

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

Рабочая программа дисциплины

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА АЭРОЗОЛЕЙ И  
ГИДРОМЕТЕОРОВ**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования по направлению подготовки

**05.03.04 «Гидрометеорология»**

Направленность (профиль):

**Метеорология**

Уровень:

**Бакалавриат**

Форма обучения

**Очная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Гидрометеорология»  
\_\_\_\_\_ Абанников В.Н.

Председатель УМС  
\_\_\_\_\_ И.И. Палкин

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

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
11 мая 2021 г., протокол № 9  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Кузнецов А.Д.

Авторы-разработчики:  
\_\_\_\_\_ Крюкова С. В.

## 1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины «Экспериментальная физика аэрозолей и гидрометеоров» - общетеоретическая подготовка бакалавров, владеющих знаниями в области физики атмосферы и практическими навыками по численному моделированию атмосферных процессов.

Основные задачи дисциплины «Экспериментальная физика аэрозолей и гидрометеоров» направлены на формирование у студентов понимания и владения глубокими теоретическими знаниями в области физики атмосферы и практическими навыками по численному моделированию атмосферных процессов.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Экспериментальная физика аэрозолей и гидрометеоров» для направления подготовки 05.03.04 – Гидрометеорология по профилю «Метеорология», относится к обязательным дисциплинам.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Физика», «Математика», «Вычислительная математика», «Информатика», «Физика атмосферы», «Физика облаков».

Дисциплина «Экспериментальная физика аэрозолей и гидрометеоров» является базовой для освоения дисциплин «Численное моделирование изменчивости климата». Знания, полученные при изучении дисциплины могут быть использованы при подготовке выпускной квалификационной работы бакалавра.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ОПК-3, ПК-2, ПК-4

### Профессиональные компетенции

Таблица 1.

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора профессиональной компетенции	Результаты обучения
ОПК-3. Способен решать задачи профессиональной деятельности в области гидрометеорологии, в том числе осуществлять гидрометеорологичес	ОПК-3.2. Участвует в разработке прогнозов гидрометеорологических и климатических характеристик, аэрозольного составляющего атмосферы и (или) гидрологического режима.	<i>Знать:</i> физико-динамические принципы, ответственные за основные явления и процессы в атмосфере и гидросфере от локального до планетарного масштаба; <i>Уметь:</i> проводить численное моделирование термодинамических

кие расчеты и участвовать в разработке прогнозов (погоды, химического состава атмосферы и гидросферы)		процессов в атмосфере; <i>Владеть:</i> методикой обработки и интерпретации гидрометеорологической информации
<b>ПК-2</b> Способен анализировать явления и процессы природной среды, выявлять их закономерности	ПК-2.1. Осуществляет анализ явлений и процессов, происходящих в природной среде, на основе данных наблюдений, экспериментальных и модельных данных.	<i>Знать:</i> основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; <i>Уметь:</i> анализировать полученные результаты и делать грамотные выводы. <i>Владеть:</i> Методами анализа явлений разных пространственных и временных масштабов.
<b>ПК-4</b> Способен оценивать влияние гидрометеорологических факторов на состояние окружающей среды, жизнедеятельность человека и отрасли хозяйства	ПК-4.3. Оценивает влияние гидрометеорологических и экологических факторов на состояние окружающей среды, жизнедеятельность человека и отрасли экономики.	<i>Знать:</i> основы работы с информацией в глобальных компьютерных сетях. <i>Уметь:</i> осваивать новую технику, новые методы и новые технологии. <i>Владеть:</i> навыками в работе с современными пакетами прикладных программ для научных расчетов.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа

Таблица 2.

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
	2021 года набора	
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>72 часа</b>	-
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателями (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>28</b>	-
в том числе:		
лекции	<b>14</b>	-
лабораторные занятия	<b>14</b>	-
семинарские занятия	-	-
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>44</b>	-

в том числе:		
курсовая работа	-	-
РГР	-	-
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>	<b>Зачет</b>	<b>-</b>

#### 4.1. Структура дисциплины

**Очное обучение**  
2021 год набора

Таблица 3.

№	Раздел / тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Лабораторные занятия	СРС			
1	Фазовые переходы воды в атмосфере	8	2	2	8	Опрос студентов, отчеты по лабораторной работе с обсуждением и анализом.	ОПК-3	ОПК-3.2
2	Диффузионный рост капель и кристаллов льда в облаках	8	2	2	8	Опрос студентов, отчеты по лабораторной работе с обсуждением и анализом.	ПК-2	ПК-2.1
3	Коагуляционный рост капель и кристаллов льда в облаках	8	4	4	10	Опрос студентов, отчеты по лабораторной работе с обсуждением и анализом.	ПК-4	ПК-4.3
4	Кристаллизация капель водных растворов	8	2	2	9	Опрос студентов, отчеты по лабораторной работе с обсуждением и анализом.	ОПК-3	ОПК-3.2
5	Атмосферный аэрозоль	8	4	4	9	Опрос студентов, отчеты по лабораторной работе с обсуждением и анализом.	ПК-2	ПК-2.1
	<b>Итого</b>		14	14	44	-	-	-

## **4.2. Содержание разделов дисциплины**

### **Фазовые переходы воды в атмосфере**

Работа отрыва молекулы с поверхности воды (льда). Равновесная концентрация молекул водяного пара над поверхностью воды (льда). Зависимость равновесной концентрации молекул водяного пара от температуры, кривизны поверхности раздела фаз, электрического заряда поверхности раздела фаз и концентрации растворенных веществ. Равновесный размер капель (кристаллов). Равновесная влажность воздуха. Работа образования ядра фазового перехода. Критический радиус капель. Скорость гомогенных фазовых переходов. Критическая влажность воздуха. Фазовое состояние конденсата при гомогенном фазовом переходе.

### **Диффузионный рост капель и кристаллов льда в облаках**

Распределение относительной влажности в облаках. Число облачных капель. Конденсационный рост капель. Конденсационный рост с учетом эффектов нагрева и обдува капель, а также поправки на размер капли. Максимальный размер облачных капель (дробление капель). Сублимационный рост кристаллов льда. Зависимость формы кристаллов льда от температуры и влажности воздуха.

### **Коагуляционный рост капель и кристаллов льда в облаках**

Механизмы коагуляции гидрометеоров. Гравитационная, электрическая, броуновская и турбулентная коагуляция. Коагуляционный рост капель. Скорость движения частиц в атмосфере. Закон Стокса. Коагуляционный рост частиц града. Сухой и мокрый режим роста частиц града. Зависимость режима роста частиц града от температуры и водности облака. Сравнительный анализ конденсационного роста капель, электрической и гравитационной коагуляции в теплых облаках. Сравнительный анализ конденсационного роста капель, кристаллов и гравитационной коагуляции в переохлажденных облаках.

### **Кристаллизация капель водных растворов**

Скорость замерзания переохлажденных капель воды. Относительная роль гомогенного и гетерогенного механизмов кристаллизации. Зависимость времени и температуры замерзания капель от размеров и скорости восходящих потоков. Зависимость типа процесса кристаллизации (взрывного или деформационного) от температуры.

### **Атмосферный аэрозоль**

Действие аэрозолей, вызывающее метеорологические и климатические эффекты. Источники атмосферного аэрозоля - естественные и антропогенные, а также стоки – сухое и влажное удаление. Свойства атмосферного аэрозоля. Облачные ядра конденсации. Облачные ядра кристаллизации.

## **4.3. Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание**

Содержание лабораторных занятий для очной формы обучения

Таблица 4.

<b>№ темы дисциплины</b>	<b>Тематика лабораторных занятий</b>	<b>Всего часов</b>	<b>В том числе часов практической подготовки</b>
<b>1</b>	Исследование зависимости давления насыщения над поверхностью чистой воды и раствора от температуры и кривизны поверхности	2	2
<b>1</b>	Исследование процесса гомогенного ядрообразования в атмосфере	2	2
<b>2</b>	Исследование процесса конденсационного роста капель и сублимационного роста кристаллов льда	2	2
<b>3, 4</b>	Исследование процессов образования осадков в конвективных и слоистообразных облаках	2	2
<b>5</b>	Исследование влияния атмосферного аэрозоля на климат Земли	4	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 лабораторным 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. Баллы, полученные в предыдущем семестре, не суммируются.

##### **6.1. Текущий контроль**

Контроль посещаемости студентами лекций. Беседа со студентами (опрос студентов) по пройденной теме. Прием и проверка отчета по каждой лабораторной работе в виде презентации с анализом и обсуждением.

##### **6.2. Промежуточная аттестация**

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – зачет.

Форма проведения зачета: тестирование.

#### **Перечень вопросов для подготовки к зачету:**

##### **ОПК-3.2, ПК-2.1, ПК-4.3:**

1. Фазовые переходы воды в атмосфере. Равновесная концентрация молекул водяного пара над плоской поверхностью воды, над сферической поверхностью капли, над поверхностью раствора, над заряженной каплей.

2. Гомогенные фазовые переходы. Энергия образования зародышевых капель и кристаллов льда. Скорость гомогенных фазовых переходов. Равновесный (критический) радиус частиц. Зависимость критического радиуса капель чистой воды от относительной влажности воздуха (уравнение Кельвина).
3. Конденсационный рост капель. Конденсационный рост капель с учетом эффекта обдува воздушным потоком. Конденсационный рост капель с учетом эффекта нагрева. Максимальный размер облачных и дождевых капель. Время и путь испарения капель и кристаллов. Концентрация облачных капель.
4. Коагуляционный рост капель.
5. Сублимационный рост кристаллов льда.
6. Коагуляционный рост града.
7. Атмосферный аэрозоль. Источники атмосферного аэрозоля - естественные и антропогенные, а также стоки – сухое и влажное удаление. Свойства атмосферного аэрозоля. Облачные ядра конденсации. Льдообразующие ядра в атмосфере.

### 6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 5. - Распределение баллов по видам учебной работы для очной формы обучения

<b>Вид учебной работы, за которую ставятся баллы</b>	<b>Баллы</b>
Посещение лекционных занятий	10
Исследование зависимости давления насыщения над поверхностью чистой воды и раствора от температуры и кривизны поверхности	10
Исследование процесса гомогенного ядрообразования в атмосфере	10
Исследование процесса конденсационного роста капель и сублимационного роста кристаллов льда	10
Исследование процессов образования осадков в конвективных и слоистообразных облаках	15
РГР по теме Исследование влияния атмосферного аэрозоля на климат Земли	15
Промежуточная аттестация	30
<b>ИТОГО</b>	<b>100</b>

Таблица 6 - Балльная шкала итоговой оценки на зачете

<b>Оценка</b>	<b>Баллы</b>
Зачтено	40-100
Незачтено	0-39

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

#### а) основная литература:

1. Пиловец Г.И. Метеорология и климатология: Учебное пособие / Г.И. Пиловец. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 399 с - <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=391608>
2. Поташник Э.Л., Кузнецов А.Д. Математическое моделирование облачных процессов. - Санкт-Петербург: Изд. РГГМУ, 2010.

#### б) дополнительная литература:

1. Райст П. Аэрозоли. Введение в теорию. – М.: Мир, 1987. 278 с.
2. Бекряев В.И. Некоторые вопросы физики облаков и активных воздействий на них. – СПб.: РГГМУ, 2007.
3. Береснев С.А., Грязин В.И. Физика атмосферных аэрозолей: Курс лекций. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008.
4. Довгалоюк Ю. А., Ивлев Л. С. Физика водных и других атмосферных аэрозолей. – СПб.: Изд. СПб ГУ, 1998.
5. Мейсон Б. Дж. Физика облаков. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 541 с.
6. Роджерс Р. Р. Краткий курс физики облаков. Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 231 с.
7. Матвеев Л. Т. Физика атмосферы. — СПб.: Гидрометеиздат, 2000. 778 с.
8. И.П. Мазин, А.Х. Хргиан. Облака и облачная атмосфера. Ленинград, Гидрометеиздат, 1989
9. Щёкин А.К., Куни Ф.М. Термодинамика нуклеации на растворимых ядрах. - Учеб. пособие. - СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002а. – 48с.

#### в) Интернет-ресурсы:

1. Физика атмосферных аэрозолей. Курс лекций.- [http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/1407/6/1332025\\_lectures.pdf](http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/1407/6/1332025_lectures.pdf)
2. Баттан Л.Дж. 'Человек будет изменять погоду' - Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1965 - с.112 - <http://geoman.ru/books/item/f00/s00/z0000070/index.shtml>
3. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы - <http://pskgu.ru/ebooks/matveevkom.html>
4. Качурин Л.Г. Кинетика фазовых переходов воды в атмосфере - [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-228192046.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-228192046.pdf)

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

**Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, мультимедийной техникой, обеспечивающей тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).

**Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации, служащей для представления учебной информации,



**Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, компьютерной техникой, служащей для представления учебной информации.

**Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, компьютерной техникой, служащей для представления учебной информации.

**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.