

Лекция-15

Часть первая. Вторая универсальная революция в естествознании. От классической к релятивистской космологической картине мира.

Глава 1. Предыстория.

*§ 1. Кризис АКМ начала XX века:
космологические парадоксы и попытки их
решения.*

Три главных космологических парадокса

- *2. Гравитационный парадокс.*
- Этот парадокс состоит в несовместимости представления о бесконечности вещественной гравитирующей вселенной и ненаблюдаемости, неощутимости той бесконечно большой суммарной силы тяготения бесконечного числа тел, которая должна была бы действовать со всех сторон на каждое тело в такой вселенной. Его отметил еще Р. Бентли в письме к Ньютону (1692г.), но более четко сформулировали в конце XIXв. Нейман и Зеелигер.
- В начале XX в. его попытались устранить Шарлье(см. ниже), а затем К. Шварцшильд (1916), рассмотрев модель вселенной со сферической геометрией.

- 3. Фотометрический парадокс.

- Он состоит в том, что в бесконечной (и даже в конечной, но очень большой) звездной Вселенной, заполненной хаотически разбросанными звездами, взгляд в любом направлении должен упираться в поверхность какой-либо из них и, таким образом, все небо должно сиять примерно как поверхность Солнца! А этого нет, в чем и состоит парадокс. Первым это противоречие отметили еще в 1720г. Галлей (и даже, возможно, первый археоастроном Стьюкли). Большую известность получило аналогичная формулировка его швейцарским астрономом Х. Шезо (1744 г.). Но широко известен он стал в приведенной выше более развитой формулировке Г.В. Ольберса (1826 г.).
- Оба эти парадокса попытался снять Шарлье, предложив модель иерархической космологической Вселенной, предполагавшей такой сильный рост расстояний между системами каждого «этажа», что ср.плотность материи при бесконечной массе Вселенной оказывалась равной нулю. Но она отвращала уже своей искусственностью.

- **4. Термодинамический парадокс "тепловой смерти" Вселенной.**
- Этот парадокс обнаружили в середине XIX в. В. Томсон (лорд Кельвин) и Р. Клаузиус при попытке распространить только что открытое II Начало термодинамики на весь физический (ньютоновский) мир - бесконечное пространство, заполненное звездами. Суть парадокса состояла в необходимости одностороннего необратимого рассеяния энергии, ведущего к тепловой смерти Вселенной (формулировка Томсона) или, иначе, к безудержному росту энтропии ("Энергия мира постоянна. Энтропия мира стремится к максимуму" - формулировка Клаузиуса). (Энтропия – степень неупорядоченности системы и растет как раз с переходом всех видов движения в хаотическое тепловое.
- Попытки разрешить эти парадоксы в рамках классической АКМ оказались недостижимыми. Первые два еще могли быть устранены в иерархической космологической Вселенной Шарлье. Но термодинамический не удавалось устранить, если только не усомниться в самом II Начале или его применимости к бесконечной, незамкнутой системе Вселенной.

- Людвиг Больцман (1844 – 1906) был первым, кто рассмотрел "статистическую модель Вселенной".. Однако Больцман использовал *дискретную* (атомную) модель материи, вместо континуальной, принимаемой в классической феноменологической термодинамике.
- Свое решение парадокса Больцман нашел, пойдя в признании тепловой смерти даже дальше, чем Клаузиус и Кельвин. Больцман рассмотрел вопрос о том, что будет, когда *установится* термодинамическое равновесие, то есть когда тепловая смерть наступит!.. Более того, сделав следующий весьма смелый шаг, он предположил, что состояние тепловой смерти – это обычное состояние любой части Вселенной.
- Но при этом Больцман указал (в чем и состояла гениальность его идеи!) на принципиально новое обстоятельство: **с учетом флуктуаций неизбежно возникновение как частых малых, так и чрезвычайно редких, но сколь угодно больших флуктуаций, то есть возникновение *неравновесных* областей во Вселенной, причем сколь угодно больших, в результате чего и могла самоорганизоваться наша упорядоченная Вселенная.**
- Но уже вскоре проблема парадоксов отпала в связи с коренными изменениями в физике и физической картине мира.

§ 2. Кризис классической физической картины мира на рубеже XIX - XX вв.

- В первой четверти XX в. произошла вторая в истории естествознания великая научная революция - смена классической космофизической картины мира на новую, квантово-релятивистскую. Этот коренной переворот начался с *революции в физике*.

- Классическая физическая картина мира (ньютоновская гравитационно-механическая, дополненная к концу XIX в. идеями и открытиями электродинамики Максвелла - Лоренца и ставшая по сути гравитационно-электродинамической) опиралась на представление о независимости друг от друга, иначе *абсолютности* таких сущностей, как *пространство, время, материя*

- Пространство представлялось евклидовым - плоским, трехмерным, бесконечным, существующим и без материи (как абсолютная пустота).
- Время в общем смысле - как некая абсолютная длительность, вне связи с материей (хотя принималось во внимание и физическое время как мера физических процессов – вспомним это определение у Аристотеля!).
- Материя мыслилась дискретной - состоящей из нейтральных атомов с электромагнитной основой (то есть в свою очередь построенных из электрически заряженных частиц - электронов и некой положительно заряженной

- *Абсолютными* и универсальными считались и *физические законы* – то есть открытые на Земле, они распространялись на всю мыслимую материальную Вселенную.

- И хотя в механике уже со времен Галилея был известен классический принцип относительности ("не абсолютности") движения, а именно тождественность любых механических явлений в равномерно (и, как уточнил Ньютон, прямолинейно) движущихся или покоящихся системах, все же *одна система* отсчета выделялась как *абсолютная*, в целом *неподвижная*, движение относительно нее можно было рассматривать как абсолютное. Такой системой считался *мировой эфир*.
- *Абсолютной силой* считалось *тяготение* – как "всемирное" врожденное (вопреки представлениям самого Ньютона!) свойство материи.
- *Законы макроскопических явлений распространялись (экстраполировались) на всю шкалу масштабов* - до космологических в одну сторону и до микромира в другую. Такова была классическая физическая картина мира.

Парадокс Майкельсона (1881г.)

- Но в последние десятилетия XIX в. в физической картине мира проявился новый парадокс: результат опыта американского физика *А. Майкельсона*. В 1881 г. он предпринял *попытку обнаружить мировой эфир* прямыми опытами - *измерить скорость движения относительно него Земли*, иначе – "эфирный ветер ". В общепринятой тогда волновой теории света он считался проявлением волновых колебаний мирового эфира и скорость распространения луча света , как ожидалось, должна была складываться или вычитаться из скорости орбитального движения Земли . **Но измеряя скорость луча света (в 1881-87гг.), направленного вдоль и поперек земной орбиты, наблюдатели получали скорость**

Попытки объяснения парадокса Майкельсона в рамках классической физической картины мира.

- 1.Объяснить это пытались *неощутимостью движения Земли относительно мирового эфира*, хотя существование самого эфира и, следовательно, движение Земли относительно этой неподвижной мировой среды продолжали считать реальностью.

- 2. Г. Герц предположил (1880-е гг.), что Земля просто увлекает с собой часть окружающего эфира и в этой, неподвижной относительно Земли, окрестности и производятся наши опыты. Но И.Физо показал, что такое «увлечение может быть лишь частичным» и скорость света должна изменяться.
- 3. Х.А. Лоренц и Дж. Фитцджеральд попытались объяснить отрицательный результат опыта Майкельсона, допустив реальное сокращение размеров движущихся тел, включая Землю, в направлении их движения. (При этом неизменность скорости света объяснялась уменьшением промежутков пространства между точками испускания и приема луча: свет, скорость которого складывалась со скоростью Земли, проходил бы за то же время меньшее расстояние и скорость его т.о. представлялась бы такой же, как и в покоящейся

Принцип относительности Пуанкаре (1904)

- *Именно эффект неощутимости якобы реально существующего движения Земли сквозь мировой эфир (неощутимости его и по электромагнитным явлениям) и был назван впервые (по аналогии с принципом Галилея) новым "принципом относительности" (А. Пуанкаре, 1904 г.).*

Вторая научная революция в физике.

создание специальной и общей теории относительности (СТО и ОТО). Эйнштейн.1905, 1916.

- Перед физиками встала проблема поисков новой фундаментальной, более общей теории, которая на единой основе объясняла бы и механические, и электромагнитные явления. Эту проблему решил в 1905 г. молодой немецкий физик Альберт Эйнштейн (1879 - 1955) в своей "специальной теории относительности" (СТО).

Отказ от идеи мирового эфира и от понятия массы как абсолютного независимого свойства материи

- Из утверждения о принципиальной неосязаемости движения Земли относительно мирового эфира **Эйнштейн сделал** подлинно революционный **вывод**: в таком случае можно считать, что *такой абсолютной системы отсчета вовсе не существует* - и отказался от идеи мирового эфира.
- Обобщив принцип относительности Галилея, Эйнштейн провозгласил равноправие всех инерциальных систем в отношении любых физических процессов.
- Другим фундаментальным выводом теории стало знаменитое соотношение между полной внутренней энергией и массой тела $E = mc^2$. Оно следовало из постулата Эйнштейна о пропорциональной зависимости между массой и внутренней энергией

Создание общей теории относительности (Эйнштейн) и квантовой теории света (Планк, Эйнштейн) – завершение второй научной революции в физике.

- В 1915 г. Эйнштейн доложил свою новую теорию гравитации – общую теорию относительности (ОТО). Специальная теория относительности вошла в нее как частный случай, (она описывала поведение тел при движениях с околосветовыми скоростями в слабом поле тяготения). Т.о. и ньютонова количественная теория гравитации вошла в ОТО частным случаем – для слабых полей тяготения.

- В ОТО утверждалась неразрывная связь не только между пространством и временем (идея Минковского) , но еще и материей и вводился новый образ четырехмерного пространства-времени, зависящего от находящейся в нем материи. Она искривляла пространство (его описывала геометрия Римана, где сумма углов треугольника с выпуклыми сторонами $> 180^\circ$), и тело двигалось в этом пространстве так, что казалось притягиваемым к месту концентрации материи.
- Так впервые тяготение было представлено как эффект чего-то, а не врожденное свойство.

Первые успехи ОТО

- Первым успехом ОТО стало **объяснение загадочной лишней скорости (на $43''/100$ лет) в движении перигелия Меркурия.**
- Тогда же, в 1916 г. К. Шварцшильд нашел первое точное решение мировых уравнений Эйнштейна, которые связывают геометрические свойства, или метрику, четырехмерного искривленного пространства-времени со свойствами заключенной в нем материи, и тем по новому устранял гравиметрический парадокс (см. выше).
- Из ОТО следовало, что луч света, проходя вблизи звезды, искривляющей пространство, должен сам искривляться в направлении этой звезды. **Такой эффект действительно был обнаружен во время солнечных затмений (в 1919г. Эддингтоном и Дайсоном, затем в 1922г. ,а в 1936гг. А.А.Михайловым).**

- Физика, зарождавшаяся некогда как "космофизика", вновь возвращалась к своим космическим масштабам.
- В свою очередь **ОТО стала фундаментом** для выявления новых свойств и закономерностей Вселенной в самых крупных масштабах и для создания новой, **релятивистской космологии** и космологической картины мира.
- Вторым существенным элементом научной революции в физике стало создание в начале XX в. квантовой теории света Планком и Эйнштейном .

§ 1. Космологические следствия общей теории относительности: рождение релятивистской АКМ

- **1. Вселенная Эйнштейна. 1917г.**
- Попытку построить математическую модель Вселенной предпринял сам Эйнштейн в 1917 г.
- Считая радиус кривизны пространства постоянным, то есть исходя из представлений о стационарности Вселенной в целом во времени (что казалось наиболее разумным с философской точки зрения, поскольку под именем «Вселенная» мыслился весь существующий материальный мир), он пришел к заключению, что **Вселенная должна быть пространственно конечной, хотя и бесконечной во времени** (вечной) и построил новую – первую не наглядную – модель Вселенной: в форме четырехмерного цилиндра, отразившего конечность трехмерного пространства Вселенной и бесконечность ее существования во времени.

Введение «космологического Λ - члена»,

- Однако решение мировых уравнений оказывалось неоднозначным и не давало однозначной стационарной модели мира, пока Эйнштейн не ввел в них некую искусственную умозрительно полученную деталь – дополнительную постоянную – «космологический член», обозначенный им как Λ (греч. большая буква «лямбда»). При положительных значениях Λ эта постоянная приобретала физический смысл поля сил отталкивания, или, как стали говорить в дальнейшем, "отрицательного давления". (Эйнштейн считал в дальнейшем введение космологической постоянной едва ли не главной своей ошибкой, а между тем она оказалась плодом глубочайшей интуиции гения, и ей еще предстояло с триумфом возродиться в космологии и космофизике XXI столетия).

От стационарной вселенной Эйнштейна к нестационарной вселенной Фридмана – Леметра).

- Александр Александрович Фридман (1888 - 1925), петербургский математик, геофизик (и летчик-наблюдатель ,герой первой мировой войны) первым отказался от исходного постулата о стационарности Вселенной, показав его теоретическую необоснованность.
- В 1922 г. он заново проанализировал сложную систему из 10 мировых уравнений ОТО и пришел к фундаментальному выводу о том, что эти уравнения ни при каких условиях не дают однозначного решения, то есть ответа на вопрос о форме Вселенной, ее конечности или бесконечности в пространстве.

А.А.Фридман **(1888-1925)**

Российский
математик,
геофизик, летчик-
наблюдатель
(доброволец) в
первую мировую
войну (1914-1918)



2. Нестационарная вселенная Фридмана. 1922г.

- Вместе с тем захваченный новой небывалой перспективой получить, пусть не однозначный, но ответ на вопрос о том, **что же может представлять собой наша Вселенная с точки зрения ОТО**, в рамках новых представлений о существовании гравитации, Фридман **предположил возможность изменения радиуса кривизны мирового пространства во времени.**

Три космологические модели Фридмана

- Исходя также из постулата – но теперь уже иного – об однородности и изотропности Вселенной, Фридман нашел новые, "нестационарные" частные решения уравнений ОТО – в виде трех возможных моделей нестационарной Вселенной. Каждая определялась принимаемым интервалом значений Λ и знаком кривизны пространства.

- Две модели (с положительным Λ) описывали Вселенную с монотонно растущим радиусом кривизны. Вселенная как целое оказывалась расширяющейся: в одном случае из точки, в другом – начиная с некоторого малого, но ненулевого объема. («Монотонный мир первого и второго рода», по Фридману.)
- Третья модель представляла "периодическую" Вселенную: радиус кривизны ее пространства периодически возрастал от нуля до некоторой величины за время, которое Фридман назвал "периодом мира" (используя образы из древнеиндийской космологии – представления о периодах-югах!), а затем уменьшался опять до нуля и т.д.

Первая реакция Эйнштейна

- Таким образом Фридман отвергал вывод Эйнштейна о том, что ОТО обязательно приводит к конечности Вселенной при любой положительной средней плотности материи в ней.
- Результаты Фридмана были опубликованы в небольшой (11 страниц) статье в ведущем немецком теоретико-физическом журнале "*Zeitschrift für Physik*" (1922, Bd.10; рус. пер. в Журнале рус. физ.-хим. Об-ва, т.56, за 1924/25г.) .
- Статья вызвала резкую критику Эйнштейна, но вскоре Фридман сумел убедить его и он уже в 1923г. в Z.f.Ph. признал правоту молодого советского теоретика, назвав его результаты «проливающими новый свет на проблему».

- В 1924 г. во второй своей статье в том же журнале Фридман рассмотрел вопрос о возможности мира с постоянной отрицательной кривизной.
- Более полную и глубокую оценку вклада А. Фридмана Эйнштейн дал в 1945 г. : "Его [Фридмана] результат затем получил неожиданное подтверждение в открытом Хабблом расширении звездной системы... Последующее представляет не что иное, как изложение идеи Фридмана. ...Не вызывает поэтому никаких сомнений, что это наиболее общая схема, дающая решение космологической проблемы" [*Цит. по мем. Фридм. Конф. //Успехи физических наук.Т.80,1963г.*]

Фридман и древнеиндийская философия

- В космологии Фридман не был чистым теоретиком. Получив модель "периодической Вселенной", он обращается к истории философского осмысления окружающего мира. "Невольно вспоминается, – писал Фридман в своей философской брошюре **"Мир как пространство и время" (1923)**, – сказание индусской мифологии о периодах жизни".
- В космологии Фридман большое значение придавал и наблюдениям. "Вернейший и наиболее глубокий способ изучения, при помощи теории Эйнштейна, геометрии мира и строения нашей Вселенной состоит в применении этой теории ко всему миру и в использовании астрономических исследований... И хотя астрономические исследования не дают еще достаточно надежной базы для экспериментального изучения нашей Вселенной ... наши потомки, без сомнения, узнают характер Вселенной, в которой мы обречены жить...", – пророчески писал Фридман в той же брошюре.
-

Творцы релятивистской КОСМОЛОГИИ.

*Альберт Эйнштейн (1879-1955) и Александр
Александрович Фридман (1888-1925).*



Загадка больших скоростей спиралей и первые интерпретации эффекта. В.М. Слайфер, В. де Ситтер, А. Эддингтон, Г. Вейль (первая четверть XX в.).

- Весто Мелвин Слайфер (1875 - 1969) на Ловелловской обсерватории (в г. Флагстафф, на севере шт. Аризона, США) первым стал измерять лучевые скорости шаровых скоплений и спиральных туманностей и обратил внимание на их значительные величины у спиралей по сравнению со скоростями звезд (до 1100 км/с против десятков км/с у звезд).
- Вскоре обратили внимание на преобладание среди них скоростей удаления - туманности как бы разбегались от нас (В. Слайфер, В. де Ситтер, 1917 г.)

Весто Мелвин Слайфер (1875 1969)

Американский
астроном-
наблюдатель, с 1901г.
сотрудник
Ловелловской
обсерватории, с 1916г.
ее директор, первым
начал измерять
лучевые скорости
шаровых скоплений и
спиральных
туманностей,
обнаружил, что
лучевые скорости
последних на 2 порядка
превышают лучевые
скорости звезд. Член
Национальной АН



- В наблюдениях этот эффект "разбегания" проявился впервые при исследованиях (начатых в 1916 г.) движения Солнца относительно совокупности млечных туманностей. В соответствующее кинематическое уравнение, взятое из звездной астрономии и связывающее скорость движения Солнца в пространстве и лучевую скорость, но теперь уже не звезды, а каждой туманности, вошел некий **К-член**, имеющий смысл дополнительной относительной скорости Солнца и данной туманности. Вычисленная по совокупности туманностей его значительная величина (в сотни км/с) и положительный знак показали, что туманности как бы разбегаются от Солнца. **Этот К-член и был поначалу назван "красным смещением"** (немецким астрономом К. Виртцем, 1921 г.), а в целом эту дополнительную скорость Солнца, или, что то же самое, - скорость движения относительно Солнца всей совокупности туманностей стали называть "скоростью Вселенной".
- Выяснить, не зависит ли К-член от расстояния до туманностей, безуспешно пытались в 1916 - 1928 гг. многие наблюдатели и теоретики (Паддок, К. Виртц, К. Лундмарк, Г. Стремгрен и др.).

Модель Вселенной де Ситтера и ее интерпретация у Эддингтона и Вейля

- В этот же период, в 1916 - 1917 гг., голландский астроном Виллем де Ситтер (1872 - 1934) первым рассмотрел астрономические следствия ОТО. В 1917 г. де Ситтер теоретически вывел эффект взаимного удаления туманностей - как ожидаемое преобладание сил "гравитационного отталкивания вакуума " (в этом был физический смысл положительного космологического члена Λ) над обычными силами гравитации, ввиду крайне малой плотности материи во Вселенной. Эта модель известна как "модель пустой вселенной де Ситтера". (Ср. с моделью Шарлье!)
- Под впечатлением этой теории А. Эддингтон, который также одним из первых отметил **преобладание в спектрах спиралей красных смещений**, назвал этот эффект "**эффектом де Ситтера**".
- В 1923 г. немецкий математик Г. Вейль, исходя из теории де Ситтера, а также из принципа однородности и изотропности Вселенной, без труда показал, что относительные **скорости взаимных удалений** млечных туманностей, даже при совершенно равномерном расширении Вселенной, **должны расти**

Наблюдения Хаббла и Хьюмасона

- Возможно, не без влияния этих идей и расчетов (по крайней мере зная об идеях де Ситтера) Э.П. Хаббл (1889 - 1953) в 20-е гг. на Маунт-Вилсон занялся анализом лучевых скоростей галактик и привлек к этому другого сотрудника обсерватории, талантливое наблюдателя спектроскописта М. Хьюмасона (1891 - 1972). (О теории Фридмана американские астрономы, как и многие тогда, ничего не знали, очевидно)
- Сравнение конкретных лучевых скоростей и расстояний показало Хабблу, что у более далеких туманностей они больше и что т.о. в кинематическом уравнении движения Солнца относительно туманностей **К-член**, или "скорость Вселенной" также **растет с ростом расстояний до туманностей и его следует условно записывать как Kr** .
- Конкретный вид зависимости "скорости Вселенной" от расстояния между Солнцем и туманностями Хаббл впервые определил по 24 галактикам с измеренными расстояниями и по 22, расстояния до которых были оценены им по их суммарным звездным величинам. Эти галактики располагались не далее, чем в 70 млн. св. лет от нас, и параметр красного смещения в их

Открытие закона Хаббла

- К 1929 г. Хаббл уже уверенно установил что лучевые скорости (v) растут прямо пропорционально r : $v = Kr$ и оценил значение постоянную $K = 500 - 530 \text{ км}/(\text{сек} \times \text{Мпк})$. В январе 1929 он сдал в печать статью (на 6 страницах) с этими результатами: "Связь между расстоянием и лучевой скоростью внегалактических туманностей" в Труды Национальной академии наук США (она вышла в марте).
- Американский физик-теоретик Р. Толмэн предложил назвать постоянную в новом законе "красного смещения" именем Хаббла и обозначать ее через "H":
$$v = Hr.$$
- Так в астрономию вошел фундаментальный закон космологического расширения ХАББЛА

- К 1931 г. он был доказан Хабблом и Хьюмасоном для расстояний в 18 раз больших, чем при его открытии. К 1935 -36 гг. он был подтвержден и для изолированных галактик, и для их скоплений, вплоть до самых далеких доступных 100" телескопу (до 18 зв. вел. и с лучевыми скоростями до 42тыс. км/с). В 1950 - 51 гг. уже с помощью 200" рефлектора закон Хаббла был продвинут к лучевым скоростям в 61 000 км/с. В этой работе по обоснованию и "распространению" действия закона Хаббла принимали затем участие известные наблюдатели В. Бааде, Н. Мейолл, Э. Сэндидж и др. и целый ряд крупных обсерваторий.
- В настоящее время его действие, подтвержденное и в радиодиапазоне, проверено и подтверждено до расстояний свыше 10 млрд. св. лет (по радиоисточникам и квазарам).
- Постоянная Хаббла является одной из фундаментальных космологических постоянных. В результате неоднократных уточнений ее значение, полученное с помощью КТХ (2009г.) принимается в настоящее время равным $72 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$ и т.о. возраст нашей Вселенной оценивается в 13,8 млрд. лет.

Окончание первого часа
лекции 15

Лекция 15- 2. Неожиданные следствия развития релятивистской АКМ и рождение релятивистской эволюционной космологии.

Первая треть XX в.

§ 1. Рождение релятивистской эволюционной космологии.

- 1. Проблема конечного возраста Вселенной.
- Большое смятение в умах вызвало осознание того, что величина, обратная постоянной Хаббла ($1/H$) означает не что иное, как время расширения Вселенной, ее возраст, то есть закон Хаббла свидетельствует о конечности Вселенной во времени (!), а не только в пространстве.

1 . Предыстория проблемы конечного возраста Вселенной и первые оценки его в теории Фридмана (1922-23г.).

- Первым эту проблему затронул еще А. Фридман. Свою первую статью по космологии (1922) он закончил хотя и чисто иллюстративным, но тем не менее любопытным подсчетом: если положить $\Lambda = 0$ и общую массу Вселенной близкой по порядку величины к массе Метагалактики, то время от начала существования Вселенной ("**период мира**«) будет исчисляться величиной **порядка 10 млрд. лет.**
- Более детально Фридман обсуждает вопрос в брошюре 1923 г. "Мир как пространство и время": "Является возможность также говорить о "сотворении мира из ничего", но все это пока должно рассматриваться как курьезные факты, не могущие быть солидно подтвержденными недостаточным астрономическим экспериментальным материалом. ... Бесполезно, - продолжает он, - за отсутствием надежных астрономических данных приводить какие-либо цифры, характеризующие "жизни" переменной Вселенной" (имеется в виду аналогия с древнеиндийскими "циклами жизни«-югами). "Если все же начать подсчитывать, для курьеза, **время, прошедшее с момента, когда Вселенная создавалась из точки, до теперешнего ее состояния,** начать определять, следовательно, время, прошедшее от создания мира, то получатся числа в **десятки миллиардов наших обычных лет**". (Ср. с современными оценками в 13,8 млрд. лет...). **Это еще раз напоминает об эвристической силе математики в познании окружающего мира.**

2. Вывод о начале Вселенной во времени и гипотеза "Большого Взрыва"(Big Bang) Ж. Леметра (1927г.).

- Вывод о "начале" Вселенной следовал и из эффекта красного смещения при его истолковании на основе принципа Доплера. Это осознал в 1927г. (еще по данным Слайфера и до опубликования закона Хаббла) бельгийский астроном Жорж Леметр (1884 - 1966)(в то время недавний студент Эддингтона). Независимо от Фридмана (возможно, и не зная о нем) он выдвинул гипотезу возникновения Вселенной и ее дальнейшего расширения из "точки". (За ней закрепилось на некоторое время название "атома-отца", хотя сам Леметр, даже будучи лицом духовным (он имел сан аббата в Ватикане), избегал этого образа и вообще теологической трактовки своей теории.)
- Между тем, и в наши дни церковь пытается трактовать теорию Леметра именно в религиозном смысле, приписывая и сам Большой Взрыв действию Бога (яркий пример паразитирования современной религии на достижениях и трудностях науки).

Гипотеза Big Bang

- Процесс возникновения Вселенной Леметр представил в форме Большого Взрыва (Big Bang), первым попытавшись "нащупать" и его наблюдаемые следы. Он допускал, что таким отголоском могли быть космические лучи (открытые в 1912 г. В. Гессом и В. Кольхерстером).
- Однако гипотеза Леметра была "услышана" астрономами только после его выступления в 1933 г., когда он предложил новый вариант концепции расширения Вселенной - из плотного сгустка материи конечных, но очень малых размеров.

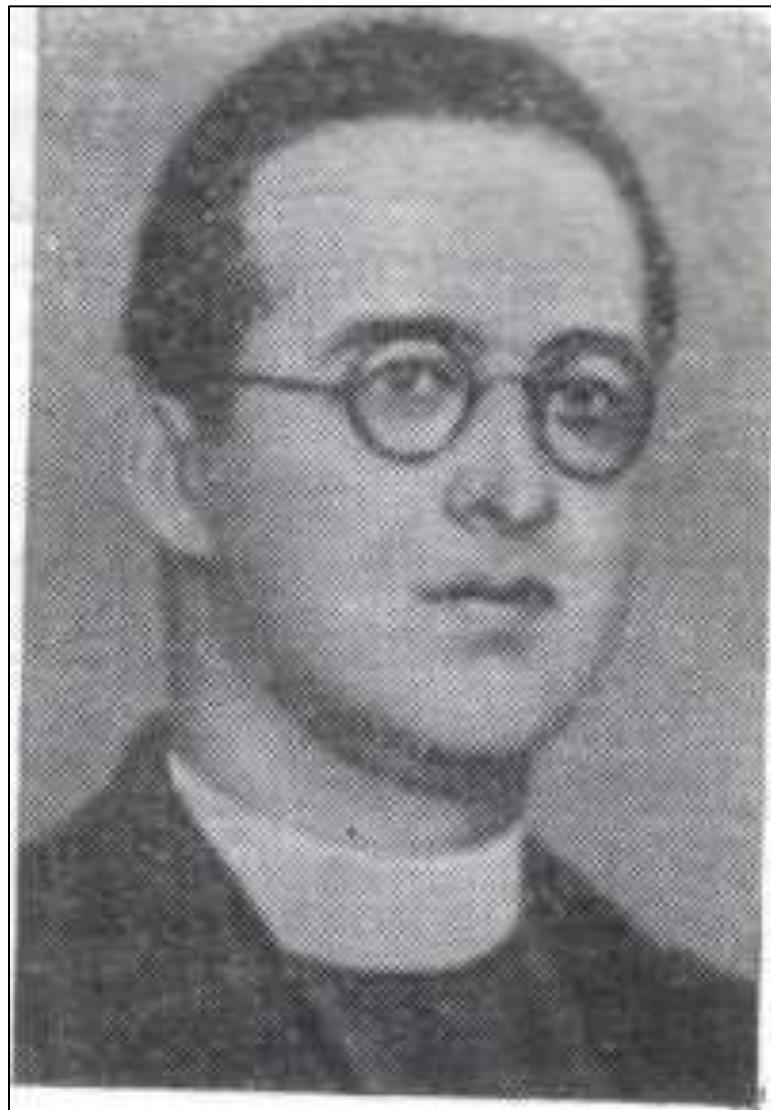
Жорж Леметр

(1894 - 1966)

Бельгийский астроном,
Получил два образования. 1.
Инженер (окончил Лувенский
иезуитский ун-т, 1914),; 2.
астроном (окончил
Кембриджский ун-т -ученик
Эддингтона), Гарвардский ун-т
и Массачусетский технологич.
Ин-т (США).

Автор гипотезы начала
Вселенной в форме «Большого
Взрыва» (Big Bang) (в 1927г.
объяснил красное смещение
расширением Вселенной из
точки, в 1933 – из очень малого
объема).

Имел сан аббата (1922), член
Папской АН в Ватикане, ее
президент в 1960-66.



3. Философские проблемы релятивистской космологии и попытки не-доплеровского решения проблемы.

- Релятивистская космология распространила вновь открытые космологические закономерности на всю мыслимую материальную Вселенную, превратив ее в новую астрономическую картину мира. Поэтому вывод о возможности ее начала во времени, казалось, вел к полному перевороту и отрицанию веками и тысячелетиями складывавшегося представления о вечности Вселенной (отождествлявшейся со всей существующей материей вообще). Все это настораживало философов-материалистов и многих астрономов.
- В 30-е гг. разгорелись острые дискуссии о смысле эффекта красного смещения, а затем и об оценке "возраста" Вселенной и о "космологической шкале времени".
- Дело в том, что первоначальная оценка коэффициента самим Хабблом в открытом им законе приводила к невероятно малому времени существования Вселенной - всего около 2 млрд. лет! Это было меньше возраста Земли, уже оцененного геологами в неск. млрд. лет, а тем более звезд – возраст которых оценивался по господствовавшей тогда «длинной космологической шкале времени» Джинса в 10^{13} - 10^{15} лет.

- Вместе с тем попытки объяснить эффект красного смещения не доплеровским эффектом, а, например, потерей фотонами энергии на пути от далеких галактик (Цвикки) или же приписать его действию сильных полей тяготения в Космосе (гравитационное красное смещение в ОТО) также не имели успеха. В первом случае была бы зависимость эффекта от длины волны, во втором – эффект был бы намного меньше наблюдаемого.

-

Новая идея стационарности Вселенной и неожиданный проблеск далекого предвидения

- Делались попытки "спасти" идею стационарности Вселенной без отрицания ее расширения в целом. В 1948 г. английские космологи Ф. Хойл, Х. Бонди и Т. Голд, а также немецкий физик П. Йордан выдвинули и математически разработали идею, согласно которой вместо ушедших из данного объема пространства галактик непрерывно возникают новые как бы "из ничего" (вернее, как полагали авторы идеи, - из некой неизвестной формы материи - "**С-поля**"), так что средняя плотность материи во Вселенной сохраняется и Вселенная оказывается "стационарной". Но и это объяснение вошло в противоречие с новыми наблюдениями., а также считалось нелепым с мировоззренческой точки зрения (Опрометчиво отождествили С-поле с Ничто)...
- Между тем, в наши дни его можно сравнить с первичным состоянием материи в виде «скалярного поля»

**Открытие нового канала
информации о
Вселенной.**

АКМ к началу XX века

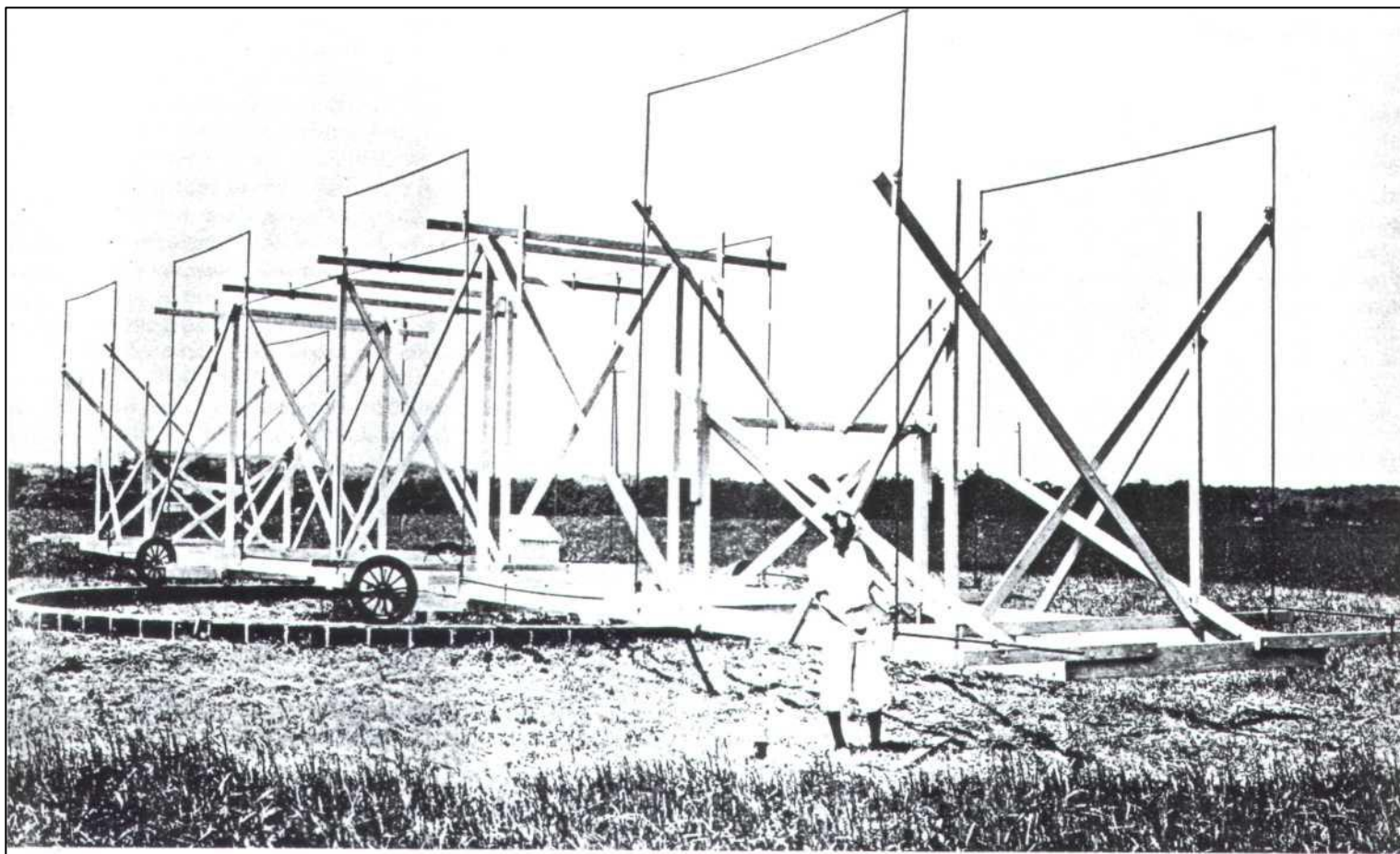
До третьего десятилетия XX в. астрономическая картина мира формировалась, опираясь исключительно на наблюдения в оптическом диапазоне спектра. Характерными чертами ее были представления о космической материи главным образом в виде звезд с "примесью", казалось, второстепенной диффузной газопылевой добавки.

Основные наблюдаемые явления объяснялись действием гравитации, ядерными и атомными процессами на базе новой физики: теории относительности и квантовой механики. Но как и ранее, все излучение мыслилось по своей природе тепловым, а процессы в Космосе установившимися, устойчивыми. Все объекты во Вселенной, хотя и считались эволюционирующими, но процесс этот предполагался чрезвычайно медленным. Взрывы - в виде новых и сверхновых звезд - представлялись если не случайными, то редкими событиями. Открытие в 20-х гг. глобальной нестационарности (расширения) Вселенной не изменило представлений о "локально спокойной" картине мира.

- **Открывший новое «окно» во Вселенную – Карл Янский, 1932г.**
- 30-е гг. буквально взорвали привычную картину оптической Вселенной, приоткрыв астрономам совершенно необычную, новую вселенную - радиовселенную.
- Первый радиосигнал – непрерывный, идущий из Космоса свистящий шум, источник которого угадывался в Млечном Пути, был прлучен и понят в сентябре 1932г. , а в апреле 1933 г. уверенно определен в центральной области Галактики американским радиоинженером Карлом Янским (1905 - 1950). Первая публикация об этом(в газ. New –York Times)
- **5 мая 1933г. стала официальной датой рождения радиоастрономии.** Сам результат был получен Янским еще 16 сентября 1932 г. на частоте 20.5 МГц (14,5м). Однако это эпохальное событие после первого всплеска внимания к Янскому, не получила тогда должного продолжения.

- К.Янский сделал свое открытие на громоздкой системе прямоугольных антенн, вращавшихся по круговым рельсам, при изучении помех -радиозумов для телефонной компании «Белл» , целью чего было совершенствование первой межконтинентальной телефонной связи.
- Радиозаписи Янского показали при этом источник радиозума не только в центральной части Млечного Пути, в них выявился и первый дискретный радиоисточник — известный ныне как "Кассиопея-А" остаток вспышки Сверхновой.
- В интернете есть интересные сведения: Янский «пытался убедить руководство «Белл» построить 30-метровую тарелочную антенну и серьезно заняться космическими радиосигналами. Но менеджеры щедрости не проявили и перебросили Янского на другой проект. У астрономических обсерваторий тоже не было лишних денег и желания тратиться на радиоаппаратуру. Изложив свои результаты в четырех статьях (двух — в инженерном журнале, одной — в *Popular Astronomy* и одной — в *Nature*), Янский распрощался с радиоастрономией» (Левин, 2009).
-

Радиоантенны К.Янского («Карусель») на полигоне
компании Белл в Холмделле (фото 1933г.)
Каждые 20 мин. система делала полный оборот .

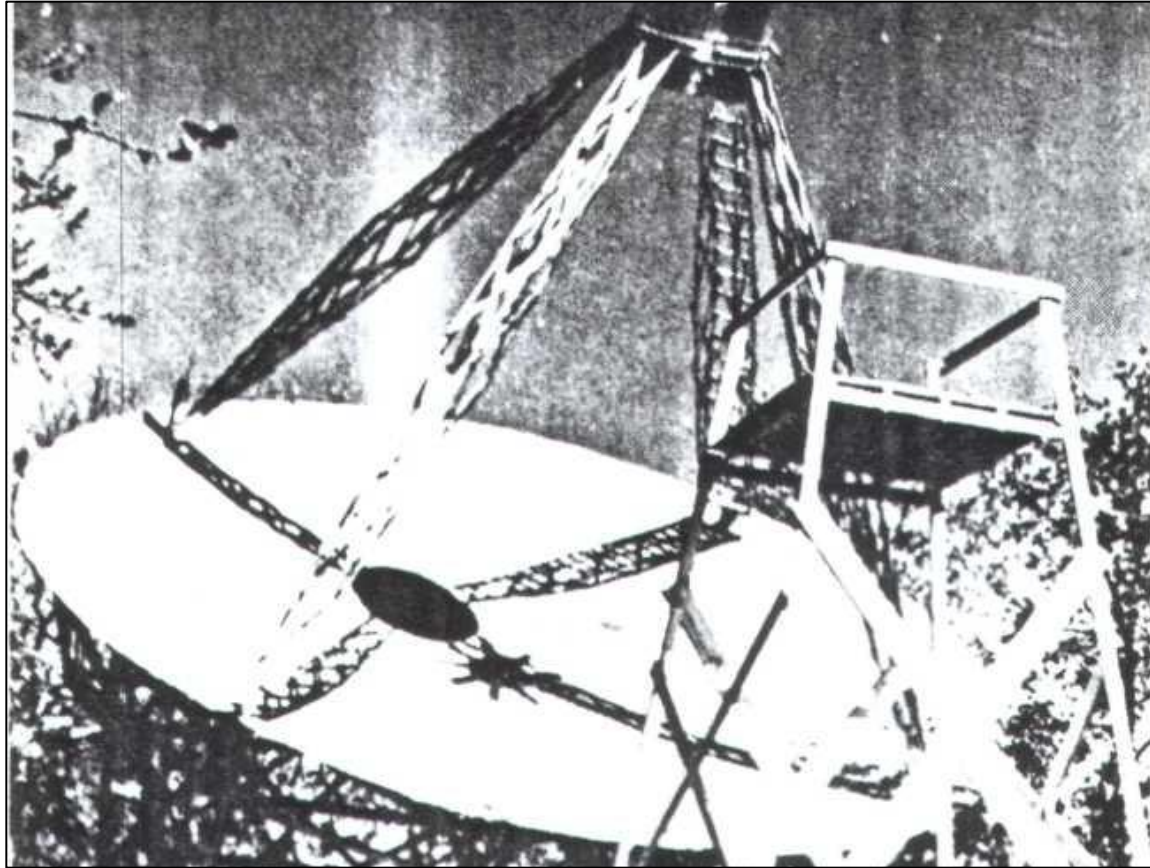


Галилей радиоастрономии – Г.Ребер

- На открытие Янского первым деятельно откликнулся другой американский радиоинженер и любитель астрономии Гроут Ребер (1911 - 2002).
- Ребер в 1937 г. построил первый в мире настоящий радиотелескоп – полноповоротный (с параболической антенной-зеркалом диаметром 9,5 м и фокусным расстоянием 6м) и начал с ним систематическое наблюдение неба. В 1938 году он принял первые космические радиосигналы в диапазоне 160 МГц (немного более 1м) из нашей галактики — Млечного Пути и в начале 1940-х опубликовал первую радиокарту неба Северного полушария. Поэтому его можно с полным основанием назвать Галилеем радиоастрономии. До 1948г. Ребер оставался единственным исследователем-радиоастрономом.

Родоначальники радиоастрономии: Карл Янский
(1905-1950)
(слева) и Гроут Рёбер (1911-2002)

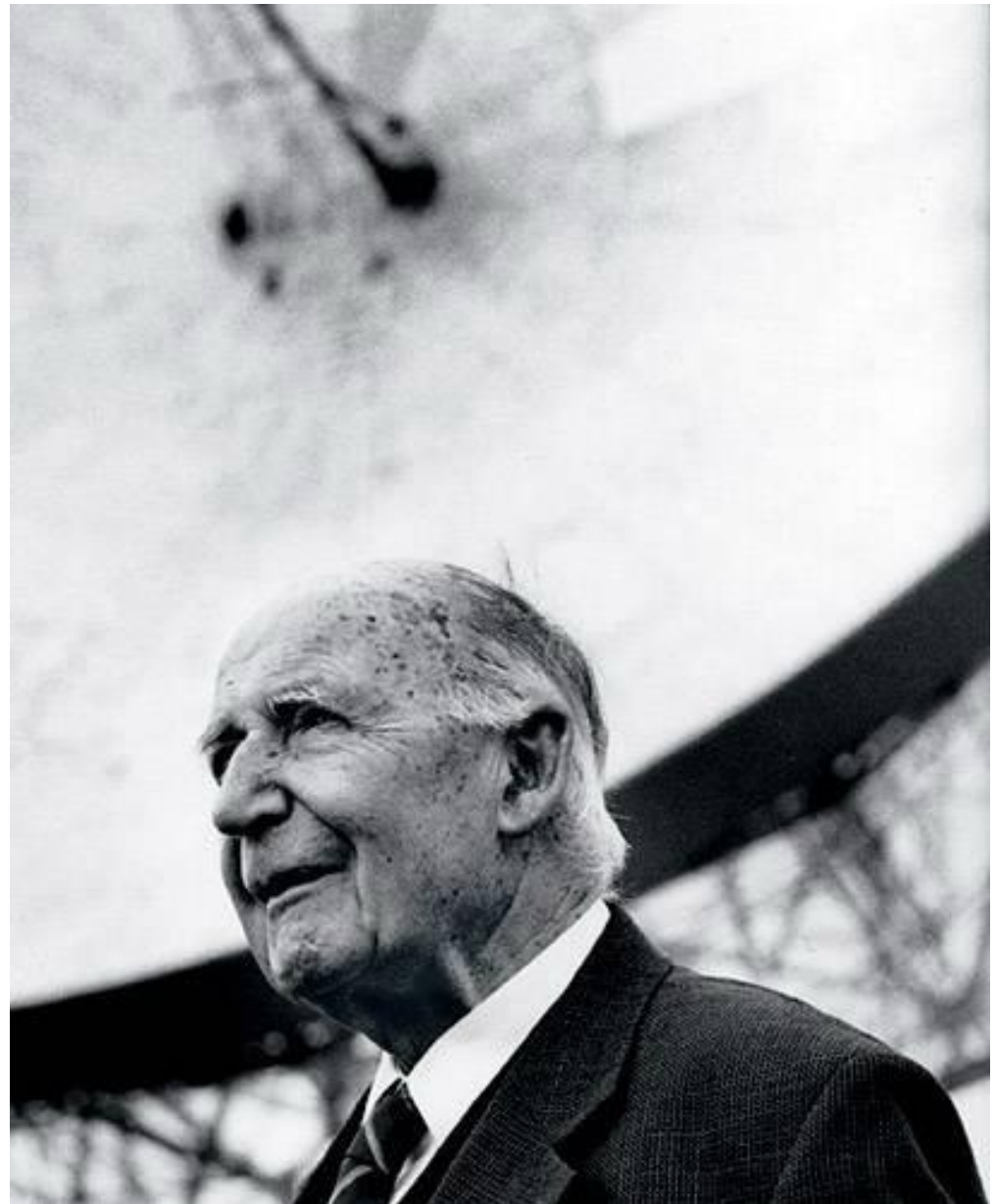




Первый радиотелескоп Рёбера с параболической антенной диаметром 9,5 м и фокусным расстоянием 6 м (1937г.) Ныне – экспонат в Национальной радиообсерватории Грин-Бэнк (США, Западная Виргиния. -ист. интернет).

Гроут Ребер (1911 -2002)

Американский радиоинженер, один из основоположников радиоастрономии, создатель первого работающего полноповоротного радиотелескопа (1937) и первой радиокарты северного полушария неба (начало 40-х гг.). Став первым радиоастрономом, Ребер даже переселился в Тасманию, где были лучше условия для длинноволновой радиоастрономии. Его заслуги были отмечены в 1962г. медалью им. Брюс от Тихоокеанского



- «С конца 1950-х и до самой смерти 20 декабря 2002 года Ребер жил и работал в Тасмании, географическое расположение и климат которой благоприятны для длинноволновой радиоастрономии.»
- См. Интернет , Левин А. // [«Популярная механика» №8, 2009](#) .
- В отличие от Карла Янского, скончавшегося в 45 лет, Гроут Ребер прожил 91 год (20.12.1911 – 22.12.2002).

Открытие радиовселенной

- Уже первые наблюдения Ребера открыли неизвестную прежде "радиовселенную": яркие звезды в ней "молчали"; радиоизлучение, имевшее непрерывный спектр, шло в основном из области Млечного Пути, т.е. "сигналила"- излучала диффузная материя.

«Перекуем мечи на орала...»

- Как самостоятельная область **радиоастрономия** сформировалась в 40-50-е гг. на базе военных радарных установок. Радиоастрономами становились **недавние военные инженеры**.
- Первыми астрономами - энтузиастами новорожденной радиоастрономии стали в послевоенные годы голландец Ян Оорт, советский физик и астрофизик-теоретик И. С. Шкловский и американцы Дж. Гринстейн и Отто Струве (последний представитель пулковской астрономической династии).

- **Открытие первой спектральной радиолнии (с длиной волны 21см)**
- В период 40 - начала 50-х гг. было сделано новое фундаментальное открытие: молодой голландский радиоастроном Хендрик Кристофель ван де Хюлст предсказал, И.С. Шкловский теоретически рассчитал и американцы Х. Юэн и Э. Парселл в 1951 г. обнаружили первую и главную (как выяснилось) линию радиоспектра - 21 см (запрещенная линия нейтрального водорода HI). Это впервые позволило начать детальные исследования спиральной структуры Галактики и ее центральной области.

Открытие нового механизма радиоизлучения

- Еще более неожиданным стало открытие радиоизлучения новой, нетепловой природы. Его механизмом оказалось излучение электронов при торможении их в магнитных полях, отчего появилось его первое более точное название «магнитотормозное». В дальнейшем его заменили, на наш взгляд, менее удачным "синхротронное" (поскольку оно наблюдалось и в ускорителях частиц - синхротронах или синхрофазотронах). Оно имело непрерывный спектр, но совершенно необычное распределение в нем энергии.
- Такое радиоизлучение шло от так называемых дискретных радиоисточников, открытых еще в 1946 - 1949 гг. английскими и австралийскими радиоастрономами. Природа первых таких радиоисточников, обозначенных как "Лебедь-А", "Кассиопея-А" и "Телец-А", долгое время оставалась загадочной. Первые два из них из-за быстрой стохастической переменности их радиояркости были приняты сначала за близкие (ближе всех звезд) объекты и названы "радиозвездами".

- Но с отдельной «звездой» вскоре был отождествлен как раз третий из них : Телец-А совпал с остатком от взрыва знаменитой древнекитайской Сверхновой 1054 г. - Крабовидной туманностью (M1);
- остатком старой Сверхновой оказался и второй радиоисточник – Кассиопея-А, впервые зарегистрированный еще Янским.
- Радиоисточники Лебедь-А, а также Дева-А и Центавр-А оказались радиогалактиками, названными так потому , что они излучают в радиодиапазоне в сотни раз больше энергии, чем обычные галактики. Но и в оптическом диапазоне они имели столь необычный вид, такую сложную, непривычную для одиночных галактик структуру, что поначалу были приняты за пары сталкивающихся галактик.
- Были открыты дискретные радиоисточники и в Солнечной системе.
- Радиоизлучение самого Солнца было обнаружено еще Янским. Но особенно сильно оно проявилось в годы войны, «ослепляя» военные радары при попытке засечь вражеские самолеты, если они подходили со стороны Солнца (как выяснилось, оно было связано с его активностью, сильной вспышкой).
- Источниками радиоизлучения оказались также атмосферы некоторых планет и кометы.
-

Открытие квазаров

- С 1960 г. были известны удивительные почти точечные оптические источники с сильным радиоизлучением, отчего их называли "квазизвездными радиоисточниками" (квазары). В оптике они напоминали чрезвычайно горячие голубые звезды, но с совершенно неизвестными линиями в спектре.
- Природа их оставалась полной загадкой, пока в 1963 г. молодой голландский астроном, работавший в США, Мартин Шмидт не установил, что странные линии в их спектрах принадлежат обычным элементам, но чудовищно (в рамках представлений того времени) сдвинуты в красную область. При доплеровской природе сдвига эти "звезды" должны были удаляться от нас со скоростями около 50 тыс. км/с! Квазары тогда оказались самыми мощными из открытых источниками энергии во всей наблюдаемой Вселенной. Типичный квазар излучает, как добрая сотня галактик! У них были обнаружены и признаки явной нестационарности: переменность блеска и выбросы вещества с огромными скоростями. Квазары поставили перед астрономами новую проблему - их природы и источника их чудовищной энергии.
- В них видят проявление чудовищной активности ядер далеких молодых галактик.

- «Маленькие зеленые человечки...»

- Другим сюрпризом стало открытие в 1967 г. кембриджской аспиранткой Джоселин Белл из группы радиоастрономов Э. Хьюиша источников с фантастически быстрой и не менее фантастически правильной переменностью. Их даже зашифровали сначала как "сигналы маленьких зеленых человечков" - допускался их искусственный характер!
- Это были пульсары. За открытие их Хьюиш (но не Белл...) получил Нобелевскую премию (остряки радиоастрономы называли ее «Не-белловской»...).
- Позднее было установлено, что это впервые обнаруженные сверхплотные звезды - нейтронные, остатки взрыва сверхновых звезд.. Их существование было предсказано еще в 30-е гг. XX в. Л.Д. Ландау, В. Бааде и Ф. Цвикки.

Обогащение АКМ XX в. открытиями в двух полюсах спектра...

- С 60-х гг. картина Вселенной стала быстро пополняться и другими экзотическими радиообъектами. Среди них космические "мазеры" - сгустки диффузной материи в газо-пылевых облаках, окружающих молодые или даже формирующиеся звезды, а то и сами протопланетные газопылевые диски. !.. Таким образом, открытие мазеров и пульсаров ,возможно, впервые позволило увидеть начальные и конечные этапы жизни звезды.
- В начале 70-х были открыты до сих пор еще загадочные γ -всплески - источники предельно коротковолнового γ -излучения. Лишь на исходе тысячелетия удалось понять, что это взрывы в удаленных галактиках такой колоссальной мощности, перед которыми квазары выглядят просто светлячками... Возможно, в максимуме блеска светимость
- γ -всплеска больше, чем у 10 тысяч квазаров, известных в Метагалактике, вместе взятых! А то и сравнима с суммарной светимостью всей Метагалактики... Природа их до сих пор не объяснена. Одна из наиболее устойчивых гипотез – это отголосок слияния двух нейтронных звезд. Но может быть и нечто куда более нетривиальное.

теории «горячей Вселенной» Дж.(Г.А.) Гамова как развитие гипотезы Big Bang на основе квантовой физики и радиоастрономии (1946г.).

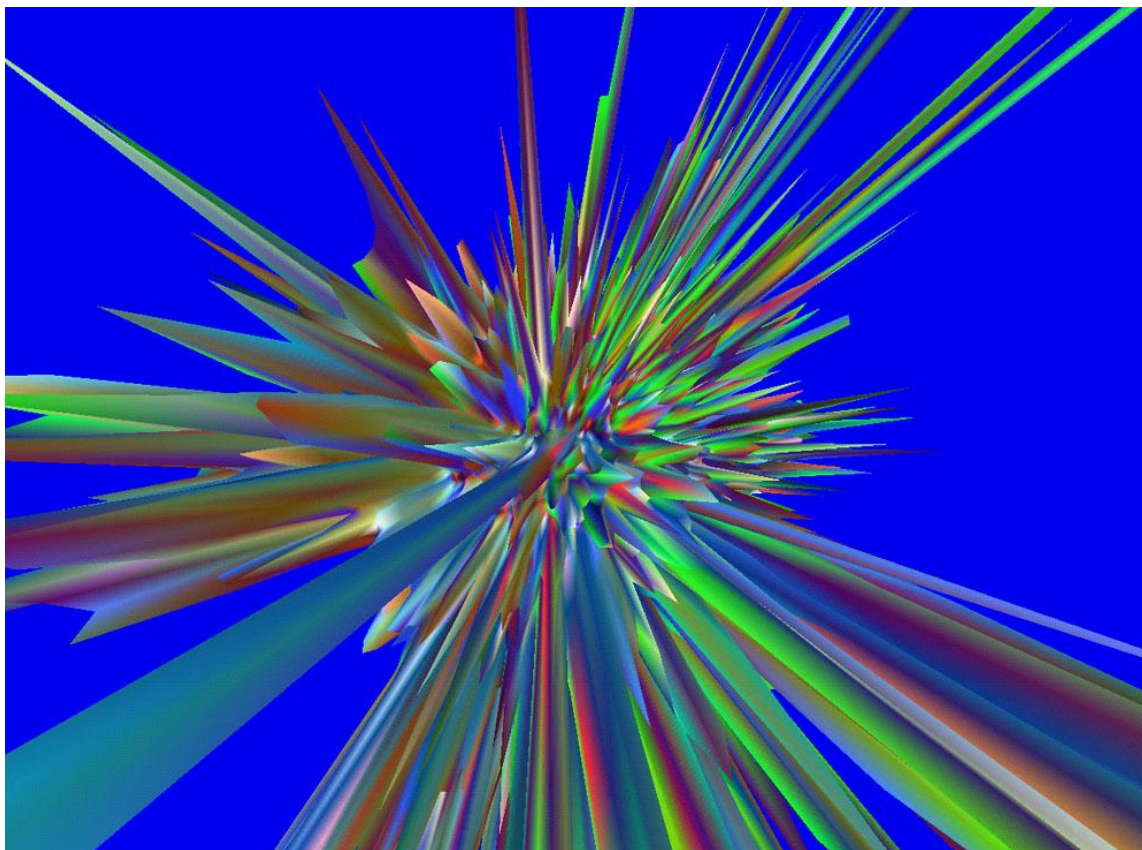
- Формирование физической космолого-космогонической теории возникновения и эволюции Вселенной связано в первую очередь с именем Джорджа (Георгия Антоновича) Гамова (1904 - 1968), одного из самых выдающихся и неординарных по мощности научной интуиции физиков-теоретиков XX века.
- В 1939 г. он предложил нейтринную теорию взрыва сверхновых; в 1942 г. построил детальную теорию эволюции красных гигантов.
- **Решая проблему возникновения химических элементов, Гамов предложил в 1946 г. свою теорию, этого процесса.** Согласно ей они формировались в процессе катастрофически быстрого расширения Вселенной (Большого Взрыва, позднее осознанного скорее как Большой Удар или Большой **Хлопок** (букв. Bang) без начального перепада давлений) и разлета материи, находившейся в некоем начальном сверхплотном нерасчлененном состоянии, недоступном для описания в рамках современной теоретической физики. Это описание процесса рождения Вселенной получило известность как «теория горячей Вселенной» Гамова.
- (Не напоминает ли это картину рождения Вселенной в древнеиндийской натурфилософии: превращения первоначальной нерасчлененной среды «авьякты» в мир вещей – «вьякту»?..)

**Джордж (Георгий
Антонович)
ГАМОВ**

(1904 - 1968)

Американец русского происхождения (род. в Одессе, эмигрировал в 1934г.). Гамов внес фундаментальный вклад в астрофизику, а также в генетику. Помимо теории горячей вселенной построил первую ядерную теорию звездной эволюции (1937 – 1940); нейтринную теорию взрыва Сверхновых (1939), теорию эволюции





Модель Big Bang (по А.Д.Линде).

- **Главное следствие процессов в ранней «горячей Вселенной» Гамова.**
- Начавшееся в результате Big Bang расширение материи – сначала в форме неразделимой из-за чудовищных скоростей (температуры) смеси элементарных частиц вещества и фотонов, непрерывно переходивших друг в друга, – по мере остывания и отделения излучения от вещества разделилось на два процесса. Элементарные частицы дают начало самой распространенной форме вещества – водороду. Сформировавшись затем в мир галактик и звезд, постепенно обогащаясь всеми элементами таблицы Менделеева эта часть материальной Вселенной демонстрирует нам расширение Метагалактики в виде эффекта красного смещения.
- А оторвавшееся от вещества излучение – фотоны, распространяясь и теряя энергию, заполняют Вселенную и образуют вторую оставляющую материальной Вселенной в виде остывающего свободного излучения.

Предсказание фонового излучения во Вселенной – как следствия Big Bang

- Дж. Гамов и его сотрудники Р. Альфер и Р. Герман в 1948 г. предсказали, что в современной Вселенной должно наблюдаться и заполнившее ее первичное излучение. Теперь уже остывшее, оно должно, по расчетам Гамова, проявляться как тепловое изотропное радиоизлучение - с температурой около 5К.

В атмосфере недоверия.

- Однако развитию этой теории в те годы сильно препятствовало общее скептическое отношение астрофизиков к столь фантастической задаче – **понять начало истории всей Вселенной в целом!**
- С другой стороны, и радиофизики считали полной фантазией пытаться уловить столь слабый сигнал в виде изотропного космического радиошума – «радиошепота» из мирового пространства, который без сомнения будет заглушен уже наблюдаемым мощным многоголосым хором радиосигналов от звезд, галактик, межзвездной среды.
-

- *§ 3. Открытие реликтового излучения – наблюдательное подтверждение теории «горячей Вселенной» (Большого Взрыва -Big Bang).*
- *Драматическая предыстория «открытия века».*
- 1. В 1941 г. канадский астрофизик Э. Мак-Келлар (1910 - 1960), открывший за год до этого в межзвездном пространстве молекулы CH , CH^+ , CN и другие, столкнулся с загадочным фактом - возбужденным состоянием молекул межзвездного циана, температура возбуждения которых составляет 2,3 К.
- Но никто тогда не попытался ответить, что же могло возбудить молекулы.

- 2. в 1956 г. пулковский аспирант-радиоастроном Т.А. Шмаонов зарегистрировал радиоизлучение космического фона с абсолютной эффективной температурой, "равной $3,7 \pm 3,7$ К (в зените) и $3,9 \pm 4,2$ К (в полярной области)", отметив, что температура излучения "не менялась существенно со временем" (то есть радиоизлучение было близким к изотропному!).
- Задача была поставлена именно для "измерения эквивалентной температуры радиоизлучения фона на волне $3,2$ см", для чего была сконструирована специальная аппаратура - рупорная антенна. При постановке исследования указанных выше областей неба учитывалось, что "согласно теоретическим расчетам максимальная величина температуры радиоизлучения в области зенита не должна превышать 5 К на волне $3,2$ см", - писал автор этих исследований. (Вспомним, что Гамов предсказывал именно такую температуру остаточного излучения! Было ли это совпадение случайным или в Пулкове что-то знали о гипотезе Гамова, само имя которого в Советском Союзе в те годы было под запретом?.. К сожалению, прояснить это не

-
- Т.А. Шмаонов действительно зарегистрировал некое фоновое радиоизлучение с температурой около 4 K (но еще с небольшой точностью ± 3 K) и доказал его космическое происхождение.
- Важность этого результата тогда же отметил руководитель пулковских радиоастрономов советский радиофизик *С.Э. Хайкин* (1901 - 1968), основоположник экспериментальной радиоастрономии в нашей стране.

- (Но по поздним воспоминаниям Шмаонова, на его вопрос к коллегам-что же делать с полученными результатами, получал ответ - защищайся по конкретной технической работе – испытанию антенны- и все.)
- Свои результаты Шмаонов опубликовал в узко-специализированном техническом журнале (защитив по ним и диссертацию), и вряд ли они дошли тогда до широких кругов астрономов.
- Впервые эта история была кратко рассказана на ОАС акад. Я. Б. Зельдовичем и тогда же впервые опубликована в книге автора настоящего курса «Астрономическая картина мира и ее творцы» (1984) и даже отправлена Т.Шмаонову, но отклика не последовало..., что можно было понять: ведь мимо прошла Нобелевская...

Еще один недолет

- 3. Как выяснилось впоследствии, подобный "недолет" случился и с японскими радиоастрономами, которые еще в начале 50-х гг. также фактически зарегистрировали низкотемпературное фоновое радиоизлучение из космоса и также не обратили на это должного внимания.

Разрыв между теоретиками и наблюдателями перед финалом...

- 4. В 1964 г. советские астрофизики - теоретики А.Г. *Дорошкевич* и И.Д. *Новиков* провели расчет, впервые показавший, что на сантиметровых волнах предсказанное первичное радиоизлучение должно "забивать" все известные источники и, вопреки опасениям радиофизиков, вполне обнаружимо.
- Но этот важный вывод остался, очевидно, неизвестным радиоастрономам - наблюдателям!
- До «открытия века» оставался один год.

Рост интереса к фантастической проблеме...

- Интерес к проблеме в 60-е гг. начал расти в связи с попытками решения другой фундаментальной *проблемы - формирования химических элементов во Вселенной на ранних стадиях ее расширения.*
- Проблема "холодного" или "горячего" начального состояния Вселенной вызывала острые дискуссии и сама становилась "горячим" дискуссионным элементом в астрономической картине мира.

2. Эпохальный финал.

- Радиофизик Р. Дикке с сотрудниками начал подготовку к прямой проверке концепции Большого Взрыва.
- И когда в 1965 г. американские радиоинженеры Арно Элан Пензиас и Роберт Вудроу Уилсон (не слыжавшие о теории Гамова!) при испытании именно рупорной антенны (для наблюдения американского спутника "Эхо") совершенно случайно зафиксировали устойчивый космический радиосум в микроволновом диапазоне (на волне 7,35 см), не зависевший от направления антенны, Дикке, узнав об этом, сразу понял, что речь идет, быть может, о самом фундаментальном открытии века - открытии остаточного первичного излучения Вселенной, осознав также, что сам он опоздал....

-

Нобелевская премия неожиданным финалистам и новое имя космологическому долгожителю Вселенной.

- Так теория "Большого Взрыва" (Big Bang), «горячей Вселенной» получила - еще при жизни ее автора – Дж. Гамова первое наблюдательное подтверждение, а инженеры - Нобелевскую премию (в дальнейшем они стали видными радиоастрономами). Об авторе теории и не вспомнили... Осужденный и запрещенный в СССР он и в США оставался чужим...
- И.С. Шкловский, находясь в окружении реликтовых сосен Пицунды, придумал удачное и образное краткое имя фоновому радиоизлучению, назвав его **реликтовым** (на Западе это не оценили и называют его до сих пор фоновым или остаточным). Но это и в самом деле единственный сохранившийся «долгожитель» - космологический реликт в Метагалактике.