



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра метеорологии и физики околоземного космического пространства

УТВЕРЖДАЮ

Декан географического факультета,
канд. геогр. наук, доцент
С.Ж. Вологжина
«15» 05 2023 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Б1.В.02 Динамическая метеорология

Направление подготовки: 05.03.04 Гидрометеорология

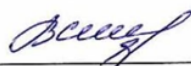
Профиль подготовки: Информационные технологии в метеорологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная, заочная

Согласовано с УМК географического
факультета

Протокол № 5 от «15» мая 2023г.
Председатель, канд. геогр. наук, доцент



С.Ж. Вологжина

Рекомендовано кафедрой метеорологии и
физики околоземного космического
пространства

Протокол №6 от «15» мая 2023 г.

Зав. кафедрой  Латышева И.В.

Иркутск 2023 г.

Содержание

	стр.
I. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП.	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	3
IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	7
4.3 Содержание учебного материала	8
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	9
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	9
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	10
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	13
а) перечень литературы	13
б) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	11
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	13
6.1. Учебно-лабораторное оборудование	13
6.2. Программное обеспечение	13
6.3. Технические и электронные средства обучения	13
VII. Образовательные технологии	13
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	14

I. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Цели: формирование представлений о физических законах, природе сил и физических механизмах, приводящих в действие атмосферную циркуляцию в глобальном и локальном масштабах.

Задачи: научить объяснять физическую основу уравнений движения с точки зрения сил и систем координат; применять масштабный анализ для выявления динамических процессов в сбалансированных потоках; описывать характеристики сбалансированных потоков; использовать уравнения движения для объяснения квазигеострофии, агеострофии и структуры и распространения волн в атмосфере.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина (модуль) Б1.В.02 «Динамическая метеорология» относится к обязательной части программы.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

Б1.О.15 «Физика»; Б1.О.16.01 «Аналитическая геометрия и высшая алгебра»; Б1.О.16.02 «Математический анализ», Б1.О.01 «Информатика»; Б1.О.24 «Программирование в гидрометеорологии», Б1.О.26 «Физическая метеорология».

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: Б1.В.14 «Численные методы анализа и прогноза погоды».

Разделы, включенных в программу дисциплины «Динамическая метеорология», представляет собой важный этап единой системы подготовки бакалавров по профилю Метеорология из направления подготовки 05.03.04 «Гидрометеорология». Успешное освоение материала данной дисциплины возможно при условии овладения студентами фундаментальными знаниями в физике, математике и программировании. Физическая метеорология фактически является введением в дисциплину. Объединение знаний полученных в курсах «Математического анализа», «Аналитической геометрии и высшей алгебры» с элементами векторного анализа читаемыми в рамках «Динамической метеорологии», и объединение знаний об основных физических законах, полученных в рамках курсов «Физики» и «Физической метеорологии» с методами их математического моделирования на основе решения дифференциальных уравнений читаемыми в рамках «Динамической метеорологии» приведёт к получению навыков, необходимых для освоения дисциплины «Численные методы анализа и прогноза погоды». Сведения, полученные в курсах «Информатика» и «Программирование в гидрометеорологии» будут необходимы для решения базовых практических задач в курсе «Динамической метеорологии», для дальнейшего использования полученных навыков в «Численных методах анализа и прогноза погоды»

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки 05.03.04 «Гидрометеорология»:

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),
соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<p align="center">ПК-2</p> <p>Способен использовать знания, выбирать и использовать методы при решении научно-исследовательских задач в области гидрометеорологии</p>	<p align="center">ИДК_{ПК2.3}</p> <p>Применяет знания, подходы и методический аппарат для решения профильных научно-исследовательских задач</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - теоретические основы закономерностей атмосферной динамики. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать уравнения движения воздуха, сохранения импульса массы и энергии для создания простых математических моделей динамики атмосферы <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - математическим аппаратом моделирования атмосферной динамики и базовыми навыками численного моделирования атмосферной динамики при помощи ПК.

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часов,

Форма промежуточной аттестации: зачёт, экзамен

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов (очная/заочная)

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские /практические /лабораторные занятия	Консультации		
1	Введение	5/3	46/ 15		12/1	12/1		22/13	Устный опрос
2	Основные законы сохранения	5/3	46/ 15		12/1	12/1		22/13	Устный опрос
3	Элементарные применения основных уравнений	5/3	42/ 17		10/1	10/1		22/15	Устный опрос
4	Циркуляция и завихренность	6/3	37/ 15		10/1	10/1		17/13	Устный опрос
5	Осцилляции атмосферы	6/3	35/ 17		9/2	9/2		17/13	Устный опрос

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Самостоя тельная работа	Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				
6	Планетарный пограничный слой	6/3	36/ 18		9/2	9/2		18/14	Устный опрос
	КСР	11/2							
	Консультации	9/0							
	Контроль	26/9							
Итого часов		288/ 108	242/ 97		62/8	62/8		66/81	

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (очная/заочная)

Семестр/ курс	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно- методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
5/3	Введение	Решение задач	В течение семестра	22/13	Конспект	Конспекты лекций, семинаров, литература
5/3	Основные законы сохранения	Решение задач	В течение семестра	22/13	Конспект	Конспекты лекций, семинаров, литература
5/3	Элементарные применения основных уравнений	Решение задач	В течение семестра	22/15	Конспект	Конспекты лекций, семинаров, литература
6/3	Циркуляция и завихренность	Решение задач	В течение семестра	17/13	Конспект	Конспекты лекций, семинаров, литература
6/3	Осцилляции атмосферы	Решение задач	В течение семестра	17/13	Конспект	Конспекты лекций, семинаров, литература
6/3	Планетарный пограничный слой	Решение задач	В течение семестра	18/14	Конспект	Конспекты лекций, семинаров, литература
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				66/81		

4.3 Содержание учебного материала

1. Введение

Основные элементы математической физики для работы с курсом. Системы трёхмерных пространственных координат, время. Функциональные зависимости координат и времени, расстояние, скорость и ускорение. Производная, правила дифференцирования, ряд Тейлора. Дифференциальные уравнения, правила интегрирования, граничные условия. Основы векторного анализа. Сила, законы Ньютона. Атмосферный континуум. Физические размерности и единицы измерения параметров атмосферы. Фундаментальные силы. Сила градиента давления, сила притяжения, сила трения. Видимые силы в неинерциальной системе координат. Центробежная сила и центростремительное ускорение. Сила тяжести. Сила Кориолиса и эффект кривизны. Инерциальные колебания. Структура статической атмосферы. Гидростатическое уравнение. Давление как вертикальная координата. Обобщённая вертикальная координата. Кинематика. Концепция масштабного анализа.

2. Основные законы сохранения

Полная производная полевой характеристики. Полная производная вектора во вращающейся системе координат. Векторная форма уравнения движения воздуха во вращающейся системе координат. Запись уравнений движения в сферических координатах. Масштабный анализ уравнений движения. Геострофическое приближение и геострофический ветер. Приближённые прогностические уравнения число Россби. Гидростатическое приближение. Уравнение непрерывности. Вывод в Эйлеровых координатах, вывод в Лагранжевых координатах. Масштабный анализ уравнения непрерывности. Уравнение термодинамической энергии. Термодинамика сухой атмосферы. Потенциальная температура. Адиабатический градиент. Статическая устойчивость. Масштабный анализ уравнения термодинамической энергии. Приближение Буссинеска. Термодинамика влажной атмосферы. Эквивалентная потенциальная температура. Псевдоадиабатический градиент. Условная неустойчивость.

3. Элементарные применения основных уравнений

Основные уравнения в изобарических координатах: Уравнение горизонтального движения; Уравнение непрерывности; Уравнение термодинамической энергии. Сбалансированный поток. Естественные координаты. Геострофический поток. Инерциальный поток. Циклострофический поток. Приближение градиентного ветра. Траектории и потоки. Термальный ветер. Баротропная и бароклинная атмосфера. Вертикальное движение. Кинематический метод, Адиабатический метод. Тенденция поверхностного давления.

4. Циркуляция и завихренность

Теорема о циркуляции и завихренность. Завихренность в естественных координатах. Уравнение завихренности. Представление в декартовых координатах. Представление в изобарических координатах. Масштабный анализ уравнения завихренности. Потенциальная завихренность. Уравнения мелкой воды. Баротропное уравнение потенциальной завихренности. Баротропное уравнение завихренности. Потенциальная завихренность Эртеля в изоэнтропических координатах. Уравнения движения в изоэнтропических координатах. Уравнение потенциальной завихренности. Интегральные ограничения на изоэнтропическую завихренность.

5. Осцилляции атмосферы

Линейная теория возмущений. Метод возмущений. Свойства волн. Преобразование Фурье. Дисперсия и групповая скорость. Свойства двумерных и трёхмерных волн. Простые типы волн. Акустические волны, звук. Волны на мелководье. Волны тяжести (плавучести). Внутренние волны тяжести (плавучести). Чистые внутренние волны тяжести. Линейные волны вращающейся стратифицированной атмосферы. Чистые инерционные колебания. Инерциально-гравитационные волны. Подстройка геострофического баланса. Волны Россби. Свободные баротропные волны Россби. Вынужденные топографические волны Россби.

6. Планетарный пограничный слой

Атмосферная турбулентность. Усреднение Рейнольдса. Турбулентная кинетическая энергия. Уравнения движения планетарного пограничного слоя. Перемешанный пограничный слой. Поточно-градиентное описание. Гипотеза длины перемешивания. Слой Экмана. Поверхностные слои. Модифицированный слой Экмана. Вторичная циркуляция.

IV.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ (очная/заочная)

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции* (индикаторы)
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	Введение	Решение задач	12/1		Конспект	ПК-2 ИДК_{пк2.3}
2	Основные законы сохранения	Решение задач	12/1		Конспект	ПК-2 ИДК_{пк2.3}
3	Элементарные применения основных уравнений	Решение задач	10/1		Конспект	ПК-2 ИДК_{пк2.3}
4	Циркуляция и завихренность	Решение задач	10/1		Конспект	ПК-2 ИДК_{пк2.3}
5	Осцилляции атмосферы	Решение задач	9/2		Конспект	ПК-2 ИДК_{пк2.3}
6	Планетарный пограничный слой	Решение задач	9/2		Конспект	ПК-2 ИДК_{пк2.3}

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	Введение	Инерциальные колебания	ПК-2	ИДК_{пк2.3}
2	Введение	Кинематика	ПК-2	ИДК_{пк2.3}
3	Основные законы сохранения	Запись уравнений движения в сферических координатах	ПК-2	ИДК_{пк2.3}
4	Основные законы сохранения	Вывод уравнения непрерывности в Лагранжевых координатах. Масштабный анализ уравнения непрерывности.	ПК-2	ИДК_{пк2.3}
5	Элементарные применения основных уравнений	Траектории и потоки.	ПК-2	ИДК_{пк2.3}
6	Элементарные применения основных уравнений	Тенденция поверхностного давления.	ПК-2	ИДК_{пк2.3}

	уравнений			
7	Циркуляция и завихренность	Интегральные ограничения на изоэнтропическую завихренность.	ПК-2	ИДК _{пк2.3}
8	Осцилляции атмосферы	Акустические волны, звук.	ПК-2	ИДК _{пк2.3}
9	Планетарный пограничный слой	Вторичная циркуляция.	ПК-2	ИДК _{пк2.3}

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Методические указания по организации самостоятельной работы, с подробным описанием каждого задания, представленного в таблице 4.3.2, размещены в ЭИОС по соответствующей дисциплине «Общая геофизика».

Устный опрос: Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного теоретического материала данного курса. При подготовке следует внимательно изучить вопросы для подготовки, использовать лекционный материал, презентации преподавателя и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется ознакомиться с указанной в данной программе дополнительной литературой. Готовясь к устному опросу, студент должен, внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую литературу. При этом важно научиться выделять в рассматриваемой проблеме самое главное и сосредотачивать на нем основное внимание при подготовке. Ответ на каждый вопрос должен быть доказательным и аргументированным, студенту нужно уметь отстаивать свою точку зрения. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Работа с литературой (подготовка письменных ответов): студенту следует изучить список основной и дополнительной литературы, указанный в программе дисциплины. Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода). При оформлении письменного ответа на вопрос необходимо продумывать каждое предложение, стремиться к емкости предложения. Пользуясь справочными изданиями, выяснять значения терминов, понятий.

Доклад и презентация: Самостоятельную работу над темой доклада следует начать с изучения литературы. В поисках литературы по заданной тематике необходимо обратиться к библиотечным каталогам, справочникам, тематическим аннотированным указателям литературы, периодическим изданиям (газетам и журналам), электронным каталогам, Интернету. Предпочтение следует отдавать литературе, опубликованной в течение последних 5 лет как в России, так и за рубежом. Осуществив отбор необходимой литературы, студенту необходимо составить рабочий план доклада. В соответствии с составленным планом производится распределение материала по разделам доклада. Необходимо отмечать основные, представляющие наибольший интерес положения изучаемого источника. Изложение текста доклада должно быть четким, аргументированным. Изучая литературу, студент должен показать все многообразие точек зрения, а в случае выбора какой-либо одной из них аргументировано обосновать свою позицию. Продолжительность доклада не более 15-20 минут. Для получения положительной оценки наличие компьютерной презентации обязательно. Для подготовки компьютерной презентации используется специализированная программа PowerPoint, Canva. Презентация предполагает сочетание информации различных типов: графических изображений, анимации и видеосюжетов. Графическая информация рисунки, фотографии, диаграммы призваны дополнить текстовую

информацию или передать ее в более наглядном виде. Желательно избегать в презентации рисунков, не несущих смысловой нагрузки. Все слайды презентации должны быть выдержаны в одном стиле. *Презентация должна содержать минимум текста.*

Эссе: Цель эссе состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Эссе должно содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, рассматриваемого в рамках дисциплины, выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме. Объем работы должен составлять не более 5 страниц.

Реферат: Выбор темы реферата определяется студентом самостоятельно в соответствии с перечнем тем, предлагаемых преподавателем. Структура реферата должна включать: введение, основную часть, заключение и список литературы. Введение должно включать в себя краткое обоснование актуальности темы реферата. В этой части необходимо также показать, почему данный вопрос может представлять научный интерес и какое может иметь практическое значение. Студент должен выделить цель и задачи, которые требуется решить для реализации цели. Основная часть реферата содержит материал, который отобран для рассмотрения проблемы. Необходимо обратить внимание на обоснованность распределения материала на параграфы, умение формулировать их название, соблюдение логики изложения. Основная часть реферата, кроме содержания, выбранного из разных научных источников, также должна включать в себя собственное мнение автора и самостоятельно сформулированные выводы, опирающиеся на приведенные факты. Заключение – часть реферата, в которой формулируются выводы по параграфам, обращается внимание на выполнение поставленных во введении задач и цели. Заключение должно быть четким, кратким, вытекающим из основной части. Объем реферата – 15-20 страниц.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) перечень литературы

Основная:

1. Динамика атмосферы: учеб. для студ., обуч. по направл. подгот. "Гидрометеорология" и спец. "Метеорология" и "Метеорология спец. назначения" / В. В. Клёмин [и др.]; ред.: С. С. Суворов, В. В. Клёмин; Военно-космическая акад. им. А. Ф. Можайского. - СПб.: Наука, 2013. - 421 с. (30 экз.).
2. Динамическая метеорология: учебник / Н. А. Калинин. - 2-е изд., испр. - Пермь : Кн. изд-во, 2009. - 255 с. (15 экз.).
3. Динамическая метеорология: учеб. пособие / В. К. Аргучинцев; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2009. - 164 с. (56 экз.).

Дополнительная:

1. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы./ Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 752 с. (34 экз.).

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <https://yandex.ru/>
2. <https://rusneb.ru/>
3. <https://elibrary.ru/>
4. <https://www.ventusky.com/>

Список ресурсов с климатическими и гидрологическими данными по станциям

1. Ежедневные данные на 223 метеорологических станциях на территории бывшего СССР - температура воздуха, осадки, снежный покров (отдельно) - с момента основания

- станций по 31.12.2006, местами с перерывами на войны и т.д., самый длинный ряд - Тарту (с 1785 года).
2. Метеоцентр - данные по всем действующим метеостанциям бывшего СССР (более 350), 8 измерений в день, в основном с 2001 года, есть пробелы в данных по определенным пунктам.
 3. ГИС Метеоизмерения онлайн - данные по основным населенным пунктам России и СНГ от ВНИИГМИ-МЦД, 223 пункта, включая исторические данные начиная с 1900 г., по некоторым пунктам.
 4. http://meteo.infospace.ru/win/wcarch/html/r_sel_admin.sht?country=176 3193 пункта и 1341 метеостанции России. Начиная с 1998 г.
 5. Погода и Климат - 200 городов России и СНГ, данные с 2001 г.
 6. ВНИИГМИ-МЦД - Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации - мировой центр данных. Система обслуживания гидрометеорологической информацией (CliWare), 223 станций по б. СССР. Суточные данные с 1880 (в зависимости от станции) по 2006 по температуре и осадкам, текущие и абсолютные экстремальные значения температуры воздуха с 2008 г.
 7. TuTempo.net - данные по 2469 пунктам бывшего СССР Данные ежедневные. Mundomanz - данные Synop по станциям, каждые 3 часа, с 2005 года.
 8. GHCND - Сеть ежедневных исторических наблюдений за климатом (Daily Global Historical Climatology Network) описание, данные. 7364 станций по миру, около 1100 по РФ.
 9. NCDC/GSOD - Global Surface Summary of the Day - GSOD (FTP), по России около 3200 станций. Суточные данные по температуре, осадкам, влажности и др. Архив по годам, номера станций ВМО-шные. Ежедневные замеры температуры, влажность, осадки, ветер и др. по 9000 станциям мира с 1929 г. Global Surface Summary of Day Data (SYNOP).
 10. GISS Surface Temperature Analysis - температура.
 11. metoffice.gov.uk - ежемесячная температура воздуха. Глобальная сеть станций (карта станций).
 12. WMO Regional Basic Climatological Network (RBCN) и Global Climate Observing System (GCOS) Surface Network.
 13. European Climate Assessment & Dataset (ECA&D)
 14. <http://eca.knmi.nl/dailydata/index.php>
 15. <http://sur-base.ru/meteo-base/> - метеорологическая база, содержит информацию по почти 5 тысячам метеостанций России, информация как СНиПовская, так и из справочников по климату СССР.
 16. <http://hydrolare.ru/home.php> - каталог пунктов гидрологической сети
 17. <http://sur-base.ru/water-base/> - гидрологическая база, созданная на основе данных государственного водного кадастра, откорректированных и уточненных; добавлены блоки с данными гидрологической изученности, данные из огх, по максимальному стоку, максимальным уровням, водохранилищам, заторно-зajorным явлениям.
 18. <http://sur-base.ru/geonames/> - каталог географических названий
 19. <https://hydrobase.ru> - все виды наблюдательных подразделений Росгидромета и ведомственных структур на общей карте (метеостанции, метеопосты, обсерватории, гидропосты, подразделения Росгидромет и др.)

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Лекционные занятия проходят в аудитории на 30 посадочных мест с мультимедийным оборудованием и учебной мебелью.

Практические занятия, требующие использование персональных компьютеров проходят в компьютерном классе на 14 посадочных мест.

6.2. Программное обеспечение:

Libreoffice (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <http://www.libreoffice.org/about-us/licenses/> (бессрочно).

ОС «Альт Образование». Лицензия № ААО.0323.00 от 01.05.2023 (3 года).

GIS QGIS (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <https://qgis.org/ru/site/> (бессрочно).

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition (обновляемое ПО) Лицензия № 1B08-211201-040133-810-136 от 12.01.2021 (2 года).

7zip (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <https://www.7-zip.org/license.txt> (бессрочно).

Adobe Reader DC 2019.008.20071 (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: https://wwwimages2.adobe.com/www.adobe.com/content/dam/acom/en/legal/licenses-terms/pdf/PlatformClients_PC_WWEULA-en_US-20150407_1357.pdf (бессрочно).

Google Chrome (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: https://www.google.ru/chrome/browser/privacy/eula_text.html (бессрочно).

Mozilla Firefox (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <https://www.mozilla.org/ru/about/legal/terms/firefox/> (бессрочно).

AST-Test plus75. Лицензионный договор Л-129-21 от 01.05.2021 (3 года).

«Антиплагиат.ВУЗ». Номер лицензии: №5789/347/22 от 30.12.2022 от 30.12.2022 (1 год)

GIMP 2.8.18 (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <https://www.gimp.org/about/COPYING> (бессрочно).

Inkscape 0.92 (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <https://inkscape.org/en/about/license/> (Программа распространяется на условиях GNU General Public License.) (бессрочно).

Система автоматизации библиотек ИРБИС64 (ежегодно обновляемое ПО). Договор подряда 04-040-12 от 21.09.2012 Лицензия №670/1 от 16.12.2015 (бессрочно).

2GIS (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <http://law.2gis.ru/licensing-agreement/> (бессрочно).

Mapinfo Professional 16. Лицензионный сертификат S/N MINWRS150001065 от 12.01.2017 (бессрочно).

6.3. Технические и электронные средства:

Учебный материал подается с использованием современных средств визуализации с применением мультимедийного оборудования.

Персональные компьютеры для выполнения практических и самостоятельных работ.

По каждой теме дисциплины подготовлены конспекты лекций, размещенные в открытом доступе в ЭИОС.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Информационные технологии: занятия сопровождаются мультимедийными презентациями, решение задач сопровождается численным моделированием и визуализацией полученных результатов при помощи средств ПО Anaconda.

Проектная технология: организация самостоятельной работы студентов, когда обучение происходит в процессе деятельности, направленной на разрешение проблемы, возникшей в ходе самостоятельной работы над темами из таблицы 4.3.2.

Проблемное обучение: стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний из материалов п. V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), необходимых для решения конкретной проблемы.

Контекстное обучение: мотивация студентов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением;

Обучение на основе опыта: активизация познавательной деятельности студента проводится за счет ассоциации и собственного опыта.

Обучение критическому мышлению: построение занятия по определенному алгоритму – последовательно, в соответствии с тремя фазами: вызов, осмысление и рефлексия. Цель данной образовательной технологии – развитие мыслительных навыков обучающихся, необходимых не только при изучении учебных предметов, но и в обычной жизни, и в профессиональной деятельности (умение принимать взвешенные решения, работать с информацией и др.).

Станционное обучение: организация целенаправленной и планомерной самостоятельной работы студентов на занятии в мини-группах в целях более эффективного усвоения проходимого материала, когда каждая группа выбирает свою образовательную траекторию, и студенты сами оценивают свою работу.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1 Оценочные материалы (ОМ):

Оценочные материалы для входного контроля – не предусмотрены.

Оценочные материалы текущего контроля

Тема или раздел дисциплины	Показатель	Критерий оценивания	Формируемые компетенции и индикаторы
Введение	Обладает необходимым математическим аппаратом. Знает концепцию атмосферного континуума, физические размерности и единицы измерения параметров атмосферы. Знает фундаментальные силы действующие в атмосфере. Понимает формирование структуры статической атмосферы на основе гидростатического уравнения. Понимает концепцию масштабного анализа.	Решил задачи домашнего задания, знает ответы на контрольные вопросы.	ПК-2 ИДКпк_{2,3}
Основные законы сохранения	Имеет понятие о полной. Записывает и поясняет компоненты уравнения движения воздуха во вращающейся сферической системе координат. Получает геострофическое приближение	Решил задачи домашнего задания, знает ответы на контрольные вопросы.	ПК-2 ИДКпк_{2,3}

Тема или раздел дисциплины	Показатель	Критерий оценивания	Формируемые компетенции и индикаторы
	методом масштабного анализа. Получает уравнение непрерывности, и проводит его масштабный анализ. Знает уравнения термодинамики сухой атмосферы, понятие потенциальной температуры и адиабатического градиента. Знает понятие устойчивости атмосферы и условия её нарушения. Понимает термодинамику атмосферы с водяным паром.		
Элементарные применения основных уравнений	Способен записать основные уравнения в изобарических координатах. И показать преимущества использования геопотенциала. Понимает естественные координаты, и способен записать уравнение движения в естественных координатах. Классифицирует различные виды сбалансированного потока при помощи действующих сил. Умеет работать с термальным ветром. Понимает различие между баротропной и бароклинной атмосферой.	Решил задачи домашнего задания, знает ответы на контрольные вопросы.	ПК-2 ИДКпк_{2.3}
Циркуляция и завихренность	Даёт определение циркуляции и завихренности, понимает теорему о циркуляции. Знает уравнение завихренности. Знает определение потенциальной завихренности, использует уравнения мелкой воды. Понимает динамику вихря Эртеля в изоэнтропических координатах.	Решил задачи домашнего задания, знает ответы на контрольные вопросы.	ПК-2 ИДКпк_{2.3}
Осцилляции атмосферы	Получает решения уравнения движения маятника в приближении слабых возмущений. Знает понятие волн и свойства волн. Понимает концепцию преобразования Фурье и волновых пакетов, включая	Решил задачи домашнего задания, знает ответы на контрольные вопросы.	ПК-2 ИДКпк_{2.3}

Тема или раздел дисциплины	Показатель	Критерий оценивания	Формируемые компетенции и индикаторы
	дисперсию и групповую скорость. Знает физику акустических волн. Понимает условия образования и динамику волн тяжести (плавучести). Понимает физику инерциально-гравитационных волн. Способен объяснить возникновение и динамику волн Россби.		
Планетарный пограничный слой		Решил задачи домашнего задания, знает ответы на контрольные вопросы.	ПК-2 ИДКпк_{2.3}

Перечень контрольных вопросов и вопросов к экзамену

1. Системы трёхмерных пространственных координат, время. Функциональные зависимости координат и времени, расстояние, скорость и ускорение.
2. Производная, правила дифференцирования, ряд Тейлора. Дифференциальные уравнения, правила интегрирования, граничные условия.
3. Основы векторного анализа. Сила, законы Ньютона.
4. Атмосферный континуум. Физические размерности и единицы измерения параметров атмосферы.
5. Фундаментальные силы. Сила градиента давления, сила притяжения, сила трения.
6. Видимые силы в неинерциальной системе координат. Центробежная сила и центростремительное ускорение. Сила тяжести. Сила Кориолиса.
7. Гидростатическое уравнение уравнение состояния идеального газа и структура статической атмосферы.
8. Геопотенциал. Связь градиента давления и градиента геопотенциала, давление как вертикальная координата.
9. Полная производная полевой характеристики. Адвекция.
10. Полная производная вектора во вращающейся системе координат. Векторная форма уравнения движения воздуха во вращающейся системе координат.
11. Запись уравнений движения в сферических координатах.
12. Масштабный анализ уравнений движения. Геострофическое приближение и геострофический ветер. Приближённые прогностические уравнения число Россби.
13. Гидростатическое приближение.
14. Уравнение непрерывности. Вывод в Эйлеровых координатах, вывод в Лагранжевых координатах.
15. Масштабный анализ уравнения непрерывности.
16. Уравнение термодинамической энергии. Тепловая и механическая энергия. Связь с геопотенциалом.
17. Потенциальная температура. Адиабатический градиент. Статическая устойчивость.

- Масштабный анализ уравнения термодинамической энергии.
18. Термодинамика влажной атмосферы. Эквивалентная потенциальная температура. Псевдоадиабатический градиент.
 19. Основные уравнения в изобарических координатах: Уравнение горизонтального движения; Уравнение непрерывности; Уравнение термодинамической энергии.
 20. Сбалансированный поток. Естественные координаты. Геострофический поток. Инерциальный поток. Циклострофический поток. Приближение градиентного ветра.
 21. Траектории и потоки.
 22. Термальный ветер.
 23. Вертикальное движение.
 24. Теорема о циркуляции и завихренность.
 25. Завихренность в естественных координатах. Уравнение завихренности. Представление в декартовых координатах.
 26. Представление завихренности в изобарических координатах. Масштабный анализ уравнения завихренности.
 27. Потенциальная завихренность. Уравнения мелкой воды. Баротропное уравнение потенциальной завихренности. Баротропное уравнение завихренности.
 28. Потенциальная завихренность Эртеля в изоэнтропических координатах. Уравнения движения в изоэнтропических координатах.
 29. Уравнение потенциальной завихренности.
 30. Линейная теория возмущений. Метод возмущений. Свойства волн.
 31. Преобразование Фурье. Дисперсия и групповая скорость.
 32. Свойства двумерных и трёхмерных волн.
 33. Акустические волны, звук.
 34. Волны на мелководье.
 35. Волны тяжести (плавучести).
 36. Линейные волны вращающейся стратифицированной атмосферы.
 37. Инерциально-гравитационные волны.
 38. Свободные баротропные волны Россби.
 39. Вынужденные топографические волны Россби.
 40. Атмосферная турбулентность. Усреднение Рейнольдса. Турбулентная кинетическая энергия.
 41. Уравнения движения планетарного пограничного слоя. Перемешанный пограничный слой.
 42. Поточно-градиентное описание. Гипотеза длинны перемешивания.
 43. Слой Экмана. Поверхностные слои. Модифицированный слой Экмана.

Список задач для решения на семинарах, для самостоятельной работы и на экзамене

1. Вычислить силу действующую на тело массой m движущееся со скоростью $u(t) = u_0 + at$
2. Определить скорость тела массой m через время t после начала действия на него силы $F = F_0 e^{at}$ для случая изначально покоящегося тела и для случая, когда тело имело начальную скорость u_0 .
3. Вычислить угол между векторами $A = 3i + 6j + 2k$ и $B = 5i + 2j + 1k$
4. Даны вектора $A = ai$, $B = bj$ и $C = ci + bj$ доказать, что $A \times C = A \times B$
5. Пренебрегая широтным изменением радиуса Земли, вычислить угол между векторами действующей силы тяжести и силой тяжести без учёта вращения Земли как функцию широты на поверхности. Чему равно максимальное значение этого угла?
6. Два шарика диаметром 4 см размещены на расстоянии 100 м друг от друга на горизонтальной плоскости находящейся около 43° СШ. Шарика толкают во встречном

направлении так, чтоб они двигались с равными скоростями по плоскости без трения. С какой скоростью они должны двигаться, чтобы не столкнуться друг с другом вследствие силы Кориолиса?

7. Покажите, что однородная атмосфера (плотность не зависит от высоты) имеет конечную высоту, которая зависит только от температуры на нижней границе. Вычислить высоту однородной атмосферы с температурой поверхности 273 К и давлением на поверхности 1000 гПа. (Используйте закон идеального газа и уравнение гидростатического баланса)

8. Вычислить толщину слоя между уровнями давления 1000 гПа и 500 гПа для постоянной температуры 273 К и 250 К.

9. Показать, что в атмосфере с линейным градиентом температуры $\gamma = dT/dz$ геопотенциальная высота уровня давления p будет:

$$Z(p) = \frac{T_0}{\gamma} \left[1 - \left(\frac{p_0}{p} \right)^{-R\gamma/g} \right]$$

где p_0, T_0 — давление и температура при $Z = 0$, а g — ускорение свободного падения.

10. Вычислить изменение температуры за 3 ч, которое будет зарегистрировано приборами на свободном уравновешенном аэростате, смещающемся на северо-восток со скоростью 11 м/с, если горизонтальный градиент температуры численно равен 2 °С на 100 км и направлен на юг, а повышение температуры за последние 3 ч по данным стационарных измерений составило 0.5 °С.

11. Воздушная масса поднимается со скоростью 1 см/с. Вычислить изменение ее температуры за 3 ч, если вертикальный градиент равен 0,5 °С/100 м (температура с высотой убывает), а на некоторой фиксированной высоте температура за это время возросла на 1 °С.

12. Вычислить изменение температуры на некотором фиксированном уровне, если воздушная масса адиабатически опускается со скоростью 2 см/с, а вертикальный градиент температуры в атмосфере равен 0,6 °С/100 м (температура с высотой убывает).

13. Частица воздуха находящаяся в покое покоя на уровне 800 гПа и начинает подниматься вертикально до уровня 500 гПа, сохраняя при этом постоянное превышение температуры 1 °С относительно окружающей среды. Предполагая, что средняя температура слоя от 800 до 500 гПа составляет 260 К, вычислите энергию, приобретённую за счёт силы плавучести. Предполагая, что вся приобретаемая энергия переходит в кинетическую энергию частицы, определить какова будет её вертикальная скорость на 500 гПа.

14. Показать, что в атмосфере с постоянной потенциальной температурой (сухоадиабатический градиент) геопотенциальная высота определяется как:

$$Z(p) = H_\theta \left[1 - \left(\frac{p_0}{p} \right)^{-R/c_p} \right]$$

где p_0 — давление при $Z = 0$, и $H_\theta = c_p \theta / g$ — полная геопотенциальная высота атмосферы.

15. Получить связь между температурой адиабатически поднимающейся частицы и температурой окружающей среды, если известно, что температура среды линейно падает с высотой: $T(z) = T_0 - \gamma z$.

16. Самолет, летящий с курсом 60° (т.е. 60° к востоку от севера) со скоростью 200 м / с, сносится ветром так, что движется относительно земли на восток (90 °) со скоростью 225 м/с. Если самолет летит при постоянном давлении, какова скорость изменения его высоты (в метрах на километр горизонтального расстояния) при условии постоянного поля давления, геострофического ветра и параметр Кориолиса $f = 10^{-4} \text{ с}^{-1}$?

17. Скорость наблюдаемого ветра в некоторой области отклонена направо под углом 30° относительно изобар (линий постоянного давления). Каково ускорение, действующее на этот ветер, если градиент поля давления таков, что скорость геострофического ветра = 20 м/с, а область расположена на широте с $f = 10^{-4} \text{ с}^{-1}$.

18. Торнадо вращается с постоянной угловой скоростью ω . Покажите, что поверхностное

давление в центре торнадо определяется как:

$$p(r) = p_0 e^{-\frac{\omega^2 r_0^2}{2RT}}$$

где p_0 - поверхностное давление на расстоянии r_0 от центра, а T - температура (постоянная). Если температура составляет 288 К, а давление и скорость ветра на расстоянии 100 м от центра равны 1000 гПа и 100 м/с, соответственно, каково давление в центре?

19. Рассчитайте геострофическую скорость ветра (м/с) на изобарической поверхности для градиента геопотенциальной высоты 100 м на 1000 км и сравните со всеми возможными градиентными скоростями ветра для того же градиента геопотенциальной высоты и радиуса кривизны ± 500 км. Пусть $f = 10^{-4} \text{ с}^{-1}$.

20. Предположим, что вертикальный столб атмосферы на 43° СШ изначально изотермический в диапазоне высот 900 - 500 гПа. Геострофический ветер на разных высотных уровнях: южный, 10 м/с на 900 гПа, западный 10 м/с на 700 гПа и западный 20 м/с на 500 гПа. Рассчитать средние горизонтальные градиенты температуры в слоях 900-700 гПа и 700-500 гПа. Вычислить скорость изменения адвективной температуры в каждом слое. Как долго этот адвекционный паттерн должен сохраняться, чтобы между 600 и 800 гПа установилась величина сухого адиабатического градиента температуры ($9.8^\circ \text{C}/\text{км}$), в предположении, что градиент температуры линеен между 900 и 500 гПа и что толщина слоя между 800 и 600 гПа составляет 2,25 км.

21. Средняя температура в слое между 750 и 500 гПа при $f = 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ уменьшается в восточном направлении на 3°C на 100 км. Если геострофический ветер на 750 гПа дует с юго-востока со скоростью 20 м/с, какова скорость и направление геострофического ветра на 500 гПа? Какова средняя температурная адвекции в слое между 750 и 500 гПа?

22. Цилиндрический столб воздуха радиусом 100 км на 30° с.ш. расширяется в два раза по сравнению с первоначальным радиусом. Если воздух изначально покоится, какова средняя тангенциальная скорость по периметру после расширения?

23. Метеостанции расположены в вершинах равностороннего прямоугольного треугольника с катетами 5 км и гипотенузой лежащей на северо-восток. На северной станции дует ветер со скоростью 10 м/с с азимутом 60° , на южной 7 м/с с азимутом 80° , на юго-восточной 12 м/с с азимутом 105° . Найти завихренность.

24. Какова циркуляция на площади в виде квадрата со стороной 1000 км для восточного (т. е. дующего с запада) ветра, который уменьшается по величине к северу со скоростью 10 м / с на 500 км? Какова средняя относительная завихренность в квадрате?

25. Вычислите скорость изменения циркуляции вокруг квадрата в плоскости (x, y) с углами в точках $(0, 0)$, $(0, L)$, (L, L) и $(L, 0)$, если температура увеличивается в восточном направлении на скорость 1°C на 200 км, а давление увеличивается к северу со скоростью 1 гПа на 200 км. Пусть $L = 1000$ км, а давление в точке $(0, 0)$ равно 1000 гПа.

26. Циклонический вихрь находится в циклострофическом равновесии с профилем тангенциальной скорости, заданным выражением $V = V_0(r/r_0)^n$, где V_0 - составляющая тангенциальной скорости на расстоянии r_0 от центра вихря. Вычислить циркуляцию вокруг линии тока в радиусе r , завихренность в радиусе r и давление в радиусе r . (Пусть p_0 будет давлением в точке r_0 и предположим, что плотность постоянна)

27. Наблюдается периодическая облачная структура. Период прохождения отдельных облаков через выбранную точку составляет 10 минут, а абсолютная скорость ветра на уровне движения облаков 50 м/с. Чему равно расстояние между облаками?

28. Частота вертикальной вибрации моторной лодки составляет 2 Гц, скорость 45 км/ч. Если лодка движется перпендикулярно фронту волнения, какова длина волны?

29. На футбольном матче звук свистка судьи составляет $\nu = 3000$ Гц, скорость ветра $V = 10$ м/с, ветер имеет северо-западное направление. Какую частоту будут слышать на Северной и Южной трибунах, если температура воздуха $T = 16^\circ \text{C}$?

30. Показать, что собственный вектор групповой скорости в двумерных внутренних гравитационных волнах параллелен линиям постоянной фазы.

31. Покажите, что для изотермического движения ($DT/Dt = 0$) скорость акустической волны определяется выражением $(gH)^{1/2}$, где $H = RT/g$ масштабная высота.
32. Для ламинарного потока во вращающемся цилиндрическом сосуде, заполненном водой (молекулярная кинематическая вязкость $\nu = 0,01 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1}$), вычислите глубину слоя Экмана и время замедления, если глубина жидкости составляет 30 см, а скорость вращения танка составляет 10 оборотов в минуту. Каким должен быть радиус резервуара, чтобы шкала времени вязкой диффузии от боковых стенок была сопоставима со временем замедления?
33. Покажите, что вертикально интегрированный массоперенос в ветровом приземном слое океана Экмана направлен на 90° вправо от напряжения приземного ветра в северном полушарии. Объясните этот результат физически.

Текущий контроль в виде проверки отчета по домашней или самостоятельной работе, предполагает следующие варианты оценивания:

Отметка "отлично" ставится, если студент:

- 1) правильно решил 100% задач;
- 2) самостоятельно изучил тему, вывел нужные соотношения, составил конспект;
- 3) сопроводил полученные результаты алгоритмами и численными данными (python);
- 4) визуализировал результаты (python) и дал необходимые пояснения.

Отметка "хорошо" ставится, если студент выполнил требования к оценке "отлично", но:

- 1) допустил более трёх существенных ошибок в выводах, расчётах или программном коде;
- 2) не вывел соотношения, но понял полученный результат;

Отметка "удовлетворительно" ставится, если студент:

- 1) правильно решил менее 50% задач;
- 2) имеет конспект, но не показывает знаний в рамках самостоятельно изученной темы;
- 3) не сопроводил ни один полученный результат алгоритмом и численными данными;
- 4) не сделал визуализацию результата не может дать полных пояснений.

Отметка "неудовлетворительно" ставится, если студент:

- 1) не решил ни одной задачи;
- 2) не имеет конспекта самостоятельно изученной темы.

Пример экзаменационного билета

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина Б1.В.02 «Динамическая метеорология»

1. Атмосферный континуум. Физические размерности и единицы измерения параметров атмосферы.
2. Завихренность в естественных координатах. Уравнение завихренности. Представление в декартовых координатах.
3. Скорость наблюдаемого ветра в некоторой области отклонена направо под углом 30° относительно изобар (линий постоянного давления). Каково ускорение, действующее на этот ветер, если градиент поля давления таков, что скорость геострофического ветра $= 20 \text{ м/с}$, а область расположена на широте с $f = 10^{-4} \text{ с}^{-1}$.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если даны правильные ответы на 2 из 2 вопросов, решена задача;
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если даны не точные или не полные ответы на 2 из 2 вопросов или задача решена не точно;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если даны правильные ответы на 1 из 2 вопросов, или только решена задача;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если ответы на вопросы в билете не даны, и задача не решена.

Разработчик:



(подпись)

доцент кафедры метеорологии и физики
околоземного космического пространства Е.А. Кочугова
(занимаемая должность) (инициалы, фамилия)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 05.03.04 Гидрометеорология, направленность (профиль) «Информационные технологии в метеорологии»

Программа рассмотрена на заседании кафедры метеорологии и физики околоземного космического пространства

«15» мая 2023 г. Протокол № 6

Зав. кафедрой  И.В. Латышева

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.