коэффициенты в разные периоды времени, конспектирование, зачет	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, решить задачу.

Вопросы для текущего контроля

Раздел 1

1. История открытия и происхождение космических лучей
2. Химический состав и спектры космических лучей
3. Основные механизмы ускорения космических лучей
4. Галактические и солнечные космические лучи

Раздел 2

1. Космические лучи в магнитосфере Земли. Теория Штермера о движении заряженных частиц в дипольном поле. Прохождение космических лучей через атмосферу, взаимодействие частиц с ядрами атомов воздуха.
2. Природа барометрического и температурного эффектов космических лучей
3. Уравнение вариаций космических лучей. Коэффициенты связи.
4. Природа вариаций атмосферного, магнитосферного и межпланетного происхождения.
5. Нейтронный монитор и мезонный телескоп.
6. Методы изучения вариаций космических лучей.
7. Метод спектрографической глобальной съемки для исследования вариаций космических лучей.

Типовые задачи для практических занятий

1. По данным наблюдений интенсивности космических лучей рассчитать барометрический коэффициент для конкретного вида наблюдений в отдельном пункте
2. По данным наблюдений интенсивности космических лучей рассчитать барометрический коэффициент для конкретного вида наблюдений в отдельном пункте в разные периоды солнечной активности

Промежуточная аттестация

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

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Вопросы для зачета

1. 1 История открытия и происхождение космических лучей
2. 2 Химический состав и спектры космических лучей
3. Основные механизмы ускорения космических лучей
4. Галактические и солнечные космические лучи
5. Космические лучи в магнитосфере Земли. Теория Штермера о движении заряженных частиц в дипольном поле
6. Прохождение космических лучей через атмосферу, взаимодействие частиц с ядрами атомов воздуха
7. Природа барометрического и температурного эффектов космических лучей
8. Уравнение вариаций космических лучей. Коэффициенты связи.
9. Природа вариаций атмосферного, магнитосферного и межпланетного происхождения.
10. Нейтронный монитор и мезонный телескоп.
11. Методы изучения вариаций космических лучей.
12. Метод спектрографической глобальной съемки для исследования вариаций космических лучей.

Типовое задание для зачета

1. По данным наблюдений интенсивности космических лучей рассчитать барометрический коэффициент для конкретного вида наблюдений в отдельном пункте

2. По данным наблюдений интенсивности космических лучей рассчитать барометрический коэффициент для конкретного вида наблюдений в отдельном пункте в разные периоды солнечной активности.

Оценочные средства сформированности компетенций

Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций	№ задания к зачету (или задание)
ПКА-2	ИД-1. <i>Знать</i> : основные типы вариаций космических лучей (11-ти летняя, 27-дневная, звездно-суточная) и механизмов их образования; достоинства и недостатки современных методов решения задач при исследовании вариаций космических лучей одним из методов решения задач в области исследования вариаций космических лучей	Вопросы для зачёта 1-12
	Уметь: выбрать и применить наиболее эффективный метод глобальной съемки или метод спектрографической глобальной съемки при решении задач в области исследования вариаций космических лучей	Вопросы для зачета 1-2, типовое задание для зачета 1,2
	Владеть: современными методами решения задач в области исследования вариаций космических лучей	Вопросы для зачета 1-12, типовое задание для зачета 1,2

Критерии оценки:

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

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

Результат диагностики сформированности компетенций	Показатели	Критерии	Соответствие/ несоответствие	Зачет/экзамен
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	зачет
Положительные результаты решения задач	Решение предложенных преподавателем задач, знание основных тем дисциплины, в Программе оценивания контролируемой компетенции	Положительные результаты решения задач Не решил или неправильно решил предложенные задачи	Соответствие Несоответствие	зачет
Положительные результаты зачета	Подготовка к зачету и знание вопросов	Полностью раскрыты все	Соответствие	зачет

		вопросы, даны все правильные определения Не полностью раскрыт один из вопросов и(или) в определениях есть неточности Не полностью раскрыты два вопроса и(или) определения неверны	Соответствие Несоответствие	
--	--	--	---	--