

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ

Рабочая программа дисциплины

**ТЕОРИЯ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В  
ГАЗАХ**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования по направлению подготовки

**03.03.02«Физика»**

Направленность (профиль):

**Физические исследования природных процессов**

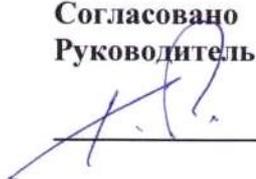
Уровень:

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

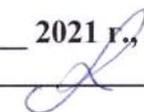
Согласовано  
Руководитель ОПОП

  
Бобровский А.П.

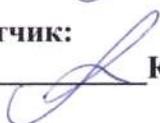
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета РГГМУ  
19 сентября 2021 г., протокол № 8

Рассмотрена и утверждена на заседании  
кафедры

11 мая 2021 г., протокол № 9  
Зав. кафедрой  Кузнецов А.Д.

Автор-разработчик:

  
Кузнецов А.Д.

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2021/2022 учебный год без изменений\*

**Протокол заседания кафедры экспериментальной физики атмосфер\_**  
**от \_\_.\_\_.2022г. №**

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2022/2023 учебный год с изменениями (см. лист изменений)\*\*

**Протокол заседания кафедры экспериментальной физики атмосфер\_**  
**от \_\_.\_\_.2022г. №**

\* Заполняется при ежегодном пересмотре программы, если в неё не внесены изменения

\*\* Заполняется при ежегодном пересмотре программы, если в неё внесены изменения

## 1. Цель и задачи освоения дисциплины

**Цель дисциплины** «Теория переноса электромагнитного излучения в газах» - подготовка бакалавров, владеющих знаниями в объеме, необходимом для изучения теоретических основ современных методов дистанционного зондирования атмосферы.

**Задачи:** освоение студентами

- теории взаимодействия электромагнитного излучения с веществом;
- физических основ формирования собственного электромагнитного излучения системы подстилающая поверхность - атмосфера;
- математических основ решения обратных задач атмосферной оптики.

## 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Теория переноса электромагнитного излучения в газах» для направления подготовки 03.03.02 «Физика», профиль «Физические исследования природных процессов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин:

- «Физика», «Математический анализ», «Вычислительная математика», «Математика (теория вероятности и статистика)», «Геофизика», «Инженерная графика»,

Параллельно с дисциплиной «Дистанционное зондирование атмосферы» изучаются:

- «Методы современного геофизического эксперимента», «Статистические методы анализа гидрометеорологической информации», «Космическая метеорология», и др.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ПК-1,1, 1,2.

### Профессиональные компетенции

Таблица 1.

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики для решения профессиональных задач отдельных этапов работ	ПК-1.1. Понимает физическую сущность процессов, происходящих в экосфере Земли, и применяет физические законы к решению задач в области гидрометеорологии, экологии ПК-1.2. Использует специальные знания математики при решении физических задач гидрометеорологии и экологии,	<i>Знать:</i> – Основы теории взаимодействия излучения с газами; – Методы количественного описания уравнения переноса электромагнитного излучения. <i>Уметь:</i> – Применять на практике численные методы решения уравнения переноса.

	производит оценочные расчеты, строит математические модели	<i>Владеть:</i> – Навыками планирования численных экспериментов для исследования методов дистанционного зондирования атмосферы.
--	--	--

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины 4 зачетных единиц, 144 часа.

Объём дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения 2021 года набора
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателями (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>56</b>
в том числе:	
лекции	<b>28</b>
практические занятия	<b>28</b>
семинарские занятия	-
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>88</b>
в том числе:	
курсовая работа	-
контрольная работа	-
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>зачет</b>

##### 4.1. Структура дисциплины

№	Раздел / тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Практические занятия	СРС			
<b>1</b>	Теория переноса электромагнитного излучения	8	4	4	14	Контрольное расчётное задание, опрос	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2

						студентов по результатам контрольного расчетного задания		
2	Свойства атмосферных аэрозолей	8	4	4	14	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-1	ПК-1.2
3	Основы теории рассеяния	8	4	4	12	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
4	Взаимодействие молекул атмосферных газов и радиации	8	4	4	12	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
5	Математические аспекты решения обратных задач дистанционного зондирования окружающей среды	8	4	4	12	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
6	Методы решения уравнения переноса в коротковолновой области спектра с учетом эффектов рассеяния	8	4	4	12	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2
7	Метеорологическое зондирование атмосферы из космоса	8	4	4	12	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного	ПК-1	ПК-1.1

						расчетного задания		
	<b>ИТОГО</b>		28	28	88			

## **4.2. Содержание разделов дисциплины**

### **4.2.1 Теория переноса электромагнитного излучения**

Основные сведения из теории формирования собственного теплового излучения. Количественные характеристики. Абсолютно черное тело. Функция Планка, законы Вина и Стефана-Больцмана. Основные сведения из теории переноса излучения. Физические основы взаимодействия излучения с веществом и количественные характеристики, используемые для описания такого взаимодействия. Вывод уравнения переноса излучения в общем случае.

#### **4.2.2. Свойства атмосферных аэрозолей.**

Определение атмосферных аэрозолей. Классификация атмосферных аэрозолей по происхождению. Классификация атмосферных аэрозолей по размерам. Аэрозольные модели атмосферы. Влияние атмосферных аэрозолей на радиационный режим атмосферы и формирование климата. Учет атмосферных аэрозолей в моделях атмосферы. Облачная и безоблачная атмосфера. Основные оптические параметры атмосферы.

#### **4.2.3. Основы теории рассеяния**

Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Сечения взаимодействия: сечение поглощения, сечение рассеяния, сечение направленного рассеяния. Индикатриса рассеяния. Характерные масштабы в теории рассеяния. Приближение малых частиц. Рэлеевское рассеяния. Безоблачная атмосфера. Правила сложения. Ограничивающие **предположения. Рассеяние на крупных частицах. Облачная атмосфера.**

#### **4.2.4. Взаимодействие молекул атмосферных газов и радиации.**

Общая характеристика молекулярного поглощения света в атмосфере. Спектры поглощения атмосферных газов. Спектральные линии. Контур спектральной линии. Уширение спектральной линии, крылья спектральной линии. Функция пропускания в атмосфере. Расчет функции пропускания.

#### **4.2.5. Математические аспекты решения обратных задач дистанционного зондирования окружающей среды**

Понятие корректно поставленных и некорректно поставленных задач. Система линейных алгебраических уравнений и их обусловленность. Определение устойчивости решения системы линейных алгебраических уравнений. Методы решения некорректных задач атмосферной оптики: проекционные, регуляризации, статистические оценки. Метод Монте-Карло для решения задачи переноса излучения в атмосфере с учетом рассеяния.

#### **4.2.6. Методы решения уравнения переноса в коротковолновой области спектра с учетом эффектов рассеяния.**

Реализация решения обратной задачи для дистанционного зондирования температуры подстилающей поверхности. Реализация решения обратной задачи для дистанционного зондирования высотного профиля температуры, метод статистической регуляризации и метод максимальной гладкости. Реализация проекционного метода решения задачи термического зондирования с использованием собственных векторов корреляционной матрицы температуры (проекционный метод).

#### 4.2.7. Метеорологическое зондирование атмосферы из космоса

Характеристика различных диапазонов спектра и их связь с решением задач дистанционного зондирования окружающей среды. Чувствительности собственного теплового излучения системы подстилающая поверхность - атмосфера к вариациям различных атмосферных величин, ее связь с решением обратных задач дистанционного мониторинга состояния окружающей среды.

#### 4.3. Содержание занятий семинарского типа

Содержание практических занятий для очной формы обучения

Таблица 4.

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов
1	Исследование свойств абсолютно черного тела излучения реальных тел – расчетное задание	4
2	Решение прямой задачи переноса ИК-излучения в системе подстилающая поверхность-атмосфера – расчетное задание.	4
3	Использование параметров тонкой структуры линий поглощения атмосферных газов для расчета коэффициента поглощения – расчетной задание	4
4	Исследование влияния погрешности в задании исходных данных на точности дистанционного восстановления температуры подстилающей поверхности – расчетное задание	4
5	Дистанционное восстановление профиля температуры с использованием проекционного метода – расчетное задание	4
6	Дистанционное восстановление профиля температуры с использованием метода регуляризации – расчетное задание	4
7	Дистанционное восстановление профиля температуры с использованием метода максимальной гладкости – расчетное задание	4

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу. Дополнительно к лекционным и практическим занятиям студент

может приходить на консультации с преподавателем, для чего студент может использовать возможности удаленного доступа (Интернет).

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале. Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр – 100:

- максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля - 70
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 7
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 23

### **6.2. Промежуточная аттестация**

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **экзамен**.

Форма проведения экзамена: тест.

**Перечень вопросов для подготовки к экзамену:**

1. Какие параметры необходимо задать для расчета интенсивности излучения АЧТ?
2. При одной и той же температуре интенсивности излучения на заданной волне больше у АЧТ или реального тела?
3. В каких пределах может изменять излучательная способность реального тела?
4. В каких единицах измеряется излучательная способность реального тела?  
Как можно измерить излучательную способность реального тела на заданной длине волны?
5. Какова природа образования линий поглощения атмосферных газов?
6. Какие процессы приводят к уширению линий поглощения?
7. Как описывается контур поглощения одиночной линии поглощения?
8. Как формируются полосы поглощения атмосферных газов?
9. Как были получены параметры тонкой структуры линий поглощения, используемые при выполнении данного задания?
10. Оптические характеристики, используемые для количественного описания собственного теплового излучения.
11. Механизм формирования собственного теплового излучения.
12. Абсолютно черное тело и функция Планка.
13. Законы Вина и Стефана-Больцмана.
14. Спектральные линии и параметры тонкой структуры спектральных линий.
15. Контур спектральной линии и механизмы их уширения.
16. Спектры поглощения атмосферных газов.
17. Функция пропускания атмосферы и методы ее расчета.
18. Уравнение переноса излучения.
19. Формулировка прямой и обратной задачи атмосферной оптики.
20. Характеристика различных диапазонов спектра и их связь с решением задач дистанционного зондирования окружающей среды.
21. Математические аспекты решения обратных задач дистанционного зондирования.
22. Методы регуляризации решения.
23. Анализ ядер интегральных уравнений.

### **6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания**

Распределение баллов по видам учебной работы

Таблица 5.

<b>Вид учебной работы, за которую ставятся баллы</b>	<b>Баллы</b>
Посещение лекционных занятий	7
Контрольное расчётное задание: Исследование свойств абсолютно черного тела излучения реальных тел – расчетное задание	5
Контрольное расчётное задание: Решение прямой задачи переноса ИК-излучения в системе подстилающая поверхность-атмосфера – расчетное задание.	5
Контрольное расчётное задание: Использование параметров тонкой структуры линий поглощения атмосферных газов для расчета коэффициента поглощения – расчетное задание	5
Контрольное расчётное задание: Исследование влияния погрешности в задании исходных данных на точности дистанционного восстановления температуры подстилающей поверхности – расчетное задание	5
Контрольное расчётное задание: Дистанционное восстановление профиля температуры с использованием проекционного метода – расчетное задание	5
Контрольное расчётное задание: Дистанционное восстановление профиля температуры с использованием метода регуляризации – расчетное задание	10
Контрольное расчётное задание: Дистанционное восстановление профиля температуры с использованием метода максимальной гладкости – расчетное задание	10
Промежуточная аттестация	48
<b>ИТОГО</b>	<b>100</b>

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 40 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 7.

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене (8 семестр)

<b>Оценка</b>	<b>Баллы</b>
отлично	85-100
хорошо	65-84
удовлетворительно	40-64
Не удовлетворительно	0-39

## **7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины**

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «Дистанционное зондирования атмосферы».

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

## Основная литература

1. Тимофеев Ю.М., Васильев А.В. Теоретические основы атмосферной оптики. – СПб.: Наука, 2003. – 474 с.
2. Васильев А.В., Кузнецов А.Д., Мельникова И.Н. Дистанционное зондирование окружающей среды из космоса. // Изд. Балт. гос. техн. ун-т. – СПб, 2008.- 133 с
3. Владимиров, В.М. Дистанционное зондирование Земли[Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. М. Владимиров, Д. Д. Дмитриев, О. А. Дубровская [и др.] ; ред. В. М. Владимиров. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. – 196 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=506009>

## Дополнительная литература

1. Кузнецов А.Д., Розанов В.В., Тимофеев Ю.М. Дистанционное зондирование атмосферы тропической зоны. - Л., изд. ЛГМН, 1988, с. 90. [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-213181941.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-213181941.pdf)
2. Ку-Нан Лиоу. Основы радиационных процессов в атмосфере. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. - 376 с.
3. Кузнецов А.Д., Сероухова О.С. Практикум по учебным дисциплинам «Дистанционное зондирование атмосферы» и «Теория переноса излучения в жидкостях и газах». Санкт- Петербург. Изд-во Российского Гидрометеорологического государственного университета. 2000. 125 с.

## 8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. Электронный ресурс: Теория переноса излучения. Режим доступа: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_mathematics/3906/ПЕРЕНОСА](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_mathematics/3906/ПЕРЕНОСА)
2. Электронный ресурс: Физическая энциклопедия – Режим доступа: [http://femto.com.ua/articles/part\\_2/2802.html](http://femto.com.ua/articles/part_2/2802.html)
3. Электронный ресурс: Теория рассеяния –  
Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Рассеяние\\_света\\_сферической\\_частицей](https://ru.wikipedia.org/wiki/Рассеяние_света_сферической_частицей)  
Режим доступа: <http://meteorologist.ru/teoriya-mi.html>  
Режим доступа: <http://vzgljadnamir.narod.ru/biblioteka/Zvereva/VMSS09.htm>  
Режим доступа: <http://pandia.ru/text/78/536/48690.php>

## 8.3. Перечень программного обеспечения

1. Комплект специальных программ, написанных на языке VB в среде Excel

## 8.4. Перечень информационных справочных систем

Информационные справочные системы не используются

## 8.5. Перечень профессиональных баз данных

Профессиональные базы данных не используются

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

**Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплины

**Учебная аудитории для проведения занятий семинарского типа** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспеченностью доступа к архиву метеорологических карт и наблюдений

1. **Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
2. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
3. **Помещение для самостоятельной работы** – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.

#### **10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

#### **11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий**

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.