

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

Рабочая программа по дисциплине

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА АЭРОЗОЛЕЙ ГИДРОМЕТЕОРОВ**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

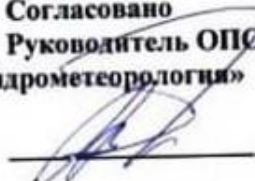
**05.03.04 Гидрометеорология**

Направленность (профиль):  
**Гидрометеорология**

Квалификация:  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

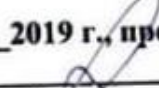
Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Гидрометеорология»


  
Абанников В.Н.

Утверждаю  
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
11 06 2019 г., протокол № 7

Рассмотрена и утверждена на заседании  
кафедры

30 05 2019 г., протокол № 3  
Зав. кафедрой  Кузнецов А.Д.

Автор-разработчик:  
 Крюкова С.В.

Санкт-Петербург 2019

**Составил:**

Крюкова С.В. – доцент кафедры экспериментальной физики атмосферы

©С.В.Крюкова, 2019.  
© РГГМУ, 2019.

## 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 «Гидрометеорология», относится к дисциплинам по выбору обучающегося.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Физика», «Математика», «Вычислительная математика», «Введение в химию атмосферы», «Физическая метеорология (Физика атмосферы, океана и вод суши)».

Дисциплина «Экспериментальная физика аэрозолей и гидрометеоров» является базовой для освоения дисциплин «Методы и средства контроля загрязнения атмосферы», «Численное моделирование изменчивости состава атмосферы», «Численное моделирование изменчивости климата».

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Компетенция
ОК-7	Способность к самоорганизации и самообразованию
ОПК-1	Способность представить современную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук, физики и математики.
ОПК-2	Владение базовыми знаниями фундаментальных разделов физики, химии, биологии в объеме, необходимом для освоения физических, химических и биологических основ в гидрометеорологии
ОПК-6	Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ПК-3	Владение теоретическими основами и практическими методами организации гидрометеорологического мониторинга, нормирования и снижения загрязнения окружающей среды, техногенных систем и экологического риска, а также методами оценки влияния гидрометеорологических факторов на состояние окружающей среды, жизнедеятельность человека и отрасли хозяйства
ПК-1	Владение методами гидрометеорологических измерений, статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений с применением программных средств

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Экспериментальная физика аэрозолей и гидрометеоров» обучающийся должен:

**Знать:**

- физико-динамические принципы, ответственные за основные явления и процессы в атмосфере и гидросфере от локального до планетарного масштаба;
- основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией;
- основы работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.

**Уметь:**

- проводить численное моделирование термодинамических процессов в атмосфере;
- анализировать полученные результаты и делать грамотные выводы.
- осваивать новую технику, новые методы и новые технологии.

**Владеть:**

- методикой обработки и интерпретации гидрометеорологической информации;
- навыками в работе с современными пакетами прикладных программ для научных расчетов.

Основные признаки освоения формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Экспериментальная физика аэрозолей и гидрометеоров» сведены в таблице.

### Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетенции	Основные признаки проявленности компетенции (дескрипторное описание уровня)				
	1.	2.	3.	4.	5.
минимальный	не владеет	слабо ориентируется в терминологии и содержании	Способен выделить основные идеи текста, работает с критической литературой	Владеет основными навыками работы с источниками и критической литературой	Способен дать собственную критическую оценку изучаемого материала
	не умеет	не выделяет основные идеи	Способен показать основную идею в развитии	Способен представить ключевую проблему в ее связи с другими процессами	Может соотнести основные идеи с современными проблемами
	не знает	допускает грубые ошибки	Знает основные рабочие категории, однако не ориентируется в их специфике	Понимает специфику основных рабочих категорий	Способен выделить характерный авторский подход
базовый	не владеет	плохо ориентируется в терминологии и содержании	Владеет приемами поиска и систематизации, но не способен свободно изложить материал	Свободно излагает материал, однако не демонстрирует навыков сравнения основных идей и концепций	Способен сравнивать концепции, аргументированно излагает материал
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит проблем	Выделяет конкретную проблему, однако излишне упрощает ее	Способен выделить и сравнить концепции, но испытывает сложности с их практической привязкой	Аргументированно проводит сравнение концепций по заданной проблематике
	не знает	допускает много ошибок	Может изложить основные рабочие категории	Знает основные отличия концепций в заданной проблемной области	Способен выделить специфику концепций в заданной проблемной области
продвинутый	не владеет	ориентируется в терминологии и содержании	В общих чертах понимает основную идею, однако плохо связывает ее с существующей проблематикой	Видит источники современных проблем в заданной области анализа, владеет подходами к их решению	Способен грамотно обосновать собственную позицию относительно решения современных проблем в заданной области
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит их в развитии	Может понять практическое назначение основной идеи, но затрудняется выявить ее основания	Выявляет основания заданной области анализа, понимает ее практическую ценность, однако испытывает затруднения в описании сложных объектов анализа	Свободно ориентируется в заданной области анализа. Понимает ее основания и умеет выделить практическое значение заданной области
	не знает	допускает ошибки при выделении рабочей области анализа	Способен изложить основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа	Знает основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа, способен их сопоставить	Может дать критический анализ современным проблемам в заданной области анализа

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Объём дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения 2019 года набора
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>108 часов</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>42</b>
в том числе:	
лекции	<b>14</b>
практические занятия	<b>28</b>
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>66</b>
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>	<b>экзамен</b>

#### 4.1 Структура дисциплины

Очное обучение  
2019 г. набора

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинар Лаборат. Практич.	Самост. работа			
1.	Фазовые переходы воды в атмосфере	5	4	8	15	Контроль хода выполнения и результатов практической работы.	2	ОПК-1, ПК-1
2.	Диффузионный рост капель и кристаллов льда в облаках	5	4	6	15	Контроль хода выполнения и результатов практической работы.	2	ОПК-6, ОК-2, ПК-3
3.	Коагуляционный рост капель и кристаллов льда в облаках	5	2	6	12	Контроль хода выполнения и результатов практической работы.	2	ПК-3, ПК-1
4.	Кристаллизация капель водных растворов	5	2	4	12	Контроль хода выполнения и результатов практической работы.	1	ОК-7, ПК-1, ПК-3
5.	Атмосферный аэрозоль	5	2	4	12	Контроль хода выполнения и результатов практической работы.	1	ОПК-2, ОПК-6, ПК-1
	<b>ИТОГО</b>		<b>14</b>	<b>28</b>	<b>66</b>		<b>8</b>	<b>108</b>

## 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

№	№ раздела	Тематика занятий	Формируемые
---	-----------	------------------	-------------

п/п	дисциплины		компетенции
1	1	Исследование зависимости давления насыщения над поверхностью чистой воды и раствора от температуры и кривизны поверхности	ОПК-2, ОПК-6, ПК-1
2	1	Исследование процесса гомогенного ядрообразования в атмосфере	ОПК-2, ОПК-6, ПК-1
3	2	Исследование процесса конденсационного роста капель и сублимационного роста кристаллов льда	ОПК-2, ОПК-6, ПК-1
4	2,3	Исследование процессов образования осадков в конвективных и слоистообразных облаках	ОПК-2, ОПК-6, ПК-1
5	4	Исследование влияния атмосферного аэрозоля на климат Земли	ОПК-2, ОПК-6, ПК-1

## **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **5.1. Текущий контроль**

Контроль посещаемости студентами лекций.

Прием и проверка отчета по каждой практической работе в виде компьютерной презентации с анализом и обсуждением.

### **5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы**

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу, презентации лекций и практических работ. Освоение материалом и выполнение практических работ проходит при регулярных, по возможности, консультациях с преподавателем, для чего студенту предоставлена возможность использовать удаленный доступ (Интернет).

### **5.3. Промежуточный контроль: экзамен.**

Контроль по результатам 5-го учебного семестра – экзамен. Экзамен проходит в форме тестирования – автоматизировано или на бумажных носителях. Обучающемуся предлагается наиболее полно ответить на вопросы теста.

### **Перечень вопросов к экзамену**

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.

#### **Образцы тестовых заданий для экзамена.**

1. При отрыве молекул с какой поверхности затрачивается наибольшая работа?
 

а) с плоской поверхности льда	б) с плоской поверхности воды
в) с плоской поверхности раствора	г) с выпуклой поверхности воды

 (Правильный ответ – а)
2. При каких условиях скорость сублимационного роста кристаллов льда превосходит скорость конденсационного роста переохлажденных капель воды того же размера?
 

а) только при очень низких температурах	б) при температуре 0 °С
в) при любых условиях	г) ни при каких условиях

 (Правильный ответ – в)

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

##### **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. Довгалюк 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)

**г) программное обеспечение**

win7 48818295 20.07.2011  
office 2010 49671955 01.02.2012  
windows 7 47049971 18.06.2010  
office 2013 62398416 11.09.2013  
windows 7 48130165 21.02.2011  
office 2010 49671955 01.02.2012  
Программный пакет NetBeans, Gnuplot

**д) профессиональные базы данных**

не используются

**е) информационные справочные системы:**

1. Электронно-библиотечная система Знаниум. Режим доступа: <http://znanium.com>
2. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн <http://elib.rshu.ru>

**7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

**Вид учебных  
занятий**

**Организация деятельности студента**

**Лекции  
(темы №1-5)**

Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.  
Проверка терминов, понятий, технических характеристик с помощью интернет ресурсов с выписыванием толкований в тетрадь.  
Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе.  
Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции, на консультации, или с использованием удаленного доступа через Интернет

**Практические  
занятия  
(темы №1-5)**

Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины.  
Конспектирование источников.  
Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы и работа с текстом.

**Подготовка  
к экзамену**

При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки к экзамену и т.д.

**8. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Тема (раздел) дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
Темы 1-5	Использование компьютеризированных аудиторий с проекторами для демонстрации лекций в режиме онлайн. Студенты имеют возможность одновременно читать лекцию с помощью персональных средств доступа в сеть Интернет. Использование персональных компьютеров и сети Интернет для выполнения практических/лабораторных работ по численному моделированию и исследованию параметров аэрозолей.	1. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн <a href="http://elib.rshu.ru">http://elib.rshu.ru</a> 2. Электронно-библиотечная система Знаниум. <a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a> 3. Пакет MicrosoftOffice 4. Программный пакет NetBeans, Gnuplot

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Материально-техническое обеспечение программы соответствует действующим санитарно-техническим и противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов практических занятий и самостоятельной работы студентов.

Учебный процесс обеспечен аудиториями, комплектом лицензионного программного обеспечения, библиотекой РГГМУ.

1. **Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, мультимедийной техникой, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).
2. **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,
3. **Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, компьютерной техникой, служащей для представления учебной информации.
4. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, компьютерной техникой, служащей для представления учебной информации.
5. **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
6. **Учебная лаборатория автоматической обработки результатов метеорологических измерений (АОРМИ)**- укомплектована специализированной (учебной) мебелью, оснащенная техническими средствами (персональными компьютерами)с возможностью

подключения к сети "Интернет" для представления учебной информации и работы с базами данных.

#### **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.