

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТ-  
ВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»  
Географический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета, профессор, д.г.н.

В.З. Макаров  
" 23 " 20 23 г



Рабочая программа дисциплины  
**ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ**

Направление подготовки  
**05.03.05 Прикладная гидрометеорология**

Профиль подготовки  
**Прикладная метеорология**

Квалификация (степень) выпускника  
*Бакалавр*

Форма обучения  
*Очная*

Саратов,  
2023 год

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Червяков М.Ю.		20.06.23
Председатель НМК	Кудрявцева М.Н.		20.06.23
Заведующий кафедрой	Червяков М.Ю.		20.06.23
Специалист Учебного управления			

## **1 Цели освоения дисциплины «Физика атмосферы»**

Целью освоения дисциплины «Физика атмосферы» является подготовка бакалавров прикладной гидрометеорологии, владеющих теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для метеорологического обслуживания экономики.

Основная задача курса – формирование представлений знаний о достаточно полной физической модели процессов и явлений, имеющих погодообразующее значение. Для описания процессов, происходящих в атмосфере, широко используются законы физики, механики, термодинамики. Изучаемая дисциплина является первой специальной дисциплиной, изучаемой студентами данной специальности.

Кроме того, решается задача подготовки студентов к изучению других дисциплин направления 05.03.05 Прикладная гидрометеорология. Изучаемая дисциплина является основой для изучения в дальнейшем динамической и синоптической метеорологии.

## **2 Место дисциплины «Физика атмосферы» в структуре ООП бакалавриата**

Дисциплина «Физика атмосферы» входит в обязательную часть блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП и читается студентам на первом и втором курсах в 1, 2 и 3 семестрах. Изучение дисциплины базируется на знаниях физики, математики, химии, географии, полученных студентами в средней школе, высшей математики и физики, изучаемых на первом и втором годах обучения в университете.

В курсе высшей математики особенно важными для физики атмосферы являются следующие понятия: условий непрерывности функций и их аргументов; бесконечно малых приращений переменных величин; производных функций, выражающих скорость изменения переменных величин во времени и в пространстве; интегрировании как процесса непрерывного суммирования всех последовательных значений переменной величины; дифференциалов и интегралов простейших алгебраических и трансцендентных функций.

К числу физических и химических законов, которые применяются с первых шагов при изучении физики атмосферы, относятся: прежде всего, закон всемирного тяготения, законы Бойля-Мариотта и Гей-Люссака (объединяемые формулой Клапейрона), законы Паскаля и Архимеда, три основных закона механики Ньютона, закон сложения и разложения сил и скоростей, закон сохранения энергии, закон Джоуля-Ленца, законы Дальтона о смеси газов и об испарении, закон Авогадро, законы излучения (Стефана-Больцмана, Кирхгофа), законы электростатики и электрического тока (Кулона, Ома, Фарадея и др.).

В результате изучения дисциплины «Физика атмосферы» студент получает дополнительные знания о составе и общих свойствах атмосферы, ее взаимодействии с океаном и водами суши, позволяющих понимать природу ос-

новых физических процессов, протекающих в газовой оболочке Земли, и их тесное взаимодействие с земной поверхностью и околоземным космическим пространством.

### 3. Результаты обучения по дисциплине «Физика атмосферы»

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p>ОПК-2. Способен применять знания физико-динамических принципов явлений и процессов, происходящих в природной среде, давать их качественную оценку и выделять антропогенную составляющую</p>	<p>1.1_Б.ОПК-2. Применяет знания о динамических и физических процессах и явлениях, происходящих в атмосфере и гидросфере. 2.1_Б.ОПК-2. Осуществляет анализ физико-динамических явлений и процессов в природной среде.</p>	<p>Знать: строение, состав, свойства, динамику атмосферы, океана и вод суши; основные явления, режим и методы расчетов, термодинамику природных сред, оптические, акустические и электромагнитные явления в этих средах; закономерности распространения лучистой энергии; определения характеристик влажности воздуха; Уметь: выполнять наблюдения и производить измерения основных гидрометеорологических величин (температура, давление, уровень воды и т.д.). Владеть: знаниями о наиболее общих свойствах атмосферы и гидросферы, о закономерностях, наблюдаемых в них явлений и процессов, их физико-географической сущности;</p>
<p>ПК-3. Способен анализировать информацию гидрометеорологического и аэрологического мониторинга атмосферных процессов</p>	<p>1.1_Б.ПК-3. Обладает знаниями современных методов мониторинга окружающей среды 2.1_Б.ПК-3. Обладает навыками обработки и анализа данных дистанционного зондирования атмосферы. 3.1_Б.ПК-3. Применяет данные гидрометеорологического и аэрологического мониторинга для оценки фактической погоды.</p>	<p>Знать: барические закономерности движения воздуха; условия конденсации водяного пара в атмосфере; условия формирования местных циркуляций; закономерности формирования общей циркуляции атмосферы. Уметь: анализировать метеорологические наблюдения, выполнять инженерные расчеты по основным разделам курса с привлечением современных вычислительных средств. Владеть: различными методами расчета, анализа и обработки метеорологической информации; навыками самостоятельной</p>

		работы со специализированной литературой, наставлениями и руководящими документами.
--	--	---

#### 4 Структура и содержание дисциплины «Физика атмосферы»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 13 зачетных единиц (468 часов).

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Лабораторные занятия		СР	
					Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение. Предмет физики атмосферы. Связь с другими науками. Методы изучения атмосферы.	1	1	2	2			Устный контроль
2	Газовый состав атмосферного воздуха у земной поверхности.	1	2	2	2		2	Устный контроль
3	Изменение состава воздуха с высотой.	1	3	2	2		2	Устный контроль
4	Жидкие и твердые примеси в атмосферном воздухе.	1	4	4	4		2	Тестовый контроль
5	Строение атмосферы и околоземного пространства.	1	5	4	4		2	Письменный контроль

6	Водяной пар в атмосфере.	1	6	2	4		4	Письменный контроль
7	Давление атмосферного воздуха.	1	7	2	2		4	Устный контроль
8	Статика атмосферы. Основное уравнение статики атмосферы. Барометрическая формула.	1	8-9	4	4		4	Устный контроль
9	Солнечная радиация.	1	10-11	2	2		4	Устный контроль. Написание реферата
10	Солнечная постоянная. Ослабление солнечной радиации в атмосфере.	1	12-13	4	2		2	Устный контроль. Тестовый контроль
11	Альbedo подстилающей поверхности.	1	14	2	2		2	Устный контроль.
12	Длинноволновое излучение атмосферы и земной поверхности.	1	15	2	2		2	Письменный контроль
13	Радиационный баланс земной поверхности, атмосферы и системы «Земля-атмосфера».	1	16-17	2	2		4	Устный контроль
14	Оптические явления в атмосфере.	1	18	2	2		2	Устный контроль.
	<b>Промежуточная аттестация – 36 часов</b>	<b>1</b>						<b>Экзамен</b>
<b>Всего в 1 семестре – 144ч.</b>				<b>36</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	
1	Тепловой режим подстилающей поверхности.	2	1-2	2	6		2	Устный контроль. Письменный контроль
2	Турбулентный режим атмосферы.	2	3	2	6		4	Письменный контроль
3	Тепловой режим приземного слоя атмосферы.	2	4-5	2	6		2	Устный контроль
4	Термический режим тропосферы, стратосферы и мезосферы.	2	6	2	2		4	Устный контроль
5	Термодинамические процессы в атмосфере.	2	7	2	4		4	Устный контроль
6	Условия и критерии устойчивости атмосферы.	2	8-9	2	2		4	Тестовый контроль
7	Стратификация ат-	2	10	2	4		4	Письменный контроль

	мосферы.							
8	Физика воды и ее свойства в трех агрегатных состояниях.	2	11	2	2		2	Написание реферата
9	Конденсация и сублимация водяного пара в атмосфере.	2	12	2	2		4	Устный контроль
10	Испарение и испаряемость.	2	13	4	2		2	Письменный контроль
12	Облака и туманы.	2	14	2	2		2	Устный контроль
13	Атмосферные осадки.	2	15	2	2		2	Тестовый контроль
14	Атмосферное электричество.	2	16	2	2		2	Письменный контроль
	<b>Промежуточная аттестация – 36 часов</b>	<b>1</b>						<b>Экзамен</b>
<b>Всего во 2 семестре – 144ч.</b>				<b>28</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	
1	Барическое поле.	3	1	2	2		4	Устный контроль
2	Абсолютный и относительный геопотенциал.	3	2-3	4	4		6	Устный и письменный контроль
3	Барические системы.	3	4	2	2		6	Устный и письменный контроль
4	Воздушные массы.	3	5	2	2		6	Устный и письменный контроль
5	Движение атмосферы.	3	6-7	4	4		6	Устный и письменный контроль
6	Классификация движений в свободной атмосфере.	3	8-9	4	4		6	Тестовый контроль
7	Ветер в приземном слое атмосферы.	3	10	2	2		6	Тестовый контроль
8	Местные циркуляции.	3	11	2	2		4	Устный и письменный контроль
9	Общая циркуляция атмосферы.	3	12-13	4	4		6	Устный и письменный контроль
10	Циркуляция в тропиках и субтропиках.	3	14	2	2		6	Устный и письменный контроль
11	Волновые движения в атмосфере.	3	15	2	2		4	Тестовый контроль
12	Основы теории распространения звука в атмосфере.	3	16	2	2		4	Устный и письменный контроль
13	Магнитное поле Земли.	3	17	2	2		4	Устный и письменный контроль
14	Полярные сияния.	3	18	2	2		4	Устный и письменный контроль
	<b>Промежуточная аттестация – 36 часов</b>	<b>1</b>						<b>Экзамен</b>

Всего в 3 семестре – 180ч.			36	36	0	72	
Итого:			468ч.				

## Содержание дисциплины «Физика атмосферы»

### *Первый семестр*

#### **1. Введение**

Предмет физики атмосферы. Связь с другими науками. Методы изучения атмосферы. Метеорологические величины. История метеорологии. Гидрометеорологическая служба России. Всемирная метеорологическая организация (ВМО). Организация метеорологических наблюдений.

#### **2. Газовый состав атмосферного воздуха у земной поверхности**

Постоянные и переменные компоненты воздуха. Углекислый газ. Кривая Киллинга. Атмосферный озон.

#### **3. Изменение состава воздуха с высотой**

Особенности изменения состава воздуха с высотой. Гомосфера и гетеросфера. Диссоциация молекул. Ионизация. Ионосфера. Диссипация газов. Образование и распределение озона в свободной атмосфере. Общее содержание озона в атмосфере.

#### **4. Жидкие и твердые примеси в атмосферном воздухе**

Естественный и антропогенный аэрозоль. Виды аэрозоля. Перенос аэрозоля атмосферной циркуляцией. Пыльные частицы и песчаные бури.

#### **5. Строение атмосферы и околоземного пространства**

Принципы деления атмосферы на отдельные слои. Вертикальное строение атмосферы. Краткие сведения о методах исследования атмосферы. Тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера, экзосфера. Верхняя атмосфера, ее газовый состав, радиационные пояса. Строение околоземного пространства.

#### **6. Водяной пар в атмосфере**

Характеристики влажности воздуха и связь между ними. Единицы измерения и методы определения параметров влажности. Распределение влажности в тропосфере и стратосфере. Фазовые переходы воды.

#### **7. Давление атмосферного воздуха**

Давление воздуха на уровне моря. Единицы измерения и методы определения давления. Основные барические образования.

#### **8. Статика атмосферы. Основное уравнение статики атмосферы. Барометрическая формула**

Плотность сухого и влажного воздуха. Уравнение состояния воздуха. Уравнение состояния влажного воздуха. Основное уравнение статики атмосферы. Барометрические формулы. Полная барометрическая формула Лапласа. Формула Бабиня. Барическая ступень. Однородная атмосфера. Изотермическая атмосфера. Политропная атмосфера. Стандартная атмосфера.

#### **9. Солнечная радиация**

Общие законы излучения: Кирхгофа, Планка, Стефана-Больцмана, Ламберта, Ванна. Солнце как источник энергии для Земли. Потоки лучистой энергии в атмосфере. Понятие о соляном климате. Солнечная активность.

#### **10. Солнечная постоянная. Ослабление солнечной радиации в атмосфере**

Солнечная постоянная и ее вариации. Общие принципы процесса ослабления лучистой энергии. Закон ослабления солнечной радиации. Молекулярное рассеяние (теория Рэлея). Индикатриса рассеяния. Рассеяние на аэрозолях, теория Ми. Поглощение радиации в атмосфере. Прозрачность атмосферы. Фактор мутности. Прямая и рассеянная солнечная радиация у земной поверхности. Суммарная радиация.

##### **11. Альbedo подстилающей поверхности**

Альbedo подстилающей поверхности. Альbedo облаков. Альbedo Земли как планеты. Методы определения отраженной радиации.

##### **12. Длинноволновое излучение атмосферы и земной поверхности**

Излучение подстилающей поверхности. Излучение атмосферы. Встречное и эффективное излучение. Влияние облачности на встречное и эффективное излучение. Уравнение переноса длинноволновой радиации в атмосфере. Парниковый эффект.

#### **13. Радиационный баланс земной поверхности, атмосферы и системы «Земля-атмосфера»**

Радиационный баланс земной поверхности. Суточный ход радиационного баланса. Годовой ход радиационного баланса. Радиационный баланс атмосферы и системы «Земля-атмосфера». Уравнение радиационного баланса. Методы определения составляющих радиационного баланса. Географическое распределение составляющих радиационного баланса.

##### **14. Оптические явления в атмосфере**

Преломление и отражение света в атмосфере. Явление сумерек, зорь. Показатель преломления и влияющие на него факторы. Дифракция света и связанные с ней явления. Миражи. Оптические явления в облаках и осадках. Венцы, радуга, гало.

### ***Второй семестр***

#### **1. Тепловой режим подстилающей поверхности**

Теплообмен в почве. Законы Фурье. Факторы нагревания и охлаждения почвы. Особенности нагревания и охлаждения суши и водоемов. Поток и приток тепла. Уравнение теплопроводности почвы. Вертикальное распределение температуры почвы. Суточные и годовые колебания температуры почвы и воды. Термоизоплеты. Промерзание почвы. Вечная мерзлота.

#### **2. Турбулентный режим атмосферы**

Числа Рейнольдса, Ричардсона. Уравнения движения турбулентной атмосферы. Турбулентный режим атмосферы. Коэффициент турбулентности. Турбулентные потоки тепла в атмосфере. Методика расчета турбулентных потоков тепла по данным градиентных наблюдений.

#### **3. Тепловой режим приземного слоя атмосферы**

Определение и высота приземного слоя атмосферы. Распределение температуры по высоте в приземном слое. Температурный режим приземного слоя атмосферы. Теория суточного хода температуры воздуха. Адвекция тепла и холода. Ночное понижение температуры. Заморозки. Инверсии и изотермии в атмосфере.

#### **4. Термический режим тропосферы, стратосферы и мезосферы**

Тепловой режим свободной атмосферы (тропосферы, стратосферы, мезосферы). Внезапные стратосферные потепления.

#### **5. Термодинамические процессы в атмосфере**

Первое начало термодинамики для атмосферы. Адиабатические процессы. Уравнение Пуассона. Сухоадиабатический градиент температуры. Потенциальная температура. Эквивалентная температура. Политропические и адиабатические процессы.

#### **6. Условия и критерии устойчивости атмосферы**

Адиабатические модели на основе частицы и слоя. Конвекция. Ускорение конвекции. Уровень конвекции. Потенциальная (конвективная) неустойчивость. Критерии устойчивости атмосферы при сухоадиабатическом процессе. Влажноадиабатические процессы. Аэрологическая диаграмма. Уровень конденсации. Энергия неустойчивости. Конвективные индексы неустойчивости.

#### **7. Стратификация атмосферы**

Стратификация атмосферы и вертикальное равновесие для сухого воздуха. Сухонеустойчивая, сухоустойчивая и сухобезразличная стратификация. Стратификация атмосферы и вертикальное равновесие для насыщенного воздуха. Влажноустойчивая и влажнеустойчивая стратификация. Суточный ход стратификации и конвекции.

#### **8. Физика воды и ее свойства в трех агрегатных состояниях**

Физические свойства льда, воды и водяного пара. Фазовые переходы воды. Диаграмма равновесия фаз. Зависимость скрытой теплоты фазового перехода и упругости насыщения от температуры. Другие факторы, влияющие на упругость насыщения.

#### **9. Конденсация и сублимация водяного пара в атмосфере**

Упругость насыщенного пара. Ядра конденсации и кристаллизации. Переохлаждение и замерзание капель.

#### **10. Испарение и испаряемость**

Законы испарения: формулы Магнуса, Дальтона, Томсона, Рауля, Свердлупа. Скорость испарения. Географическое распределение испаряемости и испарения.

#### **11. Наземные гидрометеоры**

Определение гидрометеоров, их группы, виды и разновидности. Характеристика осадков, образующихся на поверхности земли и на предметах. Роса. Иней. Изморозь. Гололед.

#### **12. Облака и туманы**

Агрегатное состояние воды в облаках и туманах. Микроструктура облаков и туманов. Водность. Механизм удержания облачных элементов. Фи-

зические процессы образования облаков и туманов. Генетическая классификация облаков и туманов. Международная классификация облаков. Глобальное поле облачности. Перламутровые и серебристые облака.

### **13. Атмосферные осадки**

Условия образования и выпадения осадков. Коагуляция капель. Классификация осадков. Характеристики атмосферных осадков. Дождь и морось. Снег и крупа. Град.

### **14. Атмосферное электричество**

Напряженность электрического поля атмосферы. Спрайты и джеты. Электрическое поле облаков. Основы теории грозового электричества. Молнии. Тихие разряды. Атмосферики.

## *Третий семестр*

### **1. Барическое поле**

Барическое поле. Изобары. Горизонтальный барический градиент. Колебания давления.

### **2. Абсолютный и относительный геопотенциал**

Геопотенциал. Карты барической топографии. Карты абсолютной топографии. Карты относительной топографии.

### **3. Барические системы**

Циклоны и антициклоны. Деформационное поле. Изменения барического поля с высотой в циклонах и антициклонах.

### **4. Воздушные массы**

Классификация воздушных масс. Фронты. Типы фронтов.

### **5. Движение атмосферы**

Основные силы, вызывающие и сопровождающие атмосферные движения. Сила тяжести, сила барического градиента, отклоняющая сила вращения Земли, сила трения, центробежная сила. Линии тока и изотахи.

### **6. Классификация движений в свободной атмосфере**

Геострофическое движение. Градиентный ветер. Термический ветер. Профиль ветра в свободной атмосфере. Агеострофическое отклонение. Струйные течения. Глобальное распределение параметров ветра.

### **7. Ветер в приземном слое атмосферы**

Структура ветра в приземном слое воздуха. Логарифмический и степенной "законы" распределения скорости ветра с высотой. Спираль Экмана. Особенности динамического взаимодействия атмосферы и поверхности Земли.

### **8. Местные циркуляции**

Влияние препятствий на ветер. Особенности динамического взаимодействия атмосферы и поверхности Земли. Местные ветры и явления: бриз, фен, бора. Горно-долинные, стоковые, ледниковые, орографические ветры.

### **9. Общая циркуляция атмосферы**

Определяющие принципы и структура ОЦА. Циркуляция атмосферы в умеренных и полярных шротах. Циркуляция верхней атмосферы.

### **10. Циркуляция в тропиках и субтропиках**

Муссоны. Пассаты. Внутритропическая зона конвергенции. Тропические циклоны. Районы возникновения тропических циклонов. Погода в тропическом циклоне.

### **11. Волновые движения в атмосфере**

Волны в атмосфере. Гравитационные волны.

### **12. Основы теории распространения звука в атмосфере**

Зависимость скорости звука от характеристик движения воздуха, температуры, влажности. Отражение, преломление и поглощение звука в атмосфере. Акустическое зондирование атмосферы.

### **13. Магнитное поле Земли**

Магнитосфера. Инверсии магнитного поля Земли. Магнитосферное возмущение. Магнитные бури. Космическая погода. Радиационные пояса.

### **14. Полярные сияния**

Образование, формы, происхождение полярных сияний. Гелиогеофизические связи.

*Примеры лабораторных работ по дисциплине «Физика атмосферы»:*

#### *Первый семестр*

1. Организация метеорологической площадки. Требования к организации метеорологических наблюдений.
2. Измерение температуры воздуха и почвы.
3. Измерение влажности воздуха.
4. Измерение атмосферного давления.
5. Измерение направления и скорости ветра.
6. Измерение атмосферных осадков.
7. Измерение различных видов солнечной радиации.
8. Составление метеорологических телеграмм.
9. Построение профилей метеорологических величин по данным радиозондирования.
10. Метод косвенного расчета радиационного баланса. (С.И. Пряхина, Л.М. Фетисова, С.В. Морозова, Т.Г. Серейчикас Метод косвенного расчета радиационного баланса, учебно-методическое пособие к практическим занятиям для студентов специальности «метеорология» и «география» дневного и заочного отделения. Саратов: ИЦ «Наука».2011. - 26 с.).

#### *Второй семестр*

1. Построение и анализ аэрологических диаграмм (Рыхлов А.Б., Волков С.А., Иванова Г.Ф. Анализ термодинамического состояния атмосферы на аэрологической диаграмме. - Саратов: Изд-во СГУ, 2004.).
2. Расчет и анализ составляющих термодинамических процессов в атмосфере. Определение и анализ факторов устойчивости атмосферы.
3. Описание основных форм облаков, их видов и разновидностей. Облака верхнего, среднего, нижнего яруса. Облака вертикального развития.

4. Построение и анализ графиков распределения температуры почвы по глубинам (построение термоизоплет). Расчет времени наступления максимума и минимума температуры на различных глубинах.

5. Пространственно-временной анализ облачности по базам данных спутникового мониторинга.

### ***Третий семестр***

1. Исследование характеристик движения атмосферы, простейших моделей распределения ветра.

2. Исследование инверсий приземного слоя атмосферы по данным радиозондирования на платформе Collaboratory (написание программы на языке Python).

3. Геоострофический и градиентный ветер. Горизонтальный барический градиент. Карты изобар.

4. Пространственно-временной анализ общего содержания озона по базам данных спутникового мониторинга.

5. Анализ количества осадков на метеорологической станции по данным ВНИИГМИ-МЦД.

6. Анализ составляющих радиационного баланса Земли по данным спутниковых измерений ИКОР-М и проекта CERES.

## **5 Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины «Физика атмосферы»**

При реализации учебной работы в форме лекций используются различные формы визуализации наглядного материала: плакаты, таблицы, космические снимки облачности. В ходе самостоятельной работы в течение семестра студенты делают краткие сообщения по актуальным проблемам науки на основании знакомства с публикациями в современных научных периодических изданиях: «Метеорология и гидрология»; «Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова», «Труды Гидрометцентра», «Метеорологический вестник», «Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана» и др.

*При изучении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья* обязательно выделяется дополнительное время, используются печатные и электронные образовательные ресурсы в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья. С нарушением слуха – получение информации визуально, с нарушениями зрения – аудиально, с нарушением опорно-двигательного аппарата – с помощью дистанционных образовательных технологий (вебинары, общение с использованием платформ Zoom или Google Meet).

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Физика атмосферы»**

Самостоятельная работа студентов включает изучение рекомендуемая преподавателем литературы, публикаций в научных и научно-популярных периодических изданиях, а также размещенных в научной электронной библиотеке и на сайте курса «Физика атмосферы».

По результатам данной работы выполняются рефераты с последующим их обсуждением и выступлении на семинарских занятиях, выполняются практические расчеты и задания и проводится подготовка к тестовому текущему контролю и экзаменам.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:

1. Географические и климатические карты и атласы.
2. Таблицы, схемы, графики, справочники.
3. Данные зондирования атмосферы.
4. Космические снимки.
5. Специализированные стенды, поясняющие различные атмосферные явления и процессы, строение атмосферы, виды облачности и т.д.
6. Учебно-методические пособия, находящиеся в фондах кафедры и Зональной научной библиотеки имени В.А. Артисевич.
7. <https://sites.google.com/view/physics-of-atmosphere/> - сайт курса «Физика атмосферы».
8. [elibrary.ru](http://elibrary.ru) - Научная электронная библиотека

***Примеры заданий для самостоятельной работы:***

1. Какие теплофизические характеристики почвы вы знаете, каков их физический смысл?
2. Сравните и проанализируйте теплофизические характеристики воздуха, воды и почвы?
3. Амплитуда суточного хода температуры поверхности почвы составила  $31,1^{\circ}\text{C}$ , а на глубине 20 см  $3,7^{\circ}\text{C}$ . Вычислить среднюю температуропроводность верхнего 20-сантиметрового слоя почвы.
4. Вычислить теплопроводность снежного покрова при плотности  $10^2$  кг/м<sup>3</sup>. Как и почему изменится ответ, если плотность снега в результате слеживания увеличится в два раза?
5. Какие формулы могут применяться при изучении распространения температурных колебаний вглубь почвы и водоемов?
6. Какие факторы влияют на амплитуду суточных и годовых колебаний поверхности почвы?
7. До какой глубины распространяются (в среднем) суточные и годовые колебания температуры в почве и в различных водоемах? Каким образом можно определить эту глубину?
8. Как и почему влияет снежный покров на температуру почвы?
9. Максимум температуры поверхности почвы отмечен в 13 ч 25 мин. В какое время теоретически наступит максимум на глубинах 20, 40 и 60 см, если температуропроводность на всех глубинах одинакова и равна  $16 \text{ см}^2/\text{ч}$ ?

10. Как влияют на изменение температуры почвы на глубине рыхление, уплотнение, орошение?
11. Дайте определение приземного слоя атмосферы. Какова его средняя высота?
12. Какие факторы определяют вертикальный турбулентный обмен при равновесном состоянии в приземном слое атмосферы?
13. Какие факторы определяют вертикальный турбулентный обмен при неравновесном состоянии в приземном слое атмосферы?
14. Как изменяется с высотой температура при равновесном состоянии в приземном слое атмосферы?
15. Как изменяется с высотой коэффициент турбулентности?
16. В какое время суток летом турбулентный поток тепла направлен от деятельного слоя в атмосферу над морем и над сушей?
17. При каком распределении температуры в приземном слое формула для определения коэффициента турбулентности методом диффузии может быть неприменима?
18. Найти коэффициент турбулентности на высоте 10 м, если  $\Delta t = 0,0^\circ\text{C}$ ,  $z_0 = 2$  см,  $u_{2,0} = 3$  м/с.
19. Вычислить турбулентный поток тепла методом теплового баланса, если  $V = 0,47$  кВт/м<sup>2</sup>,  $t = 18,2^\circ\text{C}$ ,  $e_{0,5} = 14,0$  гПа,  $t_{2,0} = 17,9^\circ\text{C}$ ,  $e_{2,0} = 13,6$  гПа,  $P = 0,02$  кВт/м<sup>2</sup>.
20. Каков физический смысл коэффициента турбулентности? Какова его размерность?

### ***Методические рекомендации студентам для выполнения самостоятельной работы***

Многие атмосферные явления связаны с наличием воды в атмосфере в трех фазовых состояниях. Прежде чем перейти к изучению самих явлений (роса, иней, дымка, туман, облака, осадки и т.д.), необходимо рассмотреть процесс перехода воды из одного состояния в другое с физической точки зрения. Поэтому, прежде всего, изучите условия равновесия фаз. Основной характеристикой состояния атмосферы, дающей представление о степени равновесия между фазами воды, является давление насыщенного водяного пара. Знание факторов, влияющих на эту величину, дает возможность понять физические процессы, приводящие к испарению воды, а также к образованию в атмосфере капель воды и кристаллов льда.

Для изучения вопросов образования облаков, туманов, осадков необходимо ясное понимание рассмотренных ранее разделов метеорологии: статика атмосферы, перенос лучистой энергии в атмосфере, основы термодинамики атмосферы, тепловой режим атмосферы.

Условия фазовых переходов воды в атмосфере. График равновесия фаз, отражающий зависимость давления насыщения от температуры и фазового состояния воды, позволяет определить критерии устойчивого равновесия системы. Условия перехода системы (состоящей из воды в нескольких состояниях) из неустойчивого состояния в более устойчивое определяются с помо-

щью термодинамического потенциала. Изучение этих вопросов позволит понять причины фазовых переходов воды в атмосфере.

Испарение является физическим процессом, обогащающим атмосферу водяным паром. Обратите внимание на факторы, влияющие на скорость испарения с поверхности суши и водоемов, и на перенос водяного пара в турбулентной атмосфере.

Изучите вопрос гомогенной и гетерогенной конденсации и кристаллизации воды в атмосфере. Условия роста капель (кристаллов) определяются режимом влажности воздуха, окружающего их, и свойствами поверхности капель (кристаллов). При изучении этой темы обратите внимание на роль ядер конденсации (кристаллизации) в фазовых переходах воды в атмосфере. При отсутствии в атмосфере твердых или жидких частиц образование новой фазы воды возможно вследствие флуктуации плотности водяного пара. Образованные при таких флуктуациях комплексы молекул могут являться зародышами капель воды. Работа, необходимая для образования зародыша, пропорциональна площади поверхности зародыша.

При изучении физических характеристик туманов обратите внимание на физические условия и факторы, определяющих их образование, их микрофизические характеристики. Зная физические процессы, приводящие к образованию тумана, можно рассчитать температуру, при которой образуется туман той или иной водности.

Конденсация и сублимация водяного пара на некоторой высоте от уровня земной поверхности приводит к образованию облаков. Различие физических процессов образования облаков и туманов приводит и к различию их микрофизических характеристик. Важной является классификация облаков — морфологическая и генетическая. Изучить этот вопрос поможет «Атлас облаков». Необходимо знать все формы облаков, их виды и разновидности в русском и международном обозначениях, а также физические процессы, приводящие к образованию основных форм облачности.

Изучите условия образования наземных осадков: росы, иней, изморози, гололеда. При изучении образования осадков из облаков следует обратить внимание на процессы роста частиц облаков различного агрегатного состояния и условия выпадения осадков из этих облаков. Важно понять факторы, влияющие на скорость конденсационного, сублимационного и коагуляционного роста капель. Расчет скорости роста капель позволяет определить, в каком соотношении

При изучении активных воздействий на облака, туманы и осадки следует понять основные принципы активного воздействия на туманы и облака (рассеивание их и искусственное вызывание). Знать методы воздействия на теплые и переохлажденные облака и туманы.

***Примеры тестовых заданий для проведения текущего контроля по дисциплине «Физика атмосферы»:***

***Первый семестр***

**1. Основной метод в изучении «Физики атмосферы»**

1. Метод наблюдений;
2. Математического анализа;
3. Корреляционных связей;
4. Статистический.

**2. Кто из древних греческих философов сделал первую попытку объяснить ряд атмосферных процессов**

1. Аристотель;
2. Платон;
3. Эпикур;
4. Демокрит.

**3. По какому признаку атмосфера делится на пять сфер; тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу, экзосферу**

1. По характеру изменения температуры воздуха с высотой;
2. Составу атмосферного воздуха;
3. Наличию заряженных частиц в воздухе.

**4. Какой из слоев атмосферы самый холодный**

1. Тропосфера;
2. Стратосфера;
3. Мезосфера;
4. Термосфера;
5. Экзосфера.

**5. В каком слое атмосферы летают самолеты гражданской авиации**

1. Тропосфере;
2. Стратосфере;
3. Мезосфере.

**6. Укажите три газа, из которых в основном состоит сухой воздух у земной поверхности**

1. Азот, кислород и аргон;
2. Азот, аргон и углекислый газ;
3. Кислород, углекислый газ и аргон.

**7. Изменение метеорологических величин в пространстве называется:**

1. градиент;
2. климат;
3. норма;
4. ход.

**8. К метеорологическим величинам относится:**

1. давление;
2. заморозки;
3. облачность;
4. полярное сияние.

**9. Атмосферными явлениями являются:**

1. влажность;
2. гроза;
3. количество осадков;
4. скорость ветра.

**10. Прибор для непрерывной регистрации температуры воздуха:**

1. термограф;
2. гигрограф;
3. термометр-пращ;
4. термометр-щуп;
5. гипсотермометр.

**11. Прибор для непрерывной регистрации колебаний атмосферного давления:**

1. барограф;
2. гелиограф;
3. гигрограф;
4. пювниограф.

**12. Температура, при которой воздух достигает состояния насыщения влагой:**

1. точка росы;
2. нулевая точка;
3. точка кипения;
4. тройная точка воды;
5. число Авогадро.

**13. Прибор для измерения направления и силы ветра:**

1. анемометр;
2. люксметр;
3. барометр;
4. психрометр;
5. флюгер.

**14. Прибор для измерения продолжительности солнечного сияния:**

1. анемометр;
2. пювниограф;
3. гелиограф;
4. люксметр;

5. гигрограф.

**15. Вытянутые по вертикали облака называются:**

1. дождевые;
2. кучевые;
3. перистые;
4. слоистые.

**16. Укажите, какой воздух сухой или влажный имеет большую плотность при одинаковой температуре и давлении**

1. Плотности равны;
2. Влажный;
3. Сухой.

**17. В каких долях процента по объему измеряется содержание озона в атмосферном воздухе**

1. В десятых;
2. Тысячных;
3. Миллионных долях процента.

**18. В каких широтах отмечается наибольшее содержание кислорода**

1. Экваториальных;
2. Тропических;
3. Умеренных;
4. Арктических.

**19. Главный источник атмосферной пыли**

1. Почва;
2. Моря и океаны;
3. Космическое пространство;
4. Вулканы.

**20. Как изменяется температура в тропосфере с высотой**

1. Растет;
2. Падает;
3. Не изменяется.

**21. Сколько углекислого газа содержится в сухом чистом воздухе**

1. 1-2% по объему;
2. 0.4-0.5 %;
3. 0.1-0.3 %;
4. 0.02-0.03 %;

**22. На какой высоте образуются серебристые облака**

1. 40-50 км;

2. 50-60 км;
3. 60-70 км;
4. 70-80 км;
5. 80-90 км.

**23. Какой газ диссипирует из верхней атмосферы Земли**

1. Кислород;
2. Азот;
3. Углекислый газ;
4. Водород.

**24. Сколько атмосфер проходит солнечный луч, если Солнце находится в зените**

1. 1 атмосферу;
2. 2 атмосферы;
3. 3-4 атмосферы.

**25. Какую радиацию поглощает озон**

1. Коротковолновую;
2. Видимую;
3. Инфракрасную.

**26. От каких метеорологических элементов больше всего зависит собственное излучение земной поверхности**

1. От температуры подстилающей поверхности;
2. Облачности;
3. Влажности;
4. Давления.

**27. При какой погоде значительно возрастает эффективное излучение земной поверхности**

1. Ясной;
2. Переменной облачности;
3. Пасмурной.

**28. Как меняется оптическая масса атмосферы с изменением высоты солнца**

1. С увеличением высоты Солнца оптическая масса увеличивается;
2. С увеличением высоты Солнца оптическая масса уменьшается;
3. Не изменяется.

**29. В каких широтах наблюдается наибольшая продолжительность сумерек**

1. В экваториальных;

2. Тропических;
3. Умеренных;
4. Арктических.

**30. Каково альbedo свежесвыпавшего снега**

1. 70-80 %;
2. 30-40 %;
3. 20-30 %.

**31. Давление воздуха у земной поверхности составляет 1000 гПа. Определите величину давления в мм рт. столба?**

1. 1333 мм рт. ст.;
2. 1000 мм рт. ст.
3. 750 мм рт. ст.;
4. 700 мм рт. ст.;
5. 666 мм рт. ст.

**32. Укажите, в каком слое атмосферы находится максимальное содержание озона?**

1. Тропосфера;
2. Стратосфера;
3. Мезосфера;
4. Экзосфера;
5. Магнитосфера.

**33. Найдите высоту горы, если у подножья горы наблюдалось давление 1015 гПа и температура 24 град, а на вершине давление 990 Па и температура 16°C. (применить формулу Бабине).**

1. 217,0м;
2. 250,6 м;
3. 214,1 м;
4. 221,4м;
5. 211,2м.

**34. Атмосферу называют изотермической, если температура в ней с высотой:**

1. Растет;
2. Падает;
3. Остается постоянной.

**35. Чему равен сухоадиабатический градиент температуры?**

1. 1,58 град/100 м;
2. 0,58 град/100 м;
3. 0,98 град/100 м

4. 0,68 град/100 м;
5. 0,78 град/100 м.

**36. С каким процессом связан голубой цвет неба?**

1. Поглощение солнечной радиации;
2. Отражение солнечной радиации;
3. Рассеяние солнечной радиации;
4. Излучение земной поверхности;
5. Излучение атмосферы.

**37. Найти альbedo земной поверхности, если инсоляция составила 0,66 кВт/м<sup>2</sup>, рассеянная радиация - 0,18 кВт/м<sup>2</sup>, отраженная радиация - 0,14 кВт/м<sup>2</sup>.**

1. 21,2 %;
2. 15,6 %;
3. 16,7 %;
4. 55,2 %;
5. 77,8 %.

**38. Найти величину радиационного баланса земной поверхности, если известно, что прямая солнечная радиация - 0,84 кВт/м<sup>2</sup>, высота солнца 30 град., рассеянная солнечная радиация 0,08 кВт/м<sup>2</sup>, альbedo 20%, эффективное излучение 0,08 кВт/м<sup>2</sup>**

1. 0,10 кВт/м<sup>2</sup>;
2. 0,15 кВт/м<sup>2</sup>;
3. 0,02 кВт/м<sup>2</sup>;
4. 0,42 кВт/м<sup>2</sup>;
5. 0,32 кВт/м<sup>2</sup>.

***Второй семестр***

**1. В каком воздухе теплом или холодном давлении быстрее уменьшается с высотой**

1. В холодном;
2. Теплом;
3. В теплом и холодном воздухе давление одинаково меняется с высотой.

**2. До каких высот прослеживается пограничный слой или слой трения**

1. До 500 м;
2. 1000 м;
3. 1500 м;
4. 2000 м;
5. 2500 м.

**3. Высота приземного слоя атмосферы**

1. 0-50 м;

2. 50-100 м;
3. 100-150 м;
4. 150-200 м.

**4. До какой глубины распространяются суточные колебания температуры в почве**

1. До 20 м;
2. До 10 м;
3. До 1 м.

**5. Глубина проникновения суточных колебаний температуры в воде**

1. Сотни метров;
2. Десятки метров;
3. До 5 метров.

**6. Глубина проникновения годовых колебаний температуры в почве**

1. 10-20 м;
2. 20-30 м;
3. 30-40 м.

**7. Чему равна испаряемость в степной зоне**

1. 100-200 мм;
2. 200-400 мм;
3. 400-600 мм;
4. 600-800 мм;
5. 800-1000 мм.

**8. Где скорость распространения тепла больше в почве или воде**

1. В почве;
2. В воде;
3. В обеих средах одинакова.

**9. К какому ярусу относятся кучево-дождевые облака**

1. К нижнему ярусу;
2. К среднему ярусу;
3. К верхнему ярусу;
4. К облакам вертикального развития.

**10. Как стратифицирована атмосфера, если вертикальный градиент температуры равен  $1,3 \text{ }^\circ/100\text{м}$ ?**

1. Абсолютно устойчиво;
2. Сухоустойчиво и влажнонеустойчиво;

3. Влажноустойчиво и сухонеустойчиво;
4. Абсолютно неустойчиво;
5. Безразлично.

**11. Что выражает уравнение теплового баланса земной поверхности**

1. Разность поглощенной радиации и эффективного излучения.
2. Равенство сумм тепла за счет теплообмена с почвой, испарения и конденсации;
3. Равенство радиационного баланса и тепла за счет нерадиационных факторов;
4. Сумму приходящей и уходящей коротковолновой и длинноволновой радиации;
5. Равенство поглощенной и отраженной радиаций.

**12. Каково соотношение скоростей распространения тепла в почве и воде**

1. В почве скорость распространения тепла больше, чем в воде;
2. В воде скорость распространения тепла больше, чем в почве;
3. Скорости распространения тепла в обеих средах одинаковы;
4. В почве скорость распространения тепла меньше, чем в воде;
5. В воде скорость распространения тепла меньше, чем в почве.

**13. Указать характеристики суточного хода температуры почвы в ясную погоду**

1. Минимум - ночью, максимум - после полудня;
2. Минимум - утром после восхода, максимум - через 1-2 час после полудня;
3. Минимум - в полдень, максимум - ночью;
4. Минимум - ночью, максимум - утром;
5. Минимум - вечером, максимум - днем.

**14. Как изменяется амплитуда колебаний температуры почвы с глубиной**

1. Амплитуда увеличивается в арифметической прогрессии;
2. Амплитуда уменьшается в арифметической прогрессии;
3. Амплитуда остается одинаковой;
4. Амплитуда уменьшается в геометрической прогрессии;
5. Амплитуда увеличивается в геометрической прогрессии.

**15. От каких метеорологических факторов зависит величина испарения с поверхности воды**

1. Давления и температуры воздуха;
2. Дефицита насыщения водяного пара и скорости ветра;
3. Осадков и температуры;

4. Направления ветра и влажности воздуха;
5. Температура воздуха и скорость ветра.

**16. Определить, к какому ярусу относятся высокостроистые облака**

1. Ни к одному ярусу;
2. Верхнему ярусу;
3. Среднему ярусу;
4. Нижнему ярусу;
5. Ко всем ярусам.

**17. Из каких облаков выпадают существенные осадки**

1. Верхнего яруса;
2. Нижнего яруса;
3. Среднего яруса;
4. Кучево-дождевых и слоисто-дождевых;
5. Кучевых.

**18. В чем различие понятий дымки и тумана**

1. В микрофизическом строении;
2. В условиях образования;
3. В дальности горизонтальной видимости;
4. Во времени образования;
5. В условиях поглощения солнечной радиации.

**19. Интенсивность осадков выражается:**

1. мм/год;
2. мм/сутки;
3. мм/час;
4. мм/мин.

**20. Вытянутые по вертикали облака называются:**

1. дождевые;
2. кучевые;
3. перистые;
4. слоистые.

**21. Вытянутые по горизонтали облака называются:**

1. дождевые;
2. кучевые;
3. перистые;
4. слоистые.

**22. Точка, в которой вода, лед и пар находятся в равновесии друг с другом, называется:**

1. точка росы;
2. нулевая точка;

3. точка кипения;
4. тройная точка воды;
5. число Авогадро.

**23. Линии одинакового количества осадков:**

1. изобары;
2. изогигеты;
3. изогипсы;
4. изоплеты;

*Третий семестр*

**1. На каких высотах чаще всего наблюдаются струйные течения**

1. 0-8 км;
2. 8-15 км;
3. 15-22 км;
4. 22-30 км.

**2. Сколько радиационных поясов окружают Землю**

1. 2 пояса;
2. 3-4;
3. 5-6.

**3. Как называются существующие переходные зоны между разными воздушными массами**

1. Фронтальные зоны;
2. Переходные зоны;
3. Трансформационные зоны;
4. Деформационные зоны.

**4. Как называют фронт между арктическим и умеренным (полярным) воздухом**

1. Арктический;
2. Умеренный;
3. Полярный;
4. Тропический.

**5. Укажите барические системы, являющиеся областями или полосами пониженного давления**

1. Антициклон, гребень;
2. Ложбина;
3. Циклон, ложбина;
4. Антициклон, седловина;
5. Гребень, седловина.

**6. Какая сила вызывает движение воздуха**

1. Сила Кориолиса;

2. Сила тяжести;
3. Сила трения;
4. Сила барического градиента;
5. Сила поверхностного натяжения.

### **7. Указать основные черты погоды пассатов**

1. Мощная кучевая облачность, частое выпадение осадков, шквалистые ветры;
2. Переменное направление ветров, отсутствие облаков и осадков;
3. Устойчивый ветер, кучевые, слоисто-кучевые облака, отсутствие осадков;
4. Устойчивый ветер, частое выпадение осадков;
5. Отсутствие ветра, мощные кучево-дождевые облака, обильные осадки.

### **8. Какие черты погоды в циклоне**

1. Спокойная и ясная погода с выраженным ходом метеорологических элементов;
2. Сильный ветер, небольшие осадки;
3. Усиление ветра, колебания температуры, увеличенная облачность и осадки;
4. Слабый ветер, небольшая облачность, постоянство температуры;
5. Ясная погода, колебания температуры, небольшая облачность.

### **9. Как направлен градиентный ветер в антициклоне**

1. К центру;
2. От центра;
3. По касательной к изобаре по часовой стрелке;
4. По касательной к изобаре против часовой стрелки;
5. Перпендикулярно изобаре.

### **10. Какие ветры относятся к общей циркуляции атмосферы**

1. Бризы;
2. Фен;
3. Горно-долинные;
4. Пассаты;
5. Ледниковые.

### **11. Как изменяется ветер под влиянием силы трения**

1. Усиливается, не изменяя направления;
2. Ослабевает, не изменяя направления;
3. Ослабевает, отклоняясь в сторону высокого давления;
4. Усиливается, отклоняясь в сторону низкого давления;
5. Ослабевает, отклоняясь в сторону низкого давления.

## **12. Что такое центр действия атмосферы**

1. Источник энергии;
2. Циклоны и антициклоны на многолетних картах атмосферного давления
3. Область холода;
4. Область тепла;
5. Циклоны и антициклоны на ежедневных синоптических картах.

### ***Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Физика атмосферы»:***

#### ***Первый семестр***

1. Предмет физики атмосферы. Связь с другими науками.
2. Методы изучения атмосферы. Организация метеорологических наблюдений.
3. Метеорологические величины.
4. История метеорологии.
5. Гидрометеорологическая служба России.
6. Всемирная метеорологическая организация (ВМО). Газовый состав атмосферного воздуха у земной поверхности
7. Постоянные и переменные компоненты воздуха.
8. Углекислый газ. Кривая Киллинга.
9. Изменение состава воздуха с высотой
10. Особенности изменения состава воздуха с высотой.
11. Гомосфера и гетеросфера.
12. Диссоциация молекул. Ионизация. Ионосфера. Диссипация газов.
13. Образование и распределение озона в свободной атмосфере. Общее содержание озона в атмосфере.
14. Естественный и антропогенный аэрозоль. Виды аэрозоля.
15. Перенос аэрозоля атмосферной циркуляцией. Пыльные частицы и песчаные бури.
16. Принципы деления атмосферы на отдельные слои. Вертикальное строение атмосферы.
17. Краткие сведения о методах исследования атмосферы.
18. Верхняя атмосфера, ее газовый состав, радиационные пояса. Строение околоземного пространства.
19. Водяной пар в атмосфере
20. Характеристики влажности воздуха и связь между ними.
21. Единицы измерения и методы определения параметров влажности.
22. Распределение влажности в тропосфере и стратосфере.
23. Фазовые переходы воды в атмосфере.
24. Давление атмосферного воздуха. Давление воздуха на уровне моря.
25. Единицы измерения и методы определения давления.
26. Основные барические образования.
27. Плотность сухого и влажного воздуха.

28. Уравнение состояния воздуха.
29. Уравнение состояния влажного воздуха.
30. Основное уравнение статики атмосферы.
31. Барометрические формулы.
32. Полная барометрическая формула Лапласа.
33. Формула Бабинне.
34. Барическая ступень.
35. Однородная атмосфера.
36. Изотермическая атмосфера. Политропная атмосфера. Стандартная атмосфера.
37. Общие законы излучения: Кирхгофа, Планка, Стефана-Больцмана, Ламберта, Ванна.
38. Солнце как источник энергии для Земли.
39. Потоки лучистой энергии в атмосфере. Понятие о солярном климате. Солнечная активность.
40. Солнечная постоянная и ее вариации.
41. Общие принципы процесса ослабления лучистой энергии.
42. Закон ослабления солнечной радиации.
43. Молекулярное рассеяние (теория Рэлея). Индикатриса рассеяния.
44. Рассеяние на аэрозолях, теория Ми.
45. Поглощение радиации в атмосфере. Прозрачность атмосферы. Фактор мутности.
46. Прямая и рассеянная солнечная радиация у земной поверхности. Суммарная радиация.
47. Альbedo подстилающей поверхности. Альbedo облаков.
48. Альbedo Земли как планеты.
49. Методы определения отраженной радиации.
50. Излучение подстилающей поверхности.
51. Излучение атмосферы. Встречное и эффективное излучение. Влияние облачности на встречное и эффективное излучение.
52. Уравнение переноса длинноволновой радиации в атмосфере.
53. Парниковый эффект.
54. Радиационный баланс земной поверхности.
55. Радиационный баланс атмосферы и системы «Земля-атмосфера».
56. Методы определения составляющих радиационного баланса.
57. Географическое распределение составляющих радиационного баланса.
58. Преломление и отражение света в атмосфере.
59. Явление сумерек, зорь.
60. Показатель преломления и влияющие на него факторы. Дифракция света и связанные с ней явления. Миражи.
61. Оптические явления в облаках и осадках. Венцы, радуга, гало.

### ***Второй семестр***

1. Теплообмен в почве. Законы Фурье.
2. Факторы нагревания и охлаждения почвы. Особенности нагревания и охлаждения суши и водоемов.

3. Поток и приток тепла. Уравнение теплопроводности почвы.
4. Вертикальное распределение температуры почвы. Суточные и годовые колебания температуры почвы и воды. Термоизоплеты.
5. Промерзание почвы. Вечная мерзлота.
6. Турбулентный режим атмосферы. Числа Рейнольдса, Ричардсона.
7. Уравнения движения турбулентной атмосферы.
8. Турбулентный режим атмосферы. Коэффициент турбулентности. Турбулентные потоки тепла в атмосфере.
9. Методика расчета турбулентных потоков тепла по данным градиентных наблюдений.
10. Определение и высота приземного слоя атмосферы.
11. Распределение температуры по высоте в приземном слое.
12. Температурный режим приземного слоя атмосферы. Теория суточного хода температуры воздуха.
13. Адвекция тепла и холода.
14. Ночное понижение температуры. Заморозки.
15. Инверсии и изотермии в атмосфере.
16. Тепловой режим свободной атмосферы (тропосферы, стратосферы, мезосферы).
17. Внезапные стратосферные потепления.
18. Первое начало термодинамики для атмосферы.
19. Адиабатические процессы. Уравнение Пуассона. Сухоадиабатический градиент температуры.
20. Потенциальная температура. Эквивалентная температура. Политропические и адиабатические процессы.
21. Адиабатические модели на основе частицы и слоя. Конвекция. Ускорение конвекции. Уровень конвекции.
22. Потенциальная (конвективная) неустойчивость. Критерии устойчивости атмосферы при сухоадиабатическом процессах. Влажноадиабатические процессы.
23. Аэрологическая диаграмма. Уровень конденсации. Энергия неустойчивости.
24. Конвективные индексы неустойчивости.
25. Стратификация атмосферы
26. Физические свойства льда, воды и водяного пара. Фазовые переходы воды.
27. Конденсация и сублимация водяного пара в атмосфере
28. Упругость насыщенного пара. Ядра конденсации и кристаллизации. Переохлаждение и замерзание капель.
29. Законы испарения: формулы Магнуса, Дальтона, Томсона, Рауля, Свердлупа. Скорость испарения.
30. Географическое распределение испаряемости и испарения.
31. Наземные гидрометеоры.
32. Характеристика осадков, образующихся на поверхности земли и на предметах.

33. Роса. Иней.
34. Изморозь.
35. Гололед.
36. Агрегатное состояние воды в облаках и туманах. Микроструктура облаков и туманов. Водность. Механизм удержания облачных элементов.
37. Физические процессы образования облаков и туманов.
38. Генетическая классификация облаков и туманов.
39. Международная классификация облаков.
40. Глобальное поле облачности.
41. Перламутровые и серебристые облака.
42. Условия образования и выпадения осадков.
43. Коагуляция капель.
44. Классификация осадков. Характеристики атмосферных осадков.
45. Дождь и морось.
46. Снег и крупа.
47. Град.
48. Атмосферное электричество

### *Третий семестр*

1. Барическое поле. Изобары.
2. Горизонтальный барический градиент.
3. Колебания давления.
4. Геопотенциал.
5. Карты барической топографии. Карты абсолютной топографии. Карты относительной топографии.
6. Циклоны.
7. Антициклоны.
8. Деформационное поле.
9. Изменения барического поля с высотой в циклонах и антициклонах.
10. Воздушные массы
11. Фронты. Типы фронтов.
12. Основные силы, вызывающие и сопровождающие атмосферные движения.
13. Сила тяжести, сила барического градиента.
14. Отклоняющая сила вращения Земли, сила трения, центробежная сила.
15. Линии тока и изотахи.
16. Геоострофическое движение.
17. Градиентный ветер.
18. Термический ветер.
19. Профиль ветра в свободной атмосфере.
20. Струйные течения.
21. Глобальное распределение параметров ветра.
22. Структура ветра в приземном слое воздуха.
23. Логарифмический и степенной "законы" распределения скорости ветра с высотой.
24. Спираль Экмана.

25. Особенности динамического взаимодействия атмосферы и поверхности Земли.
26. Влияние препятствий на ветер.
27. Бриз.
28. Фен.
29. Бора.
30. Горно-долинные, стоковые, ледниковые, орографические ветры.
31. Общая циркуляция атмосферы.
32. Циркуляция атмосферы в умеренных и полярных шротах.
33. Циркуляция верхней атмосферы.
34. Муссоны.
35. Пассаты.
36. Внутритропическая зона конвергенции.
37. Тропические циклоны. Районы возникновения тропических циклонов.
38. Погода в тропическом циклоне.
39. Волновые движения в атмосфере.
40. Основы теории распространения звука в атмосфере.
41. Акустическое зондирование атмосферы.
42. Магнитное поле Земли. Магнитосфера. Инверсии магнитного поля Земли.
43. Магнитосферное возмущение. Магнитные бури. Космическая погода. Радиационные пояса.
44. Полярные сияния. Образование, формы, происхождение полярных сияний.
45. Гелиогеофизические связи.

## **7 Данные для учета успеваемости студентов в БАРС**

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
1	18	18	0	18	0	16	30	100
2	15	20	0	24	0	10	31	100
3	16	30	0	10	0	14	30	100

### **Программа оценивания учебной деятельности студента**

#### ***Первый семестр***

#### **Лекции – от 0 до 18 баллов**

Посещаемость, опрос, активность за первый семестр:

0 баллов – отсутствие на лекции,

0,5 балла – присутствие на лекции,

1 балл – присутствие и активное участие на занятии.

Всего 18 лекций по 1 баллу за каждую. Итого, 18 баллов.

### **Лабораторные занятия – от 0 до 18 баллов**

Контроль выполнения лабораторных работ в течение семестра

Всего 6 работ: Максимальное количество баллов за работу – 3 баллов

3 баллов – работа выполнена полностью,

2 балла – работа выполнена с ошибкой,

1 балл – выполнена работа, но не расписана полностью,

0 баллов – работа не выполнена.

### **Практические занятия**

не предусмотрены

### **Самостоятельная работа – от 0 до 18 баллов**

Письменный опрос по пройденному материалу – от 0 до 18 баллов

Максимальный балл за один опрос – 3 балла

Всего 6 опросов по 3 балла каждый. Итого, 18 баллов.

0 баллов – отсутствие на опросе,

1 балл – не полностью раскрыт ответ на поставленный вопрос,

3 балла - правильный и полный ответ.

### **Автоматизированное тестирование**

не предусмотрено

### **Другие виды учебной деятельности – от 0 до 16 баллов**

Письменный тест – 16 баллов.

0 – 1 балл – допущено 5 и более ошибок в тесте,

2 – 8 балла – допущено 3 – 4 ошибок в тесте,

9 – 16 баллов – 0 – 2 ошибки в тесте

### **Промежуточная аттестация (экзамен) – от 0 до 30 баллов**

25- 30 баллов – ответ на «отлично»

19- 24 баллов – ответ на «хорошо»

13 - 18 баллов – ответ на «удовлетворительно»

0 - 12 баллов – неудовлетворительный ответ.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента для 1 семестра 1 по дисциплине «Физика атмосферы» составляет **100** баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Физика атмосферы» в оценку (экзамен):

86-100 баллов	«отлично»
76-85 баллов	«хорошо»
61-75 баллов	«удовлетворительно»
0-60 баллов	«неудовлетворительно»

### ***Второй семестр***

#### **Лекции – от 0 до 15 баллов**

Посещаемость, опрос, активность за один семестр – от 0 до 15 баллов

0 баллов – отсутствие на лекции,

0,5 балла – присутствие на лекции,

1 балл – присутствие и активное участие на занятии.

Всего 15 лекций по 1 баллу за каждую. Итого, 15 баллов.

### **Лабораторные занятия – от 0 до 20 баллов**

Контроль выполнения лабораторных работ в течение второго семестра:

Всего 4 работы: Максимальное количество баллов за работу – 5 баллов

5 баллов – работа выполнена полностью,

3 балла – работа выполнена с ошибкой,

1 балл – выполнена работа, но не расписана полностью,

0 баллов – работа не выполнена.

### **Практические занятия**

не предусмотрены

### **Самостоятельная работа – от 0 до 24 баллов**

Письменный опрос по пройденному материалу – от 0 до 12 баллов

Максимальный балл за один опрос – 2 балла

Всего 6 опросов по 2 балла каждый. Итого, 12 баллов.

0 баллов – отсутствие на опросе,

1 балл – не полностью раскрыт ответ на поставленный вопрос,

2 балла – правильный и полный ответ.

Выполнение заданий для самостоятельной работы – от 0 до 12 баллов

Всего 2 задания (по 10 вопросов каждое). Максимальный балл за каждое задание – 6 баллов. Итого, 12 баллов.

6 баллов от 0 до 10 % неправильных ответов,

5 баллов от 11 до 15 % неправильных ответов,

4 балла – от 16 до 25 % неправильных ответов,

3 балла – от 26 до 35 % неправильных ответов,

2 балла – 50 % неправильных ответов,

1 балл – более 50 % неправильных ответов,

0 баллов – задание не выполнено,

### **Автоматизированное тестирование**

не предусмотрено

### **Другие виды учебной деятельности – от 0 до 10 баллов**

Письменный тест – 5 баллов. Всего 2 теста по 5 баллов. Итого, 10 баллов

0 – 1 балл – допущено 5 и более ошибок в тесте,

2 – 3 балла – допущено 3 – 4 ошибок в тесте,

4 – 5 баллов – 0 – 2 ошибки в тесте

### **Промежуточная аттестация – экзамен – от 0 до 30 баллов**

25-30 баллов – ответ на «отлично»

19-24 баллов – ответ на «хорошо»

13-18 баллов – ответ на «удовлетворительно»

0-12 баллов – неудовлетворительный ответ.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента для 2 семестра по дисциплине «Физика атмосферы» составляет **100** баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Физика атмосферы» в оценку (экзамен):

86-100 баллов	«отлично»
76-85 баллов	«хорошо»
61-75 баллов	«удовлетворительно»
0-60 баллов	«неудовлетворительно»

### *Третий семестр*

#### **Лекции – от 0 до 16 баллов**

Посещаемость, опрос, активность за один семестр – от 0 до 16 баллов

0 баллов – отсутствие на лекции,

0,5 балла – присутствие на лекции,

1 балл – присутствие и активное участие на занятии.

Всего 16 лекций по 1 баллу за каждую. Итого, 16 баллов.

#### **Лабораторные занятия**

Контроль выполнения лабораторных работ – от 0 до 30 баллов.

Всего 5 работ: Максимальное количество баллов за работу – 6 баллов

6 баллов – работа выполнена полностью

3 балла – работа выполнена с ошибкой

0 баллов – работа не выполнена

#### **Практические занятия**

не предусмотрены

#### **Самостоятельная работа**

Письменный опрос по пройденному материалу 0 – 10 баллов. Всего 5 опросов по 2 балла каждый. Максимальный балл за один опрос – 2 балла. В одном опросе – 3 вопроса.

0 баллов – отсутствие на опросе

0,5 баллов – дан верный ответ на 1 вопрос

1 балл – дан верный ответ на 2 вопроса

2 балла – дан верный ответ на 3 вопроса

#### **Автоматизированное тестирование**

не предусмотрено

#### **Другие виды учебной деятельности - от 0 до 14 баллов**

##### ***Реферат – от 0 до 14 баллов.***

Доклад не сделан – 0 баллов.

Соответствие содержания доклада заявленной теме – 6 балла

Объем доклада соответствует требованиям – 4 балла

Оформление доклада соответствует требованиям 3 балла

Сопровождение доклада презентацией – 1 балл. Итого, максимально – 14 баллов.

#### **Промежуточная аттестация – экзамен – от 0 до 30 баллов**

25-30 баллов – ответ на «отлично»

19-24 баллов – ответ на «хорошо»

13-18 баллов – ответ на «удовлетворительно»

0-12 баллов – неудовлетворительный ответ.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента для 3 семестра по дисциплине «Физика атмосферы» составляет **100** баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Физика атмосферы» в оценку (экзамен):

86-100 баллов	«отлично»
76-85 баллов	«хорошо»
61-75 баллов	«удовлетворительно»
0-60 баллов	«неудовлетворительно»

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Физика атмосферы»

### *а) литература:*

1. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению "Гидрометеорология" и специальности "Метеорология" / Л. Т. Матвеев. - 3-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 2000. – 777 с.
2. Пряхина С.И., Фетисова Л.М., Морозова С.В., Серейчикас Т.Г. Метод косвенного расчета радиационного баланса, учебно-методическое пособие к практическим занятиям для студентов специальности «метеорология» и «география» дневного и заочного отделения. Саратов: ИЦ «Наука». 2011. – 26 с.
3. Семенченко Б.А. Физическая метеорология. М.: Аспект Пресс, 2002. – 415 с.
4. Хромов С.П. Метеорология и климатология: уч. пособие / С.П. Хромов, М.А. Петросянц.- М.: изд-во Моск. Ун-та, 2001. – 528 с.
5. Облака. Происхождение. Классификация, распознавание: уч. пособие под ред. Угрюмова А.Ю. СПб: Рос. гос. гидрометеор. Ун-т, 2007. – 227 с.
6. Рыхлов А.Б., Волков С.А., Иванова Г.Ф. Анализ термодинамического состояния атмосферы на аэрологической диаграмме. - Саратов: Изд-во СГУ, 2004.
7. Иванова Г.Ф. Метеорологические приборы и измерения. Уч. пособие. 2-е изд. Саратов: Научная книга. -2006. (50 экз. на каф.).
8. Червяков М.Ю., Нейштадт Я.А. Актинометрические методы измерений: учебно-методическое пособие для студентов географического факультета / М.Ю. Червяков, Я.А. Нейштадт. – Саратов: ИЦ «Наука», 2019. – 50 с.

### *б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:*

**б) sites.google.com/view/physics-of-atmosphere-** сайт курса «Физика атмосферы».

1. [elibrary.ru](http://elibrary.ru) - Научная электронная библиотека (размещены тексты журналов «Метеорология и гидрология», «Метеорологический вестник», «Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана», «Проблемы Арктики и Антарктики» и др.).
2. [meteovlab.meteorf.ru](http://meteovlab.meteorf.ru) - сайт Виртуальной лаборатории дистанционного обучения спутниковой гидрометеорологии.
3. [www.aari.ru](http://www.aari.ru) - сайт НИИ Арктики и Антарктики.
4. [planet.iitp.ru](http://planet.iitp.ru) - сайт НИЦ «Планета».
5. [www.voeikovmgo.ru](http://www.voeikovmgo.ru) – сайт Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова
7. Microsoft Office.

## **8 Материально-техническое обеспечение дисциплины «Физика атмосферы»**

1. Учебники и учебно-методические пособия по метеорологии, физике атмосферы, гидрометеорологические словари (в том числе в электронном виде).
2. Географические и климатические карты и атласы.
3. Таблицы, схемы, графики, справочники.
4. Вспомогательные таблицы, код КН-01.
5. Данные зондирования атмосферы.
6. Космические снимки.
7. Проектор и интерактивная доска для работы с презентациями во время семинаров и лекций. Компьютеры, с возможностью подключения к сети Интернет.
8. Сменные специализированные стенды, поясняющие строение атмосферы.
9. Компьютерные программы.
10. Приборы для производства основных видов метеорологических наблюдений.
11. Учебные метеорологические площадки.
12. Бланковый материал для производства и обработки метеорологических наблюдений.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 05.03.05 Прикладная гидрометеорология профиль Прикладная метеорология.

Автор: Червяков М.Ю., к.г.н., заведующий кафедрой метеорологии и климатологии географического факультета СГУ.

Программа одобрена на заседании кафедры метеорологии и климатологии от 20.06.23 года, протокол № 14.