

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

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана физического
факультета МГУ

/ В.В. Белокуров /

« 21 » марта 2024 г.

**ПРОГРАММА-МИНИМУМ
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

1.6.17. Океанология

Шифр и наименование области науки

1. Естественные науки

Наименование отраслей науки, по которым присуждаются ученые степени

Физико-математические науки

Москва 2024

I. Описание программы

Программа-минимум кандидатского экзамена, разработана Физическим факультетом Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова на основе паспорта научной специальности, утвержденного Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, и учебного плана программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по специальности 1.6.17. Океанология, в отрасли физико-математических наук.

II. Основные разделы и вопросы к экзамену

Тема 1. Общие вопросы

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, плотности и давления в океане. Структура основных океанических течений и методы их изучения. Тепломассообмен между океаном и атмосферой. Глобальная меж океанская циркуляция вод. Многообразие волновых движений в океане. Акустические, капиллярные и инерционные волны.

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.

Тема 3. Геофизическая гидродинамика

Силы, действующие в океане. Уравнения переноса импульса, тепла и примеси. Гидростатическое и геострофическое приближения. Стратификация и ее устойчивость. Адиабатический градиент. Частота Вайсяля-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.

Тема 4. Гидроакустика

Распространение звука в жидкости. Волновое уравнение. Уравнение Гельмгольца. Скорость звука в морской воде. Зависимость скорости звука от давления, температуры и 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.

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.

Тема 6. Оптика океана

Первичные гидрооптические характеристики океанских вод. Поглощение и рассеяние света в воде. Флюоресценция морской среды. Уравнение переноса энергии оптического излучения в морской среде. Пассивные и активные оптические методы и средства изучения океана. Дистанционная оптическая спектроскопия морской среды.

III. Критерии оценивания

Критерии и показатели оценивания ответа на экзамене			
Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Фрагментарные знания в области океанологии	Неполные знания в области океанологии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания в области океанологии	Сформированные и систематические знания в области океанологии

IV. Рекомендуемая основная литература

1. Бреховских Л.М., Лысанов Ю.П. Теоретические основы акустики океана. М.: Наука, 2007.
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. Ле Блон П. Х., Майсек Л.А. Волны в океане. Ч.1, Ч.2, М.: Мир, 1981
5. Монин А.С, Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. Гидрометеиздат, 1992
6. Носов М.А. Лекции по теории турбулентности. М.: Янус-К, 2013
7. Океанология: Физика океана. Т.1, Т.2. М.: Наука, 1978
8. Шифрин К.С. Введение в оптику океана, Гидрометиоиздат, 1983.

V. Рекомендуемая дополнительная литература

1. Добролюбов С.А., Архипкин В.С. Океанология: основы термодинамики морской воды. – 2018.
2. Гусев А.М. Курс общей геофизики. Основы океанологии. М.: МГУ, 1983.
3. Лайтхилл Дж. Волны в жидкостях. М.: Мир, 1981
4. Монин А.С., Озмидов Р.В. Океанская турбулентность. Гидрометеиздат, 1981.
5. Носов М.А. Введение в теорию волн цунами. М.: Янус-К, 2019.
6. Общая геофизика. Под ред. В.А. Магницкого, М.: МГУ, 1995.
7. Педлоски Д. Геофизическая гидродинамика: В 2-х т. Мир, 1984.
8. Пивоваров А.А. Термика океана. М.: МГУ, 1979.
9. Слюняев А. В. Морские " волны-убийцы": прогноз возможен? //Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. – 2017. – №. 3.
10. Фадеев В.В., Бунин Д.К., Венедиктов П.С. Методы лазерного мониторинга фотосинтезирующих организмов (обзор). Квантовая электроника, 1996, т. 23, №11, с.963-973.
11. Федоров К.Н. Тонкая термохалинная структура вод океана. Л.: Гидрометеиздат, 1976.
12. Филлипс О.М. Динамика верхнего слоя океана. М., Гидрометеиздат. 1980.
13. Шулейкин В.В. Физика моря. М., Наука, 1968.
14. Dijkstra H.A. Dynamical oceanography. – Springer Science & Business Media, 2008.
15. Marshall J., Plumb R.A. Atmosphere, Ocean and Climate Dynamics: An Introductory Text, Elsevier Academic Press, 2008.
16. Thorpe S.A. An introduction to ocean turbulence. Cambridge University Press, 2007.