

Утверждена Советом механико-  
математического факультета  
МГУ имени М.В.Ломоносова

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Председатель Совета  
профессор

\_\_\_\_\_ В.Н.Чубариков

Представлена кафедрой гидромеханики  
механико-математического факультета  
МГУ имени М.В.Ломоносова

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой гидромеханики  
профессор

\_\_\_\_\_ В.П.Карликов

ПРОГРАММА СПЕЦКУРСА  
**«Динамика гравитирующего газа»**  
по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы»

Автор проекта  
профессор

\_\_\_\_\_ А.Н.Голубятников

**Динамика гравитирующего газа**  
*Годовой спецкурс*  
А.Н.Голубятников, профессор, д.ф.-м.н.

Спецкурс может рассматриваться как два полугодовых. Первая часть содержит основы теории ньютоновского потенциала, общие вопросы газовой динамики при наличии гравитационного поля и решение ряда основных задач, связанных с равновесием и движением газа в звездах и межзвездной среде. Вторая часть курса включает вопросы специальной и общей теории относительности и релятивистской механики сплошной среды с приложениями к таким астрофизическим объектам как взрывающиеся звезды, квазары и Вселенная.

ПРОГРАММА

I. НЬЮТОНОВСКАЯ МЕХАНИКА.

1. Закон Ньютона. Вывод уравнения Пуассона. Гравитационная сила в случае сферической симметрии.
2. Разложение потенциала вдали от конечного тела. Элементарные решения уравнения Лапласа. Теорема Гаусса. Потенциал однородной сферы и сферической оболочки.
3. Условия на сильных разрывах с учетом сосредоточенных масс. Разлет сферической оболочки.
4. Теория гравитационного удара. Слабые разрывы.
5. Принцип эквивалентности. Группы симметрии уравнений движения. Тензор гравитационных напряжений.
6. Интегральное определение энергии гравитационного поля. Локальное уравнение энергии. Аналогия с электромагнитным полем.
7. Уравнения сферически-симметричного движения, условия на разрывах.
8. Равновесие. Однородная жидкость, политропы, давление излучения. Интегральные свойства равновесия. Неравенства.
9. Устойчивость. Экстремум энергии при равновесии. Неустойчивость равновесия при  $\gamma < 4/3$ .
10. Точные решения задачи о равновесии газового шара при  $\gamma = 6/5$  и  $\gamma = 2$ . Численное решение при  $\gamma = 4/3$ . Зависимости между интегральными параметрами шара.
11. Динамика пыли. Точные решения, типы движений. Задача о коллапсе однородного сферического пылевого облака.
12. Сферически-симметричные решения с разделением переменных. Задача о колебаниях однородного шара при  $\gamma = 5/3$ .
13. Формирование однородного равновесия и разлета газа при коллапсе пыли. Взрыв.
14. Гравитационный захват газа. Захват пыли. Расчет головной ударной волны методом тонкого ударного слоя. Торможение гравитирующего тела.
15. Звездный ветер и аккреция. Холодный ветер. Анализ перехода через скорость звука. Случаи  $\gamma = 5/3$  и  $\gamma = 3/2$ .

II. РЕЛЯТИВИСТСКАЯ МЕХАНИКА.

16. Пространство-время в ньютоновской механике. Преобразования Галилея. Системы отсчета. Галилеева структура геометрии, измерение расстояний и времени. Четырехмерная форма уравнений механики.
17. Создание теории относительности, решающие эксперименты. Преобразования Лоренца. Кинематическое уменьшение длины и увеличение времени. Собственное время.

18. Инварианты преобразований Лоренца. Геометрия пространства Минковского. Определение 4-скорости, разложение ее производных. Сопутствующая система отсчета, теория деформаций.
19. Механика материальной точки, кинетическая энергия. Движение в однородном силовом поле. Переменная масса.
20. Релятивистская газовая динамика. Тензор энергии-импульса, 4-мерная форма уравнений. Условия на разрывах. Звуковые волны.
21. Передача энергии-импульса при соударениях. Аккумуляция энергии-импульса ударными волнами.
22. Общая теория относительности. Пространство Римана. Тензор кривизны и его свойства. Уравнения гравитационного поля и уравнения энергии-импульса. Приближение слабого поля.
23. Сферически-симметричное гравитационное поле в пустоте. Изменение длины и времени. Уравнения геодезических, интегралы. Метрика Леметра. Сравнение с экспериментом.
24. Расширение Вселенной, ньютоновская теория. Однородные космологические модели Фридмана, их типы. Замкнутая вселенная. Космологическая сингулярность.
25. Геометрия гиперповерхностей, первая и вторая квадратичные формы. Совместность. Условия на сильных разрывах гравитационного поля.
26. Сферически-симметричное движение пыли. Задача о коллапсе однородного пылевого шара.
27. Формирование разлета Вселенной в результате неоднородного коллапса пыли. Устранение сингулярности, конечность массы Вселенной.