

ПРОГРАММА

дополнительной части кандидатского экзамена по спец. предмету "Динамика крупномасштабных атмосферных процессов и геофизическая гидродинамика"

1. Общие уравнения гидротермодинамики в применении к атмосферным движениям
 - 1.1. Термодинамика атмосферы
 - 1.2. Уравнения гидродинамики в применении к атмосфере
 - 1.2.1. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Описание движения в представлении Эйлера и Лагранжа. Вариационные принципы гидродинамики, симметрии и законы сохранения.
 - 1.3. Вихревые движения в атмосфере. Теорема Кельвина. Завихренность и потенциальная завихренность. Теорема о потенциальном вихре. Спиральность, сохранение спиральности.
 - 1.4. Методы теории подобия для планетных атмосфер.
2. Упрощение уравнений гидротермодинамики применительно к задачам динамической метеорологии.
 - 2.1. Состояние равновесия атмосферы. Модели атмосферы.
 - 2.2. Уравнения статики и примитивные уравнения. Изобарическая и изоэнтропическая системы координат.
 - 2.3. Уравнения мелкой воды: инерционно-гравитационные волны, законы сохранения массы, энергии, потенциального вихря и энтропии задача адаптации гидродинамических полей.
 - 2.4. Адиабатическое приближение. Адиабатические инварианты.
 - 2.5. Геострофическое и квазигеострофическое приближение.
 - 2.6. Приближение β -плоскости. Уравнение Чарни-Обухова
 - 2.7. Характерные масштабы движений в атмосфере и определяющие параметры.
3. Энергетика атмосферы
 - 3.1. Общие энергетические уравнения. Основные формы энергии и их превращение.
 - 3.2. Понятие доступной потенциальной энергии.
 - 3.3. Общая схема преобразования энергии в атмосфере.
 - 3.4. Сохранение момента количества движения в атмосфере.
 - 3.5. Атмосферная циркуляция на планете Земля: ячейки Хэдли, Ферреля, полярная система ветров; общее распределение температуры и давления в тропосфере; стратосфера.
 - 3.6. Особенности циркуляции атмосфер планет солнечной системы.
4. Теория колебаний в атмосфере
 - 4.1. Уравнения малых колебаний атмосферы на вращающейся сферической земле.
 - 4.2. Горизонтальная структура колебаний. Уравнение Лапласа в теории приливов.
 - 4.3. Вертикальная структура колебаний. Акустические, гравитационные и инерционно-гравитационные волны. Особенности вертикальной структуры в случае неизотермической стратификации.
 - 4.4. Волны Россби на сферической Земле и β -плоскости.
 - 4.5. Виды энергии колебаний и классификация волн. Передача энергии волновыми движениями.
5. Гидродинамическая устойчивость движений.

- 5.1. Определение и методы исследования устойчивости. Интегральные теоремы. Спектральные методы.
- 5.2. Уравнение Рэлея. Необходимое условие неустойчивости.
- 5.3. Уравнение Орра-Зоммерфельда.
- 5.4. Теорема Майлса-Ховарда, критерий Ричардсона.
- 5.5. Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца.
- 5.6. Исследование нелинейной устойчивости. Закон сохранения энергии и баротропная и бароклинная неустойчивость. Задача Иди.
- 5.7. Устойчивость течений в экмановских слоях атмосферы и океана.
6. Конвекция в атмосфере.
 - 6.1. Условие отсутствия конвекции в идеальной (невязкой, нетеплопроводной) атмосфере.
 - 6.2. Конвективная устойчивость влажной насыщенной атмосферы.
 - 6.3. Конвективная неустойчивость Рэлея-Бенара.
 - 6.4. Свободная конвекция. Параметры подобия.
7. Малопараметрические модели атмосферы
 - 7.1. Конечномерные аппроксимации уравнений. Квадратично-нелинейные гидродинамические системы. Интегралы движения.
 - 7.2. Понятие о малопараметрической модели Лоренца.
 - 7.3. Системы гидродинамического типа и их применение к описанию движений атмосферы.
 - 7.3. Малопараметрические модели баротропного и бароклинного движения.
 - 7.4. Моделирование характерных особенностей атмосферной циркуляции. Типы циркуляционных режимов, их устойчивость и взаимопревращение.
8. Турбулентность атмосферы
 - 8.1. Общие понятия о турбулентности. Уравнения Рейнольдса.
 - 8.2. Законы Колмогорова и Обухова.
 - 8.3. Полуэмпирическое описание турбулентных напряжений.
 - 8.4. Пограничный слой атмосферы. Теория Монины-Обухова.
 - 8.5. Квазидвумерная турбулентность.
9. Применение гидродинамики к задачам численного протеза погоды и общей циркуляции атмосферы
 - 9.1. Методы аппроксимации уравнений гидродинамики.
 - 9.2. Подсеточные масштабы движений и методы их параметризации
 - 9.3. Вихреразрешающие модели.
 - 9.4. Мезомасштабные атмосферные модели (RAMS, MM5, WRF).
 - 9.4. Предсказуемость движений различных масштабов.
 - 9.5. Понятие о численных моделях климата.

Литература

1. В.И. Арнольд Математические методы классической механики. М., Наука, 1974.
2. П.Н.Белов, Е.П.Борисенков, Б.Д.Панин. Численные методы прогноза погоды. Гидрометеиздат. 1989.
3. Дж.Бэтчелор Введение в динамику жидкости. - М.: Мир, 1973.
4. Е.Б., Гледзер, Ф.В.Должанский, А.М. Обухов Системы гидродинамического типа и их применение. М., Наука, 1981.
5. Г.С. Голицын Динамика планетных атмосфер. Л.Гидрометеиздат 1973
6. Г.С. Голицын. Исследование конвекции с геофизическими приложениями и аналогиями Л.: Гидрометеиздат, 1980.
7. Г.С. Голицын Динамика природных процессов (М.: Физматлит, 2004.
8. Э.Госсард, У.Хук Волны в атмосфере М.: Мир 1978.
9. А.М. Гусев Свободная конвекция в атмосфере и океане. М.: Изд-во МГУ, 1978.

10. Л.Н.Гутман Введение в теорию мезометеорологических процессов. Л.:Гидрометеиздат, 1969
11. Л.А. Дикий Гидродинамическая устойчивость и динамика атмосферы. Гидрометеиздат, Л., 1976.
12. Ф.В.Должанский. Основы геофизической гидродинамики. М. 2011.
13. Динамика погоды. Под ред. С. Манабе. Л., Гидрометеиздат, 1988.
14. Динамика климата. Под ред. С. Манабе. Л., Гидрометеиздат, 1988
15. В.П.Дымников Устойчивость и предсказуемость крупномасштабных атмосферных процессов. М.2007
16. А.Ф.Курбацкий Введение в моделирование турбулентного переноса импульса и скаляра. Новосибирск 2007.
17. М.В. Курганский Введение в крупномасштабную динамику атмосферы. С-Петербург., Гидрометеиздат, 1993.
18. , Л. Д.Ландау, , Е. М. Лифшиц Гидродинамика. — Издание 6-е.. — М., 2006. — 736 с. — («Теоретическая физика», том VI).
19. Э.Н. Лоренц Природа и теория общей циркуляции атмосферы. Л., Гидрометеиздат, 1970.
20. Ф.Мезингер, А.Аракава. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. Гидрометеиздат. 1979.
21. Милн-Томсон Л.М. Теоретическая гидродинамика. - М.: Мир, 1964.
22. А.С.Монин. Прогноз погоды как задача физики. М.1969
23. А. С. Монин Теоретические основы геофизической гидродинамики. Л.Гидрометеиздат 1988
24. А.С.Монин, А.М.Яглом. Статистическая гидромеханика. С-Петербург Гидрометеиздат т.1. 1992. Т.2 1996
25. К.Моханакумар. Взаимодействие стратосферы и тропосферы. ФизМатЛит. 2011.
26. Обухов А.М. Турбулентность и динамика атмосферы. Л., Гидрометеиздат, 1988..
27. Дж.Педлоки Неофизическая гидродинамика. в 2 т. М.Мир 1984.
28. Серрин Математические основы классической жидкости. - М.: Гос. изд- Дж.во иностр. литературы. 1963.
29. Дж.Тернер Эффекты плавучести в жидкости. М.Мир 1977
30. Т.Е.Фабер Гидроаэродинамика. М.2001
31. П.Г.Фрик Турбулентность: подходы и модели. Ижевск 2010.
32. С.П.Хромов, М.А.Петросянец. Метеорология и климатология. 1994.
33. S. Chandrasekhar (1981) [1961]. Hydrodynamic and Hydromagnetic Stability. New York: Dover.
34. V. Cushman-Roisin. Introduction to Geophysical Fluid Dynamics --- Physical and Numerical Aspects. 2008.
35. M.Lesieur. Turbulence in Fluids. 1997.
36. R.Salmon Lectures on Geophysical Fluid Dynamics. - NY, Oxford: Oxford University Press, 1988.
37. G. K.Vallis. Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics. Fundamentals and Large-Scale Circulation. 2005
38. J.C.Wyngaard Turbulence in the atmosphere. Cambridge. 2010

Составлено О.Г.Чхетиани, М.В.Курганским, А.Е.Гледзером, В.П.Гончаровым,
М.В.Калашником,