

# Модели образования Вселенной

# Модели образования Вселенной

- Геоцентрическая система Аристотеля - Птолемея.
- Представление о множественности миров Демокрита-Эпикура.
- Гелиоцентрическая система Коперника, Галилея, Кеплера.
- В 18 веке на основе механики Ньютона возникло представление о **бесконечной Вселенной**, при этом пространство рассматривалось как однородное и изотропное, а время – как абсолютное и однородное.

# Модели образования Вселенной

- В 19 веке было развито представление о Вселенной, как бесконечной в пространстве, но неизменной во времени. Это была ***стационарная космологическая модель.***
- Первая современная космологическая модель была предложена Эйнштейном в 1917 г., как следствие общей теории относительности.
- Эйнштейн предположил, что пространство и время не абсолютны, а относительны и связаны между собой.

# Модели образования Вселенной

- В 1922 г. российский математик А.А.Фридман показал, что из уравнений ОТО следует **нестационарность**, т.е. развитие Вселенной: искривленное пространство не может быть стационарным, оно должно расширяться или сжиматься.
- Определение относительного перемещения галактик - эффект Доплера.
- Для всех наблюдаемых галактик наблюдается «красное смещение» ЭМ излучения, из чего следует, что они удаляются от нас.

# Модель расширяющейся Вселенной

- Явление «красного смещения» в 1929 г. впервые наблюдал американский астроном Эдвин Хаббл, чем и подтвердил расширение Вселенной.
- Согласно закону Хаббла скорость разбегания галактик  $V=H \cdot r$ , где  $r$  – расстояние до галактики,  $H$  – постоянная Хаббла.
- Значение постоянной  $H$  позволяет установить, как давно начали разбегаться галактики. Расчеты показали, что возраст Вселенной примерно 13.7 млрд. лет.

# Модель расширяющейся Вселенной

- Космический телескоп им.Хаббла, обращающийся по орбите вокруг Земли.
- $H=55\dots75 \text{ км}/(\text{с}\cdot\text{Мпк})$
- Измерение внегалактических расстояний – метод «стандартной свечи»: выбирается класс объектов с известной светимостью и измеряется поток излучения  $j=L/(4\pi r^2)$ .
- 1 астрономическая единица = 149600 тыс км – среднее расстояние от Земли до Солнца
- 1 световой год =  $\text{с} \cdot 1\text{год} = 9.46 \cdot 10^{12} \text{ км} \approx 10^{13} \text{ км}$
- 1 парсек = 3.26 светового года (расстояние, с которого радиус земной орбиты виден под углом 1")

# Теория «Большого взрыва»

- Предложена в 1948 г. американским физиком Г. Гамовым.
- В основе теории БВ лежит предположение о том, что физическая Вселенная образовалась в результате гигантского взрыва, в момент которого все вещество и вся энергия современной Вселенной были сконцентрированы в одной сгустке с плотностью свыше  $10^{25}$  г/см<sup>3</sup> и температурой свыше  $10^{16}$  К.
- Теория БВ описывает эволюцию Вселенной, начиная с  $10^{-35}$  с после ее образования. До этого момента теоретическое описание эволюции Вселенной не является завершённым.

# Теория инфляции ( $10^{-43}$ - $10^{-35}$ с)

- До этого физический вакуум находился в состоянии, которое называется «ложным вакуумом». Он обладает ненулевой плотностью энергии, нестабилен и может самопроизвольно переходить в обычный вакуум за счет туннельного эффекта.
- Благодаря «подбарьерному просачиванию» в среде ложного вакуума возникают области обычного вакуума, которые называются *пузырями*. Одним из таких пузырей и явился зародышем нашей **Вселенной**. Из других пузырей появились другие вселенные, не связанные с нашей причинно-следственными связями и потому для нас ненаблюдаемые.



# Обобщенная модель эволюции Вселенной (стандартная космологическая модель)

- Переход ложного вакуума с положительной плотностью энергии в обычный вакуум с нулевой плотностью энергии привел к разогреванию материи до  $10^{32}$  К – **модель горячей вселенной**.
- Из-за очень быстрого расширения на стадии инфляции процесс не мог протекать равномерно. Неизбежные флуктуации привели к небольшим ( $\sim 0.001\%$ ) неоднородностям, которые затем преобразовались в галактики и другие крупномасштабные скопления материи.

# Обобщенная модель эволюции Вселенной (стандартная космологическая модель)

- Нет оснований полагать, что неоднородности образовывались преимущественно в некоторых частях пузыря или по выделенным направлениям. Поэтому Вселенная в больших своих фрагментах является ***однородной и изотропной.***
- Во всех частях Вселенной ***все явления и процессы подчиняются единым законам.***

# Основной принцип стандартной космологической модели

- В большом масштабе (порядка 0.5 млрд световых лет) Вселенная является однородной и изотропной – **основной космологический принцип**.
- «Вечно движущаяся Вселенная не имеет ни центра, ни окружности, ни верха, ни низа, она однородна, в разных частях ее господствуют одни и те же законы» - немецкий философ Николай Кузанский, XV век.
- Вселенная не должна вращаться, у нее не должно быть центра и пространственной границы, Вселенная бесконечна.

# Обобщенная модель эволюции Вселенной

- В период с  $10^{-43}$  до  $10^{-35}$  с материя существовала в виде излучения и сверхгорячей плазмы из множества рождающихся и аннигилирующих частиц и античастиц.
- Для эволюции нашей Вселенной оказалось существенным, что число частиц и античастиц различалось примерно на  $10^{-7}\%$  в пользу частиц. Поэтому в процессе последующей аннигиляции античастицы исчезли полностью, а весьма малый реликтовый остаток вещества образует нашу современную Вселенную.

# Обобщенная модель эволюции Вселенной

- До момента инфляции существовал, вероятно, только один тип фундаментальных взаимодействий – **Суперсила**.
- Непосредственно до  $10^{-43}$  с отделилась **гравитация**.
- В период завершения инфляции ( $10^{-36}$  –  $10^{-35}$  с) при температуре  $10^{28}$  К от **великого объединения** отделилось **ядерное взаимодействие**.
- Примерно через  $10^{-10}$  с **электрослабое взаимодействие** распалось на **слабое и электромагнитное**. С этого момента до наших дней в природе проявляются все четыре фундаментальных взаимодействия.

# Обобщенная модель эволюции Вселенной

- Период с  $10^{-35}$  до  $10^{-4}$  с называется **эрой адронов**. К концу этой эры кварки объединились в адроны. Возникли и лептоны, но температуры еще слишком высоки ( $10^{28} - 10^{12}$  К), нуклоны не могут образовать устойчивые ядра и удержать электроны в атомах.
- В период с  $10^{-4}$  до 10 с Вселенная остывает до  $10^{10}$  К и наступает **эра лептонов**. Аннигиляция между электронами и позитронами завершилась с избытком электронов. С участием лептонов идут реакции между протонами и нейтронами.
- Далее наступает **эра фотонов**, длившаяся от 10 с до  $10^6$  лет. Температура убывает от  $10^{10}$  до 4000 К. Основная энергия Вселенной приходится на фотоны, т.к. уже прошла аннигиляция частиц и античастиц.

# Обобщенная модель эволюции Вселенной

- При охлаждении Вселенной до  $10^9$  К (300 с) возникли условия, при которых за счет объединения протонов и нейтронов стали образовываться изотопы водорода и гелия.
- К моменту 10000 лет нейтроны были полностью израсходованы на образование **гелия** (~25%), оставшиеся протоны проявились в дальнейшем как ядра **водорода** (~75%). Это соотношение примерно сохраняется до наших дней.
- После образования ядер легких элементов вещество еще долго представляло собой плазму.

# Обобщенная модель эволюции Вселенной

- После снижения температуры до 4000К электроны стали удерживаться вблизи ядер, образуя атомы водорода и гелия. Произошло **разделение вещества и излучения**.
- Излучение стало распространяться по Вселенной свободно, охлаждаясь по мере расширения Вселенной. В настоящее время излучение имеет температуру порядка 3К и называется **реликтовым**.
- Экспериментально обнаруженное реликтовое излучение имеет температуру 2.7 К.



# Обобщенная модель эволюции Вселенной

- Через  $10^6$  лет после начала эволюции Вселенной наступила **эра звезд, или эра вещества**, которая продолжается и в наше время. Постепенно под действием гравитации первичные неоднородности в распределении вещества превратились в огромные газовые сгущения, которые затем разделились на галактики. Дальнейшее дробление привело к распаду галактик на протозвезды, из которых затем образовались звезды.
- **Звезда** – гигантский плазменный шар, длительно находящийся в устойчивом состоянии благодаря гидродинамическому и тепловому равновесиям.

# Обобщенная модель эволюции Вселенной

- **Галактики** – гигантские (до сотен млрд звезд) звездные системы, в которых звезды связаны друг с другом силами гравитации.
- **Метагалактика** – совокупность галактик, движущихся в видимой нами части Вселенной.
- В настоящее время обнаружено более миллиарда галактик.
- Ближайшие к нам галактики – Магеллановы Облака (расстояние – 200 тыс. св.лет) и Туманность Андромеды (1800 тыс. св.лет).

# Обобщенная модель эволюции Вселенной

- **Наша галактика Млечный путь** содержит  $10^{11}$  звезд, сосредоточенных в объеме, имеющем форму диска диаметром около 100 тыс. св. лет, а толщина – 1500 св. лет, со спиральными рукавами. Солнце расположено на краю спирального рукава, называемого **Орион**, на расстоянии около 30 тыс. св. лет от ядра галактики.
- Спиральные галактики – один из основных видов галактик (до 50%). Звезды и межзвездное вещество спиральных галактик вращаются вокруг ядра. Солнце за время своей эволюции (5 млрд лет) совершило около 25 оборотов вокруг ядра галактики со скоростью 250 км/с.

# Обобщенная модель эволюции Вселенной

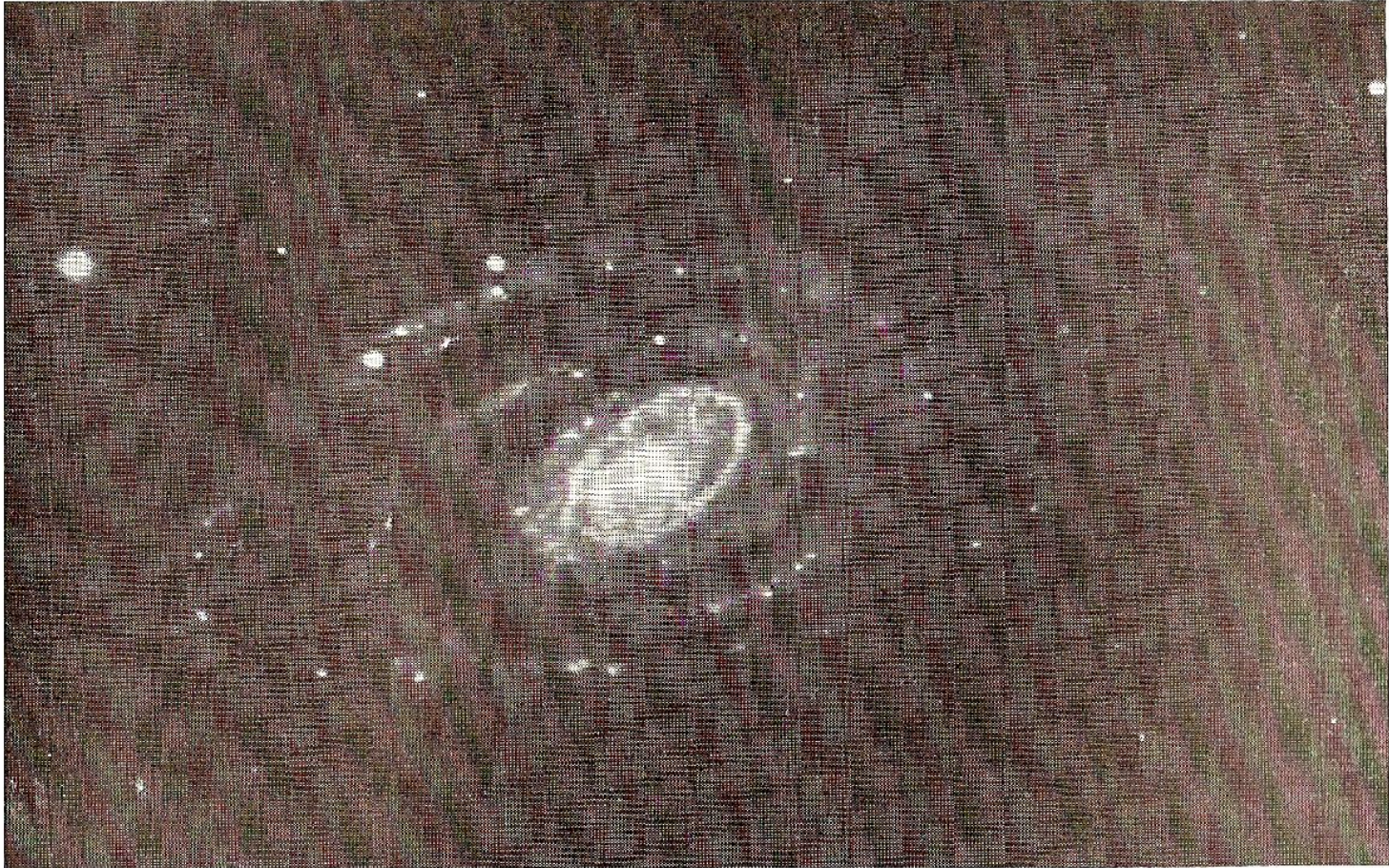


Рис. III. Спиральная галактика NGC 5364.

# Обобщенная модель эволюции Вселенной

- Пока неясен характер дальнейшей эволюции Вселенной. Теория допускает два сценария:
- бесконечное расширение (**модель открытой Вселенной**)
- смена расширения сжатием, возвращение в сверхплотное и сверхгорячее состояние, после чего следует цикл нового расширения (**модель пульсирующей Вселенной**).
- Реализация того или иного варианта зависит от средней плотности вещества во Вселенной. Если плотность не превышает некоторого критического значения, то реализуется модель открытой Вселенной, в противном случае Вселенная пульсирует. Современные данные свидетельствуют в пользу модели открытой Вселенной, однако возможно, что открытие новых космических объектов изменит ситуацию.

# Обобщенная модель эволюции Вселенной

- Плотность **светящегося вещества** составляет 0.5% критической.
- Несветящееся, невидимое вещество – **темная энергия или темная масса**.
- Швейцарский астроном Фриц Цвикки (30-е годы XX века) – массы галактик недостаточно, чтобы удержать их от разлета. Если бы не было скрытого вещества, составляющего более 90% галактик, то они распались бы за несколько миллиардов лет.
- Наилучшее совпадение с данными наблюдений: плотность примерно равна критической, на вакуум приходится 65%, на холодную темную материю – 30%, на барионную скрытую массу – 5%, на нейтрино и видимое вещество – по 0.5%.

# Фундаментальные константы

- Во всех разделах физики приходится иметь дело с постоянными величинами, т.н. **константами**.
- Существует ограниченный набор физических постоянных, связанных с важнейшими физическими теориями, которые называются **фундаментальными константами**.
- Среди фундаментальных констант можно условно выделить мировые, электромагнитные, атомные и физико-химические.
- Фундаментальные константы не выводятся из физических теорий, а определяются экспериментально.

# Фундаментальные константы

Константа	Обозначение	Численное значение	Единицы измерения
Скорость света в вакууме	$c$	$2.998 \cdot 10^8$	м/с
Гравитационная постоянная	$G$	$6.672 \cdot 10^{-11}$	Н м <sup>2</sup> /кг <sup>2</sup>
Постоянная Планка	$h$	$6.627 \cdot 10^{-34}$	Дж с
Масса электрона	$m_e$	$9.11 \cdot 10^{-31}$	кг
Заряд электрона	$e$	$1.60 \cdot 10^{-19}$	Кл
Масса протона	$m_p$	$1.67 \cdot 10^{-27}$	кг



# Фундаментальные константы

- В таблице приведены постоянные, которые предлагал считать фундаментальными А. Эйнштейн.
- М. Планк предлагал добавить к первым трем фундаментальным константам постоянную Больцмана ( $k=1.38 \cdot 10^{23}$  Дж/(К моль), устанавливающую связь между микроскопическими характеристиками частицы и макроскопическим состоянием системы.
- В современном естествознании считается, что мировые константы стабильны, начиная со времени  $10^{-35}$  начиная с рождения Вселенной.

# Фундаментальные константы

- Существование основных структурных элементов материи (атомных ядер, звезд, галактик) во Вселенной возможно лишь в очень узком диапазоне численных значений фундаментальных констант.
- Малые изменения фундаментальных констант на ранней стадии формирования Вселенной могли бы привести к формированию качественно иного мира, в частности стало бы невозможно образование макроскопических структур и образование высокоорганизованной живой матери.

# Антропный принцип

Предложен Г.Идлисом в 1958г. и Б.Картером в 1974г.

**АП** сформулирован в слабом и сильном вариантах:

- **Слабый антропный принцип** – на свойства Вселенной накладывает ограничение наличие разумной жизни;
- **Сильный антропный принцип** – свойства Вселенной должны быть такими, чтобы в ней обязательно существовала жизнь.
- **Антропный принцип** – пример взаимозависимости фундаментальных вопросы естествознания и мировоззренческих вопросов.
- В тех областях, где недостаточность знания существует принципиально, большую роль играют вненаучные факторы, эстетические предпочтения или религиозное мировоззрение.

**Стивен Хокинг**  
**«От большого взрыва до  
черных дыр»**  
**Краткая история вопроса**  
**Издательство «Мир» 1990**

# Стивен Хокинг

- **"Мы видим Вселенную так, как мы ее видим, потому что мы существуем".**
- Слабый антропный принцип утверждает, что во Вселенной, которая велика или бесконечна в пространстве или во времени, условия, необходимые для развития разумных существ, будут выполняться только в некоторых областях, ограниченных в пространстве и времени. Поэтому разумные существа в этих областях не должны удивляться, обнаружив, что та область, где они живут, удовлетворяет условиям, необходимым для их существования. Так богач, живущий в богатом районе, не видит никакой бедности вокруг себя.

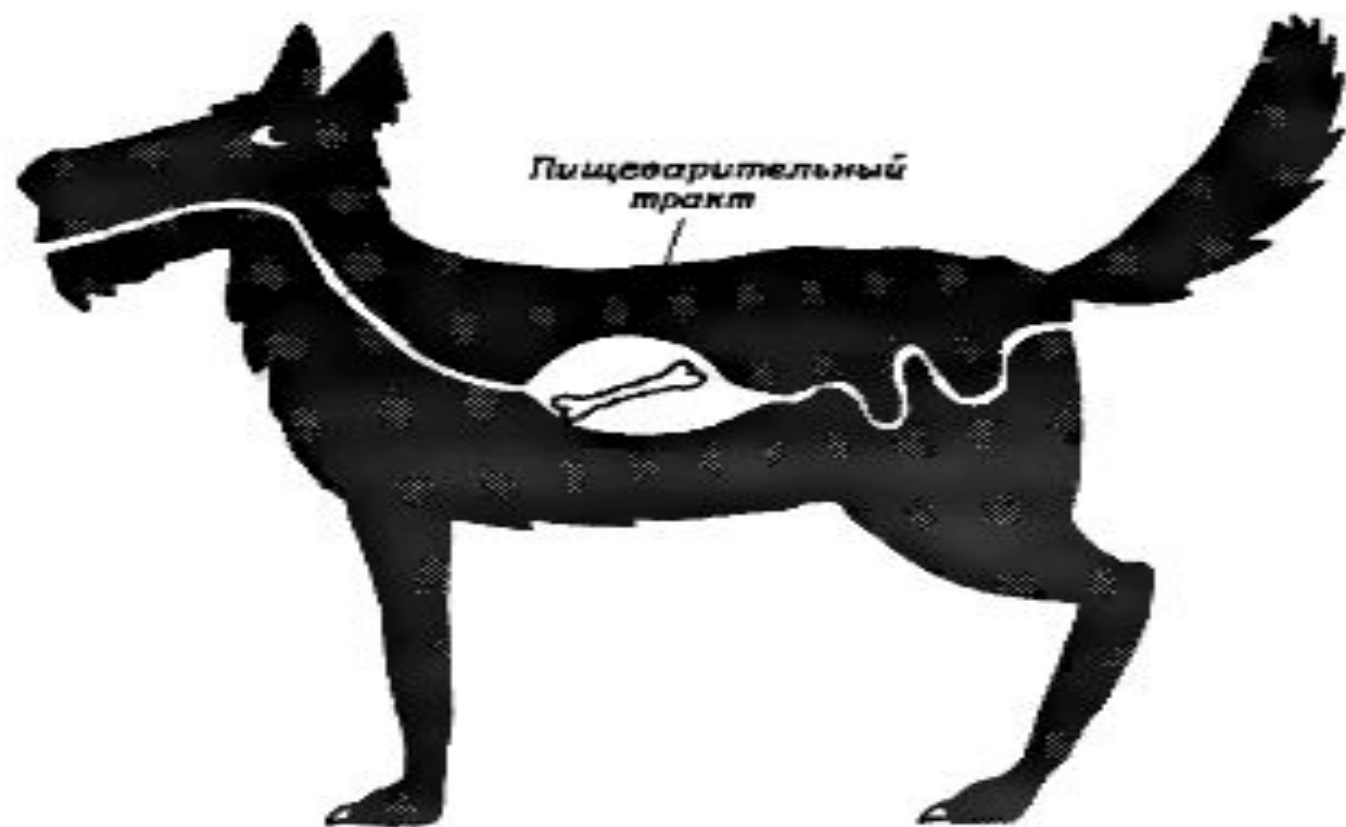
# Стивен Хокинг

Сильный вариант антропного принципа:

- существует либо много разных вселенных, либо много разных областей одной вселенной, каждая из которых имеет свою собственную начальную конфигурацию и, возможно, свой собственный набор научных законов. В большей части этих вселенных условия были непригодны для развития сложных организмов.
- Лишь в нескольких, похожих на нашу, вселенных смогли развиваться разумные существа, и у этих разумных существ возник вопрос: **"Почему наша Вселенная такая, какой мы ее видим?"** Тогда ответ прост: **"Если бы Вселенная была другой, здесь не было бы нас!"**

# Стивен Хокинг

- **Двух пространственных измерений, по-видимому, недостаточно для того, чтобы могли развиваться такие сложные существа, как мы.**
- Живя, например, на одномерной Земле, двумерные животные, чтобы разойтись при встрече, были бы вынуждены перелезть друг через друга.
- Если бы двумерное существо питалось чем-нибудь таким, что не переваривается до конца, то остатки должны были бы выводиться по тому же пути, по которому входит пища, так как при наличии сквозного прохода через все тело животное оказалось бы разделенным на две отдельные половины, и наше двумерное существо развалилось бы на две части. Точно так же трудно представить себе, как у двумерного существа происходила бы циркуляция крови.



Пищеварительный  
тракт

Двукамерное животное



# Антропный принцип

- Антропный принцип признает существование высшего порядка, выбравшего реализованный вариант эволюции Вселенной.
- Антропный принцип не отвергает возможности существования других Вселенных.
- Предполагая, что вселенная однородна и изотропна, и применяя антропный принцип, можно прийти к выводу о закономерности возникновения и широком распространении жизни и Разума во Вселенной.
- Антропный принцип отвергает возможность уникальности земной жизни.













