

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра теоретической физики

Авторы-составители: **Демин Виталий Анатольевич
Шкляев Сергей Викторович
Алабужев Алексей Анатольевич**

Рабочая программа дисциплины
ГИДРОДИНАМИКА АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА
Код УМК 85833

Утверждено
Протокол №5
от «03» июня 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Гидродинамика атмосферы и океана

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.04.02** Физика

направленность Физика акустических и гидродинамических волновых процессов

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Гидродинамика атмосферы и океана** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.04.02 Физика (направленность : Физика акустических и гидродинамических волновых процессов)

ПК.2 Способен принимать участие в разработке новых задач, методов и подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности

Индикаторы

ПК.2.2 Разрабатывает физические и математические модели, проводит компьютерное моделирование физических и технологических процессов

ПК.3 Способен организовывать и планировать физические исследования и опытно-конструкторские разработки

Индикаторы

ПК.3.2 Проводит составление и оформление научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.04.02 Физика (направленность: Физика акустических и гидродинамических волновых процессов)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	2
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	36
Проведение лекционных занятий	12
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	24
Самостоятельная работа (ак.час.)	72
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (2 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Гидродинамика атмосферы и океана. Первый триместр

Введение. Движение жидкости во вращающейся системе отсчета

Уравнения гидродинамики во вращающейся системе с учетом сил инерции
Учет сил инерции в уравнениях гидродинамики. Центробежная сила. Сила Кориолиса

Инерционные волны

Волны во вращающейся жидкости: дисперсионное соотношение, скорость жидкости в волне.

Теорема Тейлора-Праудмена. Геоострофическое приближение

Гидродинамика быстровращающейся жидкости. Теорема Тейлора-Праудмена. Геоострофическое приближение и его неполнота.

Уравнения мелкой воды

Вывод уравнений мелкой воды

Основные предположение, разложение по малому параметру. Уравнения мелкой воды.

Сохранение потенциального вихря

Потенциальный вихрь. Определение и закон сохранения.

Волновые движения на мелкой воде

Волны Кельвина и Пуанкаре. Волна Россби.

Квазигеострофическое приближение

Асимптотическое разложение

Квазигеострофическое приближение. Метод многих масштабов. Решение в нулевом порядке, условие разрешимости задачи первого порядка

Волны Россби

Волны Россби: дисперсионное соотношение, поле скорости. Групповая и фазовая скорости. Диаграмма распространения. Энергия волн.

Инерционный пограничный слой

Инерционный пограничный слой: поле скорости, толщина. Западная интенсификация течений.

Приближение бета-плоскости

Приближение бета-плоскости. Толщина инерционного пограничного слоя с учетом изменения нормальной компоненты угловой скорости вращения.

Учет вязкой диссипации

Параметризация турбулентных напряжений Рейнольдса

Учет вязкости. Число Экмана. Напряжения Рейнольдса. Турбулентная вязкость.

Экмановский пограничный слой на твердой поверхности

Пограничный слой на твердой поверхности. Поле скорости. Поток жидкости в погранслое.

Учет наклона поверхности, пограничный слой на свободной поверхности.

Пограничный слой на наклонной поверхности. Пограничный слой на свободной поверхности.

Затухание волн Россби

Асимптотический анализ – вклад горизонтальной и вертикальной вязкости в уравнения квазигеострофического приближения. Затухание волны Россби.

Учет кривизны поверхности Земли и стратификации

Уравнения геострофического приближения на сфере.

Вывод уравнения квазигеострофического приближения в отсутствие диссипации. Потенциальный вихрь.

Экмановский погранслой в стратифицированной жидкости

Учет стратификации при изучении вязкой диссипации в рамках теории пограничного слоя.

Волны Россби в стратифицированной жидкости

Уравнение квазигеострофического приближения для стратифицированной жидкости.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 6. Гидродинамика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский. - 5-е изд., стер. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2001, ISBN 5-9221-0121-8. - 736

2. Карл, Эккарт Гидродинамика океана и атмосферы / Эккарт Карл ; перевод Л. А. Дикий, П. Н. Успенский ; под редакцией А. М. Обухова. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 328 с. — ISBN 978-5-4344-0632-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт].
<http://www.iprbookshop.ru/92038.html>

Дополнительная:

1. Закинян, Р. Г. Динамическая метеорология. Общая циркуляция атмосферы : учебное пособие / Р. Г. Закинян, А. Р. Закинян. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. — 159 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт].
<http://www.iprbookshop.ru/63082.html>

2. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. В 2 т. Т. 2 / под ред. Курбаткина Г. П.; пер. с англ. Рябинина В. Э., Филатова А. Н. - М.: Мир, 1986. - 415. - Библиогр.: с. 372-409

3. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. В 2 т. Т. 1 / А. Гилл ; ред. Курбаткин Г. П.; пер. с англ. Рябинин В. Э., Филатов А. Н. - М.: Мир, 1986. - 396

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://library.psu.ru/node/738> Электронные ресурсы научной библиотеки ПГНИУ

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Гидродинамика атмосферы и океана** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем: Перечень используемых информационных технологий Электронные мультимедийные библиотеки и учебные пособия, в том числе предоставляемые научной библиотекой ПГНИУ и цифровой библиотекой ПГНИУ "ELiS":

- материалы базы ЭБС IPRbooks;
- материалы цифровой библиотеки «Библиотех»;
- Электронно-библиотечная система издательства «Лань»;
- свободный пакет аналитических вычислений Maxima.

Дополнительный перечень используемых информационных технологий определяется преподавателями дисциплины.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения лекционных занятий используются аудитории ПГНИУ, оборудованные меловыми и маркерными досками, мультимедийными проекторами проекционными экранами. Лабораторные занятия и мероприятия текущего контроля проводятся в компьютерных классах, оборудованных ПК с соответствующим программным обеспечением. Для самостоятельной работы, проведения групповых и индивидуальных консультаций требуется аудитория, оснащенная ПК с подключением к локальной и глобальной сети.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Гидродинамика атмосферы и океана**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.3

Способен организовывать и планировать физические исследования и опытно-конструкторские разработки

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.3.2 Проводит составление и оформление научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей</p>	<p>Знать основные элементы теории мелкой воды. Уметь оценивать границы применимости теории мелкой воды, строить разложение по малому параметру, волновые решения. Владеть навыками описания волн Россби, Кельвина и Пуанкаре.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные элементы теории мелкой воды. Не умеет оценивать границы применимости теории мелкой воды, строить разложение по малому параметру, волновые решения. Не владеет навыками описания волн Россби, Кельвина и Пуанкаре</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания основных элементов теории мелкой воды. Демонстрирует частично сформированное умение оценивать границы применимости теории мелкой воды, строить разложение по малому параметру, волновые решения. Имеет представление о принципах описания волн Россби, Кельвина и Пуанкаре.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных элементов теории мелкой воды. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения оценивать границы применимости теории мелкой воды, строить разложение по малому параметру, волновые решения. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет методами описания волн Россби, Кельвина и Пуанкаре.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания основных элементов теории мелкой воды. Сформированное умение оценивать границы применимости теории мелкой воды, строить разложение по малому параметру, волновые решения. Успешное и систематическое применение методов описания волн Россби, Кельвина и Пуанкаре.</p>

ПК.2

Способен принимать участие в разработке новых задач, методов и подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.2.2 Разрабатывает физические и математические модели, проводит компьютерное моделирование физических и технологических процессов</p>	<p>Знать: основные закономерности движения жидкости во вращающейся системе отсчета, в том числе для стратифицированного движения. Уметь: применять основной аппарат крупномасштабных разложений. Владеть: учета влияния вязкости в экмановском пограничном слое</p>	<p>Неудовлетворител Не знает основные закономерности движения жидкости во вращающейся системе отсчета, в том числе для стратифицированного движения. Не умеет применять основной аппарат крупномасштабных разложений. Не владеет методами учета влияния вязкости в экмановском пограничном слое</p> <p>Удовлетворительн Общие, но не структурированные знания основных закономерностей движения жидкости во вращающейся системе отсчета, в том числе для стратифицированного движения. Демонстрирует частично сформированное умение применять основной аппарат крупномасштабных разложений. Имеет представление об учете влияния вязкости в экмановском пограничном слое</p> <p>Хорошо Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных закономерностей движения жидкости во вращающейся системе отсчета, в том числе для стратифицированного движения. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения применять основной аппарат крупномасштабных разложений. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет методами учета влияния вязкости в экмановском пограничном слое</p> <p>Отлично Сформированные систематические знания основных закономерностей движения жидкости во вращающейся системе отсчета, в том числе для стратифицированного движения. Сформированное умение применять основной аппарат крупномасштабных разложений. Успешное и систематическое применение методов учета влияния вязкости в экмановском</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично пограничном слое

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Уравнения гидродинамики во вращающейся системе с учетом сил инерции Входное тестирование	Уравнения гидродинамики, безразмерные параметры
ПК.2.2 Разрабатывает физические и математические модели, проводит компьютерное моделирование физических и технологических процессов	Волновые движения на мелкой воде Письменное контрольное мероприятие	Уравнения гидродинамики во вращающейся системе отсчёта, инерционные волны, теория мелкой воды.
ПК.3.2 Проводит составление и оформление научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей	Приближение бета-плоскости Письменное контрольное мероприятие	Квазигеострофическое приближение. Волны Россби. Приближение бета-плоскости
ПК.2.2 Разрабатывает физические и математические модели, проводит компьютерное моделирование физических и технологических процессов	Волны Россби в стратифицированной жидкости Итоговое контрольное мероприятие	Учет вязкости. Пограничный слой на твердой и свободной поверхности. Затухание волн Россби. Квазигеострофическое приближение

Спецификация мероприятий текущего контроля

Уравнения гидродинамики во вращающейся системе с учетом сил инерции

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Обезразмеривание, управляющие параметры, неустойчивость течений	5
Уравнения Навье-Стокса, простейшие решения для одномерных течений	5

Волновые движения на мелкой воде

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Вывод уравнений мелкой воды	7
Анализ волн на мелкой воде	7
Учет силы Кориолиса в уравнениях гидродинамики	6
Гидродинамика быстровращающейся жидкости	5
Дисперсионное соотношение, скорость жидкости в инерционной волне.	5

Приближение бета-плоскости

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Теория инерционного пограничного слоя. Западная интенсификация течений.	7
Толщина инерционного пограничного слоя с учетом изменения нормальной компоненты угловой скорости вращения.	6
Квазигеострофическое приближение. Метод многих масштабов. Решения в нулевом и первом порядке	6
Теория волн Россби: дисперсионное соотношение, поле скорости, групповая и фазовая скорости	6
Приближение бета-плоскости	5

Волны Россби в стратифицированной жидкости

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Уравнения квазигеострофического приближения на сфере и в стратифицированной жидкости	10

Пограничный слой на наклонной и свободной поверхности.	9
Пограничный слой на твердой поверхности.	8
Затухание волн Россби.	7
Число Экмана. Напряжения Рейнольдса. Турбулентная вязкость	6