

Современные проблемы технической физики

1. Проблемы современной науки

Наиболее важные вопросы в плане мировоззрения

- Происхождение Вселенной*
- Природа элементарных частиц*
- Структура пространства* (крупномасштабная, мелкомасштабная)
- Происхождение жизни*
- Происхождение Человека*
- Природа сознания*

Основной вопрос философии

□ Взаимодействие Человека и Природы

Проблемы технической физики – те, которые возникают при создании условий для жизни и при изучении Природы

- Производство , аккумуляция и передача энергии

□ управляемый термоядерный синтез

□ МОХ- топливо

□ топливные элементы

□ солнечная энергия

□ электрические аккумуляторы высокой емкости

□ сверхпроводящие материалы

□ «холодный» термояд

- Новые материалы

□ с высокой радиационной стойкостью

□ термостойкие материалы (на основе Ti, B, Be, Si, C)

□ теплосберегающие покрытия

□ высокотемпературные сверхпроводники

□ биосовместимые материалы

□ материалы с высокой прочностью

- Микроэлектроника, вычислительная техника

- ☐ миниатюризация
- ☐ повышение быстродействия (квантовые точки...)
- ☐ повышение плотности хранения информации
- ☐ новые принципы хранения информации (спинтроника ...)
- ☐ логические устройства на новых принципах
- ☐ Компьютеры на сверхпроводящих элементах

- Утилизация отходов

- ☐ бытовых
- ☐ промышленных
- ☐ радиоактивных
- ☐ очистка воды

- Для решения научно-технических задач

- ☐ новые принципы ускорения заряженных частиц
- ☐ получение сверхглубокого вакуума
- ☐ получение сверхнизких температур
- ☐ получение сверхвысокого давления
- ☐ полеты к другим планетам

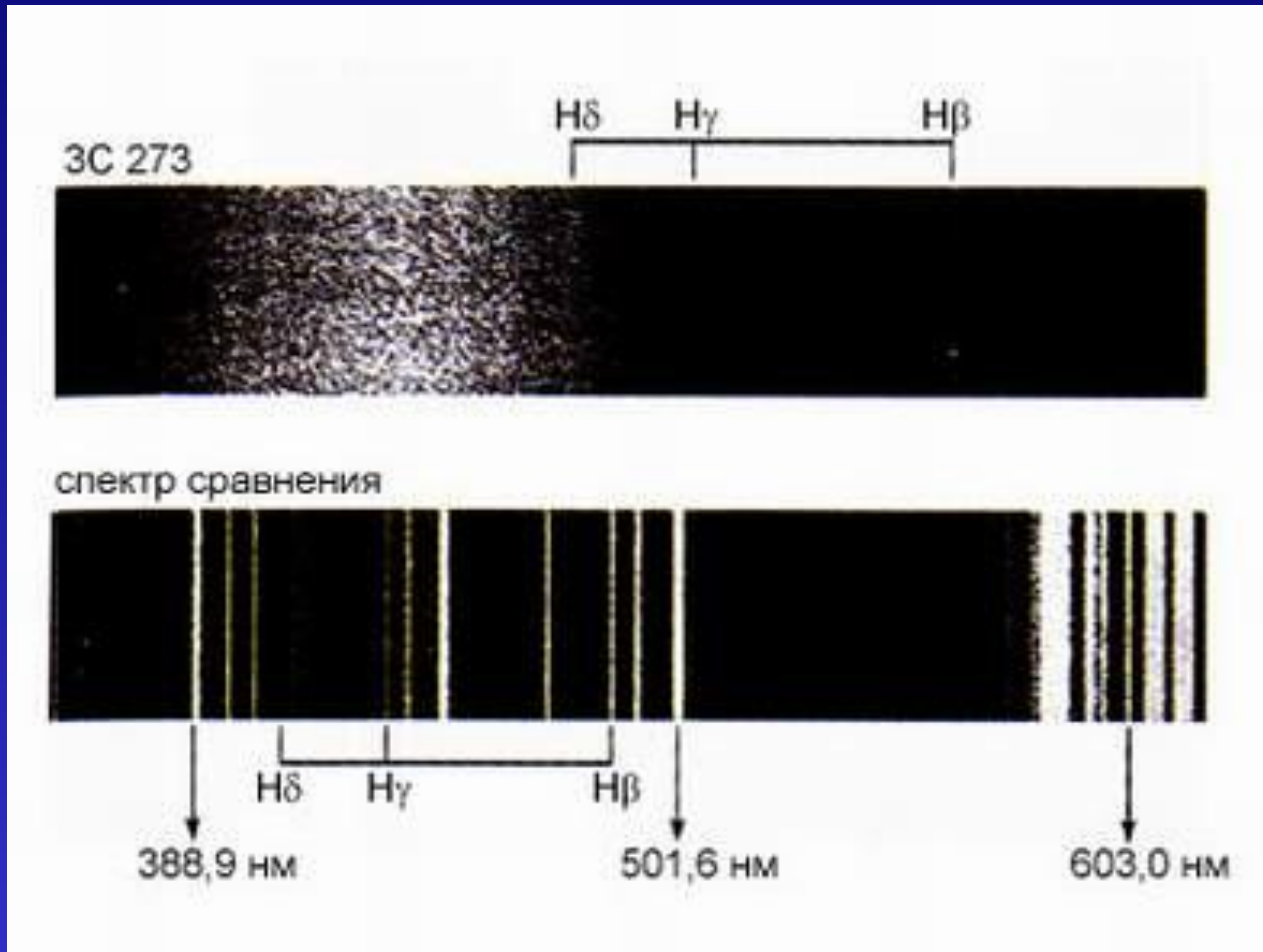
Большой взрыв

ХАББЛА ЗАКОН – закон, согласно которому между расстояниями до галактик и скоростями их удаления существует линейная зависимость.

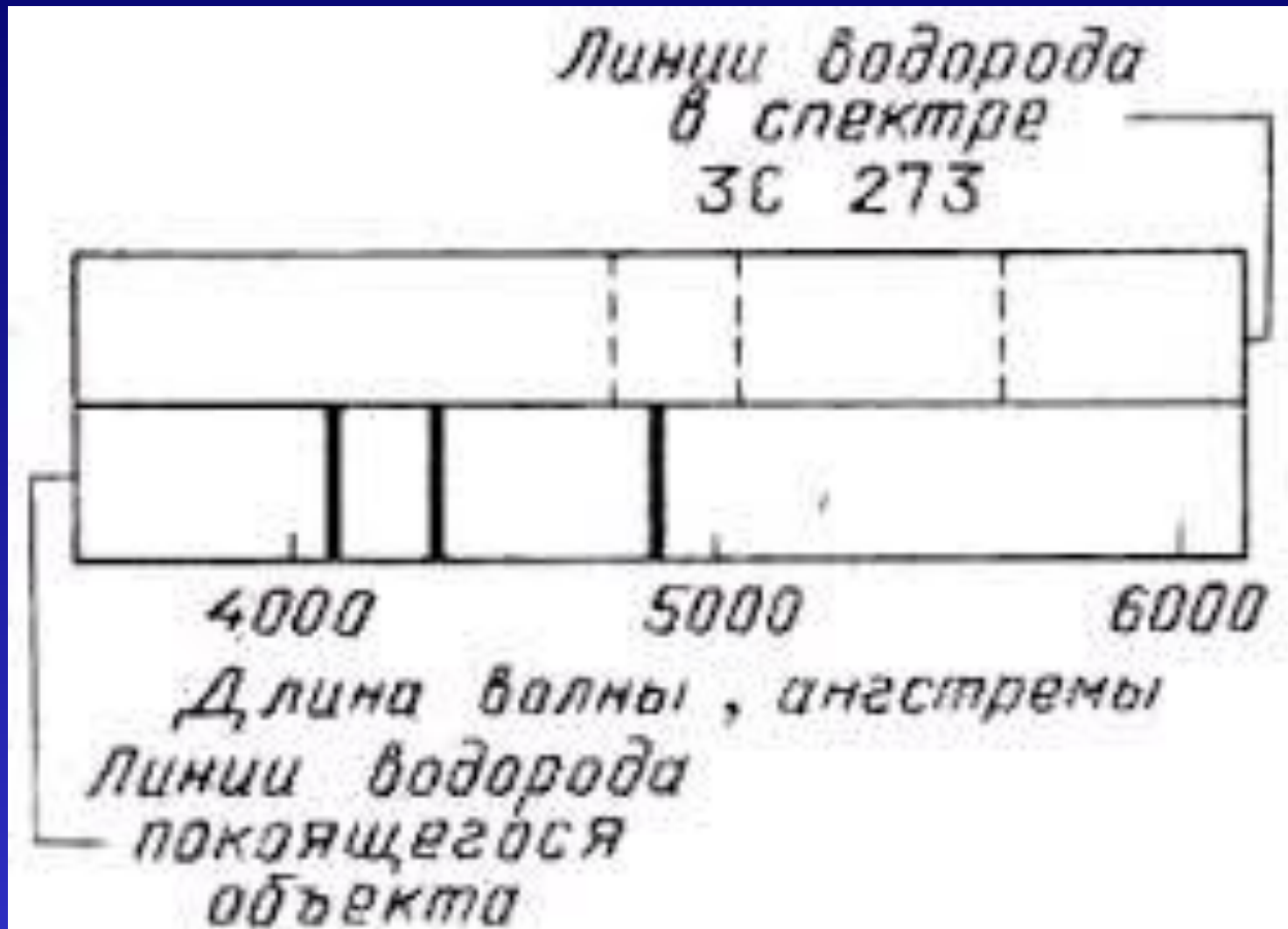
Закон Хаббла установлен в 1929 году для галактик, до которых было определено расстояние по ярчайшим звездам.

Идея Большого Взрыва основана на открытии Хаббловского красного смещения.

Большой взрыв



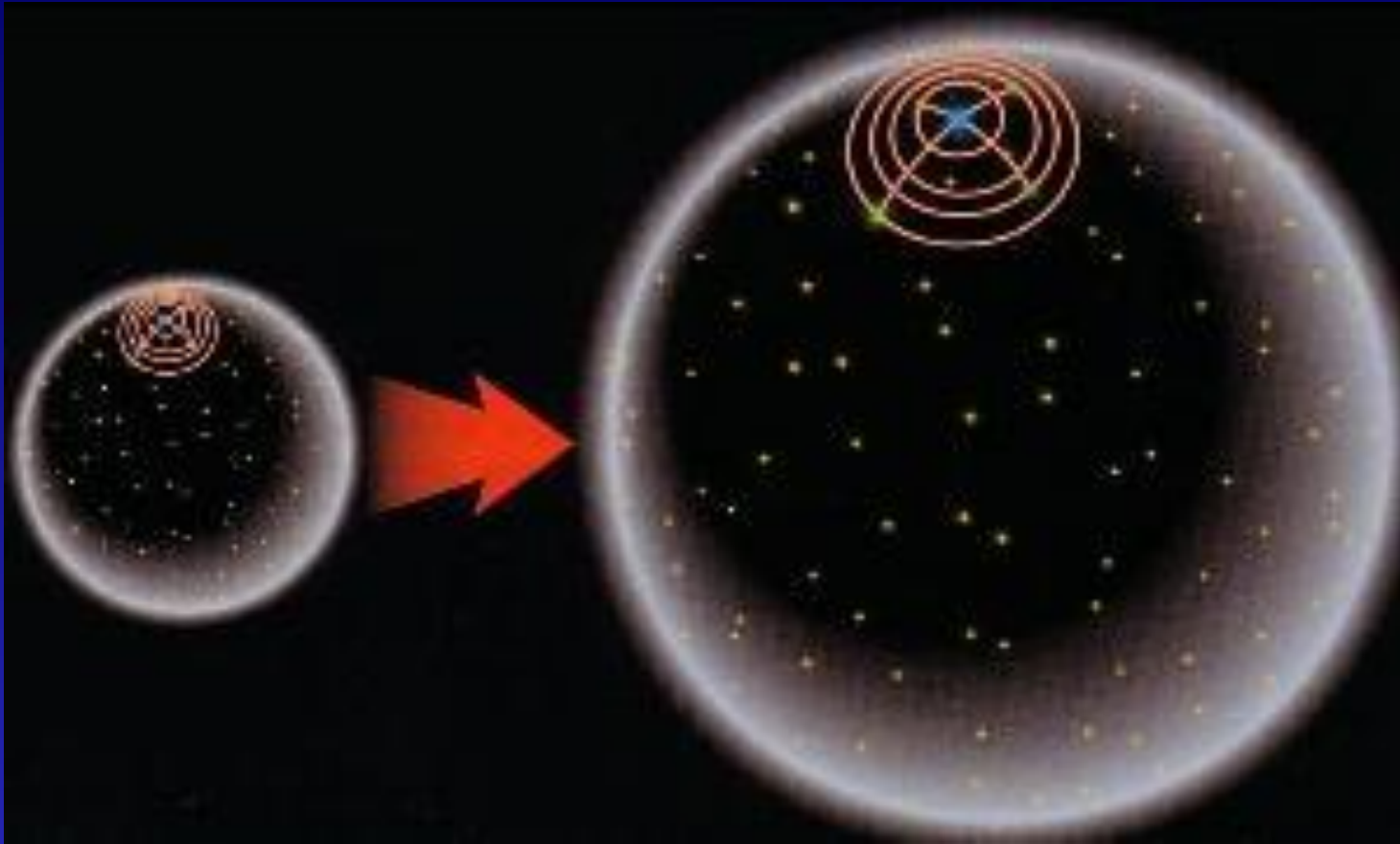
Большой взрыв



Большой взрыв



Большой взрыв

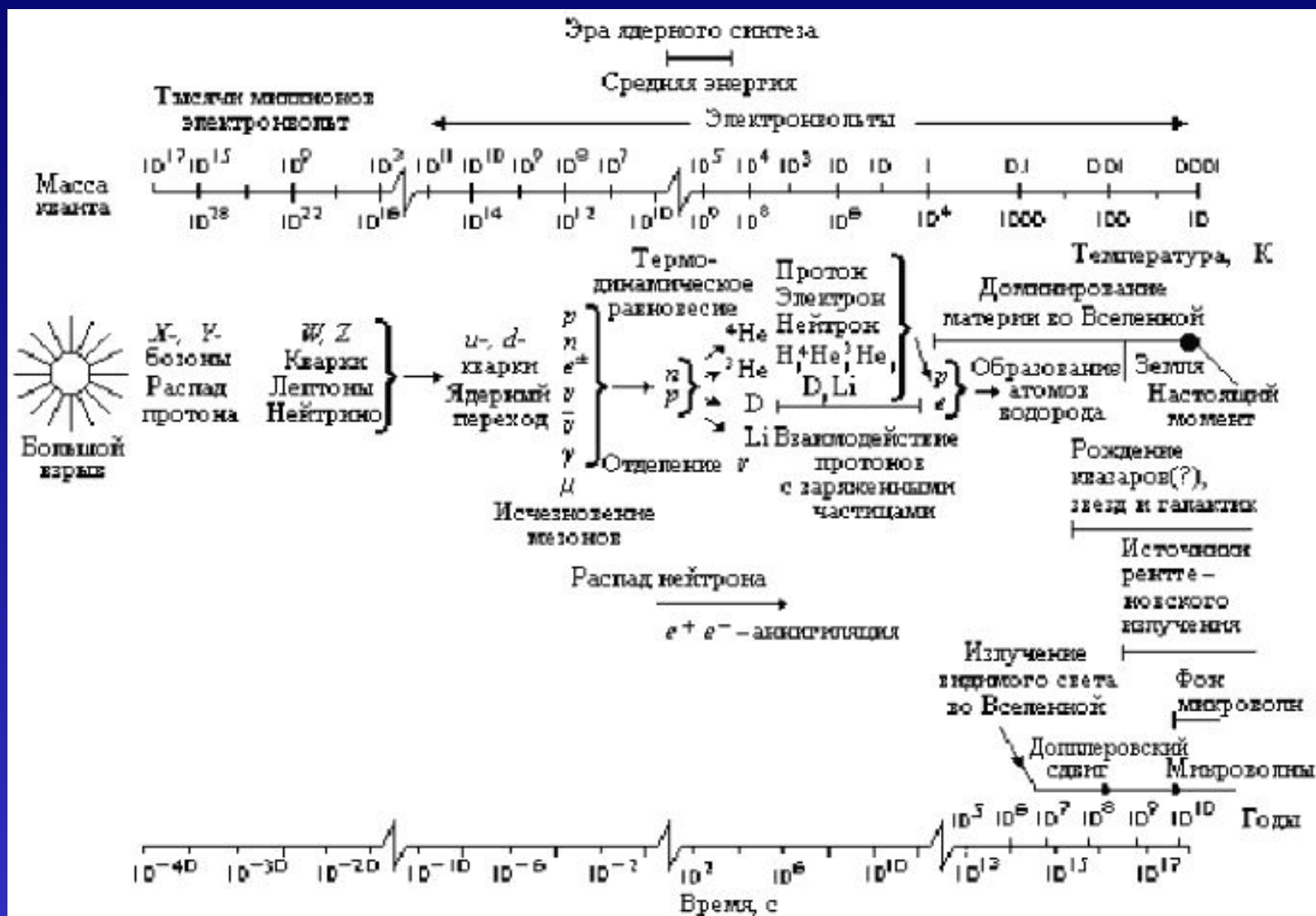


Эта модель иллюстрирует процесс всеобщего расширения нашего трехмерного пространства. Две любые точки раздувающейся сферы убегают друг от друга, причем чем более они удалены, тем выше скорость разлетания.

Большой взрыв



Большой взрыв



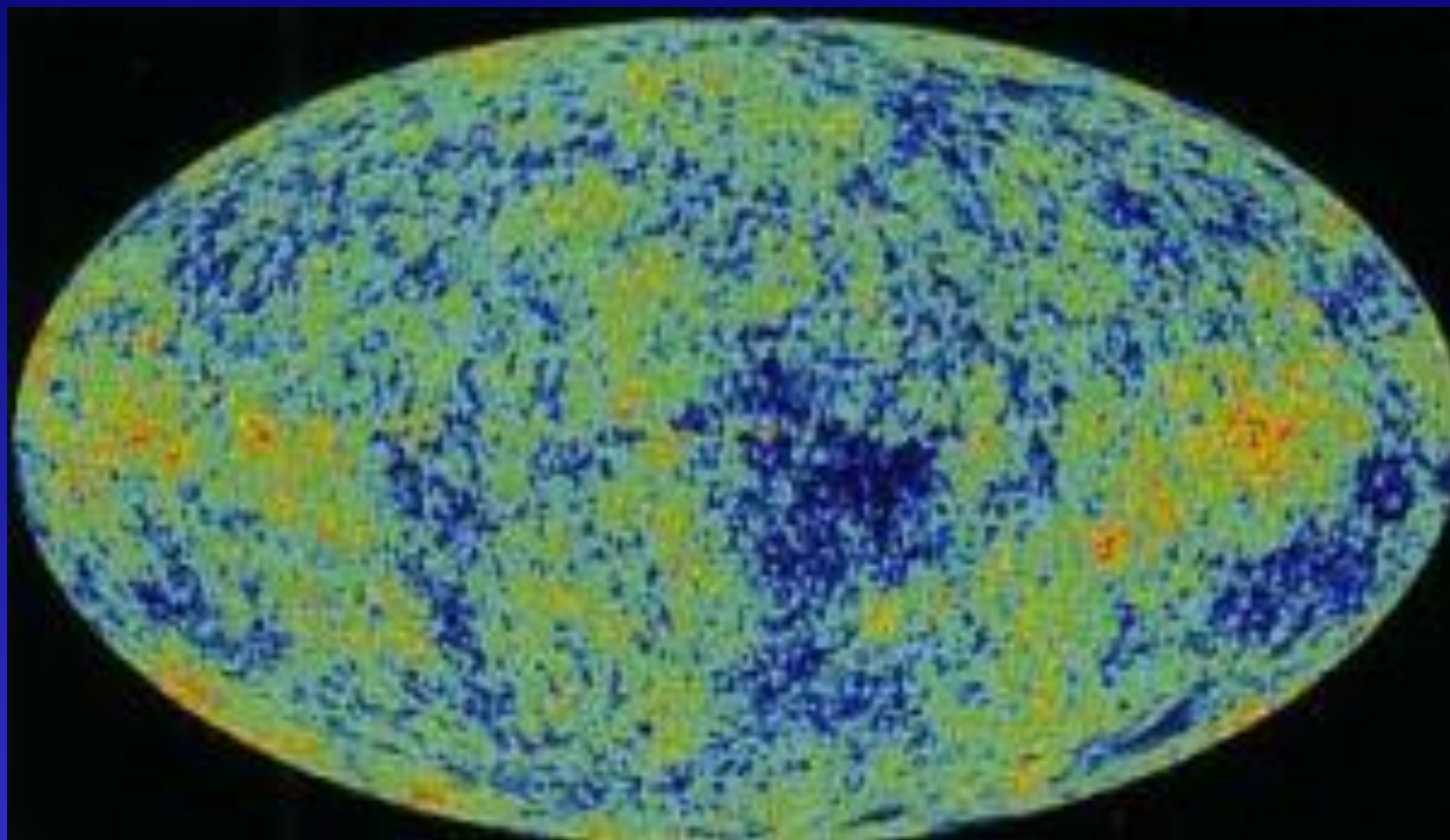
Большой взрыв

Согласно теории Большого взрыва, Вселенная в момент образования была в чрезвычайно плотном и горячем состоянии, называемом космологической сингулярностью.

Главные аргументы описанной картины эволюции Вселенной:

- существование фонового реликтового излучения, характеризующегося средней температурой фотонов 2.7°K ;
- соотношения для распространенности легких элементов, измеренные экспериментально;
- доказательство факта расширения Вселенной и установление закона Хаббла.

Распределение реликтового излучения



Реликтовое излучение

В 1964 году американские радиоастрономы Роберт Вильсон и Арно Пензиас обнаружили реликтовое электромагнитное излучение с температурой около 3° по шкале Кельвина

Реликтовое излучение ранней Вселенной было предсказано Джорджем Гамовым еще в 1948 году.

Большой взрыв

Краткая история развития Вселенной

Время	Температура	Состояние Вселенной
$10^{-45} - 10^{-37}$ сек	Более 10^{26} К	Инфляционное расширение
10^{-6} сек	Более 10^{13} К	Появление кварков и электронов
10^{-5} сек	10^{12} К	Образование протонов и нейтронов
10^{-4} сек - 3 мин	$10^{11} - 10^9$ К	Возникновение ядер дейтерия, гелия и лития
400 тыс. лет	4000 К	Образование атомов
15 млн. лет	300 К	Продолжение расширения газового облака
1 млрд. лет	20 К	Зарождение первых звезд и галактик
3 млрд. лет	10 К	Образование тяжелых ядер при взрывах звезд
10 - 15 млрд. лет	3 К	Появление планет и разумной жизни
10^{14} лет	10^{-2} К	Прекращение процесса рождения звезд
10^{37} лет	10^{-18} К	Истощение энергии всех звезд
10^{40} лет	-20 К	Испарение черных дыр и рождение элементарных частиц
10^{100} лет	$10^{-60} - 10^{-40}$ К	Завершение испарения всех черных дыр

Большой взрыв

Большому взрыву предшествовала «инфляция» Вселенной

Сейчас размер Вселенной – 10^{28} см

Инфляция началась с размера – 10^{-33} см (размер протона – 10^{-13} см

Введено понятие – «инфлатонное» поле, которое заполняло все пространство

За счет флуктуаций образовалась однородная конфигурация размером более 10^{-33} см (начальные размеры Вселенной 10^{-28} см, видимо, начиная с этого размера работают наши законы физики)

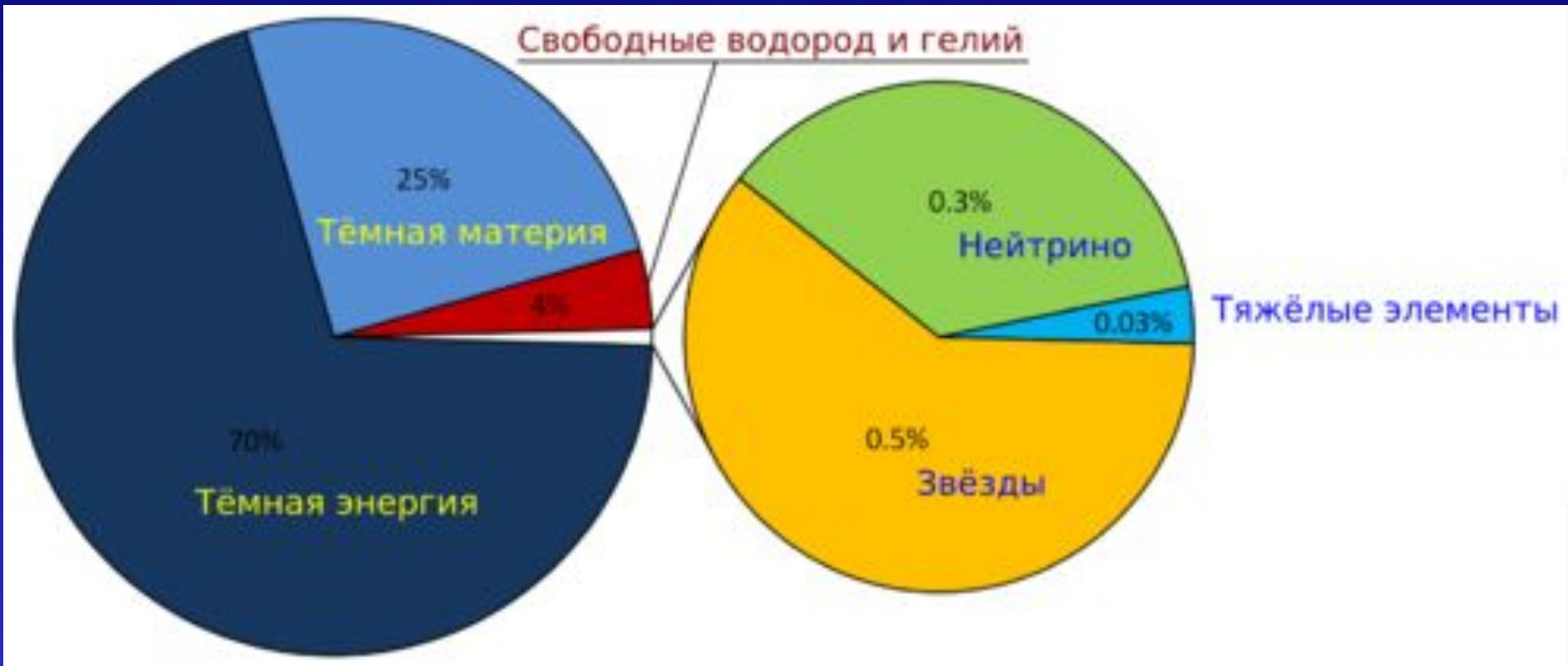
Расширение длилось 10^{-35} с, за это время размер вырос в 10^{27} раз, к моменту окончания «инфляции» Вселенная увеличилась до 1 см

Инфляция заканчивается, когда инфлатонное поле достигает минимальной энергии. Кинетическая энергия переходит в энергию рождающихся и разлетающихся частиц (происходит нагрев Вселенной). Этот момент называется Большим взрывом.

Первоначальный объем - 10^{-99} см³

Область, занятая инфлатонным полем, раздвигается гораздо быстрее скорости света

Большой взрыв



Темная материя



Тёмная материя

Тёмная материя в астрономии и космологии — форма материи, которая не испускает электромагнитного излучения и не взаимодействует с ним. Это свойство данной формы вещества делает невозможным её прямое наблюдение. Однако возможно обнаружить присутствие тёмной материи по создаваемым ею гравитационным эффектам.

Обнаружение природы тёмной материи поможет решить проблему скрытой массы, которая, в частности, заключается в аномально быстрой скорости вращения внешних областей галактик

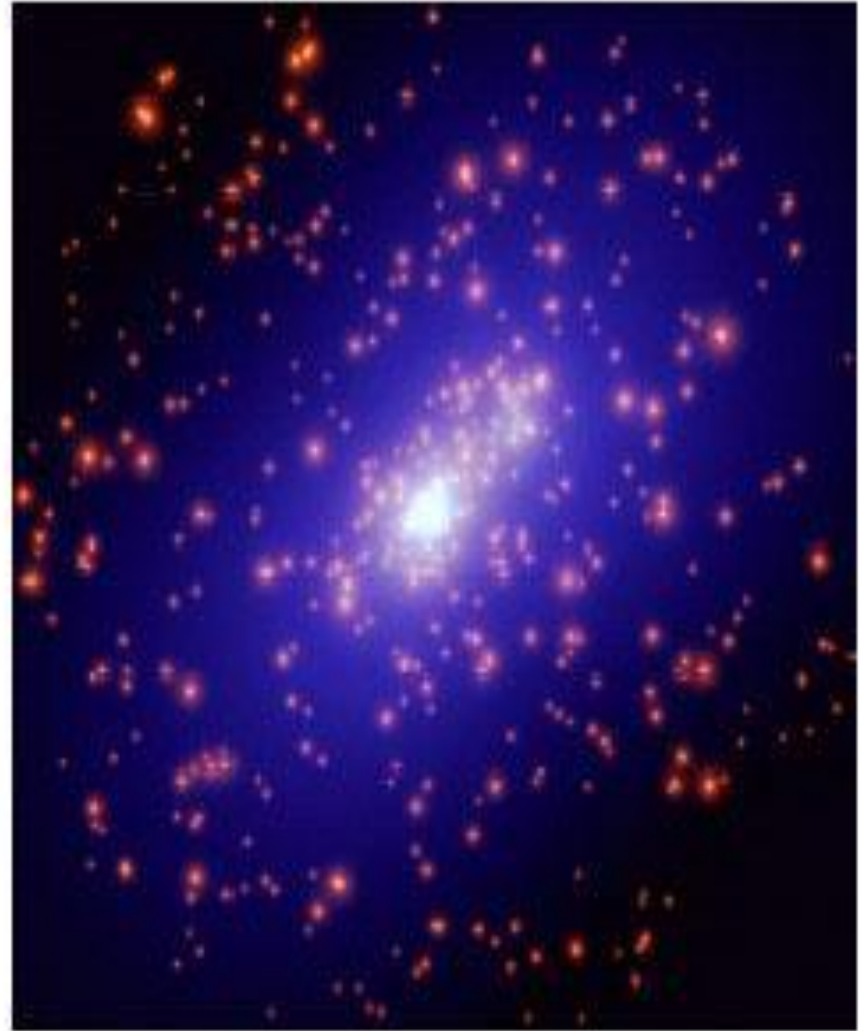
Темная материя

Известно, что тёмное вещество взаимодействует со «светящимся» (барионным), по крайней мере, гравитационным образом и представляет собой среду со средней космологической плотностью, в несколько раз превышающей плотность барионов. Хотя частицы тёмной материи и не взаимодействуют со светом, свет испускается оттуда, где есть тёмное вещество. Это сделало возможным изучение количества, состояния и распределения тёмной материи по наблюдательным данным от радиодиапазона до рентгеновского излучения.

Темная материя

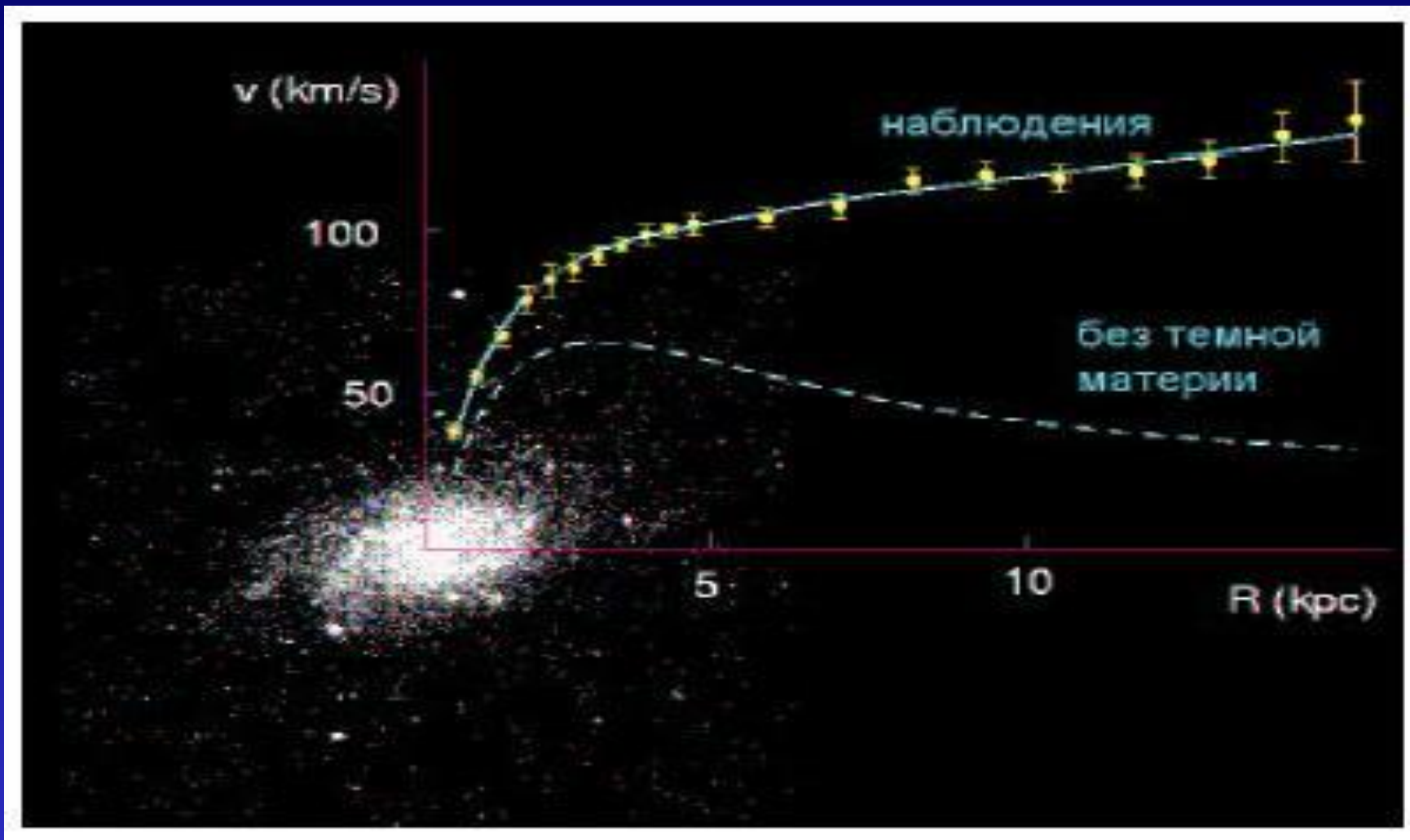
Непосредственное изучение распределения тёмной материи в скоплениях галактик стало возможным после получения их высокодетализированных изображений в 1990-х годах. При этом изображения более удалённых галактик, проецирующихся на скопление, оказываются искажёнными или даже расщепляются из-за эффекта гравитационного линзирования. По характеру этих искажений становится возможным восстановить распределение и величину массы внутри скопления независимо от наблюдений галактик самого скопления. Таким образом, прямым методом подтверждается наличие скрытой массы и тёмной материи в галактических скоплениях.

Темная материя



Гравитационное линзирование

Темная материя



Скорость вращения галактик

Темная материя

Темная материя имеется и в галактиках. Это следует из измерений гравитационного поля в галактиках и их окрестностях. Чем сильнее гравитационное поле, тем быстрее вращаются вокруг галактики звезды и облака газа. Поэтому измерения скоростей вращения в зависимости от расстояния до центра галактики позволяют восстановить распределение массы в ней. По мере удаления от центра галактики скорости обращения не уменьшаются, что говорит о том, что в галактике, в том числе вдалеке от её светящейся части, имеется несветящаяся, темная материя. В нашей Галактике в окрестности Солнца масса темной материи примерно равна массе обычного вещества.

Темная материя

Наиболее правдоподобной (но далеко не единственной!) представляется гипотеза о том, что частицы темной материи в 100–1000 раз тяжелее протона, и что их взаимодействие с обычным веществом по интенсивности сравнимо с взаимодействием нейтрино. Именно в рамках этой гипотезы современная плотность темной материи находит простое объяснение: частицы темной материи интенсивно рождались и аннигилировали в очень ранней Вселенной при сверхвысоких температурах (порядка 10^{15} градусов), и часть их дожила до наших дней. При указанных параметрах этих частиц их современное количество во Вселенной получается как раз такое, какое нужно.

Темная энергия

Темная энергия — гораздо более странная субстанция, чем темная материя. Она не собирается в сгустки, а равномерно «разлита» во Вселенной. В галактиках и скоплениях галактик её столько же, сколько вне их. Самое необычное то, что темная энергия в определенном смысле испытывает **антигравитацию**.

Современными астрономическими методами можно не только измерить нынешний темп расширения Вселенной, но и определить, как он изменялся со временем.

Темная энергия

Астрономические наблюдения⁶ свидетельствуют о том, что сегодня (и в недалеком прошлом) Вселенная расширяется с ускорением: темп расширения растет со временем. В этом смысле и можно говорить об антигравитации: обычное гравитационное притяжение замедляло бы разбегание галактик, а в нашей Вселенной, получается, всё наоборот.

Темная энергия

Такая картина не противоречит общей теории относительности, однако для этого темная энергия должна обладать специальным свойством — отрицательным давлением. Это резко отличает её от обычных форм материи. Не будет преувеличением сказать, что природа темной энергии — это главная загадка фундаментальной физики XXI века.

Темная энергия

Один из кандидатов на роль темной энергии — вакуум. Плотность энергии вакуума не изменяется при расширении Вселенной, а это и означает отрицательное давление вакуума.

Темная энергия

Другой путь объяснения ускоренного расширения Вселенной состоит в том, чтобы предположить, что сами законы гравитации видоизменяются на космологических расстояниях и космологических временах. Такая гипотеза далеко не безобидна: попытки обобщения общей теории относительности в этом направлении сталкиваются с серьезными трудностями.

По-видимому, если такое обобщение вообще возможно, то оно будет связано с представлением о существовании дополнительных размерностей пространства, помимо тех трех измерений, которые мы воспринимаем в повседневном опыте.

Мироздание

Давно известно, что во Вселенной имеет место сверхтонкая настройка физических констант. Небольшое отклонение от любой из них привело бы к тому, что вещество в привычном для нас виде перестало бы существовать. Отсюда можно сделать два диаметрально противоположных заключения:

- Вселенная создана по определённом замыслу (обладает разумом);
- мы видим Вселенную такой, потому, что только в такой Вселенной мог возникнуть наблюдатель, человек (антропный принцип).

Мироздание

Ни смотря на свою банальность, антропный принцип указывает на возможность существования целого ансамбля Вселенных (Мультивселенная, Мегавселенная) с различными физическими законами.

Физика рассматривает существование параллельных Вселенных на нескольких моделях, отличающихся своей сложностью:

- Вселенные традиционной космологии (имеют одинаковые законы, но отличаются начальными условиями при возникновении);

Мироздание

- постинфляционные Вселенные (одинаковые физические законы, но различные физические константы);
- постинфляционные, но подчиняющиеся одной квантовой теории;
- модели, подчиняющиеся другим, отличным от наших, уравнениям физики.

Мироздание

Отметим неразрывную связь физики с геометрией пространства:

- симметрия физических законов относительно сдвигов в пространстве (эквивалентность всех точек пространства) приводит к закону сохранения импульса;

- относительно начала отсчёта времени (сдвигов во времени) - к закону сохранения энергии;

- относительно поворотов системы отсчёта (эквивалентность направлений в пространстве, изотропность пространства) - к закону сохранения момента количества движения, и т.д.

Мироздание

Законы сохранения энергии, импульса, момента количества движения обусловлены макроскопической структурой пространства-времени на больших расстояниях.

Важно отметить, что во Вселенной первична именно геометрия пространства, законы физики вторичны, и определяются именно ей.