

Реликтовое излучение

РЕЛИКТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ -

- ▶ космическое электромагнитное излучение, приходящее на Землю со всех сторон неба примерно с одинаковой интенсивностью и имеющее спектр, характерный для излучения абсолютно черного тела при температуре около 3 К (3 градуса по абсолютной шкале Кельвина, что соответствует -270° C)

Существуют различные варианты названия этого явления:

- ▶ космическое микроволновое фоновое излучение» cosmic microwave background, CMB
- ▶ Реликтовое излучение
- ▶ трехградусное космическое излучение

Теория горячей Вселенной

- ▶ как выглядела Вселенная в далеком прошлом, когда галактики только начали удаляться друг от друга, и даже еще раньше ?

Теория холодной вселенной

- ▶ В первых предположениях считалось, что все вещество Вселенной существовало сначала в виде холодных нейтронов
- ▶ предположение, что первоначальное холодное вещество состояло из протонов, электронов и нейтрино

Теория горячей вселенной

- ▶ высокая температура вещества препятствует превращению всего вещества в гелий
- ▶ В таком горячем веществе имеется много фотонов большой энергии. Плотность и энергия фотонов столь велики, что происходит взаимодействие света со светом
- ▶ Взаимодействия с энергичными частицами заставляют нейтроны и протоны быстро превращаться друг в друга. Однако реакции соединения нейтронов с протонами не идут, так как возникающее при этом ядро дейтерия тут же разбивается частицами большой энергии. Так, из-за большой температуры в самом начале обрывается цепочка, ведущая к образованию гелия.

Казалось бы, решающим тестом для выбора между холодной и горячей моделями Вселенной мог стать поиск реликтового излучения. Но почему-то долгие годы после предсказания Гамова и его коллег никто сознательно не пытался обнаружить это излучение. Открыто оно было совершенно случайно в 1965 радиофизиками из американской компании «Белл» Р.Уилсоном и А.Пензиасом, награжденными в 1978 Нобелевской премией.

На пути к обнаружению реликтового излучения

- ▶ реликтовое излучение могло быть открыто еще в 1941. Тогда канадский астроном Э.Мак-Келлар анализировал линии поглощения, вызываемые в спектре звезды Дзета Змееносца межзвездными молекулами циана
- ▶ в середине 1950-х годов молодой ученый Т.А.Шмаонов провел измерения радиоизлучения из космоса на длине волны 32 см. Вывод из этих измерений был таков: «Оказалось, что абсолютная величина эффективной температуры радиоизлучения фона... равна 4 ± 3 К». К сожалению, ни он сам, ни другие радиоастрономы ничего не знали о возможности существования реликтового излучения и не придали должного значения этим измерениям.
- ▶ Наконец, около 1964 к этой проблеме сознательно подошел известный физик-экспериментатор из Принстона (США) Роберт Дикке. Но группа Дикке не успела сделать запланированное открытие: когда их аппаратура уже была готова, им оставалось лишь подтвердить открытие, накануне случайно сделанное другими.

Открытие реликтового излучения

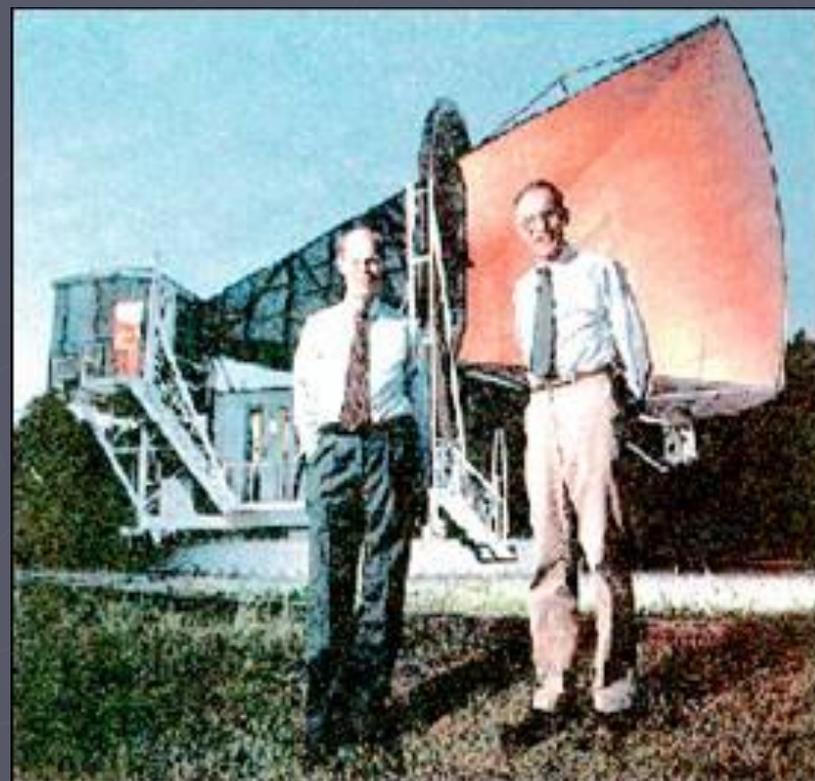
- ▶ . В 1960 в Кроуфорд-Хилле, Холмдел (шт. Нью-Джерси, США) была построена антенна для приема радиосигналов, отраженных от спутника-баллона «Эхо». К 1963 для работы со спутником эта антенна была уже не нужна, и радиофизики Роберт Вудро Уилсон (р. 1936) и Арно Элан Пензиас (р. 1933) из лаборатории компании «Белл телефон» решили использовать ее для радиоастрономических наблюдений.

К своему удивлению, Пензиас и Уилсон обнаружили весной 1964, что они принимают на длине волн 7,35 см довольно заметное количество микроволнового шума, не зависящего от направления. Они нашли, что этот «статический фон» не меняется в зависимости времени суток, а позднее обнаружили, что он не зависит и от времени года. Следовательно, это не могло быть излучением Галактики, ибо в этом случае его интенсивность менялась бы в зависимости от того, смотрит антенна вдоль плоскости Млечного Пути или поперек. К тому же, если бы это было излучением нашей Галактики, то большая спиральная галактика М 31 в Андромеде, во многих отношениях похожая на нашу, тоже должна была бы сильно излучать на волне 7,35 см, а этого не наблюдалось. Отсутствие каких-либо вариаций наблюдаемого микроволнового шума с направлением весьма серьезно указывало на то, что эти радиоволны, если они действительно существуют, приходят не от Млечного Пути, а от значительно большего объема Вселенной.



Исследование реликтового излучения

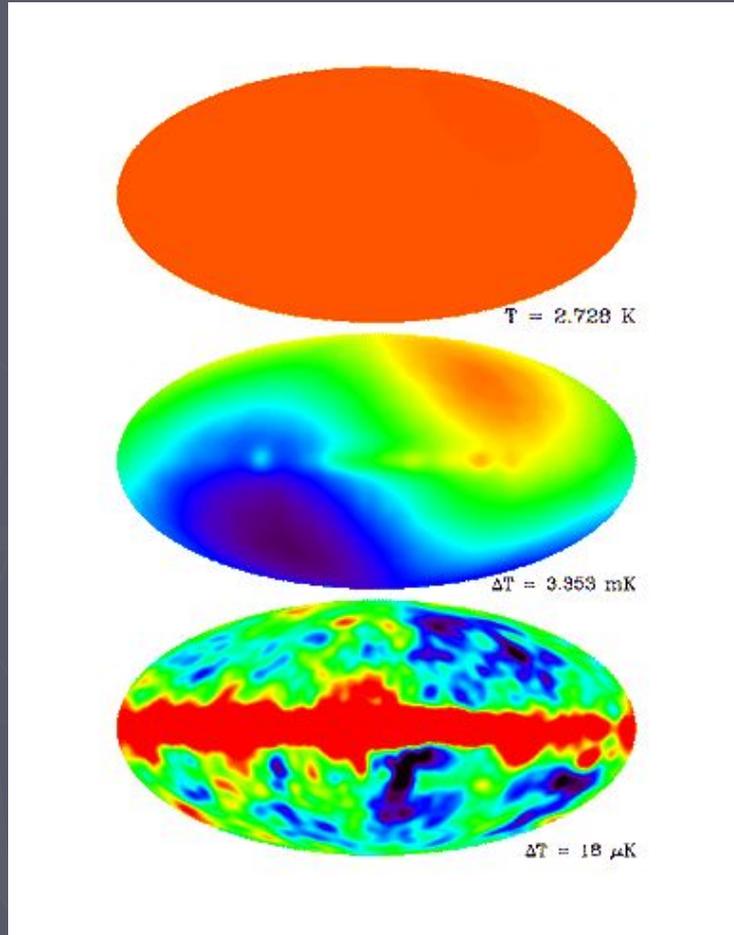
Открыватели реликтового излучения



Микроволновый фон

- ▶ На фоне однородного распределения температуры появляется два «полюса» – теплый в направлении движения и прохладный в противоположном направлении. Поэтому такое отклонение от однородности называют «дипольным». Дипольная составляющая в распределении реликтового излучения была обнаружена еще при наземных наблюдениях: в направлении на созвездие Льва температура этого излучения оказалась на 3,5 мК выше средней, а в противоположном направлении (созвездие Водолея) на столько же ниже средней. Следовательно, мы движемся относительно реликтового излучения со скоростью около 400 км/с. Точность измерений оказалась настолько высокой, что обнаружили даже годовые вариации дипольной составляющей, вызванные обращением Земли вокруг Солнца со скоростью 30 км/с.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ реликтового излучения по всей небесной сфере (в галактических координатах) по данным эксперимента COBE. На трех панелях показана (сверху вниз) средняя температура, дипольная составляющая и мелкомасштабные флуктуации. В последнем случае на фоне анизотропного реликтового излучения явно проявилась полоса Млечного Пути.

Анизотропия реликтового излучения

- ▶ Температура реликтового излучения является лишь одним из его параметров, описывающих раннюю Вселенную. В свойствах этого излучения сохранились и другие явные следы очень ранней эпохи эволюции нашего мира. Астрофизики находят эти следы, анализируя спектр и пространственную неоднородность (анизотропию) реликтового излучения.