

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ»

Направление подготовки 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология
Профиль – Прикладная метеорология (группы «М»)

Квалификация (степень)
Бакалавр академический



Санкт– Петербург
2018

Рекомендована Учёным советом метеорологического факультета РГГМУ
(Протокол № ___ от _____ 2018 г.)

Составили: Головина Е.Г. – доцент кафедры метеорологии, климатологии и охраны атмосферы Российского государственного гидрометеорологического университета.

Мханна А.И.Н – доцент кафедры метеорологии, климатологии и охраны атмосферы Российского государственного гидрометеорологического университета.

Рецензент: Русин И.Н., д-р геогр. наук, профессор кафедры климатологии и мониторинга окружающей среды Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета.

© Е.Г.Головина, А.И.Н. Мханна
© РГГМУ, 2018

1. Цели освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины "Физика атмосферы" является общепрофессиональная подготовка бакалавров прикладной гидрометеорологии, обучающихся по профилю «Прикладная метеорология», владеющих знаниями в объёме, позволяющем им понимать существо явлений и процессов, происходящих в атмосфере, и влиянии на них различных факторов.

Это первая специальная дисциплина изучаемая по направлению прикладная гидрометеорология.

Главная задача дисциплины – подготовка студентов к изучению других общепрофессиональных дисциплин направления Прикладная гидрометеорология и специальных дисциплин, изучаемых будущими бакалаврами-метеорологами, гидрологами и океанологами.

Дисциплина изучается всеми студентами, обучающимися по программе подготовки академического бакалавра на метеорологическом факультете.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина "Физика атмосферы" для направления подготовки 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки «Прикладная метеорология» относится к дисциплинам базовой части общепрофессионального цикла.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Физика», «Геофизика», «Механика жидкости и газа (гидродинамика)», «Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков».

Дисциплина является базовой для освоения дисциплин:

«Метеорологическое обеспечение народного хозяйства», «Экология», «Механика жидкости и газа (геофизическая гидродинамика)», «Динамическая метеорология», «Геоинформационные системы», «Атмосферное электричество», «Физика верхней атмосферы», «Антропогенное загрязнение атмосферы», «Дополнительные главы климатологии», «Методы и средства гидрометеорологических измерений», «Численные методы математического моделирования (Гидродинамическое моделирование атмосферных процессов)», «Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений», «Безопасность жизнедеятельности при производстве гидрометеорологических работ», «Дополнительные главы "Физики океана"», «Дополнительные главы "Физики вод суши"», «Методы зондирования окружающей среды», «Космическая метеорология», «Дополнительные главы "Физики вод суши"», «Авиационная метеорология», «Агрометеорология», «Учебная практика по получению первичных умений и навыков научно-исследовательской деятель-

ности», «Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности», «Преддипломная практика».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций.

Код компетенции	Компетенция
ОК-1	Способность к логическому мышлению, обобщению, анализу, систематизации профессиональных знаний и умений, а также закономерностей исторического, экономического и общественно-политического развития.
ОК-2	Способность решать стандартные профессиональные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом требований информационной безопасности.
ОПК-6	Способность осуществлять и поддерживать коммуникативную связь с внутренними и внешними пользователями гидрометеорологических данных об атмосфере, океане и водах суши.
ПК-2	Способность анализировать явления и процессы, происходящие в природной среде, на основе экспериментальных данных и массивов гидрометеорологической информации, выявлять в них закономерности и отклонения.
ПК-5	Способность реализации решения гидрометеорологических задач и анализа полученных результатов.
ПК-6	Владение профессиональной гидрометеорологической терминологией, формами отчетности, кодами и единицами.

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Физика атмосферы» обучающийся должен:

Знать:

- строение, состав и общие свойства атмосферы;
- основные характеристики метеорологического режима атмосферы;
- основы термодинамики атмосферы;

- закономерности распространения лучистой энергии в атмосфере,
- основы теплового режима подстилающей поверхности Земли и атмосферы;
- основы физики облаков, туманов и осадков;
- основы динамики атмосферы.

Уметь:

- рассчитывать гидрометеорологические величины и их пространственное распределение;
- выполнять наблюдения, производить измерения и обработку основных гидрометеорологических величин (температура, атмосферное давление, скорость и направление ветра, характеристики влажности и т.д.);
- анализировать метеорологические наблюдения с применением теоретических знаний, выполнять расчеты по основным разделам курса с привлечением современных вычислительных средств.

Владеть:

- методикой расчета основных метеорологических параметров по данным метеорологических измерений;
- знаниями, достаточными для понимания природы основных физических процессов, протекающих в атмосфере, и ее тесном взаимодействии с земной поверхностью и околоземным космическим пространством;

Основные признаки освоения формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Физика атмосферы» сведены в таблице.

Соответствие уровней освоения компетенцией планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетенции	Основные признаки освоения компетенцией (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 8 зачетных единиц, 288 часов.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Очное обучение

№ 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.	Самост. работа			
1	Строение, состав, свойства атмосферы. Метеорологические величины.	2	6	12	4	Вопросы на лекции.	3	ОК-1 ОК-2
2	Статика атмосферы Модели атмосферы, барометрические формулы. Выводы из уравнения статики.	2	12	24	6	Вопросы на семинаре, опрос перед лабораторной работой, отчет по индивидуальным заданиям	4	ОПК-6 ПК-2 ПК -5 ПК-6
3.	Основы Термодинамики атмосферы	2	12	24	8	Вопросы на лекции, семинаре, опрос перед лабораторной работой, отчет по индивидуальным заданиям	6	ОК-1 ОК-2 ПК-2 ПК -5 ПК-6

						ям		
4.	Лучистая энергия в атмосфере. Излучение Солнца, Земли и атмосферы. Перенос коротковолновой и длинноволновой радиации в атмосфере	3	8	16	12	Вопросы на семинаре, опрос перед лабораторной работой, отчет по индивидуальным заданиям	6	ОК-1 ОК-2 ПК-2 ПК -5 ПК-6
5.	Радиационный баланс деятельного слоя земли, атмосферы. Тепловой баланс деятельного Земли.	3	4	8	10	Вопросы на лекции, опрос перед контрольной работой, отчет по индивидуальному заданию	4	ОК-1 ОК-2 ПК-2 ПК -5 ПК-6
6	Тепловой режим деятельного слоя Земли и атмосферы.	3	8	16	7	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по индивидуальному заданию	3	ОК-1 ОК-2 ПК-2 ПК -5 ПК-6
7	Фазовые переходы воды в атмосфере	3	6	12	4	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по индивидуальному заданию	6	ОК-1 ОК-2 ПК-2 ПК -5 ПК-6
8.	Физические условия образования туманов, облаков и осадков	3	8	16	8	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по ин-	6	ОК-1 ОК-2 ПК-2 ПК -5 ПК-6

						дидуаль- ному зада- нию		
9.	Основы динами- ки атмосферы	3	2	4	4	Вопросы на лекции, опрос перед лаборатор- ной работой, отчет по ин- дивидуаль- ному зада- нию	2	ОК-1 ОК-2 ПК-2 ПК-5 ПК-6 ОПК-6
	ИТОГО		66	132	63		39	
С учётом трудозатрат при подготовке и сдаче зачета и экзамена (27 часа)					288			

Заочное обучение

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятель- ная работа сту- дентов, час.			Формы текущего контроля успеваемо- сти	Занятия в активной и интерактивной форме,	Формируемые компе- тенции
			Лекции	Семинар Лаборат.	Самост. ра- бота			
1	Строение, со- став, свойства атмосферы. Ме- теорологические величины.	3	0	0	20	Вопросы на лекции.	1	ОК-1 ОК-2
2	Статика атмо- сферы. Модели атмо- сферы, баромет- рические форму- лы. Выводы из уравнения стати-	3	1	1	20	Вопросы на лекции, опрос перед лаборатор- ной работой, отчет по контрольной	1	ОПК-6 ПК-2 ПК-5 ПК-6

	ки.					работе		
3.	Основы Термодинамики атмосферы	3	2	2	50	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по контрольной работе	1	ОК-1 ОК-2 ПК-2 ПК -5 ПК-6
4	Лучистая энергия в атмосфере. Излучение Солнца, Земли и атмосферы. Перенос коротковолновой и длинноволновой радиации в атмосфере	4	4	4	50	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по контрольной работе	1	ОК-1 ОК-2 ПК-2 ПК -5 ПК-6
5.	Радиационный баланс системы Земля – атмосфера. Тепловой баланс деятельного Земли.	4	1	1	20	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по контрольной работе	1	ОК-1 ОК-2 ПК-2 ПК -5 ПК-6
6	Тепловой режим деятельного слоя Земли и атмосферы.	4	2	2	10	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по контрольной работе	1	ОК-1 ОК-2 ПК-2 ПК -5 ПК-6
7	Фазовые переходы воды в атмосфере. Испарение с поверхности суши и водоёмов.	4	2	2	50	Вопросы на лекции, опрос перед лабораторной работой, отчет по	1	ОК-1 ОК-2 ПК-2 ПК -5 ПК-6

						контрольной работе		
8.	Физические условия образования туманов, облаков и осадков	4	2	2	17	Вопросы на лекции, отчет по контрольной работе	1	ОК-1 ОК-2 ПК-2 ПК -5 ПК-6
9.	Основы динамики атмосферы	4	2	2	10	Вопросы на лекции, отчет по контрольной работе	1	ОК-1 ОК-2 ПК-2 ПК -5 ПК-6 ОПК-6
	ИТОГО		16	16	247		9	
С учётом трудозатрат при подготовке к зачету и экзамену (9 час.)					288 часов			

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1 Строение, состав, свойства атмосферы

Предмет и метод метеорологии, ее место среди других наук и связь между ними. История атмосферы. Основные метеорологические величины и атмосферные явления. Состав атмосферы. Состав атмосферного воздуха. Постоянные и переменные составные части атмосферного воздуха. Изменение состава воздуха с высотой.

Вертикальное строение атмосферы. Краткая характеристика тропосферы, стратосферы, мезосферы, термосферы, экзосферы. Гомо- и гетеросфера. Озоносфера. Ионосфера. Понятие пограничного и приземного слоя атмосферы. Понятие о воздушных массах и фронтах.

Уравнение состояния сухого и влажного воздуха. Виртуальная температура. Характеристики влажного воздуха и связь между ними.

4.2.2 Статика атмосферы

Силы, действующие в атмосфере в состоянии равновесия. Уравнение статики, его следствие. Понятие локальной и полной производной метеорологических величин. Понятие градиента метеорологической величины. Барический градиент и барическая ступень. Барометрические формулы для однород-

ной, изотермической, политропной и реальной моделей атмосфер. Практическое использование барометрических формул. Изменение плотности воздуха с высотой. Стандартная атмосфера.

4.2.3 Основы термодинамики атмосферы

Первое начало термодинамики применительно к атмосфере. Адиабатические процессы. Суходиабатический градиент. Потенциальная температура и ее свойства. Первое начало термодинамики при влажнодиабатическом процессе. Влажнодиабатический градиент, его зависимость от температуры и давления. Псевдодиабатические процессы. Эквивалентно-потенциальная и псевдопотенциальная температура, их свойства. Понятие о неадиабатических процессах.

Изменение параметров воздушной частицы при ее вертикальных перемещениях. Кривая состояния. Уровень конденсации. Уровень конвекции. Энергия неустойчивости. Аэрологическая диаграмма. Принципы построения термодинамических графиков, их использование.

Стратификация атмосферы. Критерии оценки вертикальной термической устойчивости атмосферы. Метод частицы.

4.2.4 Лучистая энергия в атмосфере

Определение понятий и величин, характеризующих электромагнитное излучение. Понятия потока, интенсивности и инсоляции. Распределение энергии по спектру и интегральный поток солнечной радиации на верхней границе атмосферы. Солнечная постоянная.

Поглощение и рассеяние солнечной радиации в атмосфере. Закон ослабления монохроматического и интегрального потоков радиации. Функции пропускания и поглощения. Спектральные и интегральные характеристики прозрачности атмосферы. Фактор мутности. Спектральный состав солнечной радиации у земной поверхности. Особенности радиационных процессов в загрязненной атмосфере. Распространение прямой, рассеянной и суммарной солнечной радиации. Факторы, влияющие на них. Отражение и поглощение солнечной радиации земной поверхностью. Коэффициенты отражения (альбедо) и поглощения. Альбедо различных естественных поверхностей, облаков и Земли как планеты. Суточный ход альбедо.

Длинноволновое излучение. Излучение земной поверхности и атмосферы. Распределение энергии по спектру. Радиационные свойства естественных поверхностей. Поглощение земного излучения в атмосфере. Уходящее и встречное излучение атмосферы. Эффективное излучение, факторы влияющие на него.

4.2.5 Радиационный баланс системы Земля - атмосферы

Радиационный баланс земной поверхности. Радиационный баланс атмосферы. Радиационный баланс Земли как планеты. Факторы, определяющие радиационный баланс, его суточный и годовой ход. Широтное распределение радиационного баланса поверхности Земли, атмосферы и системы Земля - атмосфера.

Уравнение теплового баланса земной поверхности. Факторы, влияющие на уравнение теплового баланса.

4.2.6 Тепловой режим деятельного слоя Земли и атмосферы

Теплофизические характеристики почвы, воды и воздуха. Основные законы распространения тепла в почве. Температура земной поверхности. Вертикальное распределение температуры почвы. Поток тепла в почве. Особенности распространения тепла в водоемах.

Атмосфера – турбулентная среда. Динамические факторы возникновения атмосферной турбулентности. Основные характеристики турбулентности.

Понятие о приземном и пограничном слоях атмосферы. Изменение скорости ветра с высотой. Суточный ход ветра.

Потоки тепла в атмосфере. Уравнение притока тепла в атмосфере. Уравнение притока тепла в турбулентной атмосфере. Коэффициент турбулентного обмена и коэффициент турбулентности. Методы его определения. Методы расчета турбулентного потока тепла. Суточный и годовой ход температуры.

Изменение температуры воздуха с высотой. Периодические и непериодические изменения температуры в тропосфере. Инверсии температуры. Высота и температура тропопаузы.

4.2.7 Фазовые переходы воды в атмосфере

Условия фазовых переходов вода в атмосфере. Диаграмма фазовых состояний воды в атмосфере. Испарение с земной поверхности и с поверхностей больших и малых водоемов. Равновесная относительная влажность. Уравнение переноса водяного пара в турбулентной атмосфере.

Конденсация. Работа образования зародышевых капель. Роль ядер конденсации. Образование зародышевых капель. Факторы, влияющие на их рост. Переохлаждение капель. Образование ледяных кристаллов в атмосфере.

4.2.8 Физические условия образования туманов, облаков и осадков

Туманы. Физико-метеорологические условия образования туманов. Их классификация. Основные характеристики туманов. Модели образования и строения туманов. Прогноз радиационных туманов.

Облака. Физико-метеорологические условия образования облаков. Роль вертикальных движений различного масштаба, турбулентного перемешивания и радиационного выхолаживания в образовании облаков. Международная морфологическая классификация облаков. Генетическая классификация облаков. Физические характеристики облаков: водность, размер капель; капельные, кристаллические и смешанные облака; нижняя и верхняя границы облаков, их изменчивость во времени и пространстве.

Осадки. Классификация осадков. Процессы укрупнения допель и кристаллов в облаках. Скорость роста и испарения капель. Коэффициент соударения (захвата). Роль твердой фазы в образовании осадков. Осадки из капельных, кристаллических и смешанных облаков. Особенности образования града. Наземная конденсация и осадки.

Понятие о физическом механизме воздействия на облака, туманы, осадки. Представление о способах активного воздействия и их эффективности.

4.2.9 Основы динамики атмосферы

Силы, действующие в атмосфере. Уравнение движения атмосферы. Установившееся движение воздуха без учета сил трения. Градиентный ветер. Геострофический ветер. Изменение геострофического ветра с высотой. Спираль Экмана. Градиентный ветер в циклоне и антициклоне с учетом и без учета силы трения.

4.3 Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Расчет метеорологических величин и плотности воздуха	Лабораторная работа	ОК-1 ОК-2
2	1	Методы стандартных метеорологических наблюдений.	Практические занятия	ПК-2 ОПК-6
3	2	Барометрические формулы для различных моделей атмосферы. Приведение атмосферного давления к уровню моря.	Семинар	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6

4	3	Первое начало термодинамики для атмосферы. Сухоадиабатический градиент.	Лабораторная работа	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-9
		Аэрологическая диаграмма. Задачи, решаемые с помощью аэрологической диаграммы.	Практические занятия	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
5	3	Первое начало термодинамики для воздуха насыщенного водяным паром. Влажноадиабатический градиент.	Семинар	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
6	3	Уровень конденсации. Ускорение конвекции. Уровень конвекции.	Практические занятия	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
7	3	Термодинамические температуры	Лабораторная работа	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
8	3	Изменение характеристик влажности и термодинамических температур в адиабатически поднимающемся воздухе.	Лабораторная работа	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
9	3	Оценка стратификации атмосферы. Факторы, влияющие на устойчивость атмосферы. Энергия гнестойчивости.	Семинар	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
10	4	Солнечная радиация на верхней границе атмосферы. Солнечная постоянная. Солярный климат.	Лабораторная работа	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-9
11	4	Ослабление интегрального и спектрального потока солнечной радиации. Характеристики прозрачности атмосферы.	Практические занятия	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
12	4	Рассеяние солнечной радиации в атмосфере. Оптические явления, связанные с рассеянием светового потока.	Семинар	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
13	4	Расчет энергетической светимости земной поверхности. Излучение атмосферы	Лабораторная работа	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
14	4	Спектр излучения Земли и атмосферы	Семинар и практические занятия	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-9

15	5	Радиационный баланс деятельного слоя Земли, атмосферы и системы Земля-атмосфера	Лабораторная работа и Семинар	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
15	5	Тепловой баланс деятельного слоя Земли	Семинар	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
16	6	Теоретические законы распространения колебаний температуры в почве	Семинар	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
17	6	Поток тепла в почве.	Лабораторная работа	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
18	6	Вертикальное изменение температуры почвы и водоемов	Практические занятия	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
19	6	Факторы турбулентности. Расчет коэффициента турбулентности.	Лабораторная работа	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
20	6	Турбулентное перемешивание в приземном слое атмосферы	Семинар и практические занятия	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
21	6	Изменение температуры воздуха во времени и пространстве	Лабораторная работа	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
22	7	Факторы, влияющие на фазовые переходы воды в атмосфере	Семинар	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
23	7	Расчет скорости испарения с поверхности водоемов и суши	Практические занятия	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
24	7	Рост зародышевых капель в атмосфере.	Лабораторная работа	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
25	8	Условия образования тумана. Микрофизические характеристики тумана. Видимость в тумане.	Семинар	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
26	8	Условия образования облачности. Микрофизические характеристики облаков.	Практические занятия	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
27	8	Рост капель и ледяных частиц в облаках и туманах. Осадки.	Лабораторные работы	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
28	9	Силы, действующие в атмосфере	Практические	ОК-1, ОК-2

			занятия	ПК-2, ПК-5 ПК-6
29	9	Расчет скорости геострофического ветра	Лабораторные работы	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6
30	9	Движение в циклоне и антициклоне	Семинар и лабораторная работа	ОК-1, ОК-2 ПК-2, ПК-5 ПК-6

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

5.1. Текущий контроль

5.1.1 Вопросы на лекции. Студентам предлагаются вопросы по каждому разделу с последующим их домашним анализом и письменными ответами на следующей лекции.

5.1.2 Решение задач по разделам. Студентам предлагаются задачи для домашнего решения и последующей проверки.

5.1.3 Беседа со студентами (коллоквиум) перед выполнением каждого индивидуального задания.

5.1.4 Прием и проверка отчета по каждому индивидуальному заданию.

5.1.5 Контрольные работы по каждому разделу дисциплины. Обсуждение результатов.

а) Образцы заданий текущего контроля

Вопросы на лекции:

1. Как рассчитать весовое содержание кислорода в атмосфере, используя результаты метеорологических наблюдений?
2. Почему плотность сухого воздуха больше плотности влажного при одинаковом атмосферном давлении в обоих случаях?
3. Зачем пилоты, подготавливаясь к , узнают величину атмосферного давления в аэропорту?
4. Почему стратификация атмосферы влияет на распространение в атмосфере примесей?

5. С помощью какой термодинамической температуры можно оценить изменение с высотой запаса полной энергии в окружающем воздухе?
6. Может ли суммарная солнечная радиация, падающая на землю, при облачной атмосфере быть больше, чем при безоблачной атмосфере?
7. Какие оптические характеристики поверхности земли используются при получении уравнения радиационного баланса деятельного слоя земли?
8. В каких случаях радиационный баланс деятельного слоя Земли принимать отрицательный знак?
9. В чем отличие суточного хода температуры поверхности почвы от суточного хода температуры воздуха.
10. Какая из гигрометрических характеристик не является характеристикой влажности?
11. Из каких форм облаков выпадают осадки?
12. Что характеризует величина равновесной относительной влажности ?
13. Как изменяется форма облачности при приближении теплого фронта?
14. Как влияет конвекция на развитие турбулентности в атмосфере?

Все индивидуальные задания и контрольная работа для студентов заочной формы обучения приведены в «Методических указаниях»

Образцы вопросов для тестирования студентов.

1. В какой воздушной массе больше барическая ступень?
 - а. арктической
 - б. умеренных широт
 - в. тропической

2. Укажите соотношение между адиабатическими изменениями температуры воздуха с насыщенным паром и воздуха с ненасыщенным паром при одинаковом опускании.
 - а) первый нагреется больше второго;
 - б) первый нагреется меньше второго;
 - в) первый охладится больше второго;
 - г) первый охладится меньше второго.

3. Коэффициент поглощения какой естественной поверхности ближе всего к коэффициенту поглощения абсолютно черного тела?
 - а. Снег
 - б. Песок
 - с. Вспаханное поле

Вопросы к коллоквиуму перед выполнением индивидуального задания по теме “ основы термодинамики атмосферы”

1. Характеристики влажности воздуха – определение, формулы. Уравнение состояния для сухого и влажного воздуха.
2. Уравнение статики атмосферы, методы его решения, барометрические формулы. Практическое их использование.
3. Первого начала термодинамики для сухого или влажного, но не насыщенного водяным паром воздуха. Формула, обозначения, Физический смысл.
4. Решение первого начала термодинамики для адиабатически перемещающейся сухой воздушной частицы. Выводы из решения.
5. Сухоадиабатический вертикальный градиент температуры воздуха, причина понижения температуры воздушной частицы при её адабатическом перемещении.
6. Потенциальная температура, физический смысл изменения потенциальной температуры. Объяснить Изменение потенциальной температуры в устойчивой воздушной массе.
7. Первого начала термодинамики для влажного, насыщенного водяным паром воздуха. Формула, обозначения, Физический смысл.
8. Влажноадиабатический вертикальный градиент температуры воздушной частицы, зависимость его от атмосферного давления и температуры воздуха.. Сравнить влажноадиабатический с сухоадиабатическим вертикальным градиентом воздушной частицы. Объяснить разницу.
9. Объяснить физический смысл понятий "Устойчивая", "Безразличная ", "Неустойчивая" атмосфера.
- 10.Объяснить термин « Тип стратификации атмосферы». Основные критерии для оценки типа стратификации атмосферы.
- 11.Объяснить понятия: “Уровень конденсации” и “Уровень выравнивания температур”.
- 12.Что такое «Энергия неустойчивости атмосферы». Как определить энергию неустойчивости атмосферы.
- 13.Решение каких уравнений используется для построения аэрологической диаграммы. ?
- 14.Что характеризуют “Кривая стратификации” и “Кривая состояния”.

б) Примерная тематика рефератов, эссе, докладов

Выполнение рефератов и докладов по данной дисциплине не предусмотрено

в) Примерные темы курсовых работ, критерии оценивания

1. Термодинамические процессы в атмосфере.
2. Преобразования солнечной радиации в атмосфере и на земной поверхности.
3. Молекулярное рассеяние солнечной радиации. Оптические явления, связанные с рассеянием света в атмосфере.
4. Физика поглощения электромагнитного излучения в атмосфере.
5. Ослабление солнечной радиации в атмосфере.
6. Распределение радиационного баланса по земной поверхности.
7. Осадки из водяных, ледяных и смешанных облаков.
8. Условия образования града, крупы, снежных зерен
9. Испарение и факторы его определяющие.
10. Методы расчета испарения с различных подстилающих поверхностей.
11. Метеорологические аспекты круговорота воды в атмосфере
12. Физические процессы образования и классификация туманов.
13. Физические процессы образования и классификация облаков
14. Факторы, влияющие на величину давления насыщенного пара над поверхностью.
15. Водяной пар в воздухе и характеристики влажности воздуха.
16. Особенности режима влажности атмосферы высоких широт.
17. Образование и эволюция водяной капли в атмосфере.

Тема курсовой работы согласовывается с преподавателем. При этом студент получает от преподавателя указания по выполнению работы.

Приведенные темы являются обзорными, при выполнении которых студент должен достаточно полно раскрыть тему,, пользуясь литературой, лекциями и сведениями, почерпнутыми из Интернета (рекомендуется использовать поисковые системы, вводя в строку поиска название исследуемой темы). Обязательны ссылки на литературные источники. Описание должно быть составлено своими словами, с избеганием прямого «скачивания», что сразу же будет замечено при проверке. В конце работы должно быть приведено *собственное обзорное суждение студента* об изучаемом им вопросе, связанными с физикой атмосферой. Изложить где практически могут быть использованы рассматриваемые закономерности физики атмосферы.

В конце работы обязательно приводится список используемой литературы.

Если работа выполнена достаточно полно, тема подробно раскрыта, и в конце приведено собственное аргументированное суждение студента о достоинствах и недостатках методов измерения, такая работа оценивается на **ОТЛИЧНО**.

Если работа выполнена достаточно полно, тема раскрыта, но заключение студента отсутствует, такая работа оценивается на **ХОРОШО**.

Если работа выполнена самостоятельно, но недостаточно полно, тема раскрыта не полностью, заключение студента отсутствует, такая работа оценивается на **УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО**.

Примечание. При обнаружении дословного сходства сданных работ (или дословного сходства с одной из работ, сданных в предыдущие годы), такие работы не зачитываются и возвращаются для полной переработки.

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, базовый учебник и презентации лекций, опубликованные в Интернете.

Студенты заочной формы обучения выполняют контрольную работу, пользуясь методическими указаниями [4].

Студенты выполняют курсовую работу, пользуясь списком примерных тем курсовых работ (см. раздел 6.4). Курсовая работа может быть выполнена на другую тему по согласованию с преподавателем. Выполнение работы проходит при регулярных, по возможности, консультациях с преподавателем, для чего студенту предоставлена возможность использовать удаленный доступ (Интернет).

5.3. Промежуточный контроль

Промежуточный контроль по результатам 2-го учебного семестра – зачет,
Контроль по результатам 4-го учебного семестра – экзамен.

Вопросы к зачету 2-го семестра

1. Строение и состав атмосферы.
2. Озоносфера. Роль ее в физических процессах в атмосфере,
3. Основные характеристики состояния атмосферы.
4. Поля метеорологических величин. Градиенты метеорологических величин (МВ). Сравнение вертикальных и горизонтальных градиентов МВ.
5. Уравнение состояния сухого воздуха,
6. Уравнение состояния влажного воздуха, Виртуальная температура.
7. Характеристики влажности воздуха,
8. Уравнение статики атмосферы. Вертикальный барического градиент, зависимость его от МВ.
9. Барическая ступень - физический смысл, зависимость от метеорологических величин,

10. Барометрические формулы для различных моделей атмосферы (однородная, изотермическая, политропная, реальная),
11. Вертикальный градиент температуры в однородной атмосфере,
12. Практическое использование барометрических формул,
13. Порядок проведения стандартных метеорологических наблюдений
14. Первое начало термодинамики для сухого воздуха,
15. (уравнение, физический смысл),
16. I начало термодинамики для адиабатического процесса,
17. Сухоадиабатический градиент температуры воздуха,
18. Потенциальная температура,
19. Методы определения потенциальной температуры,
20. Основные свойства потенциальной температуры
21. Аэрологическая диаграмма. Основы построения.
22. Кривая стратификация и кривая состояния на АД.,
23. Конвекция. Метод расчета ускорения конвекции,
24. Уровень конденсации, Уровень выравнивания температур,
25. I нач. термодинамики для воздуха с насыщенным паром,
26. Влажноадиабатический градиент температуры,
27. Термодинамические температуры,
28. Стратификация атмосферы. Методы определения степени устойчивости атмосферы. (по АД, по изменению термодинамических температур воздуха с высотой, по ускорению конвекции),
29. Энергия неустойчивости.

Перечень вопросов к экзамену 4-го семестра

1. Основные характеристики состояния атмосферы.
2. Поля метеорологических величин. Градиенты метеорологических величин (МВ). Сравнение вертикальных и горизонтальных градиентов МВ.
3. Уравнение состояния сухого воздуха,
4. Уравнение состояния влажного воздуха, Виртуальная температура.
5. Характеристики влажности воздуха,
6. Уравнение статики атмосферы. Вертикальный барического градиент, зависимость его от МВ.
7. Барическая ступень - физический смысл, зависимость от МВ,
8. Барометрические формулы для различных моделей атмосферы (однородная, изотермическая, политропная, реальная),
9. Вертикальный градиент температуры в однородной атмосфере,
10. Практическое использование барометрических формул.
11. Порядок проведения стандартных метеорологических наблюдений.

Термодинамика атмосферы

Первое начало термодинамики для сухого воздуха Уравнение Пуассона.

1. Сухоадиабатический вертикальный градиент температуры воздуха.
2. Ускорение конвекции.
3. Потенциальная температура. Методы ее определения.
4. Свойства потенциальной температуры.
5. Высота уровня конденсации. Ее определение
6. Изменение гигрометрических характеристик в адиабатическим поднимающемся воздухе с ненасыщенным водяным паром.
7. Критерии устойчивости атмосферы при сухоадиабатическом процессе
8. Влажноадиабатические процессы. Первое начало термодинамики для воздуха, насыщенного водяным паром.
9. Влажноадиабатический вертикальный градиент температуры, его свойства.
10. Изменение гигрометрических характеристик при вертикальном перемещении воздуха с насыщенным паром.
11. Условия устойчивости атмосферы по отношению к вертикальным перемещениям воздуха..
12. Термодинамические температуры. Их физический смысл.
13. Аэрологическая диаграмма. Задачи, решаемые с помощью аэрологической диаграммы.

Лучистая энергия в атмосфере

1. Солнце, солнечная активность
2. Законы излучения абсолютно черного тела.
3. Излучение Солнца и Земли ,солнечная постоянная
4. Поглощение лучистой энергии в атмосфере
5. Молекулярное рассеяние солнечной радиации
6. Аэрозольное рассеяние солнечной радиации
7. Закон ослабления солнечной радиации
8. Характеристики прозрачности атмосферы.
9. Прямая, рассеянная и суммарная солнечная радиация.
10. Отраженная солнечная радиация. Альбедо.
11. Теоретические, возможные и действительные суточные суммы потоков солнечной радиации.
12. Излучение Земли и атмосферы.
13. Эффективное излучение земной поверхности
14. Радиационный баланс коротковолновой радиации для деятельного слоя Земли.

15. Радиационный баланс длинноволновой радиации для деятельного слоя Земли.
16. Суммарный радиационный баланс деятельного слоя Земли.
17. Факторы, влияющие на величину радиационного баланса деятельного слоя земли.
18. Радиационный баланс атмосферы.
19. Радиационный баланс системы Земля – Атмосфера
20. Тепловой баланс деятельного слоя Земли

Вода в атмосфере

1. Суточный и годовой ход характеристик влажности.
2. Изменение содержания водяного пара с высотой.
3. Фазовые переходы воды в атмосфере. График равновесия фаз
4. Факторы, влияющие на величину давления насыщенного пара над поверхностью.
5. Испарение. Факторы, влияющие на скорость испарения с поверхности суши.
6. Факторы, влияющие на скорость испарения с поверхности водоемов.
7. Испаряемость.
8. Работа образования зародышевых капель. Роль ядер конденсации в образовании капель в атмосфере.
9. Образование и рост зародышей жидкой и твердой фазы воды в атмосфере
10. Физические условия образования тумана Классификация туманов.
11. Микрофизические характеристики туманов и облаков.
12. Метод прогноза радиационных туманов.
13. Морфологическая и генетическая классификация облаков.
14. Конвективные облака. Условия образования, характеристики.
15. Облака крупномасштабных восходящих движений. Условия образования, Характеристики.
16. Роль волновых движений в образовании облачности,
17. Конденсационный рост капель в облаках.
18. Коагуляционный рост капель в облаках.
19. Образование осадков. Характеристики и вид осадков.
20. Испарение облачных и дождевых капель.

Тепловой режим поверхности Земли и атмосферы

1. Основные теплофизические характеристики поверхности почвы.

2. Теоретические законы распространения колебаний температуры в почве.
3. Поток тепла в почве и водоемах.
4. Факторы турбулентности атмосферы.
5. Конвективный и турбулентный потоки тепла в атмосфере.
6. Уравнение притока тепла в атмосфере.
7. Факторы, определяющие тепловой режим нижнего слоя атмосферы.

Основы динамики атмосферы

1. Силы, действующие в атмосфере
2. Геострофический ветер
3. Движение в циклоне и антициклоне

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Хромов С.П., Петросянц М.А.- Метеорология и климатология. Изд. МГУ, Наука, 2010,- 584 с.
2. Метеорология и климатология: Учебное пособие / Г.И. Пиловец. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 399 с.: - (Высшее образование: Бакалавриат). <http://znanium.com/catalog.php>
3. Психометрические таблицы. – Л.; Гидрометеиздат, 2010.
4. Тарасов Л.В.- Атмосфера нашей планеты, изд. Физматлит,2012.– 420 с
5. Восканян К.Л., Саенко А.Г. Актинометрические наблюдения. Пособие для учебной практики. Санкт-Петербург, 2010. – 54с.
6. Андреев А.О., Дукальская М.В., Головина Е.Г. Облака: происхождение, классификация, распознавание. Под ред. А.И. Угрюмова. Учебное пособие. СПб., изд. РГГМУ, 2007. – 228с.
7. Русин И.Н., Арапов П.П. Основы метеорологии и климатологии. Курс лекций – СПб.:изд. РГГМУ, 2008.-199 с.
8. Бройдо А. Г. И др. Задачник по общей метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 312с
9. Головина Е.Г., В.И. Ковалев. Методические указания по дисциплине "Физика атмосферы, океана и вод суши" (Курс II) - СПб.: Изд. РГГМУ., 2002, 40 стр.
10. Головина Е.Г., В.И. Ковалев. Методические указания по дисциплине "Физика атмосферы, океана и вод суши" (Курс III) - СПб.: Изд. РГГМУ., 2002, 36 стр.

б) Дополнительная литература:

1. Семенченко Б.А., Физическая метеорология учебник – М: Аспект Пресс, 2002, - 415с.
2. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. – СПб.: Гидрометеиздат, 2000
3. Руководство по теплобалансовым наблюдениям. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 237с.
4. Гусев Е.М, Насонова О.Н. -Моделирование тепло- и влагообмена поверхности суши с атмосферой,-2010, 327 с.
5. Григоров Н.О., Саенко А.Г., Восканян К.Л. Методы и средства гидрометеорологических измерений. Метеорологические приборы. С-Пб, РГГМУ, 2012. – 306 с.
6. Данлоп С.-Атлас погоды. Атмосферные явления и прогнозы, изд. Амфора, 2010, –192 с. Насонова О.Н. -Моделирование тепло- и влагообмена поверхности суши с атмосферой,-2010, -327 с
7. Сухановская Т.О.- Физика атмосферы:комплекс словарей, изд. Флинта, Наука, 2009, – 224 с.
8. Метеорологические и геофизические исследования [Электронный ресурс] / гл. ред. Г.В. Алексеев. - М.: Paulsen, 2011. – 352 с.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=391608>

в) Рекомендуемые интернет-ресурсы

1. Строение, состав, свойства атмосферы
<http://wiki.web.ru/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0>
2. Статика атмосферы
http://cozyhomestead.ru/Voda_71656.html
3. Основы термодинамики атмосферы
<http://www.myshared.ru/slide/933917/>
<http://dok.opredelim.com/docs/index-69680.html>
4. Лучистая энергия в атмосфере
<http://atmosfers.3dn.ru/index/0-7>
<http://cribs.me/meteorologiya-i-klimatologiya/solnechnaya-radiatsiya-raspredelenie-solnechnoi-radiatsii-na-poverkhnosti-zemli>
5. Радиационный баланс системы Земля – атмосферы
http://studopedia.ru/2_74014_radiatsionnyy-balans-atmosferi.html
6. Тепловой режим деятельного слоя Земли и атмосферы
http://fictionbook.ru/author/artur_nikolaevich_goliciyn/injenernaya_geovekologiya/read_online.html?page=4
7. Фазовые переходы воды в атмосфере

<http://rpp.nashaucheba.ru/docs/index-154249.html>

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%B4%D0%B8%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%8B

8. Физические условия образования туманов, облаков и осадков

<http://mydocx.ru/5-38209.html>

<http://pogoda.rovno.ua/usloviya-obrazovaniya-tumanov>

9. Основы динамики атмосферы

<http://ru-ecology.info/post/101374105700014/>

<http://obatmosfere.ru/category/dinamika-atmosfery>

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий

Организация деятельности студента

Лекции (темы №1-9)

Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины.

Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников 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

Лабораторные занятия (темы №1-9)

Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины.

Конспектирование источников, прежде всего базового учебника и описаний лабораторных работ.

Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и работа с текстом.

Подготовка специальной рабочей тетради для индивидуаль-

ных занятий. Заготовка шаблонов таблиц, и другого графического материала для заполнения при выполнении работы.

Индивидуальные задания

Поиск литературы и составление библиографии по теме, использование от 3 до 5 научных работ.

Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме.

Составление аннотаций к прочитанным литературным источникам и другое. Изложение основных аспектов проблемы, анализ мнений авторов и формирование собственного суждения по исследуемой теме.

Подготовка к зачету и экзамену

При подготовке к зачету и 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 1-9	Использование Интернета, компьютера	Компьютерные презентации лекций и индивидуальных заданий.
Темы 1-9	Использование персональных компьютеров, Интернета	Коммуникационная группа на сайте «в контакте» https://vk.com

Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. **Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).
2. **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 обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации

3. **Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
4. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими 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 метеорологическая станция РГГМУ в г. Санкт-Петербург** – оснащена стандартным метеорологическим оборудованием, позволяющим проведение учебных практик по дисциплине «Физика атмосферы».
7. **Полевая база учебной практики РГГМУ в пос. Даймище Ленинградской обл.** - оснащена стандартным метеорологическим оборудованием, позволяющим проведение учебных практик по дисциплине «Физика атмосферы» по расширенной программе (с выполнением круглосуточных метеорологических наблюдений), соответствующей Наставлениям гидрометеорологическим станциям и постам, рекомендуемым Управлением гидрометеорологической службы.

Учебное пособие

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ»

Составители:

Головина Елена Георгиевна
Мханна Ааед Исмаил Назир