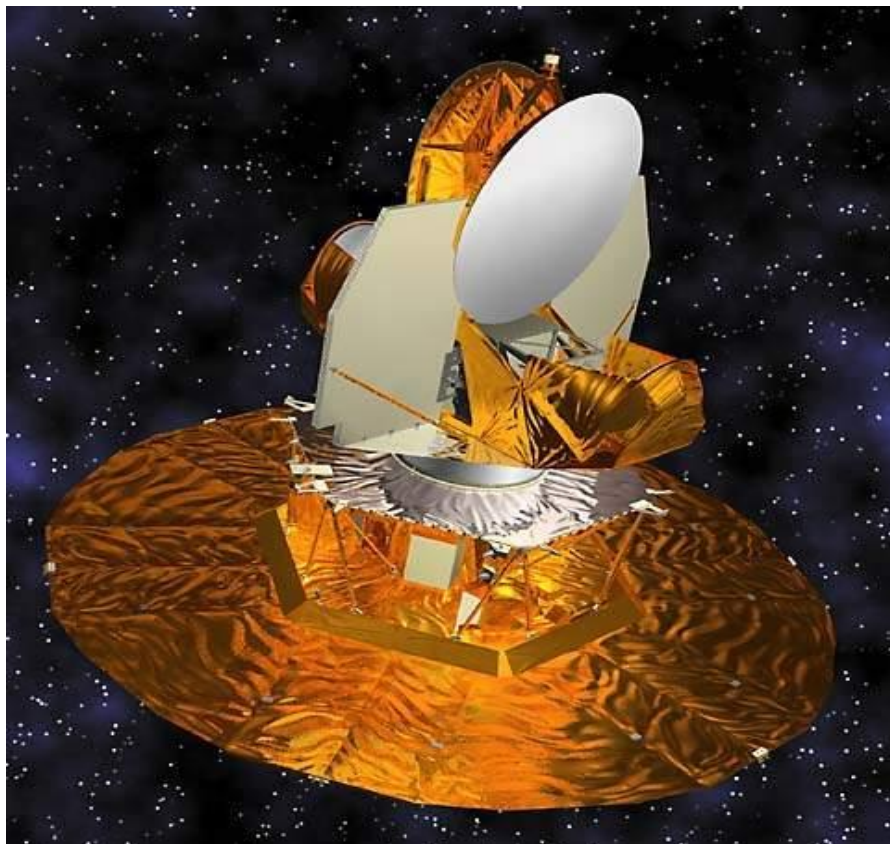




МЕТАГАЛАКТИКА

редко бывают одиночными

Скопление галактик в созвездии Печи
Средний диаметр скопления галактик
к 5 Мпк, среднее число
галактик в скоплении – 130.

Скопление в созвездии Волосы Вероник
и.

Мы его видим таким, каким оно было 400
миллионов лет назад.

A deep-space photograph showing three galaxies from the Stephan's Quintet cluster. The galaxy on the left is a large, tilted, edge-on spiral with a bright central core. To its right are two smaller, more compact galaxies, also with bright cores. The background is filled with numerous distant stars and faint, wispy clouds of intergalactic gas and dust. The text 'Три галактики Квинтета Стефана' is overlaid in the bottom-left corner.

Три галактики
Квинтета Стефана

- В Местную группу галактик, размеры которой 1,5 Мпк, входят: наша Галактика, Туманность Андромеды М31, Туманность Треугольника М33, Большое Магелланово Облако (БМО), Малое Магелланово Облако (ММО), неправильные галактики NGC 6822, IC 1613, карликовые галактики. В ней всего около сорока галактик связаны взаимной гравитацией. Согласно последним исследованиям, Местная группа движется с о скоростью 635 км/с

Скопление в созвездии Де
вы

Одно из них – скопление в созвездии Девы, находящееся в 15 Мпк от Местной группы.

Скопление Девы огромно: оно покрывает участок неба в 200 раз превышающий площадь, занимаемую Луной.

Одна только эллиптическая галактика M87

из этого скопления по размеру сравнима с

целой Местной группой

Сверхскопление галак
тик в созвездии Геркулес
а

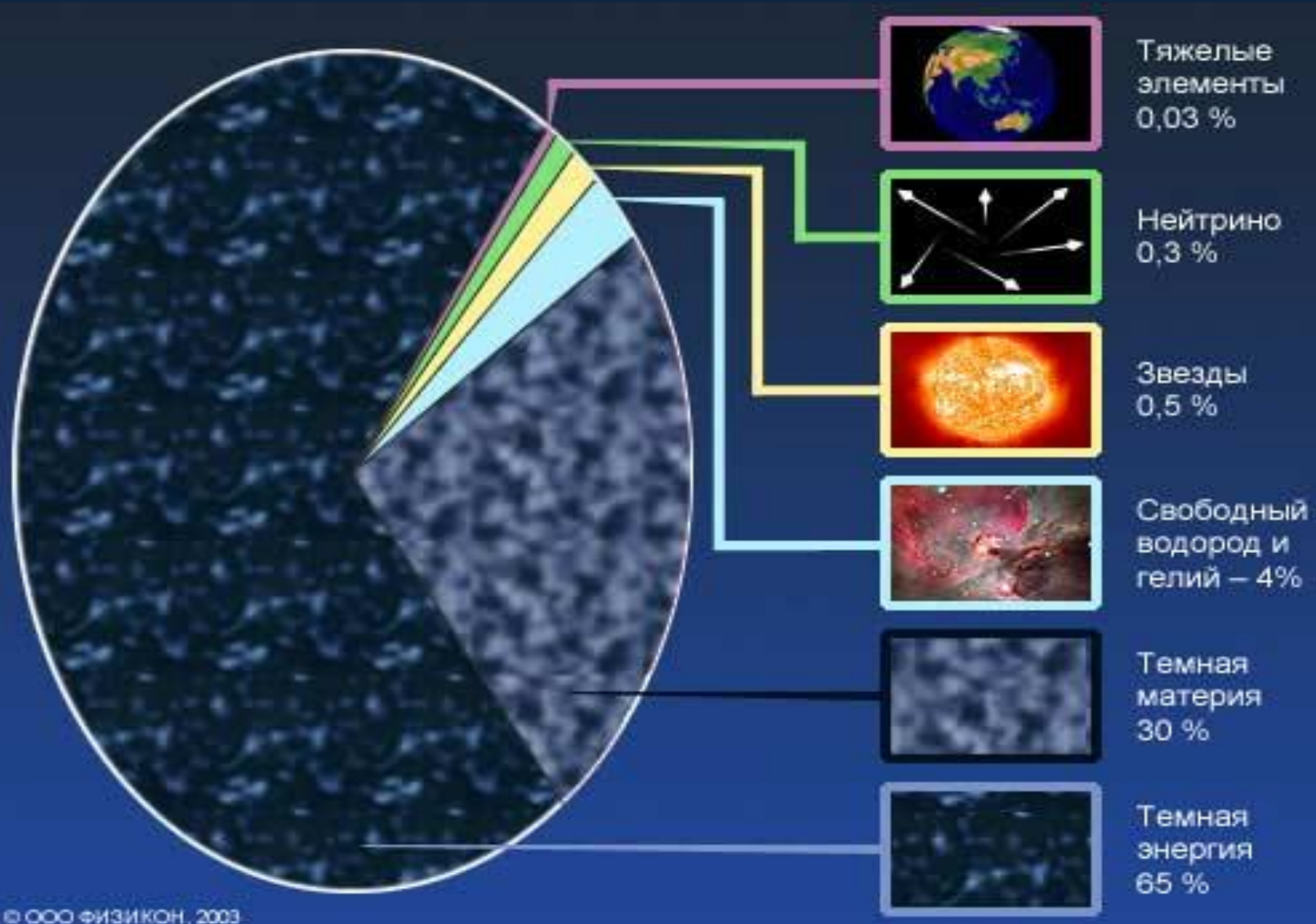
Пространство между галактиками заполнено газом, температура которого более десяти миллионов К.

В среднем на каждый кубический дециметр

пространства приходится всего один атом,

однако в связи с огромным объемом скопления полная масса газа сопоставима

Состав Вселенной



**Чтобы столь горячий газ не покидал скопление,
его должна удерживать большая сила
тяготения.**

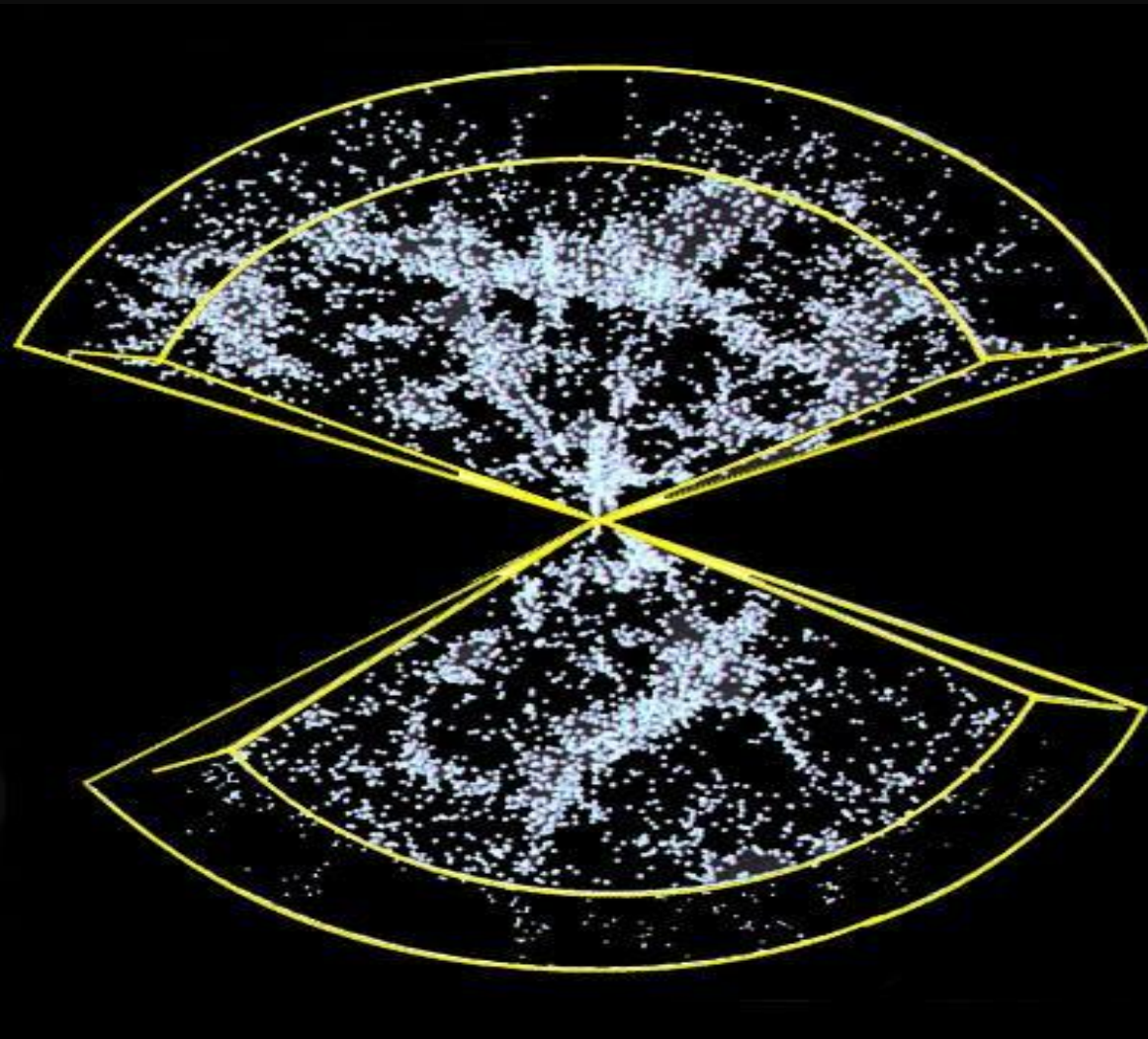
**По оценкам ученых суммарного
гравитационного поля всех галактик для
этого не достаточно.**

**Необходимо предположить,
что существует, так называемая,
скрытая масса.**

**К этому же выводу можно прийти,
рассматривая устойчивость
самых скоплений.**

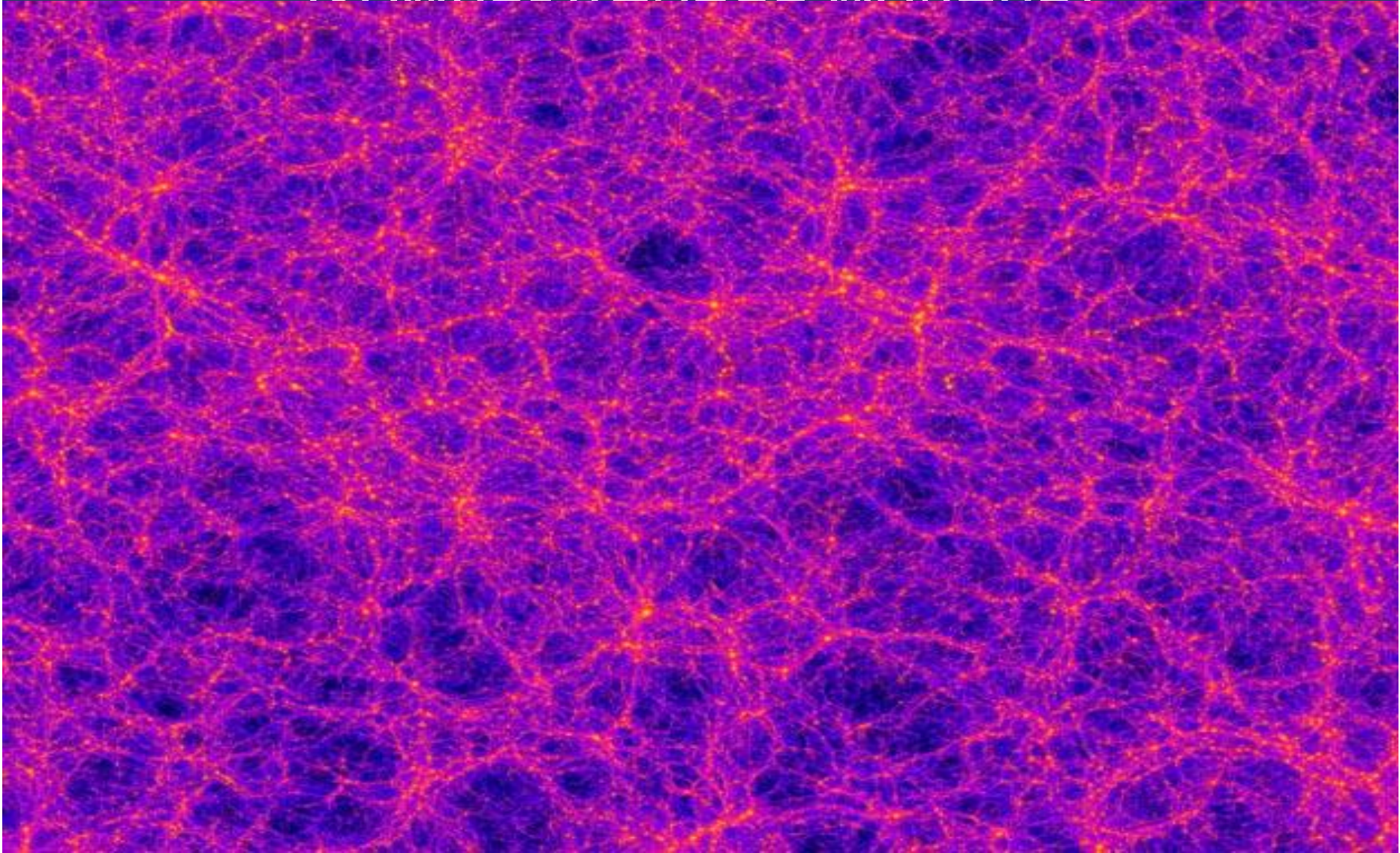
**Скорости отдельных галактик настолько в
ысоки, что без скрытой**

На этой трехмерной карте,
покрывающей около трети неба,
отмечены более 11 тысяч галактик

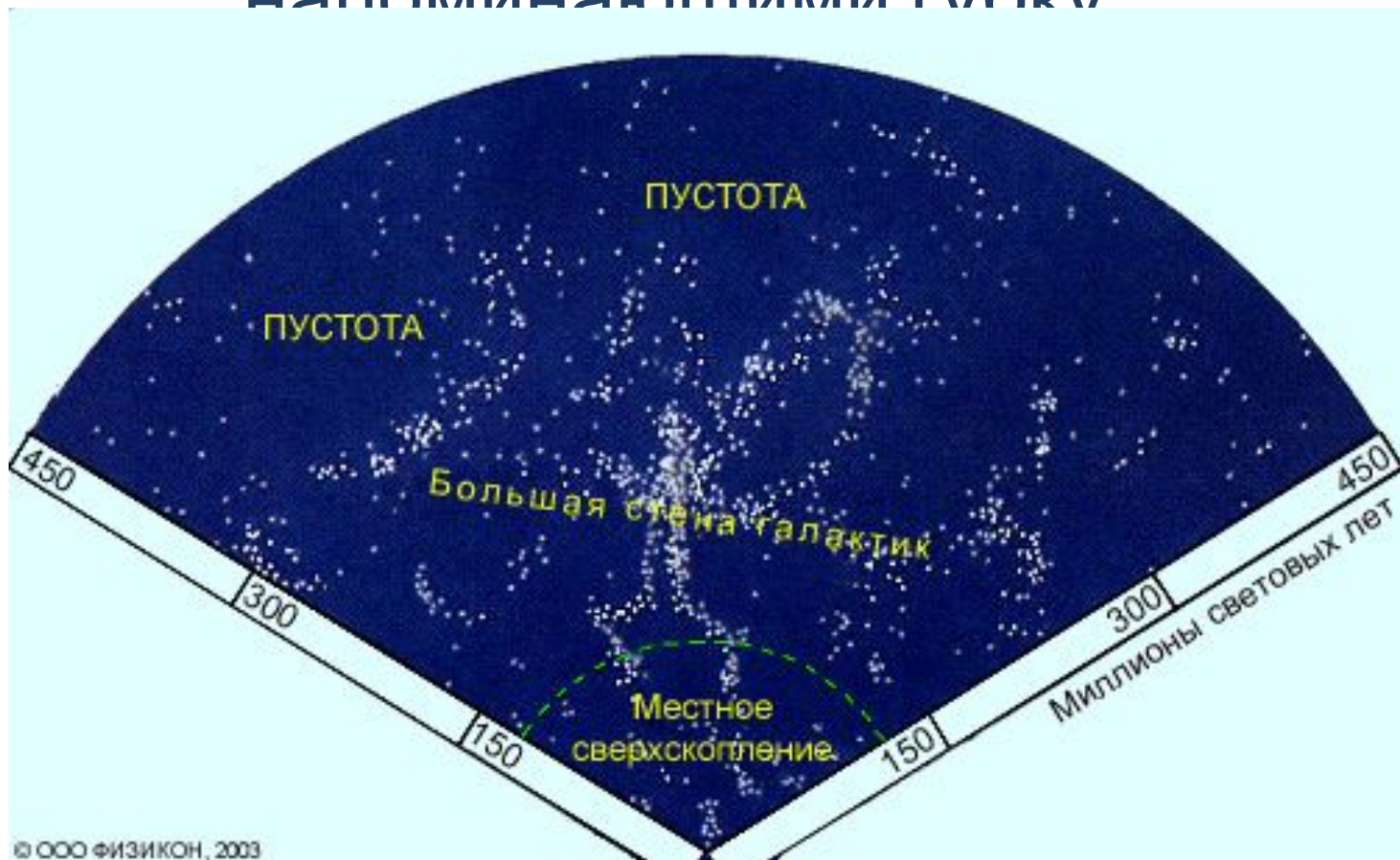


Крупномасштабная структура Вселенной

(компьютерная модель)



Галактики собраны в сверхскопления,
которые образуют слои и ленты,
разделенные обширными пустотами, по структуре
напоминающими губку



В XX веке стали известны два экспериментальных факта, подтверждающих расширение Вселенной:

- красное смещение линий в спектрах галактик,
- реликтовое излучение.

В 1929 году, исходя из наблюдений спектров галактик, американский астроном

Эдвин Хаббл сформулировал закон:

$$V = H \cdot R$$

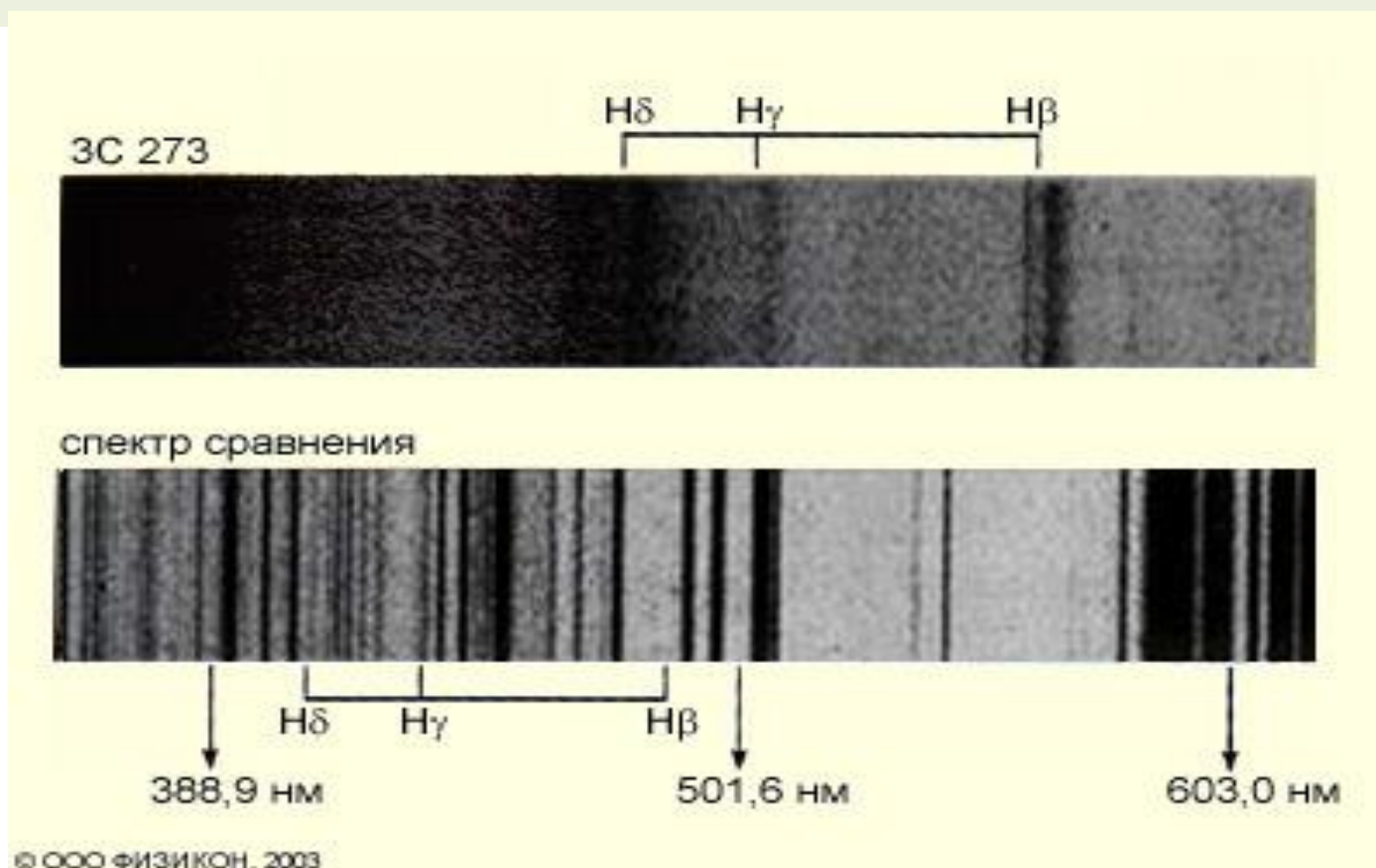
скорости удаления галактик пропорционально расстоянию до них.

**Этот закон получил название закона Хаббла.
Постоянная Хаббла в настоящее время принимается равной**
 $H = 70 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$



ет с
большой точностью
определять расстояния до них.

**Чем сильнее смещены линии в спектре галактик,
тем дальше галактика.**



Зависимость красного смещения в спектрах галактик от расстояния до них (с учетом релятивистских поправок) для постоянной Хаббла $100 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$



Телескоп им. Хаббла (состыкованный с шаттлом для ремонта)



- По уточненным современным данным, численное значение $H = 70$ км/(с·Мпк).

Тогда характерное время Хаббла (вероятно, близкое ко времени расширения нашей Вселенной) $T = 1 / H = 14$ миллиардов лет,

а расстояние Хаббла (условный размер

Далекие галактики



Молодая Вселенная



Во Вселенной медленно происходят изменения, носящие необратимый характер, например расширение.

Наблюдаемую часть Вселенной обычно называют **Метагалактикой**.

Метагалактику составляют различные наблюдаемые

структурные элементы: **галактики, звезды, сверхновые, квазары и т.д.** Размеры Метагалактики ограничены нашими

возможностями наблюдений и в настоящее время приняты

равными 10^{26} м. Ясно, что понятие размеров Вселенной весьма условно. **Реальная Вселенная безгранична и нигде не кончается.**

Радиус видимой части Вселенной не может превышать расстояние, которое излучение, распространяющееся

со скоростью света, проходит за время, равное возрасту Вселенной.

Теоретические основы космологии были заложены Альбертом Эйнштейном и Александром Фридманом



Альберт Эйнштейн



Александр Фридман

В соответствии с решениями Фридмана уравнений Эйнштейна 10–13 миллиардов лет назад(в начальный момент времени) радиус Вселенной был равен нулю.

В нулевом объеме была сосредоточена вся

энергия Вселенной, вся ее масса.

Плотность энергии была бесконечной, бесконечной была и плотность вещества
.

Подобное состояние называется сингулярным.

Планковское время

10^{-43} сек

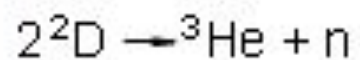
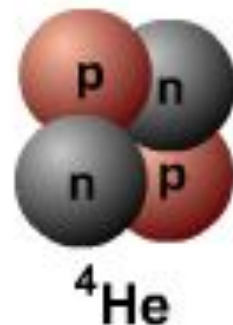


Спустя несколько секунд после Большого Взрыва в горячей и плотной Вселенной началась стадия первичного нуклеосинтеза, продолжавшаяся около трех минут. В результате термоядерных реакций образовывались ядра тяжелого водорода и гелия.

Затем началось спокойное расширение и остывание Вселенной.

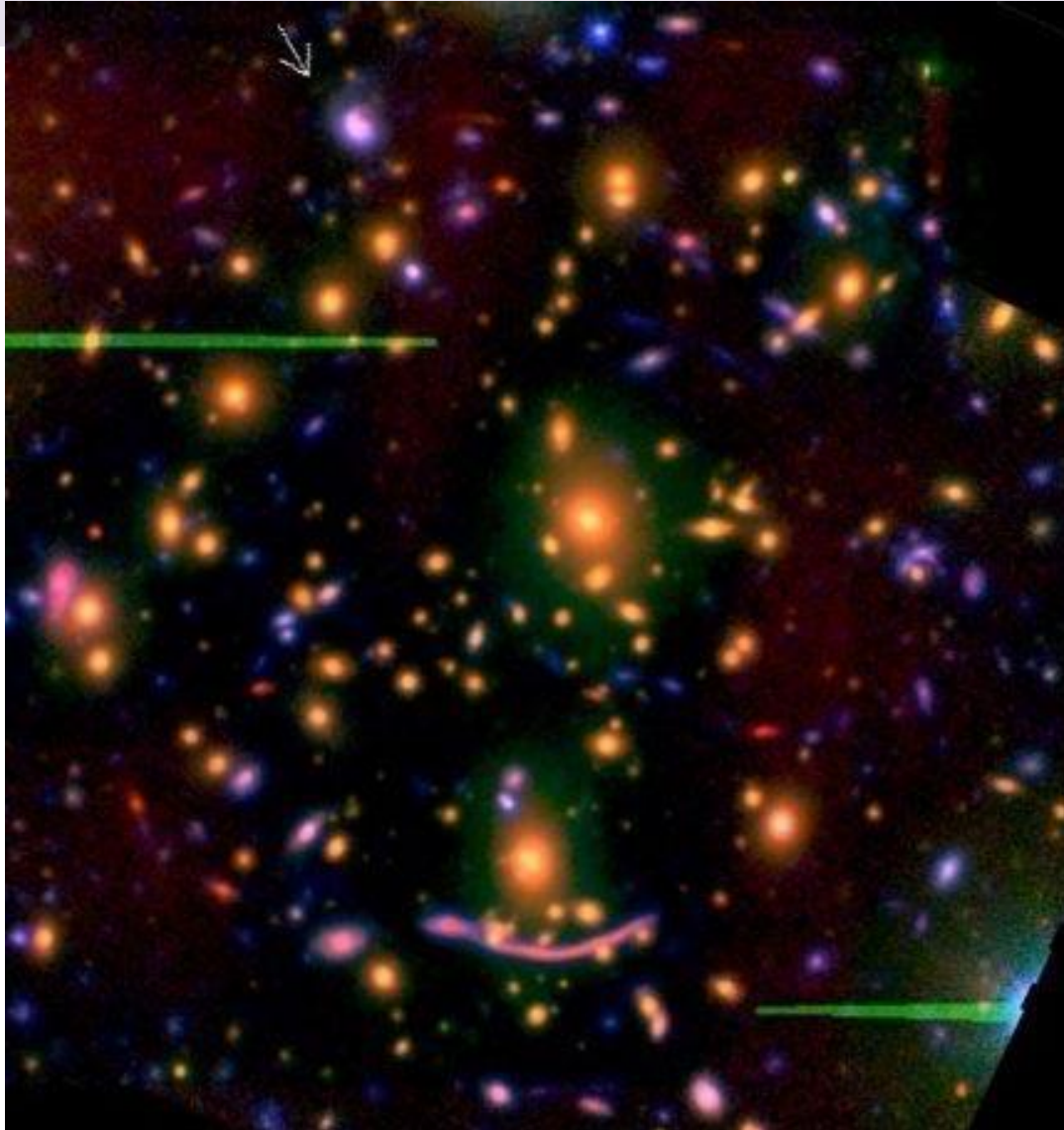
Предсказанные количества водорода (75%) и гелия (25%) по теории первичного нуклеосинтеза подтверждаются распространенностью легких элементов в космосе в настоящее время.

Реакции в ранней Вселенной

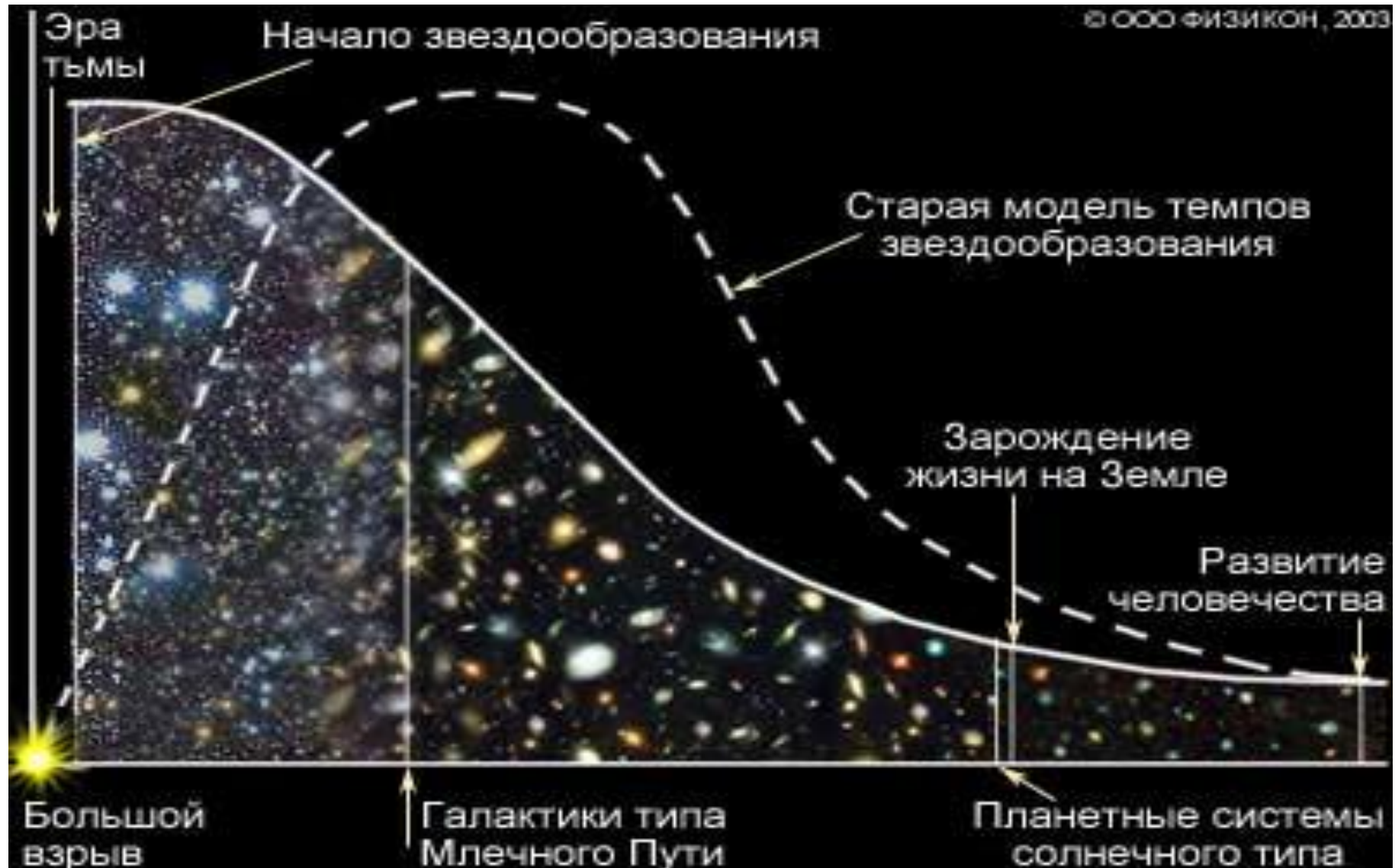


Название эпохи	Физические процессы	Время с момента Большого Взрыва	Температура
Рождение классического пространства-времени	Вселенная рождается из состояния сингулярности, из пространственно-временной пены	$5 \cdot 10^{-44}$ с	10^{32} К
Стадия инфляции	Вселенная начинает расширяться, появляются возмущения плотности, из которых потом образуются скопления галактик. Появляется барионная асимметрия	$5 \cdot 10^{-44}$ - 10^{-36} с	10^{29} К
Рождение барионного избытка	Механизм бариосинтеза (образование протонов и нейтронов) имеет много общего с обычными химическими реакциями, поэтому его называют горячим бариосинтезом, а эпоху генерирования избытка вещества над антивеществом – стадией бариосинтеза	10^{-35} с	10^{29} К
Электрослабый фазовый переход	В эту эпоху слабые и электромагнитные взаимодействия, бывшие до этого момента времени едиными, расщепляются на обычные электромагнитные, основным квантом которых является фотон, и слабые взаимодействия с участием нейтрино, основными квантами которых являются $W^\pm$ и Z^0 -бозоны	10^{-10} с	10^{16} - 10^{17} К
Конфайнмент (невылетание) кварков	В свободном состоянии кварки могут существовать только в очень горячей плазме с температурой $T > 10^{11}$ К. В ранней Вселенной, когда температура была значительно больше этой величины, протонов и нейтронов не было, существовал "кварковый суп". В результате расширения Вселенной температура падает, кварки начинают соединяться, образуя протоны и нейтроны, и как самостоятельные частицы уже не встречаются в природе (не вылетают)	10^{-4} с	10^{12} - 10^{13} К
Первичный нуклеосинтез	Образуются первичные легкие ядра: ^4He (25 %), дейтерий ^2H ($3 \cdot 10^{-5}$ %), ^3He ($2 \cdot 10^{-5}$ %), ^7Li (10^{-9} %), то есть начинает рождаться привычное нам вещество	1-200с	$\sim 10^9$ - 10^{10} К
Стадия рекомбинации водорода	Вещество становится прозрачным. Образование реликтового излучения	1 с - 1 000 000 лет	4500 - 3000 К
Возникновение галактик	Начало возникновения звезд и галактик	1 миллиард лет	30 К
Современная эпоха	Существование галактик и звезд. Расширение Вселенной продолжается	15 - 20 млрд лет	2,725 К

Открытие галактики с $z = 6,56$ доказывает,
что эпоха несветящегося вещества во
Вселенной завершилась ранее $z = 6,6$.



Современные представления об эволюции Вселенной





В 1992
году была открыта анизотропия реликтов
ого
излучения – незначительное
отклонение температуры (на 30 мкК)
от среднего значения 2,725 К в различных
направлениях на небе.
Открытие анизотропии
реликтового излучения
также подтверждает теорию Горячей
Вселенной и Большого Взрыва.

Космологические модели приводят к выводу, что судьба Вселенной зависит только от средней плотности заполняющего ее вещества. Если она ниже некоторой критической плотности, расширение Вселенной будет продолжаться вечно. Этот вариант называется «открытая Вселенная». Похожий сценарий развития ждет и плоскую Вселенную, когда плотность равна критической. Через многие миллиарды лет прогорит все вещество в звездах, и галактики погрузятся во тьму. Останутся только планеты, белые и коричневые карлики, а столкновения между ними будут крайне редки. Если Земля все еще останется к этому времени, она будет замерзшей скалой в темной расширяющейся Вселенной.

Согласно теории Эйнштейна-Фридмана,
эта
плотность равна

$$\rho_0 = \frac{3H^2}{8\pi G} \approx 1 \cdot 10^{-32} \text{ кг/м}^3$$

Эта величина ничтожно мала:
достаточно,
чтобы в кубе со стороной около 50
метров содержался
один атом водорода.

Определить из наблюдений истинную плотность

материи еще сложнее. Плотность

наблюдаемого вещества во Вселенной близка к

$3 \cdot 10^{-34}$ кг/м³, то есть меньше критической, поэтому Вселенная должна неограниченно расширяться. Однако, произведенный в последнее время учет скрытой

массы и массы физических полей (согласно общей теории относительности) приближает истинную среднюю плотность

Вселенной к критическому значению.

При этом видимое вещество дает

