

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Таюрский Д.А.

"__" _____ 20__ г.

Программа дисциплины

Математические модели в космологии Б1.В.ДВ.5

Направление подготовки: 02.03.01 - Математика и компьютерные науки

Профиль подготовки: Математическое и компьютерное моделирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Агафонов А.А.

Рецензент(ы):

Игнатъев Ю.Г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Агафонов А. А.

Протокол заседания кафедры No ____ от "____" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__ г

Регистрационный No

Казань
2019

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Агафонов А.А. кафедра высшей математики и математического моделирования отделение педагогического образования , AIAAgafonov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целью дисциплины является, во-первых, знакомство студентов с основными математическими моделями в космологии. Во-вторых, исследование некоторых простейших космологических моделей методами численного интегрирования и компьютерного моделирования в системе компьютерной математики.

Таким образом, с одной стороны, мы стремимся передать студентам современные знания Вселенной, а с другой - научить их строить простейшие компьютерные модели изучаемых фундаментальных объектов. Курс интегрирует знания, полученные в ряде математических курсов, в частности, математического анализа, теории функций комплексного переменного, теории дифференциальных уравнений, а с другой стороны - знания, полученные в курсах блока информатики, механики и физики.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел 'Б1.В.ДВ.5. Дисциплины (модули)' основной профессиональной образовательной программы 44.03.05 'Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (не предусмотрено)' и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе в 8 семестре.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью использовать методы математического и алгоритмического моделирования при анализе управленческих задач в научно-технической сфере, в экономике, бизнесе и гуманитарных областях знаний

В результате освоения дисциплины студент:

4. должен демонстрировать способность и готовность:
 1. способность построения грамотной математической модели космологического объекта;
 2. способность и готовность провести ее размерностный анализ и выделить комплексы безразмерных переменных;
 3. продемонстрировать способность и готовность построения соответствующих алгоритмов решения задачи;
 4. способность и готовность составить программу в пакете прикладной математики численного моделирования исследуемого объекта;
 5. способность правильно выбрать соответствующие задаче численные методы и методы визуализации модели;

6. провести компьютерное моделирование и правильно описать его результаты.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основные математические модели классической космологии	8		4	4	0	Творческое задание
2.	Тема 2. Гравитационная неустойчивость однородной самогравитирующей материи	8		4	4	0	Творческое задание
3.	Тема 3. Математические модели статических равновесных сферически-симметрических систем	8		4	4	0	Творческое задание
4.	Тема 4. Элементы стандартной космологической модели	8		4	4	0	Творческое задание
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			16	16	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Основные математические модели классической космологии

лекционное занятие (4 часа(ов)):

1. Основные уравнения самосогласованной модели идеальной самогравитирующей жидкости в классической физике. 2. Классическая (ньютонова) космологическая модель. Постоянная Хаббла и скорость разбегания.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Компьютерное моделирование классической однородной космологической модели, вычисление постоянной.

Тема 2. Гравитационная неустойчивость однородной самогравитирующей материи

лекционное занятие (4 часа(ов)):

1. Теория Джинса гравитационных возмущений. Критерий гравитационной неустойчивости Джинса. Основные выводы. Математическая некорректность теории Джинса. Хаббла. 2. Теория возмущений классической однородной космологической модели, выделение скалярных и векторных возмущений.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Теория возмущений в пакете Maple.

Тема 3. Математические модели статических равновесных сферически-симметрических систем

лекционное занятие (4 часа(ов)):

1. Гравитационная неустойчивость как механизм образования звезд. Размерностный анализ звездной эволюции: характерные масса и размер звезд, температура в их центре. 2. Уравнение состояния. Уравнение Клайперона-Клаузиуса-Менделеева. Вырожденный газ фермионов. Степень идеальности газа. Суть явлений сверхпроводимости и сверхтекучести. 3. Математическая модель статического равновесия самогравитирующей идеальной жидкости. 4. Численное интегрирование уравнений модели статически равновесной самогравитирующей жидкости. Влияние уравнения состояния. Влияние методов численного интегрирования. 5. Сверхплотные звезды. Нейтронные звезды. Черные дыры. Эволюционный трек звезд, почему он определяется лишь начальной массой звезды.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Вычисление макроскопических параметров статистической системы в пакете Maple.

Тема 4. Элементы стандартной космологической модели

лекционное занятие (4 часа(ов)):

1. Космологическая модель Фридмана, постоянная Хаббла и космологическое ускорение. Связь космологического ускорения с эффективным уравнением состояния. 2. Темная материя и темная энергия. Фундаментальное скалярное поле как носитель темной энергии. Тензор энергии-импульса скалярного поля, плотность энергии, уравнение состояния. 3. Стандартная космологическая модель: основные уравнения и анализ. Космологическая постоянная. Модель космологической инфляции. Численное интегрирование уравнений стандартной космологической модели. 4. Основы качественного анализа космологических моделей. Особые точки и их характеристики.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Фазовые портреты стандартной космологической модели в пакете Maple. Фантомные скалярные поля и космологические модели, основанные на них. Численный анализ.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Основные математические модели классической космологии	8		подготовка к творческому заданию	10	Творческое задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Гравитационная неустойчивость однородной самогравитирующей материи	8		подготовка к творческому заданию	10	Творческое задание
3.	Тема 3. Математические модели статических равновесных сферически-симметрических систем	8		подготовка к творческому заданию	10	Творческое задание
4.	Тема 4. Элементы стандартной космологической модели	8		подготовка к творческому заданию	10	Творческое задание
	Итого				40	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются активные и интерактивные формы проведения занятий, основанные на интегрировании методов информационных технологий и математического моделирования в системах компьютерной математики.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Основные математические модели классической космологии

Творческое задание , примерные вопросы:

1. Уравнения классической гидродинамики. 2. Уравнения классической теории Ньютона. 3. Основные уравнения самосогласованной модели идеальной самогравитирующей жидкости в классической физике. 4. Размерностный анализ классической космологической модели. 5. Теория Джинса гравитационных возмущений. 6. Критерий гравитационной неустойчивости Джинса. 7. Математическая некорректность теории Джинса. 8. Классическая (ньютонова) космологическая модель. 9. Постоянная Хаббла и скорость разбегания. 10. Компьютерное моделирование классической однородной космологической модели.

Тема 2. Гравитационная неустойчивость однородной самогравитирующей материи

Творческое задание , примерные вопросы:

1. Теория возмущений классической однородной космологической модели. 2. Теория возмущений в пакете Maple. 3. Гравитационная неустойчивость как механизм образования звезд. 4. Размерностный анализ звездной эволюции: характерные масса и размер звезд, температура в их центре. 5. Уравнение состояния. Уравнение Клайперона-Клаузиса-Менделеева. 6. Вырожденный газ фермионов. Степень идеальности газа. 7. Суть явлений сверхпроводимости и сверхтекучести.

Тема 3. Математические модели статических равновесных сферически-симметрических систем

Творческое задание , примерные вопросы:

1. Математическая модель статического равновесия самогравитирующей идеальной жидкости.
2. Численное интегрирование уравнений модели статически равновесной самогравитирующей жидкости.
3. Влияние уравнения состояния.
4. Влияние методов численного интегрирования.
5. Сверхплотные звезды. Нейтронные звезды. Черные дыры. Эволюционный трек звезд, почему он определяется лишь начальной массой звезды.
6. Вычисление макроскопических параметров статистической системы в пакете Maple.
7. Космологическая модель Фридмана, постоянная Хаббла и космологическое ускорение. Связь космологического ускорения с эффективным уравнением состояния.

Тема 4. Элементы стандартной космологической модели

Творческое задание , примерные вопросы:

1. Темная материя и темная энергия.
2. Фундаментальное скалярное поле как носитель темной энергии.
3. Тензор энергии-импульса скалярного поля, плотность энергии, уравнение состояния.
4. Стандартная космологическая модель: основные уравнения и анализ.
5. Космологическая постоянная.
6. Модель космологической инфляции.
7. Космологическое ускорение.
8. Численное интегрирование уравнений стандартной космологической модели.
9. Основы качественного анализа космологических моделей. Особые точки и их характеристики.
10. Фазовые портреты стандартной космологической модели в пакете Maple.
11. Фантомные скалярные поля и космологические модели, основанные на них. Численный анализ.

Итоговая форма контроля

зачет (в 8 семестре)

Примерные вопросы к зачету:

1. Уравнения классической гидродинамики.
2. Уравнения классической теории Ньютона.
3. Основные уравнения самосогласованной модели идеальной самогравитирующей жидкости в классической физике.
4. Размерностный анализ классической космологической модели.
5. Теория Джинса гравитационных возмущений.
6. Критерий гравитационной неустойчивости Джинса.
7. Математическая некорректность теории Джинса.
8. Классическая (ньютонова) космологическая модель.
9. Постоянная Хаббла и скорость разбегания.
10. Компьютерное моделирование классической однородной космологической модели.
11. Теория возмущений классической однородной космологической модели.
12. Теория возмущений в пакете Maple.
13. Гравитационная неустойчивость как механизм образования звезд.
14. Размерностный анализ звездной эволюции: характерные масса и размер звезд, температура в их центре.
15. Уравнение состояния. Уравнение Клайперона-Клаузиса-Менделеева.
16. Вырожденный газ фермионов. Степень идеальности газа.
17. Суть явлений сверхпроводимости и сверхтекучести.
18. Математическая модель статического равновесия самогравитирующей идеальной жидкости.
19. Численное интегрирование уравнений модели статически равновесной самогравитирующей жидкости.
20. Влияние уравнения состояния.
21. Влияние методов численного интегрирования.
22. Сверхплотные звезды. Нейтронные звезды. Черные дыры. Эволюционный трек звезд, почему он определяется лишь начальной массой звезды.

23. Вычисление макроскопических параметров статистической системы в пакете Maple.
24. Космологическая модель Фридмана, постоянная Хаббла и космологическое ускорение. Связь космологического ускорения с эффективным уравнением состояния.
25. Темная материя и темная энергия.
26. Фундаментальное скалярное поле как носитель темной энергии.
27. Тензор энергии-импульса скалярного поля, плотность энергии, уравнение состояния.
28. Стандартная космологическая модель: основные уравнения и анализ.
29. Космологическая постоянная.
30. Модель космологической инфляции.
31. Космологическое ускорение.
32. Численное интегрирование уравнений стандартной космологической модели.
33. Основы качественного анализа космологических моделей. Особые точки и их характеристики.
34. Фазовые портреты стандартной космологической модели в пакете Maple.
35. Фантомные скалярные поля и космологические модели, основанные на них. Численный анализ.

7.1. Основная литература:

1. Игнатъев, Юрий Геннадиевич. Математические основы физики : с примерами решения задач в СКМ Maple : [учебник] / Ю. Г. Игнатъев, А. А. Агафонов ; Казан. (Приволж.) федер. ун-т, Ин-т математики и механики им. Н. И. Лобачевского .- Казань : [Казанский университет], 2016 .- 239 с.
2. Игнатъев, Юрий Геннадиевич. Классическая космология и темная энергия : [компьютерное моделирование в гравитации] / Ю. Г. Игнатъев ; Казан. (Приволж.) федер. ун-т, Ин-т математики и механики им. Н. И. Лобачевского .- Казань : Казанский университет : [Издательство АН РТ], 2016 .- 247 с.
3. Игнатъев, Юрий Геннадиевич. Математическое и компьютерное моделирование фундаментальных объектов и явлений в системе компьютерной математики Maple : [лекции для школы по математическому моделированию] / Ю. Г. Игнатъев ; Казан. (Приволж.) федер. ун-т, Ин-т математики и механики им. Н. И. Лобачевского .- Казань : Казанский университет, 2014 .- 297 с.
4. Игнатъев, Юрий Геннадиевич. Математическое и компьютерное моделирование фундаментальных объектов и явлений в системе компьютерной математики Maple [Текст: электронный ресурс] : [лекции для школы по математическому моделированию] / Ю. Г. Игнатъев ; Казан. (Приволж.) федер. ун-тет, Ин-т математики и механики им. Н. И. Лобачевского .- Электронные данные (1 файл: 19,09 Мб) .- (Казань : Казанский федеральный университет, 2014) .- Загл. с экрана .- Для 8-го, 9-го и 10-го семестров. Режим доступа: открытый.

URL:http://libweb.kpfu.ru/ebooks/05-IMM/05_120_000443.pdf.

5. Кирсанов М. Н. Теоретическая механика. Сборник задач: Учебное пособие / М.Н. Кирсанов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 430 с.: 60x90 1/16. - <http://znanium.com/bookread2.php?book=487544>
6. Гусейханов, М.К. Основы астрофизики [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.К. Гусейханов. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 208 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/93593/#1>
7. Гусейханов, М.К. Основы космологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.К. Гусейханов. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 192 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/109504/#1>

7.2. Дополнительная литература:

1. Строение и эволюция Вселенной / Я.Б. Зельдович, И.Д. Новиков .- Москва : Наука, 1975 .- 736 с.
2. Лекции по численным методам математической физики: Учебное пособие / М.В. Абакумов, А.В. Гулин; МГУ им. М.В. Ломоносова - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 158 с.: 60x88 1/16. (Высшее образование: Бакалавриат). (обложка)
ISBN 978-5-16-006108-5, 500 экз. - <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=364601>
3. Плохотников, К.Э. Метод и искусство математического моделирования [Электронный ресурс] : курс лекций / К.Э. Плохотников. - М. : ФЛИНТА, 2012. - 519 с. - ISBN 978-5-9765-1541-3 - <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=456334>

7.3. Интернет-ресурсы:

- Игнатъев Ю.Г. Релятивистская кинетическая теория неравновесных процессов в гравитационных полях - <http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/IgnAnnotation.htm>
- Игнатъев Ю.Г. Российская школа по гравитации и космологии Gracos-2009 и Международный семинар - <http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/Gracos2009%20.pdf>
- Игнатъев, Юрий Геннадиевич. Неравновесная Вселенная: кинетические модели космологической эволюции - <http://rgs.vniims.ru/books/universe.pdf>
- Ю.Г. Игнатъев, А.А. Агафонов, Математические модели теоретической физики с примерами решения задач в СКМ Maple - http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/MMTF_kfu.pdf
- Ю.Г. Игнатъев, Математическое и компьютерное моделирование фундаментальных объектов и явлений в системе компьютерной математики Maple - http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/mmm_eor-s.pdf

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Математические модели в космологии" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен студентам. Электронная библиотечная система "Консультант студента" предоставляет полнотекстовый доступ к современной учебной литературе по основным дисциплинам, изучаемым в медицинских вузах (представлены издания как чисто медицинского профиля, так и по естественным, точным и общественным наукам). ЭБС предоставляет вузу наиболее полные комплекты необходимой литературы в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов с соблюдением авторских и смежных прав.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Аудитория с мультимедиапроектором, ноутбуком и экраном.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 02.03.01 "Математика и компьютерные науки" и профилю подготовки Математическое и компьютерное моделирование .

Автор(ы):

Агафонов А.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Игнатьев Ю.Г. _____

"__" _____ 201__ г.