

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана физического факультета МГУ,
профессор, д.ф.-м.н.



В.В. Белокуров /

» марта 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Океанология

Oceanology

Программа (программы) подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
Океанология
(103-01-00-1617-фмн)

Москва 2024

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Приказом по МГУ от 24 ноября 2021 года № 1216 «Об утверждении Требований к основным программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, самостоятельно устанавливаемых Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова».

1. Краткая аннотация:

Название дисциплины: Океанология.

Цель изучения дисциплины – систематизация и углубление знаний по физико-математическим аспектам классической и современной океанологии.

2. Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации.

3. Научная специальность: 1.6.17 Океанология; область науки: естественные науки.

4. Место дисциплины (модуля) в структуре Программы аспирантуры: дисциплины (модули), направленные на подготовку к кандидатским экзаменам - Дисциплина, совпадающая с наименованием научной специальности.

5. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 54 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (50 часов занятия лекционного типа, 4 часа мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 54 часа составляет самостоятельная работа учащегося.

6. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Необходимы знания высшей математики и общей физики в объеме курсов, преподаваемых на физических специальностях классических университетов, полученных на предыдущих уровнях высшего образования.

7. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка к коллоквиумам	Всего
Тема 1. Общие вопросы <i>Гипотезы о происхождении атмосферы и гидросферы Земли. Условия существования атмосферы и гидросферы (океана). Состав морской воды. Соленость. Уравнение состояния морской воды. Баротропность и бароклинность. Физические свойства морской воды (теплоемкость, сжимаемость, теплота испарения, температура замерзания, вязкость, поверхностное натяжение). Вертикальное распределение температуры, солености,</i>	10	5	5				10			

<p>плотности и давления в океане. Структура основных океанических течений и методы их изучения. Теплообмен между океаном и атмосферой. Глобальная межконтинентальная циркуляция вод. Многообразие волновых движений в океане. Акустические, капиллярные и инерционные волны.</p>										
<p>Тема 2. Классическая гидродинамика Понятие сплошной среды. Подходы Лагранжа и Эйлера к описанию движения сплошной среды. Уравнение неразрывности. Уравнения Эйлера и Навье-Стокса. Граничные условия. Подходы к упрощению уравнений гидродинамики. Потенциальное и вихревое движения. Гидростатика. Уравнение Бернулли.</p>	20	5	5				10	10		10
<p>Тема 3. Геофизическая гидродинамика Силы, действующие в океане. Уравнения переноса импульса, тепла и примеси. Гидростатическое и геострофическое приближения. Стратификация и ее устойчивость. Адиабатический</p>	20	5	5				10	10		10

<p>градиент. Частота Вэйсяля-Брента. Термогравитационная конвекция. Уравнения Буссинеска. Число Россби. Геострофическое приспособление. Инерционные колебания. Радиус деформации Россби. Теорема Тейлора-Праудмена. Сохранение потенциального вихря. Задача Экмана о дрейфовом течении. Поверхностные и внутренние гравитационные волны. Дисперсионное соотношение для гравитационно-капиллярных волн на воде. Фазовая и групповая скорости волн. Нормальная и аномальная дисперсия. Ветровые волны. Экстремальные волны. Зыбь. Теория мелкой воды. Длинные волны. Приливы, цунами, штормовые нагоны. Захваченные волны. Сейши. Волны Россби, Пуанкаре и Кельвина</p>										
<p>Тема 4. Гидроакустика Распространение звука в жидкости. Волновое уравнение. Уравнение Гельмгольца. Скорость звука в морской воде. Зависимость скорости звука от давления, температуры и</p>	15	5					5	10		10

<p>солености. Задача о распространении звука в жидком слое с идеальными границами. Нормальные волны. Фазовая и групповая скорости. Подводный звуковой канал. Сверхдальнее распространение звука в океане. Акустическая томография океана.</p>										
<p>Тема 5. Устойчивость течений и турбулентность Турбулентные и ламинарные течения. Механизмы генерации турбулентности в океане. Устойчивость течений. Сдвиговая и конвективная неустойчивости. Числа Рейнольдса и Рэлея. Уравнения Рейнольдса. Проблема замыкания уравнений Рейнольдса. Полуэмпирические теории турбулентности. Пограничные слои. Теория Колмогорова-Обухова. Спектр турбулентности. Влияние плотностной стратификации на турбулентность. Число Ричардсона. Масштаб Ozmidova. Тонкая термохалинная структура в океане. Холодная пленка.</p>	20	5	5				10	10		10
<p>Тема 6. Оптика океана Первичные гидрооптические</p>	15	5					5	10		10

<p><i>характеристики океанских вод.</i> <i>Поглощение и рассеяние света в воде.</i> <i>Флюоресценция морской среды.</i> <i>Уравнение переноса энергии оптического излучения в морской среде.</i> <i>Пассивные и активные оптические методы и средства изучения океана.</i> <i>Дистанционная оптическая спектроскопия морской среды.</i></p>										
<p>Промежуточная аттестация: допуск к кандидатскому экзамену</p>	8					4	4	50		4
Итого	108	30	20			4	54	50		54

8. Образовательные технологии

Используемые формы и методы обучения: лекции и семинарские занятия, самостоятельная работа аспирантов.

В процессе преподавания дисциплины преподаватель использует как классические формы и методы обучения (лекции и семинарские занятия), так и активные методы обучения.

При проведении лекционных занятий преподаватель использует при необходимости аудиовизуальные, компьютерные и мультимедийные средства обучения, а также демонстрационные и наглядно-иллюстрационные (в том числе раздаточные) материалы.

9. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю): аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и задания для самостоятельной работы, презентации к лекционным занятиям.

10. Ресурсное обеспечение:

Основная литература:

1. Бреховских Л.М., Лысанов Ю.П. Теоретические основы акустики океана. М.: Наука, 2007.
1. Носов М.А. Введение в теорию волн цунами. М.: Янус-К, 2019.
2. Добролюбов С.А., Архипкин В.С. Океанология: основы термодинамики морской воды. – 2018.
2. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. Т. 1, 2. М.: Мир, 1986.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. Т. VI, М.: Наука, 1986
4. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. Гидрометеиздат, 1992
5. Носов М.А. Лекции по теории турбулентности. М.: Янус-К, 2013
6. Шифрин К.С. Введение в оптику океана, Гидрометииздат, 1983.
7. Архипкин В.С., Добролюбов С.А. Океанология. Физические свойства морской воды. М.:МАКС ПРЕСС 2005
8. Жмур В.В., Березникова, М.В., Извеков О.Я.: учебное пособие: Теория функций комплексного переменного в задачах гидродинамики и нефтяного инжиниринга. М.: МФТИ, 2021. 80 с.

Дополнительная литература:

1. Гусев А.М. Курс общей геофизики. Основы океанологии. М.: МГУ, 1983.
2. Лайтхилл Дж. Волны в жидкостях. М.: Мир, 1981
3. Монин А.С., Озмидов Р.В. Океанская турбулентность. Гидрометеиздат, 1981.
4. Общая геофизика. Под ред. В.А. Магницкого, М.: МГУ, 1995.
5. Педлоски Д. Геофизическая гидродинамика: В 2-х т. Мир, 1984.
6. Пивоваров А.А. Термика океана. М.: МГУ, 1979.
7. Слюняев А. В. "Морские" волны-убийцы": прогноз возможен? //Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. 2017. № 3.
8. Фадеев В.В., Бунин Д.К., Венедиктов П.С. Методы лазерного мониторинга фотосинтезирующих организмов (обзор). Квантовая электроника, 1996, т. 23, №11, с.963-973.
9. Федоров К.Н. Тонкая термохалинная структура вод океана. Л.: Гидрометеиздат, 1976.
10. Филлипс О.М. Динамика верхнего слоя океана. М., Гидрометеиздат. 1980.
11. Шулейкин В.В. Физика моря. М., Наука, 1968.
12. Океанология: Физика океана. Т.1, Т.2. М.: Наука, 1978

13. Dijkstra H.A. Dynamical oceanography. – Springer Science & Business Media, 2008.
14. Marshall J., Plumb R.A. Atmosphere, Ocean and Climate Dynamics: An Introductory Text, Elsevier Academic Press, 2008.
15. Thorpe S.A. An introduction to ocean turbulence. Cambridge University Press, 2007.
16. Ле Блон П. Х., Майсек Л.А. Волны в океане. Ч.1, Ч.2, М.: Мир, 1981

11. Язык преподавания – русский.

12. Преподаватели:

Д.ф.-м.н., профессор Носов М.А., e-mail: m.a.nosov@mail.ru.

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы домашних заданий:

1. Идеальная несжимаема жидкость имеет постоянную плотность и скорость. Происходит внезапное (импульсное) изменение движения в течение времени t . Найти выражения для скорости потока сразу после окончания импульсного воздействия. Внешние силы на жидкость не действуют.
2. Рассчитать фазовую и групповую скорость гравитационных волн в приближении «мелкой воды». Глубина водоема и ускорение силы тяжести известны.
3. Эффект дисперсии волн используется для определения места возникновения шторма. Предложить способ определения расстояния от места регистрации до места возникновения шторма. Использовать приближение глубокой воды.
4. Скорость течения направленная вдоль оси x , линейно растет вдоль оси y , найти циркуляцию вдоль квадрата со стороной a .
5. Используя стандартное распределение высот ветровых волн, получить вероятность возникновения волны с высотой в 10 раз превышающую среднюю высоту волны.
6. Используя стандартное распределение периодов ветровых гравитационных волн, получить функцию распределения их длин.
7. Найти период сейшевых колебаний в замкнутом бассейне глубиной H и длиной L .
8. Определить плотность потока энергии в волне Кельвина.
9. Определить минимальный и максимальный масштабы турбулентности в стратифицированном океане. Известны частота Вьясяла-Брента и диссипация турбулентной энергии.
10. В длинноволновом приближении определить зависимость вертикальной компоненты скорости от глубины

Вопросы для промежуточной аттестации – зачета:

1. Оптические методы в космической океанологии.
2. Суммарное действие поглощения и рассеяния при проникании света в глубины моря. Световой режим глубин
3. Отражение света поверхностью моря: влияние волн, блики, понятие альбедо. Цвет моря.
4. Состав морской воды. Неорганические соли. Растворенные органические вещества. Взвешенные частицы
5. Общая циркуляция Мирового океана.
6. Пассатные течения, межпассатные противотечения, экваториальные подповерхностные течения, глубинные экваториальные течения, глубинные противотечения.
7. Антарктические донные воды. Синоптические вихри в океане.
8. Внутренние волны, стоячие волны, рябь, мёртвая зыбь, слики, сулой, волны убийцы.

9. Циркуляции поверхностных вод.
10. Для каких течений справедлив интеграл уравнений движения в форме Бернулли?
11. Волны цунами. Особенности генерации, распространения и наката на берег.
12. Теория установившихся дрейфовых течений в бесконечно глубоком море по Экману и особенности вертикального распределения скорости течения, вытекающие из модели.
13. Аномальные свойства воды.
14. Распределение температуры вод в Мировом океане.
15. Дрейфовые, градиентные, геострофические, приливные течения.
16. Антарктические донные воды.
17. Проблема накопления мусора в Мировом океане. «Мусорные острова».
18. Уравнение теплового баланса для водной поверхности.

**Методические материалы
для проведения процедур оценивания результатов обучения**

Зачет проходит по билету, включающего 3 вопроса. Уровень знаний аспиранта по каждому вопросу на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». В случае если на все вопросы был дан ответ, оцененный не ниже чем «удовлетворительно», аспирант получает общую оценку «зачтено».

Шкала оценивания знаний, умений и навыков

Результат освоения дисциплины	Критерии оценивания знаний, умений и навыков			
	2/ не зачтено	3/ зачтено	4/ зачтено	5/ зачтено
Знания	Отсутствие знаний основных уравнений физики океана	В целом успешные, но не систематические основные уравнений физики океана	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания основных уравнений физики океана	Успешные и систематические основные уравнений физики океана
Умения	Отсутствие умения применять знания основных уравнений физики океана для решения научных задач	В целом успешное, но не систематическое применять знания основных уравнений физики океана для решения научных задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять знания основных уравнений физики океана для решения научных задач	Успешное и систематическое умение применять знания основных уравнений физики океана для решения научных задач
Навыки	Отсутствие/фрагментарное владение навыками решения научных задач в	В целом успешное, но не систематическое	В целом успешное, но содержащее	Успешное и систематическое владение

	области океанологии	владение навыками решения научных задач в океанологии	отдельные пробелы владение навыками решения научных задач в области океанологии	навыками решения научных задач в области океанологии
--	---------------------	---	---	--