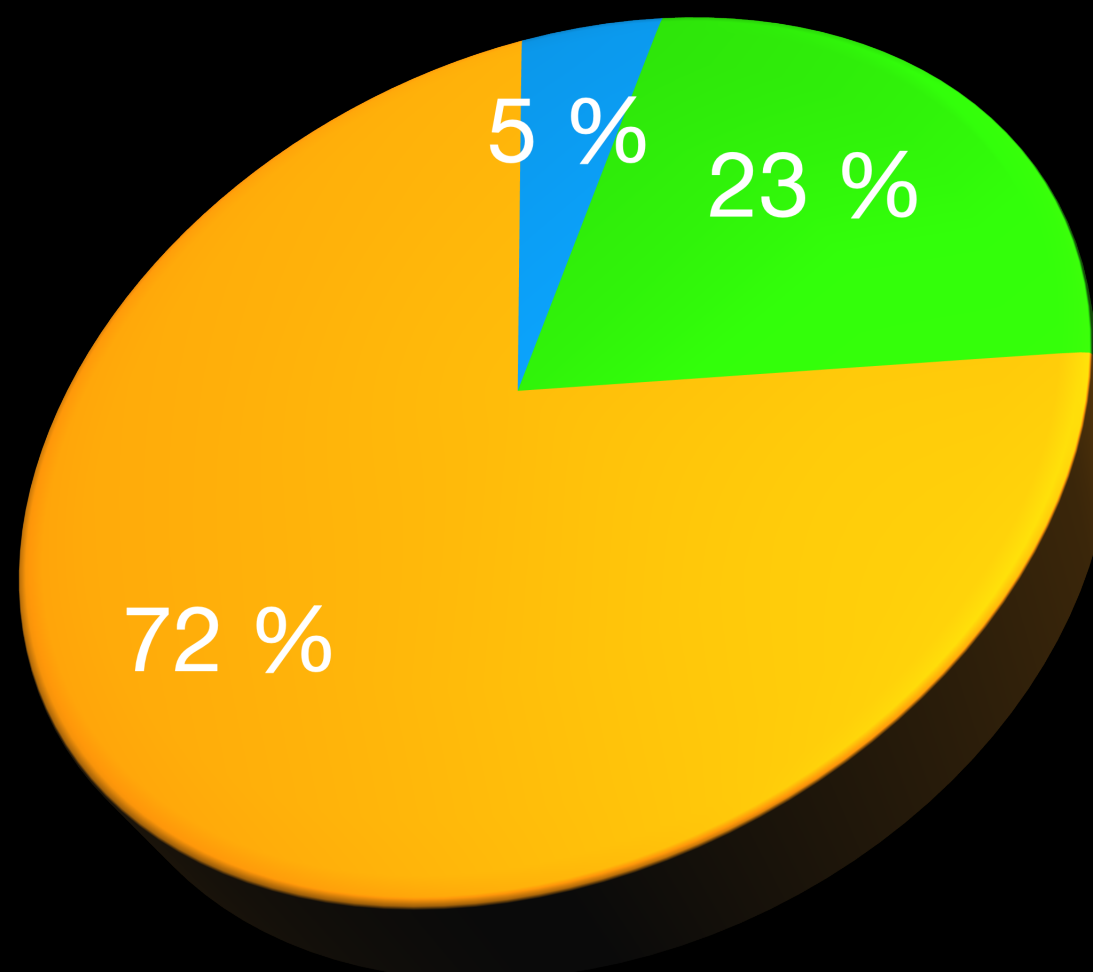


Dmitry V. Naumov

Тёмная материя

Невидимая Вселенная

● Звезды, планеты, галактики ● Тёмная материя ● Тёмная энергия



Всё, что мы называем «вселенной» — звёзды, планеты, галактики — это всего 5 % от реального содержания мира.

Что такое
“тёмная материя”?

Это вещество,

которое не излучает,

не отражает и не поглощает свет,

но гравитационно притягивает.

Мы видим его действие, хотя не видим его самого.

Что-то не сходится



В 1933 Цвикки первым применил теорему вириала к скоплению галактик Комо и обнаружил, что видимого вещества не достаточно, чтобы объяснить скорости вращения галактик.

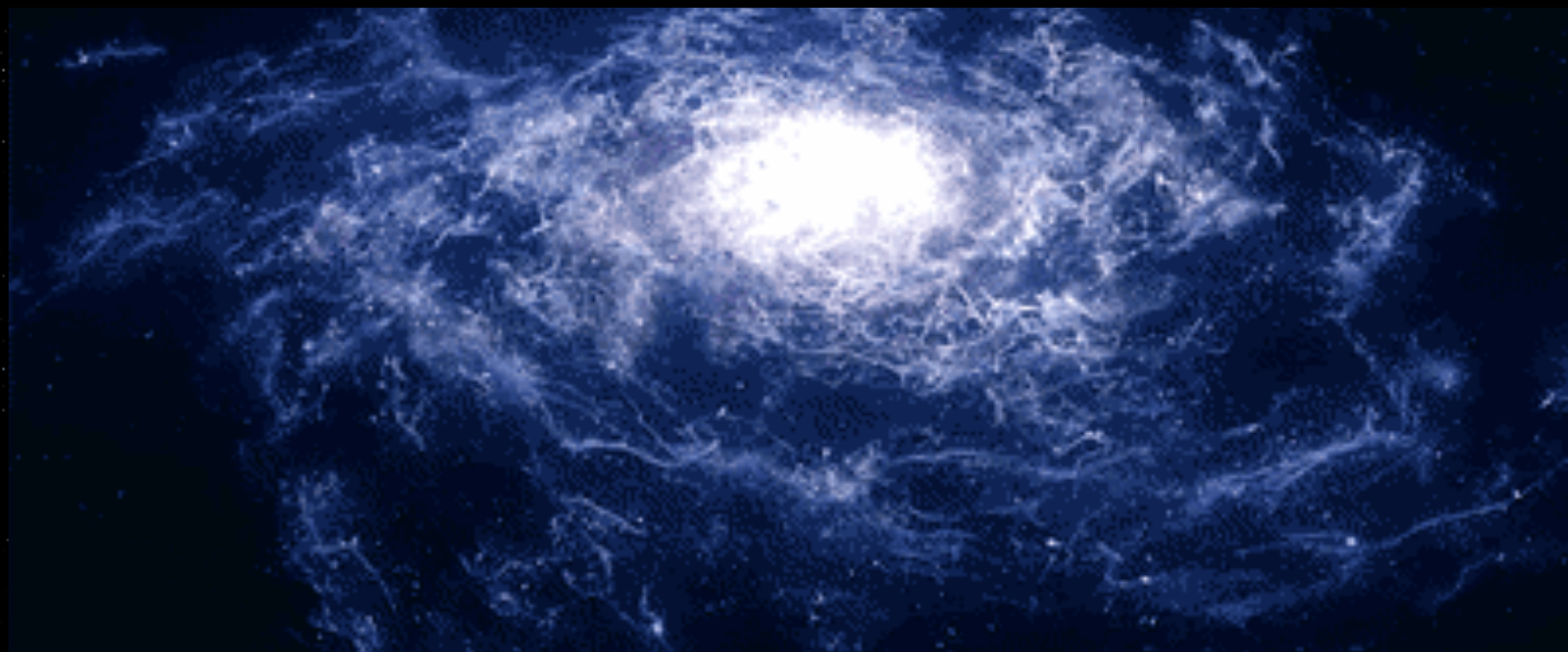
Фриц Цвикки

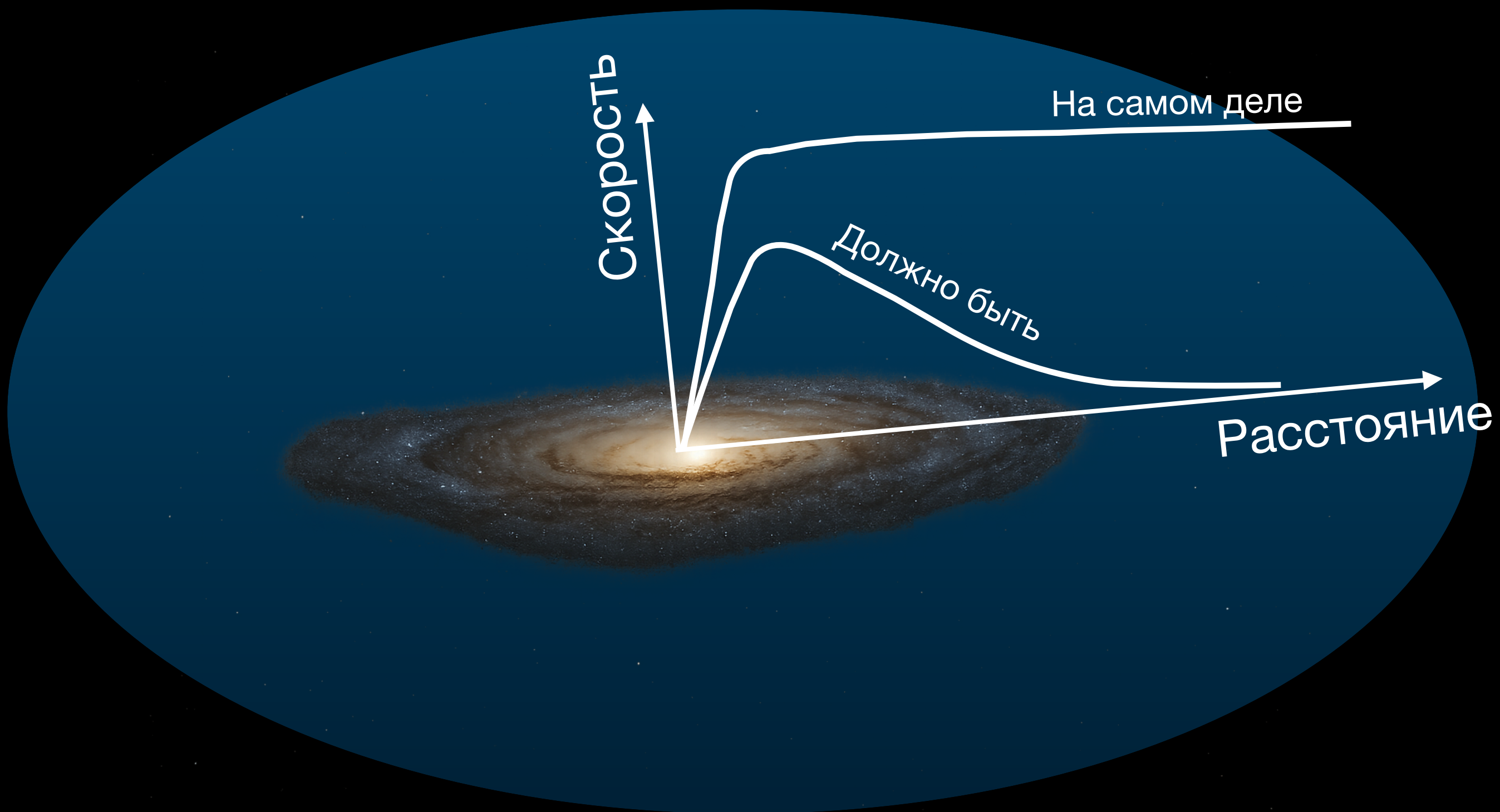


Скопление галактик Комо

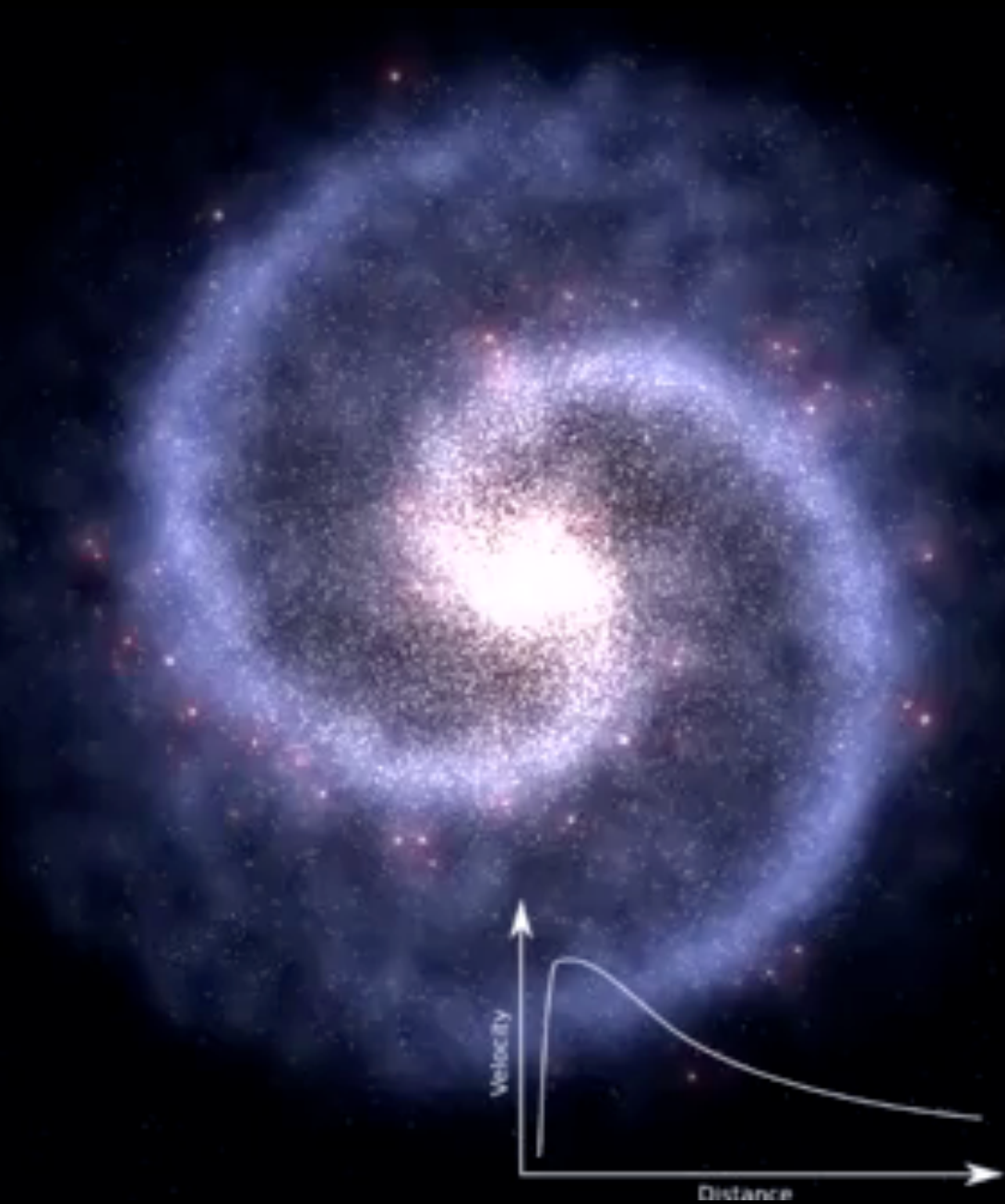
**Галактики
слишком быстро вращаются**

Так крутятся планеты Так крутятся галактики





Тёмная материя



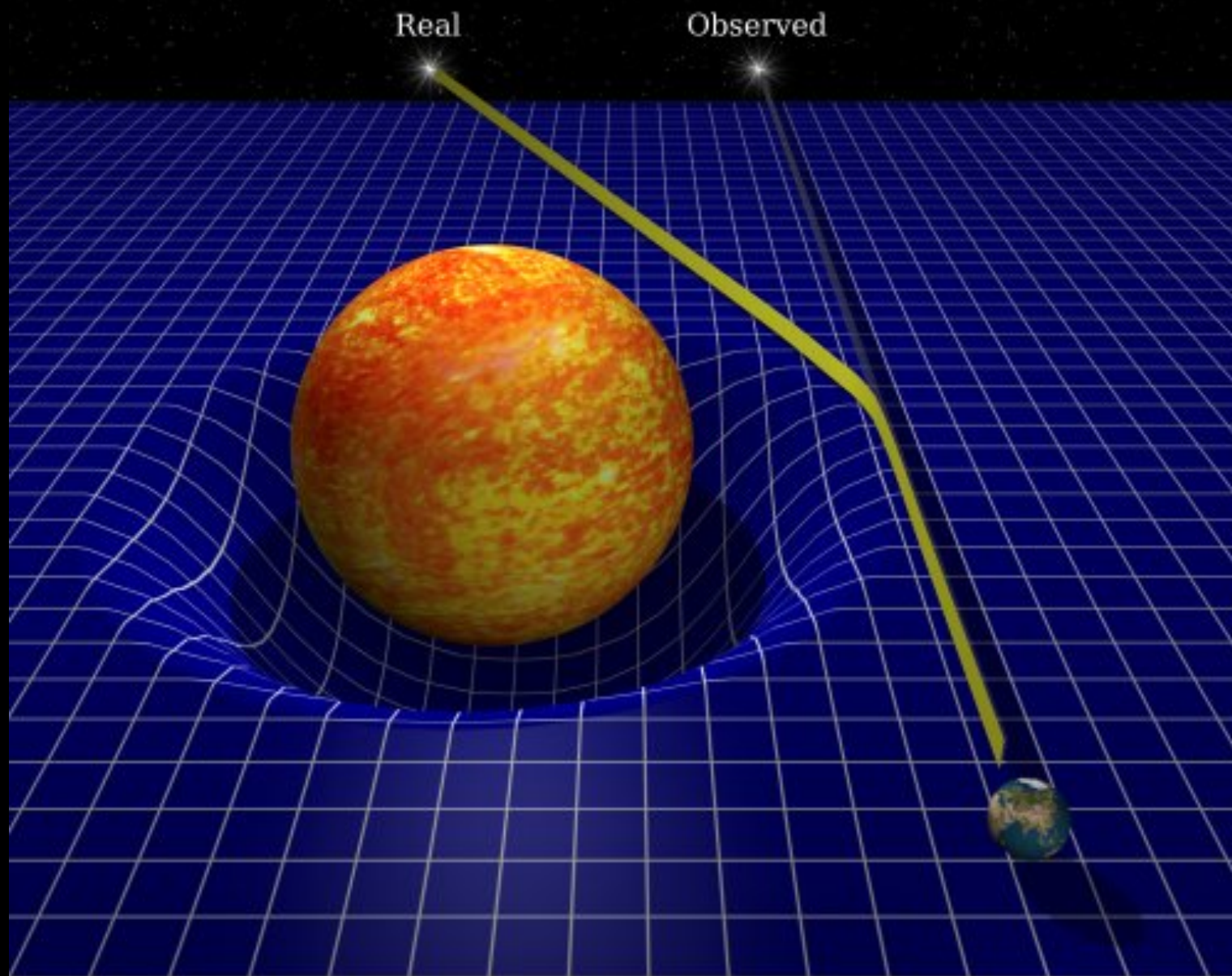
Без темной материи



С темной материей

По кривой дорожке

Гравитация = искривление пространства-времени

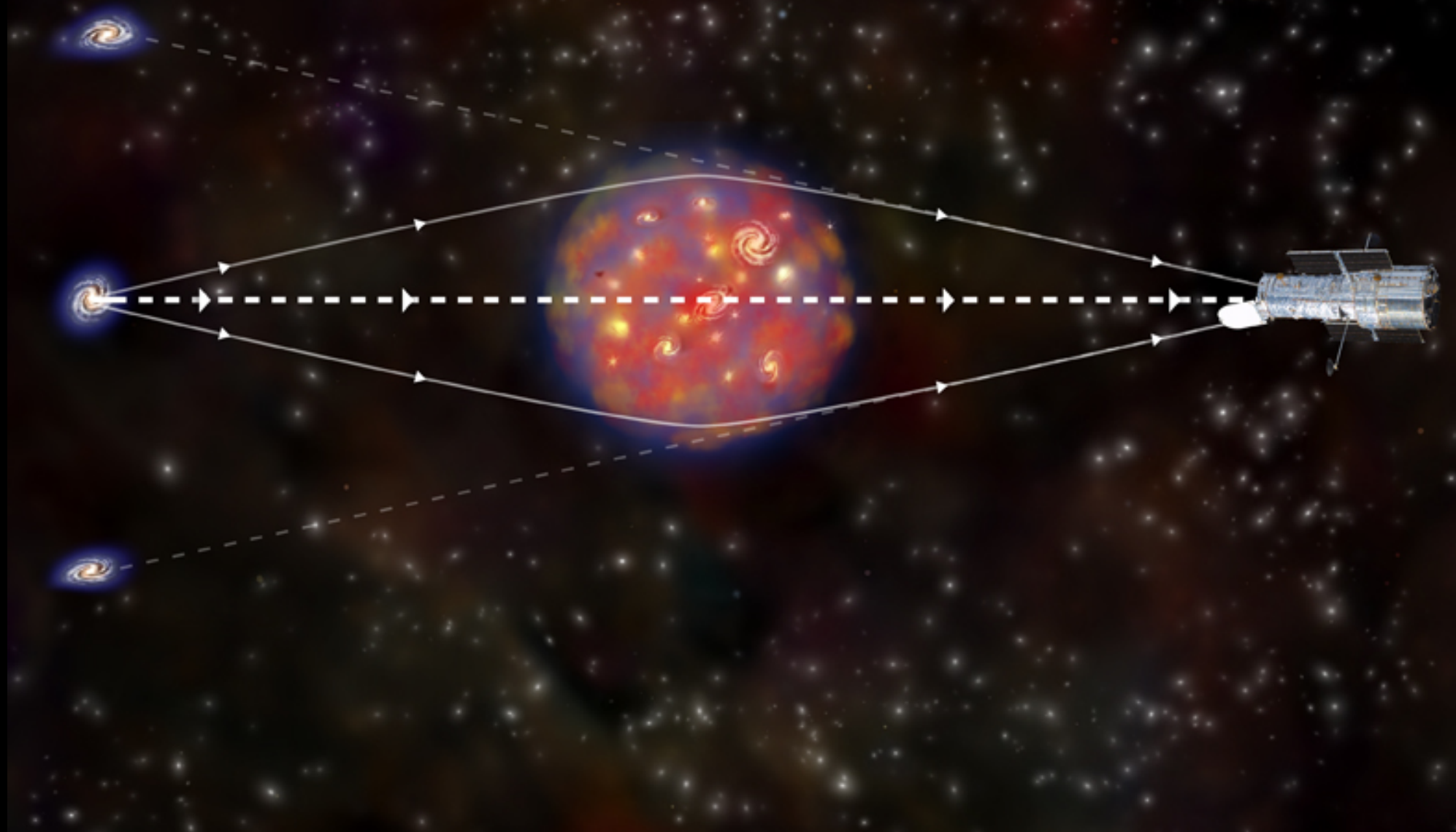


Свет движется по
искривленному пути

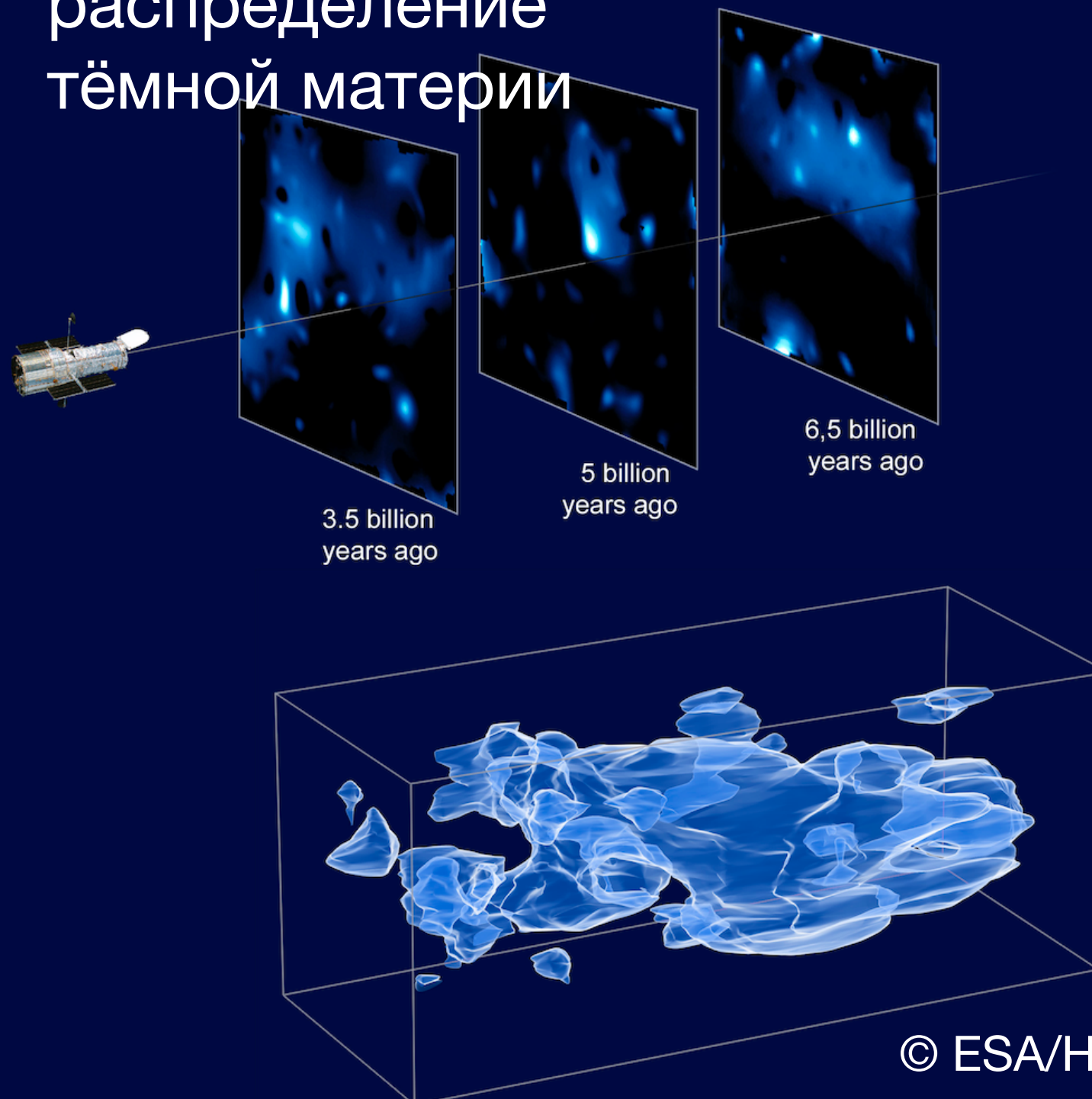
—

*и кажется нам
идущим из другого
направления*

Тёмная материя как гравитационная линза



Трёхмерное распределение тёмной материи



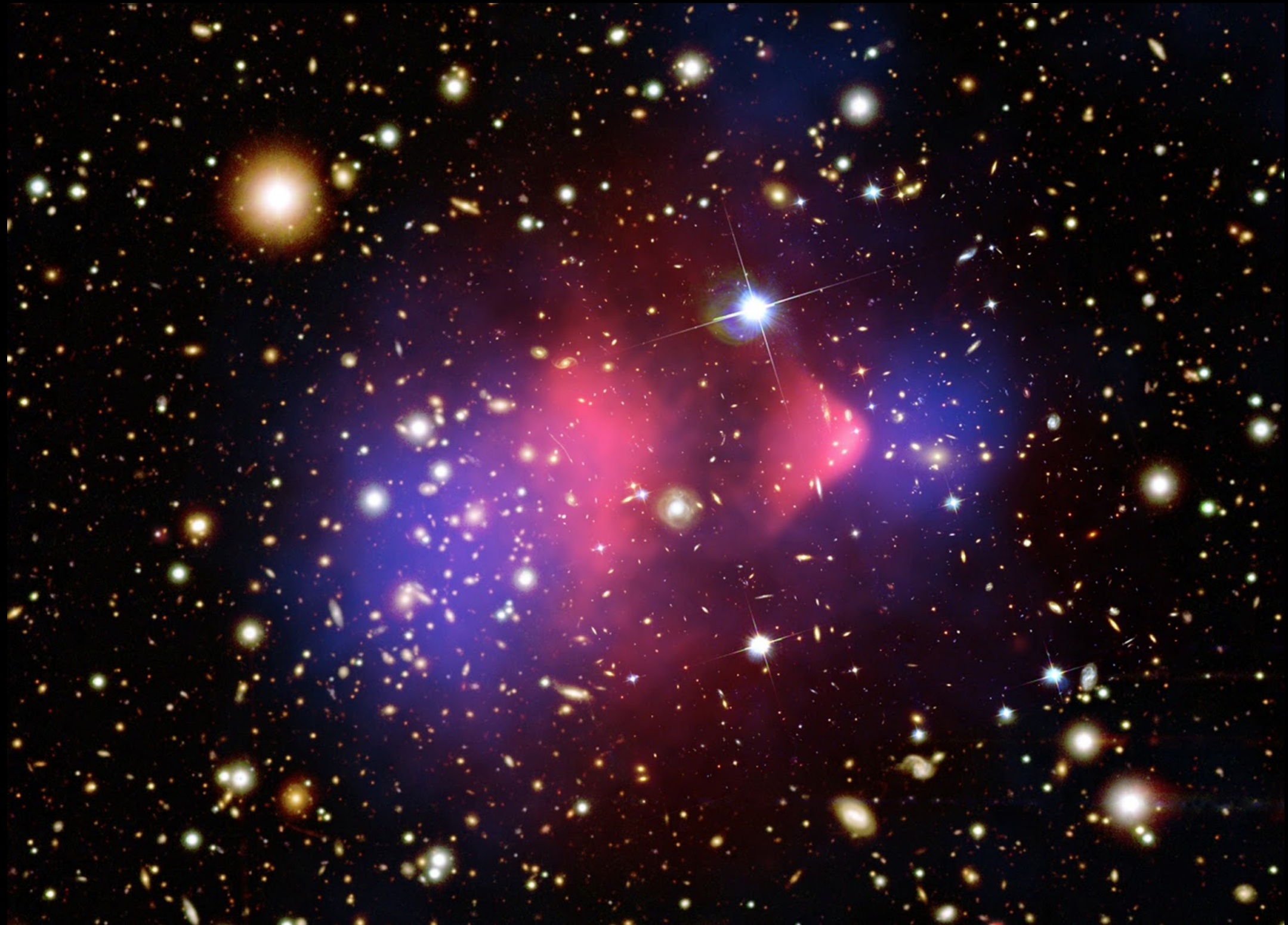
Пуля

Газ столкнулся и остался посередине, а
тёмная материя — прошла насквозь



Credit: J. Wise, M. Bradač (Stanford/KIPAC)

Это “фотография”, а не моделирование!



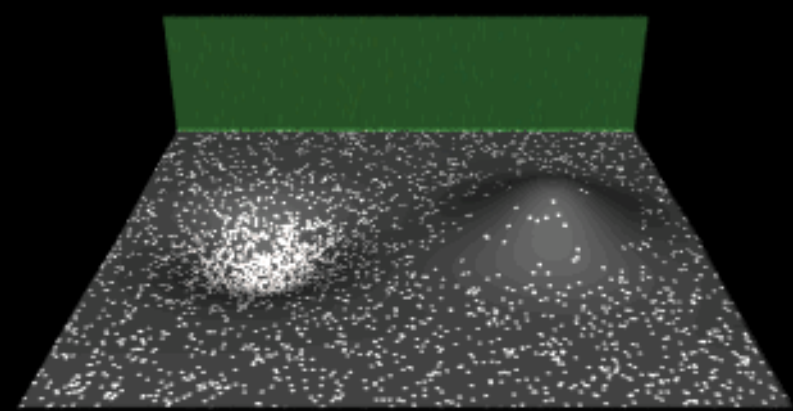
Космическое эхо



0 380 000 лет 200 миллион ов лет 1 миллиард лет время Сегодня

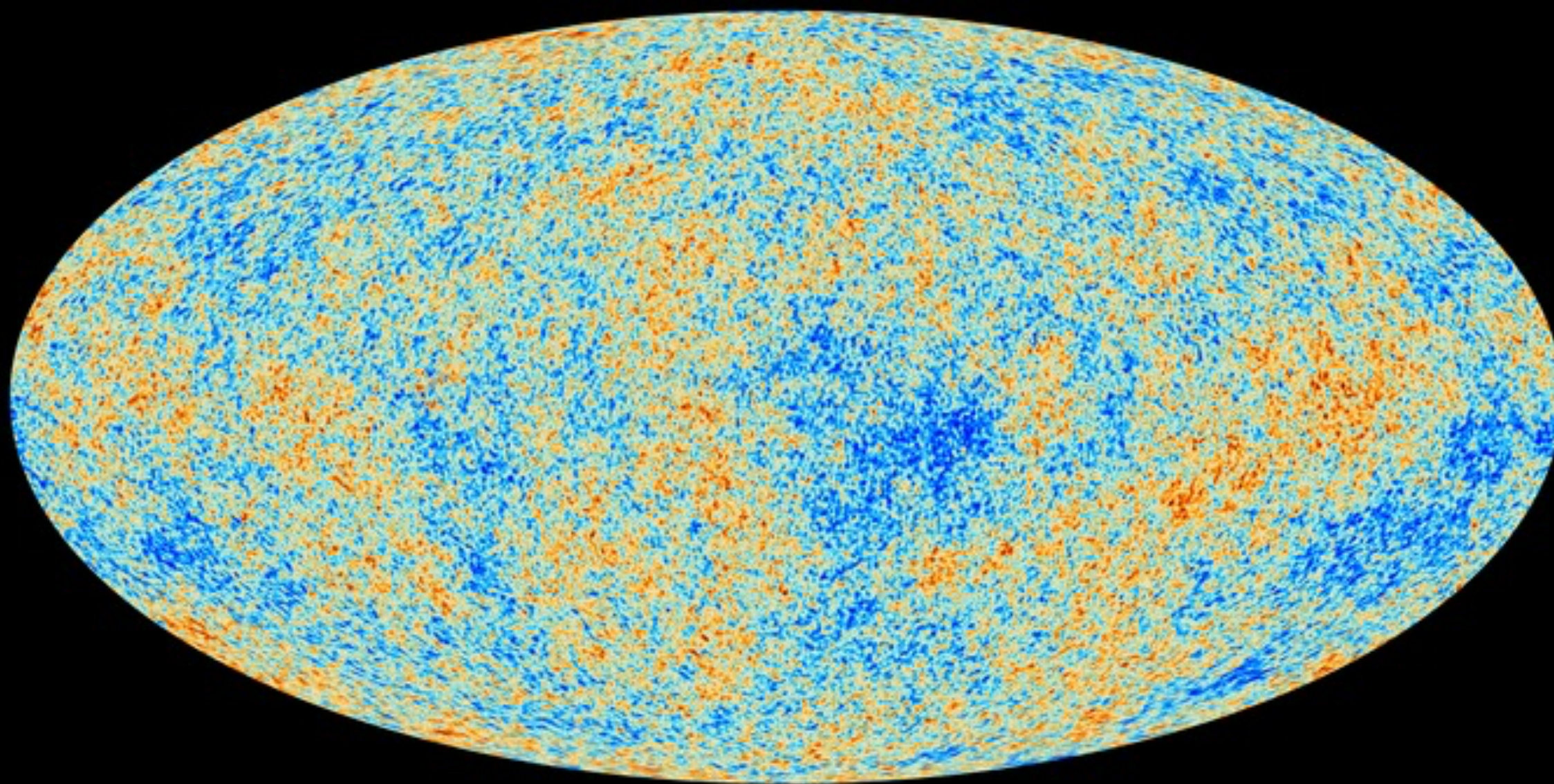


Свет отделился от вещества и мы его видим сегодня как реликтовый свет с $T=3K$



Флуктуации плотности вещества дали анизотропию температуры фотонов

Анизотропия температуры



Planck Collaboration

Анизотропия температуры
реликтового излучения:

**без тёмной материи Вселенная
была бы другой...**

Крупномасштабные структуры

Атомы водорода,
собираясь вместе
образовывали

звёзды

Но почему звезды
объединялись в

галактики?

Гравитационного
притяжения звезд
недостаточно.

Тёмная

материя нужна
для образования
галактик

Гипотезы

💎 Микромир — **новые** частицы
— Новая физика. Новые силы

● Макромир — первичные **чёрные дыры**

— Родились в первые секунды после
Большого Взрыва. Никакой новой
физики. Только ОТО

⑥ Космос — **Альтернативная** гравитация

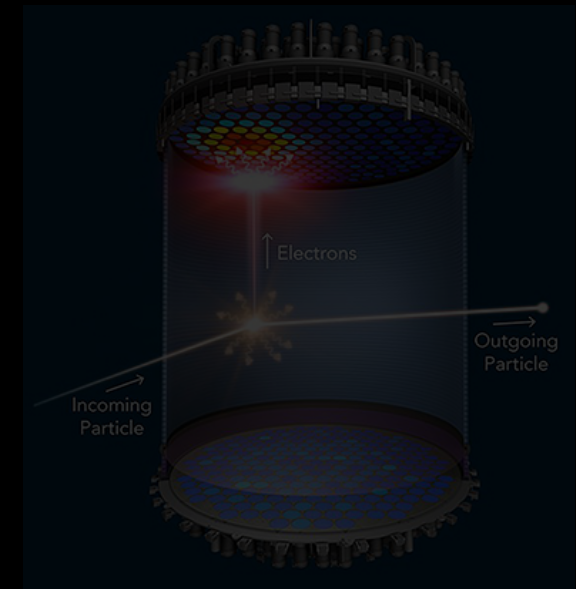
— Может тёмной материи нет
вовсе? Просто гравитация
другая

Поиск

Поиск частиц тёмной материи

Их ищут на ускорителях — в лобовых столкновениях частиц.

Их ищут в подземных лабораториях — в тишине, защищённой от космоса.



Их ищут в космосе — среди гамма-всплесков и аннигиляций.

Пока — ничего.

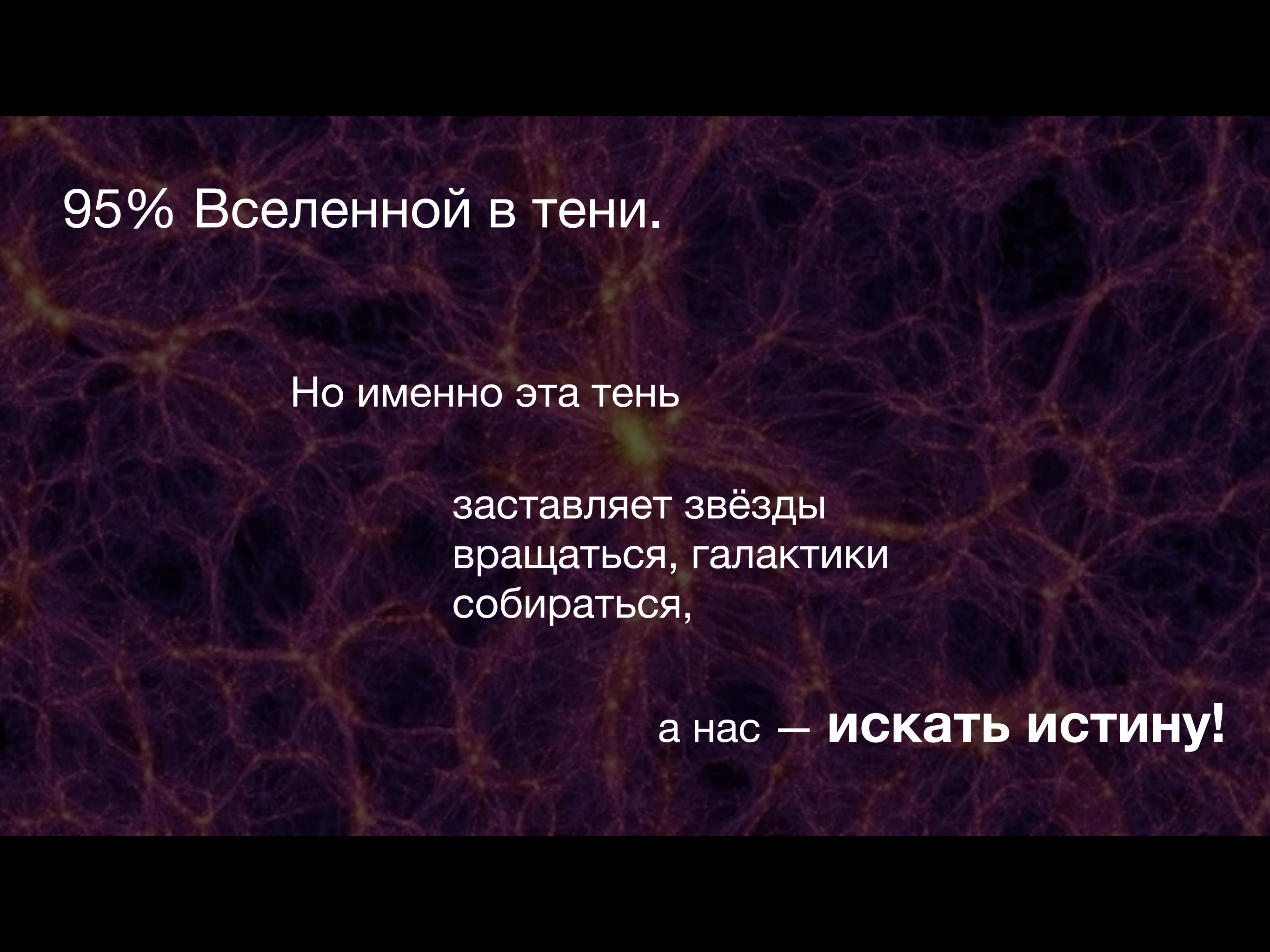
Будем искать!

Тёмная материя — пример
научной загадки, у которой нет
общепринятого решения на
данный момент

Альтернативные
объяснения **не**
объясняют всё
и сразу

Это **открытый** вопрос, в
решении которого могут
поучаствовать завтра
вчерашние дети

**Вселенная больше,
чем кажется**

A background image of the cosmic web, showing a complex network of dark matter filaments and galaxy clusters in deep purple and blue tones. The filaments form a dense, interconnected web across the entire frame.

95% Вселенной в тени.

Но именно эта тень

заставляет звёзды
вращаться, галактики
собираться,

а нас — **искать истину!**