**СЛАЙД2 введение**

В условиях современного развития науки и технологий взгляд на Вселенную становится всё более точным и глубоким благодаря синтезу фундаментальной и прикладной физики.

Данное исследование направлено на поиск инвариантов, характеризующих звездные системы, что в дальнейшее может быть использовано при моделировании звездного пространства и создании карт галактических структур.

**Слайд3 исп технологии**

Для отбора данных и расчетов использовалась написанная на С++ программа. Визуализация данных в трехмерном пространстве проводилась средствами библиотеки Matplotlib для языка программирования Python, для визуализации проекций - MS EXCEL.

**Слайд 4 сходный данные**

Для исследования был выбран Каталог Ярких звёзд Йельского университета, состоящего из 9110 звезд.

Йельский университет -  [частный](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%83%D0%BD%D0%B8%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%82) исследовательский [университет](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BD%D0%B8%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%82) [США](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%A8%D0%90), основанный до [Войны за независимость](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%B0_%D0%B7%D0%B0_%D0%BD%D0%B5%D0%B7%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D1%81%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%A1%D0%A8%D0%90). Входит в «[Лигу плюща](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D0%B3%D0%B0_%D0%BF%D0%BB%D1%8E%D1%89%D0%B0)» — сообщество наиболее престижных частных американских университетов, вместе с [Гарвардским](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D1%80%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B4%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%83%D0%BD%D0%B8%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%82) и [Принстонским](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%83%D0%BD%D0%B8%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%82) университетами.

Каталог ярких звезд (BSC) широко используется в качестве источника основных астрономических астрофизических данных для звезд ярче чья звездная величина больше 6,5 (которые могут быть видимы невооружённым глазом).

Каталог содержит обозначения звезд, включенных в несколько других широко используемых каталогов (каталогу Генри Дрейпера, SAO), галактические координаты, спектральные типы, параллакс, данные о радиальной скорости и скорости вращения и т.б.

Из этого каталога выбраны звезды, для которых представлены Галактическая долгота, Галактическая широта и параллакс. Так как для расчетов необходимо использовать расстояние от солнца до звезды, параллакс был переведен в парсеки. (формула на слайде). В итоге, для дальнейшей работы было плачена таблица из трех столбцов: Галактическая долгота, Галактическая Широта, расстояние.

**Слайд 5 РАСЧЕТ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ТОЧКАМИ В ГАЛАКТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ**

На данном слайде представлен пример расчета расстояния между двумя объектами (прямая Бета гамма).

Точка Альфа – солнце, Бета и гамма – две точки в пространстве, для которых известны Галактическая Долгота, Галактическая Широта и расстояние до солнца (одна из которых звезда, а вторая – точка в пространстве, относительно которой мы считаем расстояние дозвезд).

**Слайд 6 визуализация данных**

На данном слайде представлена визуализация полученных данных в трехмерном пространстве в декартовой системе координат. По осям расстояние представлено в парсеках.

Левый график – визуализация всех данных из преобразованного католога.

Правый – визуализация области 100\*100\*100 парсек.

**Слайд 7 визуализация данных**

На левом графике представлена проекция исходных данных на ось ХУ(вид сверху)

На правом графике представлена проекция на ось ZY(вид с боку)

**Слайд 8 АЛГОРИТМ ВЫЧИСЛЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ**

Алгоритм вычисления фрактальной размерности представлен на слайде.   
Пользователь вводит в программу Галактическую долготу, галактическую Широту, расстояние от солнца до точки, радиус начальной сферы. Шаг увелечения дельта р и число итераций цикла заранее задаются в коде программы.  
В результате выполнения программы мы получаем таблицу из трех колонок: радиус сферы, колличество входящих в неё точек, врактальная размерность, расчитанная по Формуле, представленной на слайде – обобщенная формула Фрактальной размерности.

**Слайд 9 ФРАКТАЛЬНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ**

На данном слайде представлены графики зависимости фрактальной размерности от радиуса сферы.

Точки в пространстве взяты по диаметру на широте = 0.

Синяя линия – фрактальная размерность, рассчитанная по обобщенной формуле Фрактальной размерности.

Зеленая - среднее значение размерности в пределах равномерного распределения звезд.  
Красная линия – Размерность хаусдорфа.

Фрактальная размерность колеблется около среднего значения, но после достижения определенного значения радиуса сферы, начинает резко падать.

Это происходит потому, что сфера начинает выходить из области пространства, в котором звезды имеют распределение, близкое к равномерному.

**Слайд 10 - ФРАКТАЛЬНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ С РАЗНЫМ ШАГОМ**

На слайде представлены графики Фрактальной размерности, рассчитанные по формуле с шагом к = 1 и к = 3.

Среднее значение фрактальной размерности для шага к = 1 и к =2 : 2.26

**Слайд 11 - ФРАКТАЛЬНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ С РАЗНЫМ ШАГОМ**

На этом слайде так же представлены графики Фрактальной размерности, для точки с другими координатами(представлены на слайде).

Среднее значение фрактальной размерности для шага к = 1: 2.15  
Среднее значение фрактальной размерности для шага к = 3: 2.17

**Слайд 12 - ФРАКТАЛЬНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ С РАЗНЫМ ШАГОМ**

На этом слайде так же представлены графики Фрактальной размерности, для точки с другими координатами(представлены на слайде).

Среднее значение фрактальной размерности для шага к = 1: 2.37  
Среднее значение фрактальной размерности для шага к = 3: 2.4

**Слайд 13 - МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗВЕЗДНОГО ПРОСТРАНСТВА**

В предыдущем докладе была посчитана фрактальная размерность для двумерного случая. Она составила 1.26. Этот коэффициент используют для моделирования звездного пространства с помощью полетов Леви.

В нашей работе для трехмерного звёздного пространства была получена размерность 2.26 с погрешностью 7%. Стоит предположить, что используя этот коэффициент для моделирования звездного пространства с помощью полетов Леви, можно получить изображение, похожее на настоящее звездное небо.

**Слайд 14 - Фрактальная размерность 3D случайного множества**

Для Проверки выведенной формулы фрактальной размерности случайным образом были сгенерированы координаты звезд, для них посчитан график фрактальной размерности.

Зеленая линия – размерность Хаусдорфа (D≃2).  
Синяя линия – фрактальная размерность, рассчитанная через ближайших соседей

(D≃ 3)

**Слайд 15 выводы.**

Галактика Млечный Путь имеет фрактальную природу.

Фрактальная размерность нашей галактики в пределах большого скопления звёзд   
в пространстве составляет 2.26 с погрешностью 7%.

Масштабная инвариантность фрактальных характеристик галактики проявляется независимо от выбора начальной точки исследований.

Полученная фрактальная размерность для нашей галактики позволит сравнивать её с другими галактиками, что, в теории, позволит определять свойства галактик, их возраст, процесс образования и т.б.

**Слайд в конце**

Главной целью всех исследований внешнего мира должно быть открытие рационального порядка и гармонии

И. Кеплер

DESI — международный проект по картированию Вселенной в трех измерениях, сбор данных которого начался в 2021 году. Ранняя версия карты включает данные, собранные в течение первого года работы проекта — 5,7 млн галактик и квазаров.

**4 апреля 2024 года** DESI нанесла на карту галактики и квазары с беспрецедентной детализацией, создав самую большую из когда-либо созданных 3D-карт Вселенной и измерив, насколько быстро вселенная расширялась за 11 миллиардов лет.

Впервые ученым удалось измерить историю расширения того далекого периода (8-11 миллиардов лет назад) с точностью более 1%

**Ответы на вопросы:**

**Парсек – это расстояние, на котором параллакс звезд равен 1 угловой секунде.**

**1 пк = 3.26 свет года = 206265 а.е. = 3\*10^13 км**

**1 а.е = 150 млн км – расстояние от земли до солнца.**