

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
\_\_\_\_\_ Турилова Е.А.  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Радиофизические методы исследования атмосферы, ионосферы и космоса

Направление подготовки: 21.04.03 - Геодезия и дистанционное зондирование

Профиль подготовки: Дистанционное зондирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): профессор, д.н. Хуторова О.Г. (Кафедра радиоастрономии, Высшая школа киберфизических систем и прикладной электроники), Olga.Khutorova@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-3	Способен выполнять профессиональную деятельность в целях развития и эксплуатации специальных спутниковых систем

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

принципы работы современной аппаратуры и оборудования для исследования атмосферы и космоса, физику процессов в атмосфере, ионосфере и космосе, принципы дистанционного зондирования.

Должен уметь:

анализировать экспериментальные результаты и грамотно их представлять, применять принципы дистанционного зондирования.

Должен владеть:

методами дистанционного зондирования атмосферы и ионосферы.

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять системы телекоммуникации и глобального спутникового позиционирования в геоинформационных системах, мониторинге

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 21.04.03 "Геодезия и дистанционное зондирование (Дистанционное зондирование)" и относится к части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 35 часа(ов), в том числе лекции - 20 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 14 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 73 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 семестре.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Основные сведения о Земле и ее атмосфере.	3	2	0	0	0	0	0	4

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
2.	Тема 2. Строение и состав атмосферы	3	4	0	0	0	0	0	6
3.	Тема 3. Физика Солнца и атмосферная радиация.	3	2	0	0	0	0	0	8
4.	Тема 4. Динамика атмосферы	3	4	0	0	0	0	0	10
5.	Тема 5. Ионосфера	3	2	0	0	0	0	0	4
6.	Тема 6. Методы исследования атмосферы, ионосферы и космоса	3	0	0	0	0	14	0	47
	Итого		14	0	0	0	14	0	79

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Основные сведения о Земле и ее атмосфере.

Введение. Цели и назначение курса. Происхождение Земли: геохронологическая шкала и геологическая история Земли. Земля и космос: формирование Солнечной системы.

Понятие о современных методах исследования атмосферы с учетом физики протекающих процессов, взаимодействии атмосферы и ионосферы с космосом.

##### Тема 2. Строение и состав атмосферы

Состав атмосферы, основные газы. Малые газовые составляющие атмосферы, их роль в фотохимии атмосферы и формировании климата Земли. Аэрозоль, его роль в атмосферных процессах, методы исследования. Стратификация атмосферы. Строение и физика нижней атмосферы (тропосферы) Земли. Строение и физика средней атмосферы (стратосфера, мезосфера) Строение и физика верхней атмосферы (ионосфера, магнитосфера). Особенности пограничного и приземного слоя атмосферы.

##### Тема 3. Физика Солнца и атмосферная радиация.

Физика Солнца. Основные световые характеристики Солнца. Спектры излучения Земли и Солнца. Солнечная активность. Радиационный баланс атмосферы. Атмосферная радиация. Ослабление электромагнитных волн в атмосфере. Оптическая толщина атмосферы. Рассеяние электромагнитных волн в атмосфере. Тепловой спектр Земли. Альбедо Земли. Тепловой баланс атмосферы.

##### Тема 4. Динамика атмосферы

Уравнения гидротермодинамики атмосферы. Общая циркуляция атмосферы, методы исследования Турбулентность в нижней и средней атмосфере Акустико-гравитационные волны в нижней и средней атмосфере. Мезомасштабные атмосферные процессы. Волны Россби в нижней и средней атмосфере. Волны Кельвина. Квазидвухлетняя цикличность.

##### Тема 5. Ионосфера

Строение и физика верхней атмосферы (ионосфера, магнитосфера). Состав ионосферы, история исследования, строение, механизмы образования, влияние на распространение радиоволн. Понятие солнечной активности. Влияние солнечной активности на ионосферу. Сезонные и суточные процессы в ионосфере. Динамика ионосферы.

##### Тема 6. Методы исследования атмосферы, ионосферы и космоса

Вертикальное и наклонное радиозондирование ионосферы.

Лидарные исследования.

Радиометрические исследования.

Акустическое зондирование пограничного слоя.

Радиозондовые измерения.

Спутниковые исследования атмосферы.

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Электронный курс "Физика атмосферы" - <http://edu.kpfu.ru/course/view.php?id=838>

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

сайт НАСА - <http://nasa.gov/>

сайт проф. Хуторовой О.Г. - [http://kpfu.ru/main?p\\_id=10921&p\\_lang=&p\\_personal\\_menu\\_id=213](http://kpfu.ru/main?p_id=10921&p_lang=&p_personal_menu_id=213)

сайт Росгидромета о погоде и климате - <http://www.global-climate-change.ru>

Электронный курс "Физика атмосферы" - <http://edu.kpfu.ru/course/view.php?id=838>

#### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Тип занятия: ознакомление с новым материалом. Форма занятия: лекция в аудитории. Перед лекцией рекомендуется предварительно ознакомиться с программой курса, рекомендованными источниками, конспектирование рекомендованных источников с целью выделения основной цели лекции. На лекции рекомендуется краткий конспект основных моментов, активная работа и обсуждение спорных вопросов с преподавателем.
лабораторные работы	Для проверки пройденных тем студентам предлагается выполнить ряд лабораторные работ практического содержания. Необходимо изучить методические указания к лабораторным работам. При выполнении работ студент может пользоваться своими записями по курсу и дополнительной литературой. Отчет по работе сдается в электронном виде.
самостоятельная работа	Основными видами самостоятельной работы являются: 1) предварительная подготовка к аудиторным занятиям. Такая подготовка предполагает изучение учебной программы, установление связи с ранее полученными знаниями, выделение наиболее значимых и актуальных проблем, на изучении которых следует обратить особое внимание и др.; 2) самостоятельная работа при осмыслении учебной информации, сообщаемой преподавателем, ее обобщение и краткая запись, а также своевременная доработка конспектов лекций; 3) подбор, изучение, анализ и при необходимости - конспектирование рекомендованных источников по учебным дисциплинам; 4) выяснение наиболее сложных, непонятных вопросов и их уточнение во время консультаций; 5) подготовка к контрольным занятиям, зачетам; 6) выполнение специальных учебных заданий, предусмотренных учебной программой;
экзамен	При подготовке студент должен правильно и рационально распланировать свое время, чтобы успеть качественно и на высоком уровне подготовиться к ответам по всем вопросам. Во время подготовки студенты также систематизируют знания, которые они приобрели при изучении разделов курса. При подготовке следует изучить предлагаемую литературу, конспекты лекций, ознакомиться с вопросами. Важно помнить, что рекомендуемые учебники и специальная литература при изучении курса, имеются в рекомендованном списке литературы в рабочей программе по данному курсу. Студенту предлагается ответить на 2 вопроса по выбранному билету, на подготовку к которым отводится 40 минут. На каждый вопрос студент отвечает 5-15 минут, еще 5 минут отводится на дополнительный вопрос, который может быть задан преподавателем из любого раздела курса по списку вопросов к зачету, выданных Студентам.

#### 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

#### 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 21.04.03 "Геодезия и дистанционное зондирование" и магистерской программе "Дистанционное зондирование".



Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
*Б1.В.01 Радиофизические методы исследования атмосферы,  
ионосферы и космоса*

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 21.04.03 - Геодезия и дистанционное зондирование

Профиль подготовки: Дистанционное зондирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

**Основная литература:**

1. Владимиров В.М. и др. Дистанционное зондирование Земли: учебное пособие - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2023 - 196 с. - URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=443019>
2. Хуторова О.Г. ЗОНДИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ РАДИОСИГНАЛАМИ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ / О.Г. Хуторова; Каз.федер.ун-т. - Казань, 2025. - 26 с. - Текст: электронный. - URL: [http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/net/185163/-1/F\\_Khutorova\\_Zondirovanie\\_radiosignalami\\_praktikum\\_posl.pdf](http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/net/185163/-1/F_Khutorova_Zondirovanie_radiosignalami_praktikum_posl.pdf)
3. Зольников И.Д. и др. Введение в геоинформационные системы и дистанционное зондирование: учебно-методическое пособие - Новосибирск: Новосибирский ГУ, 2023 - 88 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785443714981.html>

**Дополнительная литература:**

1. Привалов, В. Е. Лазеры и экологический мониторинг атмосферы: учебное пособие / В. Е. Привалов, А. Э. Фотиади, В. Г. Шеманин. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 288 с. - ISBN 978-5-8114-1370-6. - Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211202> (дата обращения: 12.01.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Хуторова О.Г. Радиофизические методы исследования атмосферы и ионосферы. Лабораторный практикум: учебно-методическое пособие /О.Г. Хуторова. - Казань: Казанский федеральный ун-т, 2011. - 25с. - Текст: электронный. - URL: [https://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F232916432/Sputnikovyj\\_monitoring.pdf](https://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F232916432/Sputnikovyj_monitoring.pdf) (дата обращения: 12.01.2024). - Режим доступа: открытый.
3. Низамеев А. Р., Тептин Г. М, Хуторова О. Г. Спутниковая радиотомография тропосферы: учебно-методическое пособие / А.Р. Низамеев, Г.М. Тептин, О.Г. Хуторова. - Казань: КФУ, 2015. - 26 с. - Текст: электронный. - URL: [http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/22176/06\\_45\\_001013.pdf](http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/22176/06_45_001013.pdf) (дата обращения: 12.01.2024). - Режим доступа: открытый.



*Приложение 3*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
**Б1.В.01 Радиофизические методы исследования атмосферы,**  
**ионосферы и космоса**

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 21.04.03 - Геодезия и дистанционное зондирование

Профиль подготовки: Дистанционное зондирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.