



«УТВЕРЖДАЮ»
Декан физического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова

Н.Н. Сысоев
2022 г.

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
по специальности 1.6.18 “Науки об атмосфере и климате”.**

по физико-математическим наукам

1. Общие вопросы

- 1.1. Происхождение атмосферы и гидросферы Земли. Условия существования атмосферы и гидросферы.
- 1.2. Физические свойства воздуха. Влажность воздуха. Уравнения состояния воздуха. Баротропность и бароклинность.
- 1.3. Состав атмосферы Земли и изменение его с высотой. Гомосфера и гетеросфера. Распределение по высоте температуры, плотности, давления и влажности. Барометрическая формула.
- 1.4. Вертикальное распределение температуры в океане. Соленость океана.

2. Классическая аэрогидродинамика

- 2.1. Понятие сплошной среды. Подходы Лагранжа и Эйлера к описанию движения сплошной среды.
- 2.2. Уравнение неразрывности. Уравнения Эйлера и Навье-Стокса. Массовые и поверхностные силы.
- 2.3. Подходы к упрощению уравнений гидродинамики. Потенциальное и вихревое движения. Гидростатика. Уравнение Бернулли.

3. Динамика атмосферы и гидросферы

- 3.1. Силы, действующие в атмосфере и гидросфере. Уравнения переноса импульса, тепла и примеси.
- 3.2. Плотностная стратификация и ее устойчивость. Адиабатический градиент. Частота Вейселя-Брента. Внутренние волны.
- 3.3. Термогравитационная конвекция. Уравнения Буссинеска.
- 3.4. Гидростатическое приближение. Теория мелкой воды.
- 3.5. Геострофическое приближение. Число Россби. Геострофическое приспособление. Радиус деформации Россби.
- 3.6. Инерционные колебания. Теорема Тейлора-Прудмена. Сохранение потенциального вихря.
- 3.7. Общая циркуляция атмосферы и океана. Струйные течения. Муссоны. Центры действия атмосферы. Внетропические циклоны и антициклоны. Блокирующие антициклоны. Фронты. Тропические циклоны, тайфуны/ураганы. Полярные мезоциклоны. Бриз. Смерчи/торнадо.
- 3.8. Морские течения, их классификация. Задача Экмана о дрейфовом течении. Структура основных океанических течений и методы их изучения.
- 3.9. Волновые движения в атмосфере и гидросфере. Гравитационные, акустические, капиллярные и инерционные волны. Волны Россби, Пуанкаре и Кельвина.

- 3.10. Дисперсионное соотношение для гравитационно-капиллярных волн на воде. Фазовая и групповая скорости волн. Нормальная и аномальная дисперсия.
- 3.11. Скорость звука в воздухе и воде. Особенности распространения звука в атмосфере и океане. Акустические методы исследования атмосферы.

4. Устойчивость течений и турбулентность

- 4.1. Турбулентные и ламинарные течения. Механизмы генерации турбулентности в атмосфере и гидросфере.
- 4.2. Устойчивость течений. Сдвиговая и конвективная неустойчивости. Числа Рейнольдса и Рэлея.
- 4.3. Уравнения Рейнольдса. Проблема замыкания уравнений Рейнольдса.
- 4.4. Полуэмпирические теории турбулентности. Пограничные слои.
- 4.5. Теория Колмогорова-Обухова. Спектр турбулентности.
- 4.6. Влияние плотностной стратификации на турбулентность. Число Ричардсона. Масштаб Озмидова.

5. Термодинамика атмосферы и гидросферы

- 5.1. Атмосфера и океан как термодинамическая система. Поглощение и рассеяние радиации атмосферными газами и примесями. Парниковый эффект.
- 5.2. Тепломассообмен между океаном и атмосферой.
- 5.3. Гидрологический цикл. Конденсация и туманы. Облака.
- 5.4. Изотермический, адиабатический и влажно-адиабатический процессы в атмосфере.

6. Электрические явления в атмосфере

- 6.1. Проводимость воздуха. Ионобразование в атмосфере Земли.
- 6.2. Электрические заряды в облаках. Механизмы разделения зарядов в облаках. Молнии. Грозы.
- 6.3. Атмосферное электричество и метеорологические процессы. Глобальная электрическая цепь.

7. Распространение электромагнитных волн в атмосфере и океане

- 7.1. Солнечное излучение. Солнечная постоянная. Распределение энергии по спектру.
- 7.2. Электромагнитные волны и перенос излучения в атмосфере. Радиационный теплообмен. Атмосферная и ионосферная рефракция.
- 7.3. Рассеяние Рэлея и Ми. Деполяризация рассеянного излучения, параметры Стокса.
- 7.4. Оптические явления в атмосфере.
- 7.5. Дистанционное зондирование атмосферы и океана.

8. Физика средней и верхней атмосферы

- 8.1. Состав и структура средней и верхней атмосферы. Общая циркуляция и волновые режимы. Перламутровые и серебристые облака.
- 8.2. Озоновый слой и его роль в атмосфере Земли. Особенности пространственно-временной изменчивости атмосферного озона. Естественные и антропогенные процессы, влияющие на озоновый слой. Озоновые дыры.
- 8.3. Методы дистанционного зондирования средней и верхней атмосферы.
- 8.4. Строение и состав ионосферы. Процессы в ионосфере. Чепменовский слой.
- 8.5. Магнитосфера Земли. Ионосферно-магнитосферное взаимодействие. Радиационные пояса. Распространение электромагнитных волн в ионосфере. Критические частоты ионосферных слоев.
- 8.6. Солнечный ветер. Полярные сияния. Свечение ночного неба, механизмы возбуждения эмиссий. Солнечно-земные связи и космическая погода.

9. Климатические процессы

- 9.1. Общая структура климатической системы.
- 9.2. Климатическая изменчивость, квазициклические процессы в земной климатической системе.
- 9.3. Предсказуемость атмосферных и климатических процессов.
- 9.4. Палеоклиматы. Циклы Миланковича.
- 9.5. Климатические модели — от энергобалансовых до моделей общей циркуляции.
- 9.6. Биогеохимические циклы в земной климатической системе. Модели земной системы.
- 9.7. Параметры чувствительности земной климатической системы к внешним воздействиям. Климатические обратные связи.
- 9.8. Роль естественных и антропогенных факторов в изменениях климата.

Основная литература

1. Брасье Г., Соломон С. Аэрономия средней атмосферы. Гидрометеиздат, 1987
2. Брюнелли Б.Е., Намгаладзе А.А. Физика ионосферы. М.: Наука, 1988
3. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. Т. 1, 2. М.: Мир, 1986
4. Голицын Г.С. Введение в динамику планетных атмосфер. Гидрометеиздат, 1973
5. Госсард Э., Хук У. Волны в атмосфере. М.: Мир, 1978
6. Курганский М.В. Введение в крупномасштабную динамику атмосферы. Гидрометеиздат, 1993
7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. Т. VI, М.: Наука, 1986
8. Ле Блон П. Х., Майсек Л.А. Волны в океане. Ч.1, Ч.2, М.: Мир, 1981
9. Лоренц Э.Н. Природа и теория общей циркуляции атмосферы. Гидрометеиздат, 1970
10. Лю Ку-Нан Основы радиационных процессов в атмосфере, Гидрометеиздат, 1984
11. МакКарти Э. Оптика атмосферы, М.: Мир, 1979
12. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. Гидрометеиздат, 1992
13. Мохов И.И. Диагностика структуры климатической системы. Гидрометеиздат, 1993
14. Носов М.А. Лекции по теории турбулентности. М.: Янус-К, 2013
15. Океанология: Физика океана. Т.1, Т.2. М.: Наука, 1978
16. Ратклифф Дж. Введение в физику ионосферы и магнитосферы. М.: Мир, 1975
17. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. М.: МГУ, 1986
18. Чемберлен Дж. Теория планетных атмосфер. М.: Мир, 1981
19. Шифрин К.С. Введение в оптику океана, Гидрометеиздат, 1983

Дополнительная литература

1. Александров Э.Л., Израэль Ю.А., Кароль И.Л., Хргиан А.Х. Озонный щит Земли и его изменения. Гидрометеиздат, 1992
2. Великанов М.А. Динамика русловых потоков. М. Гостехиздат, 1955
3. Гледзер Е.Б., Должанский Ф.В., Обухов А.М. Системы гидродинамического типа и их применение. М.: Наука, 1981
4. Гусев А.М. Курс общей геофизики. Основы океанологии. М.: МГУ, 1983
5. Дикий Л.А. Гидродинамическая устойчивость и динамика атмосферы. Гидрометеиздат, 1976
6. Дэвис К. Радиоволны в ионосфере. М.: Мир, 1973
7. Интенсивные атмосферные вихри и их динамика. Под ред. И.И. Мохова, М.В.Курганского, О.Г.Чхетиани. М.:ГЕОС, 2018
8. Каллистратова М.А., Кон А.И. Радиоакустическое зондирование атмосферы. М.: Наука, 1986
9. Лайтхилл Дж. Волны в жидкостях. М.: Мир, 1981
10. Монин А.С., Озмидов Р.В. Океанская турбулентность. Гидрометеиздат, 1981
11. Носов М.А. Введение в теорию волн цунами. М.: Янус-К, 2019
12. Обухов А.М. Турбулентность и динамика атмосферы. Гидрометеиздат, 1988
13. Общая геофизика. Под ред. В.А. Магницкого, М.: МГУ, 1995

14. Педлоски Д. Геофизическая гидродинамика: В 2-х т. Мир, 1984
15. Пивоваров А.А. Термика океана. М.: МГУ, 1979
16. Филлипс О.М. Динамика верхнего слоя океана. М., Гидрометеиздат. 1980
17. Харгривс Дж.К., Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи. Гидрометеиздат, 1982
18. Шулейкин В.В. Физика моря. М., Наука, 1968
19. Marshall J., Plumb R.A. Atmosphere, Ocean and Climate Dynamics: An Introductory Text, Elsevier Academic Press, 2008
20. Thorpe S.A. An introduction to ocean turbulence. Cambridge University Press, 2007

Зав. отделением геофизики
профессор РАН

М.А. Носов

Зав. кафедрой физики атмосферы
академик РАН

И.И. Мохов



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**



ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ПРИКАЗ

«30» 03 2022 г. Москва № 41002

Об утверждении временных рабочих программ кандидатских экзаменов

На основании решения Учёного совета физического факультета

п р и к а з ы в а ю:

Утвердить прилагаемые временные рабочие программы кандидатских экзаменов по следующим специальностям:

- 1.1.2 Дифференциальные уравнения и математическая физика;
- 1.1.10 Биомеханика и биоинженерия;
- 1.3.1 Физика космоса, астрономия;
- 1.3.15 Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий;
- 1.6.9 Геофизика;
- 1.6.17 Океанология;
- 1.6.18 Науки об атмосфере и климате.

Основание: выписка из протокола № 1 заседания Учёного совета от 24.02.2022.

**Декан
физического факультета
профессор**

 **Н.Н.Сысоев**