

Уважаемые Коллеги!

Вынуждена привлечь ваше внимание к курсу истории астрономии, который я вот уже 19 лет читаю в ГАИШ.

Предварительные пояснения.

Общий обязательный курс лекций по истории и методологии астрономии читается мною в ГАИШ с 1990г. на основе университетского учебника: А.И.Еремеева, Ф.А.Цицин. «История астрономии. Основные этапы развития астрономической картины мира», М., изд-во МГУ, 1989г. 349с. Он имеется и в нашей б-ке. В работе находится электронная версия – как продолжающаяся подготовка 2-го доп. издания (разумеется, суть лекций не меняется, а лишь улучшается изложение и уточняются детали. Так, в космологии все время приходится следить за меняющейся от года к году оценкой постоянной Хаббла...).

Автор с благодарностью готов принимать все критические замечания по курсу, что пойдет лишь на пользу делу. Но, конечно, не по классическому типу: «Я Пастернака не читал, но осуждаю...»

Случайно узнав об имевшей место именно подобной ситуации, предлагаю ознакомиться с соответствующими фрагментами моей лекции №16 – в качестве своего рода «ликбеза» и в целях нейтрализации дезинформации, прозвучавшей на одном из недавних Уч. Советов ГАИШ из уст одного из его сочленов, посетовавшего, что Еремеева в своих лекциях приписывает лишнюю славу «чужаку» Леметру, умаляя заслуги отечественного ученого А.А.Фридмана.

Для информации приведено и оглавление лекции, где желтым выделены пункты, относящиеся к затронутому вопросу.

Оглавление Лекции 16.

Глава 37. От классической к релятивистской космологической картине мира.

§ 1. Космологические парадоксы и попытки их решения.

§ 2. Вторая универсальная революция в естествознании..

1. Кризис классической космофизической картины мира на рубеже XIX - XX вв.

2. Научная революция в физике – создание специальной и общей теории относительности (СТО и ОТО). Эйнштейн. 1905, 1916.

3. Научная революция в космологии. От стационарной конечной вселенной Эйнштейна к нестационарной вселенной Фридмана.

(1) Первые космологические следствия ОТО: математические релятивистские модели Вселенной К.Шварцшильда (1916); А. Эйнштейна (1917).

(2) Углубление научной революции в космологии. Нестационарная вселенная Фридмана. От математического моделирования к новой картине мира

(3) О различии понятия "Вселенной" у Эйнштейна и у Фридмана.

§3. Развитие релятивистской картины Вселенной на базе новых открытий в наблюдательной астрономии.

1. Открытие больших скоростей спиралей (В.М. Слайфер, 1913 – 1917гг.) и первые интерпретации эффекта на основе ОТО (К. Виртц, Паддок, К. Лундмарк, Г. Стрёмгрен и др.). Модель «пустой Вселенной» с отталкивательными силами В. де Ситтера, 1917).

2. Открытие закона красного смещения. Э.Хаббл, 1929.

3. Проблема возраста Вселенной...

4. Гипотеза "Большого взрыва" (Big Bang. Ж. Леметр, 1927, 1933).

5. Столкновение релятивистской космологии и материалистической философии.

Глава 38. Открытие нового канала получения информации из космоса .

§ 1. Рождение радиоастрономии.

§ 2. Открытие радиовселенной.

Глава 39. Укрепление эволюционной релятивистской космологической картины мира.

§1. Теория «горячей Вселенной» и предсказание «остаточного излучения» как ее экспериментально проверяемого следствия (Дж. Гамов, 1946)

§ 2. Открытие реликтового излучения – наблюдательное подтверждение теории «Большого Взрыва» (Пензиас, Уилсон, 1965) и драматическая предыстория «открытия века».

§3. Классическая релятивистская космологическая картина мира – новый рецидив астрономического "абсолютизма".

§ 4. На рубеже третьей научной революции в космологии: от классической картины единственной и всеохватной релятивистской Вселенной к картине множественности качественно различных физических вселенных, суммируемых в образе инфляционной самообновляющейся «многоликой» и неограниченной во времени и пространстве фрактальной Вселенной (А.Д. Линде, А. Гут, сер.70-х гг.-80-е гг. XX в. – начало XXIв.).

Из Лекции 16. (зеленым выделены для удобства примечания)

Глава 37. От классической к релятивистской космологической картине мира.

.....

§ 2. Вторая универсальная революция в естествознании. Эйнштейн.

1. Кризис классической космофизической 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 основы атома). *Абсолютными* и универсальными считались и *физические законы* – открытые на Земле, они экстраполировались 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 его дополнил Ньютон, прямолинейно) движущихся или покоящихся системах, все же *одна система* отсчета выделялась как

абсолютная, в целом *неподвижная*, так что движение относительно нее можно было также рассматривать как абсолютное. Такой системой считался *мировой эфир*, возрожденный в физике в новое время (в XVIIв.) Декартом и снова утвержденный в качестве реальности в XIXв. Оливером Лоджем. В нем совершались лишь колебательные движения, проявлявшиеся как электромагнитные волны – свет.

Особой и также *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.

Но в последние десятилетия XIX в. в физической картине мира стали проявляться парадоксы – противоречия между, казалось бы, наиболее прочными законами, какими были законы механики, и точными опытами и наблюдениями. Таким парадоксом стал 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" (наличие которого предрекалось еще... Птолемеем, при допущении движения Земли). *Однако* в точных опытах Майкельсона, пытавшегося обнаружить различие в скорости луча света, направленного вдоль или поперек орбитального движения Земли, *скорость света оставалась постоянной!* (Вот бы порадовался великий древний грек!...) Дальнейшее уточнение опыта в 1885 - 87 гг. не изменило результата.

Сначала физики попытались объяснить загадочный эффект в духе принципа относительности Галилея: *неощутимостью движения Земли относительно мирового эфира*, хотя существование самого эфира и, следовательно, движение Земли относительно этой неподвижной мировой среды продолжали считать реальностью. Причину такой "неощутимости" движения объясняли по-разному. Один из крупнейших физиков *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 с лучом света. Однако, эта гипотеза противоречила опытам другого крупного физика *И. Физо*, который показал, что если мировой эфир существует, то он *может увлекаться Землей лишь частично*. Знаменитый автор электронной теории материи голландец *Х.А. Лоренц* в Лейдене и видный ирландский физик *Дж. Фитцджеральд* в Дублине попытались объяснить отрицательный результат опыта Майкельсона, допустив даже *реальное сокращение размеров движущихся тел, включая Землю*, в направлении их движения, – якобы под действием возникающих в них при этом электромагнитных сил. Лоренц вывел формулы для вычисления такого пропорционального сокращения линейных

масштабов движущегося тела и промежутков времени между событиями на них, в зависимости от скорости самого движения ("преобразования Лоренца").

Именно эффект неощутимости якобы реально существующего движения Земли сквозь мировой эфир и был назван впервые (по аналогии с принципом Галилея) новым "принципом относительности" (А. Пуанкаре, 1904 г.). Равномерное прямолинейное движение оказывалось неощутимым не только в механических явлениях, но и в электромагнитных (в скорости распространения электромагнитных волн).

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)¹

2. Научная революция в физике – создание специальной и общей теории относительности (СТО и ОТО). Эйнштейн. 1905, 1916.

Из утверждения о принципиальной неощутимости 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 эфира². Обобщив принцип относительности Галилея, он провозгласил равноправие всех инерциальных систем в отношении любых физических процессов. В

преобразованиях Лоренца, утверждал Эйнштейн, отражаются не реальные изменения неких абсолютных размеров тела при его движении, а лишь тот факт, что сам результат измерений размера тела зависит от движения системы отсчета. В этой новой физической картине относительными становились сами понятия "длина" и "промежуток времени" между событиями; даже понятие "одновременности событий". Иначе говоря, провозглашалась относительность не только всякого механического движения, но и самого пространства и времени, если их рассматривать по отдельности. В своей новой теории Эйнштейн постулировал постоянство скорости света в вакууме, независимо от движения наблюдателя и излучающих тел, и пришел к выводу, что эта скорость является максимальной скоростью физического взаимодействия вообще. Это – первый фундаментальный вывод СТО.

¹ Основные положения ее были опубликованы в его работе 1905 г. "К электродинамике движущихся тел".

² Т.о. это был *постулат* Эйнштейна, а вовсе не *доказательство* несуществования мирового эфира, как это толкуют подчас современные авторы, описывая опыт Майкельсона: «Результаты этого эксперимента полностью доказали отсутствие "всемирного эфира"». – См. ЗиВ, 5/2009, с.104, лев. кол., 1-й абз., 9 строка сл.!

Другим фундаментальным выводом теории стало знаменитое соотношение между полной внутренней энергией и массой тела ($E = mc^2$). Первое его восприятие многими физиками породило «паническую» картину возможности перехода материи в некое нематериальное состояние – в энергию. В действительности речь шла о законе преобразования формы материи – вещественной в полевую (излучение) с энергией E . В этом последнем истолковании он открывал, кстати, совершенно новые перспективы для решения проблемы источника энергии излучения звезд!

В 1916 г. Эйнштейн завершил построение своей новой теории гравитации – общей теории относительности (ОТО). Специальная теория относительности вошла в нее как частный случай. Ньютонова теория гравитации также вошла в ОТО частным случаем – для слабых полей тяготения. В новой теории (ОТО) утверждалась неразрывная связь между пространством, временем и материей. Наличие материи искривляло пространство, и тело двигалось в этом пространстве так, что казалось притягиваемым к месту концентрации материи. Так тяготение вновь (впервые это сделал Декарт в XVII в.) было представлено как эффект чего-то, а не врожденное свойство. (Напомним, что именно такой смысл тяготению – как эффекту придавал и сам Ньютон, подозревавший, что для проявления тяготения нужен некий связующий тела агент, оно не может проявляться в абсолютной пустоте...).

Первым успехом ОТО стало объяснение загадочной лишней скорости (на $43''/100$ лет) в движении перигелия Меркурия (открытой Леверье в 1859 г. и не нашедшей убедительного объяснения в ньютоновской теории, так как гипотетической внутренней возмущающей планеты – Вулкана (идея Леверье) на деле не оказалось).

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.

Поскольку тяготение распространялось и на свет как поток фотонов, то из ОТО следовало, что луч света, проходя вблизи звезды, искривляющей пространство, должен сам искривляться в направлении этой звезды. Такой эффект действительно был обнаружен впервые во время полного солнечного затмения 29 мая 1919 г. А.С. Эддингтоном и Ф.У. Дайсоном. Это было первое прямое подтверждение новой теории тяготения, в дальнейшем укрепленное при аналогичных наблюдениях, например во время затмения 19 июня 1936 г. (русским астрономом, впоследствии академиком А.А. Михайловым).

Таким образом, физика, зарождавшаяся некогда как "космофизика", вновь возвращалась к своим космическим масштабам. Действительно, следствия новых физических теорий СТО и ОТО могли быть проверены сначала только на явлениях космических масштабов.

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.

3. Научная революция в космологии. От стационарной конечной вселенной

Эйнштейна к нестационарной вселенной Фридмана.

(1) Первые космологические следствия ОТО: математические релятивистские модели Вселенной К.Шварцшильда (1916); А. Эйнштейна (1917).

Решение мировых уравнений ОТО позволяет в принципе построить математическую модель Вселенной. Первую такую попытку 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, если под именем «Вселенная» подразумевать 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.

В этом решении уже изначально было заложено предопределяющее его утверждение – постулат, наподобие принципа неподвижности Земли в древнейших космологических картинах мира. Но теперь это был принцип *стационарности* Вселенной – мировоззренческое утверждение, квинтэссенция многотысячелетнего философского осмысления самого понятия "Вселенная" как всего сущего, как всей мыслимой совокупности материи. (Именно это, напомним, по отношению ко всей Вселенной утверждал впервые Аристотель – неизменность всей материальной Вселенной в целом, допуская изменяемость лишь ее отдельных частей.)

Но, приняв этот постулат, Эйнштейн первым столкнулся с проявлением "строптивости" своей новой обобщенной теории гравитации (ОТО). Решение мировых уравнений оказалось 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". Эта чисто математическая модель, далекая от наглядности, но еще следовавшая "правилам приличия" в общепринятой философии Космоса, не нарушавшая принципа его стационарности – просуществовала без конкурентов (хотя, видимо, и без поклонников) пять лет. (Сам Эйнштейн посчитал в дальнейшем введение

этой космологической постоянной едва ли не главной своей ошибкой, а между тем ей еще предстояло с триумфом возродиться... в современной космологии).

Модель Эйнштейна уже совершала "маленькую" революцию (или, скорее "контрреволюцию"!) в космологии, возродив картину пространственно конечной Вселенной, но приписав ей при этом вечность во времени. Но то, что не воспринималось физикой, обычно (как это было поначалу и с коперниковой теорией) безболезненно "проглатывалось" в математической упаковке.³

(2) Углубление научной революции в космологии. Нестационарная вселенная Фридмана. От математического моделирования к новой картине мира

Петербургский математик и геофизик-теоретик Александр Александрович Фридман (1888 - 1925) 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. 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. (Тем самым постулируя, а вернее, как бы возрождая еще более древнюю, до-аристотелевскую идею возможности изменения Вселенной как целого).

Исходя также из постулатов – но теперь уже иных – об однородности и изотропности Вселенной, он 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).

³ Напомним, что первую модель "релятивистской" Вселенной, то есть построенной на основе ОТО, предложил в 1916 г. К. Шварцшильд, введя сферическую геометрию пространства – для избавления космологической картины от гравитационного парадокса. Но он не ставил вопроса о конечности или бесконечности Вселенной во времени...

Время расширения ее до современного состояния – до современного значения радиуса кривизны пространства Фридман условно назвал (используя традиционную терминологию) "временем, прошедшим от сотворения мира" (к счастью для него эта «крамола» не дошла тогда до наших идеологических органов!.. – Гонения на сторонников теории расширяющейся Вселенной, но уже связывавшейся с аббатом (!) Леметром, начались у нас в следующем десятилетии). Правда, Фридман добавлял, что "это время может быть бесконечным" (!).

Третья модель представляла "периодическую" Вселенную: радиус кривизны ее пространства возрастал от нуля до некоторой величины за время, которое Фридман назвал "периодом мира" (в чем уже слышится влияние древнеиндийской космологии – представлений о периодах-югах!), а затем уменьшался опять до нуля. (Вселенная вновь сжималась в "точку"). Фридман указывал на два варианта реализации такой (как бы мы теперь сказали – «пульсирующей» модели. В зависимости от определения смысла самого понятия «совпадение событий» время существования такой Вселенной могло быть конечным (от расширения из точки до сжатия обратно в точку) либо же, если, как писал Фридман, «считать время изменяющимся от минус бесконечности до плюс бесконечности», то, "мы придем к действительной периодичности кривизны пространства". Плотность Вселенной у Фридмана также зависела от времени, падая обратно пропорционально кубу радиуса кривизны*.

Модель "стационарной Вселенной Эйнштейна", как показал Фридман, представляла собой лишь частный случай решения мировых уравнений ОТО. 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). Сначала они вызвали ответную публикацию Эйнштейна с резкой критикой их как якобы ошибочных. Но после письменных разъяснений Фридмана и главным образом в результате беседы с

[*Трудно удержаться от ощущения, что эта «игра ума» напоминает уже описанную в одной из прежних наших лекций остроумную попытку рассмотреть процесс распространения от точечного источника и ослабления света, проделанную двумя средневековыми математиками и философами Р. Гроссетестом и Р.Бэконом и получившую в истории науки наименование «оптико-геометрической аналогии», которая впервые позволила установить обратно-квадратичную зависимость изменения с расстоянием вообще центральных сил.]

Эйнштейном (по просьбе Фридмана) русского физика Ю.А. Круткова (который и передал Эйнштейну письмо от Фридмана) великий преобразователь физики XX века в специальной заметке в том же журнале в 1923 г. признал правоту молодого советского теоретика и назвал его результаты не только правильными, но и проливающими новый свет на проблему. В 1924 г. во второй своей статье там же Фридман рассмотрел вопрос о возможности мира с постоянной отрицательной кривизной.

Более полную и глубокую оценку вклада А. Фридмана Эйнштейн дал в 1945 г. Он писал: "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 материалам Фридмановской конференции 1963 г.].

Разумеется, формирование новой релятивистской космологии этим не завершилось. Но последовавшее всестороннее и порой драматическое развитие ее, и в еще большей степени всей космологической картины мира убеждает, что имя А.А. Фридмана – по его роли в этом процессе – можно с полным основанием поставить рядом с именем Эйнштейна. Так, революция Эйнштейна в физике и едва начатый им переворот в космологии получили неожиданное развитие в намного более глубокой космологической революции Фридмана. Исторически соотношение имен Фридман – Эйнштейн повторило другое великое сочетание: Кеплер – Коперник. Если Эйнштейн – это Коперник XX века, то именно Фридман, углубляя его теорию, разрушил, подобно Кеплеру, господствовавший в его время принцип классической космологии. Во времена Кеплера это была, как мы помним, всеобщая "одержимость округленностью"; во времена Эйнштейна и Фридмана – принцип стационарности Вселенной.

В космологии Фридман не был чистым теоретиком-математиком. 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 г.), – сказание индусской мифологии о периодах жизни". В космологии Фридман большое значение придавал 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.

(3) О различии понятия "Вселенной" у Эйнштейна и у Фридмана.

В своих космологических построениях Фридман особое внимание обращал на взаимоотношение астрономии и философии. Обычно космологическую теорию Фридмана принято относить ко всей мыслимой Вселенной. Но так ли это понимал сам ее автор? – В упоминавшейся уже брошюре Фридман поднимает проблему определения самого понятия "Вселенная". (Здесь его непосредственным продолжателем во второй половине XX в. стал едва ли не самый глубокий российский космолог – московский ученый А.Л. Зельманов, 1913 – 1987). Фридман различал измеримый, наблюдаемый мир – вселенную естествоиспытателя и несравненно более широкий по смыслу мир – вселенную философа. Он подчеркивал, что принцип относительности (речь шла об ОТО) и, следовательно, все построенные на нем космологические схемы, модели Вселенной, могут иметь отношение лишь к этому наблюдаемому, «измеримому» миру естествоиспытателя, тогда как для философа все эти космологические схемы, как и сам принцип относительности, не более чем гипотетические построения вроде космогонических гипотез.

Вряд ли кто во всей истории интеллектуального развития человечества поднимал на такую недостижимую высоту философию! В свое время она формировалась как великий синтез опыта и умозрения в осмыслении мира и действительно показала способность мысли проникать дальше и глубже слабых глаза, руки и даже прибора, а в эпоху большевистской диктатуры в нашей стране была низведена до уровня бесправной невольницы в ханском гареме...(хотя и была провозглашена незыблемым, неприкасаемым для критики фундаментом науки – «марксизмом-ленинизмом»)

Вместе с тем, Фридман был убежден, что и на само развитие идей современных философов неизбежно окажет влияние "грандиозный и смелый размах мысли, характеризующий общие концепции и идеи принципа относительности, затрагивающие такие объекты, как пространство и время". Таким образом, Фридман различал "время" как физическую величину и как философскую категорию.

Эти глубокие философские размышления Фридмана в космологии в высшей степени созвучны нашему времени, когда после длительной "очарованности" образом единой, единственно существующей расширяющейся Вселенной (какой мыслилась Метагалактика) космология вновь выходит на просторы изучения и философского осмысления реального необъятного, качественно неисчерпаемого мира.

Но вся история релятивистской космологии разворачивалась уже без А.А. Фридмана: не дожив до 38 лет, не дождавшись признания космологов - астрономов, для которых он был чистым математиком, А.А. Фридман скончался в сентябре 1925 г. от тифа. Между тем

уже при его жизни были открыты загадочные факты и закономерности, которым как раз недоставало для их понимания математической теории расширяющейся Вселенной Фридмана.

§3. Развитие релятивистской картины Вселенной на базе новых открытий в наблюдательной астрономии.

1. Открытие больших скоростей спиралей (В.М. Слайфер, 1913 – 1917гг.) и первые интерпретации эффекта на основе ОТО (К. Виртц, Паддок, К. Лундмарк, Г. Стрёмгрен и др.). Модель «пустой Вселенной» с отталкивательными силами В. де Ситтера, 1917).

В 1912 – 1915 гг. американский астроном - наблюдатель Весто Мелвин Слайфер (1875 - 1969) на Ловелловской обсерватории первым стал измерять лучевые скорости спиральных туманностей и обратил внимание на их значительные величины 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. де Ситтер, В. Слайфер, 1917 г.). 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 подтверждали, 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, пытались в 1916 – 1928 гг. многие наблюдатели и теоретики (Паддок, Виртц, К. Лундмарк, Г. Стрёмгрен и др.). Ведь уже к началу 20-х гг. лучевые скорости были измерены Слайфером у десятков спиралей. Но из-за неточности оценок расстояний до туманностей и отсутствия сведений о лучевых скоростях для достаточно далеких из них (у близких наблюдается большой разбой, например М31, напротив, со скоростью 300 км/с приближается к нам!) результаты оказывались неуверенными или даже отрицательными (у Стрёмгрена, 1925 г.).

В этот же период, в 1916 – 1917 гг., голландский астроном Виллем де Ситтер (1872 – 1934) первым рассмотрел *астрономические* следствия ОТО (начав это еще до публикации модели Вселенной Эйнштейна). Он построил на этом основании несколько оригинальных релятивистских моделей Вселенной. В одной из них пространство предполагалось плоским, но с растущим масштабом (пропорционально e^{Ht}), иначе, в такой модели искривленным оказывалось не пространство, а весь континуум "пространство-время". В другой (1917 г.), получившей наибольшую известность, де Ситтер уже связал математику, астрономические наблюдения и давнюю идею о возможном существовании и проявлении в Космосе *отрицательных*, противоположных тяготению, сил. Он 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 ⁴. Модель известна как "модель пустой вселенной де Ситтера". 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 пропорционально их взаимным расстояниям.

2. Открытие закона красного смещения. Э.Хаббл, 1929.

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, талантливого наблюдателя М. Хьюмаса (1891 – 1972), мастера астроспектрофотографии и фотографического измерения лучевых скоростей звезд и туманностей. Сам Хаббл получал прямые снимки туманностей и определял расстояния до них (по цефеидам, новым, по ярчайшим звездам, по суммарной светимости галактик).

Предприятие требовало огромной предварительной исследовательской работы – по выявлению достаточной однородности, сопоставимости характеристик самих туманностей, сходства их объектов (цефеид, ярчайших звезд) с аналогичными в нашей Галактике.

⁴ Напомним, что Эйнштейн ввел космологический член как раз для уравнивания гравитации и обеспечения постулированной им стационарности Вселенной.

Сравнение конкретных лучевых скоростей и расстояний показало Хаббл, что у более далеких туманностей они больше и что, таким образом, в кинематическом уравнении движения Солнца относительно туманностей К-член, или "скорость Вселенной" также растет и ее следует записывать как пропорциональную расстоянию (v) – 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 (не далее скопления галактик в Деве), что затрудняло измерение в их спектрах доплеровского смещения волны.⁵ Тем не менее Хаббл уловил определенную закономерность. К 1929 г. он уже уверенно установил, что лучевые скорости (v) растут прямо пропорционально r : $v = Kr$ и оценил значение $K = 500 - 530$ км/(сек $\times$ Мпк). В январе 1929 г. Хаббл сдал в печать статью (на 6 страницах) с этими результатами: "Связь между расстоянием и лучевой скоростью внегалактических туманностей" в Труды Национальной академии наук США (вышла в марте). Но уже в феврале, узнав об открытии Хаббла, американский физик-теоретик Р. Толмэн, работавший в области новой, релятивистской космологии, предложил назвать постоянную в новом законе "красного смещения" именем Хаббла и обозначать ее через "H":

$$v = Hr.$$

Так, в астрономию вошел «закон Хаббла» – главный закон, по которому «живет» наша Вселенная.

Далее была проведена огромная работа по проверке закона. 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^m и с лучевыми скоростями до 42 тыс. 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

⁵ Параметр красного смещения в них $z = v/c$ составлял всего десятые доли процента.

фундаментальных космологических постоянных⁶. В результате неоднократных уточнений ее значение принимается в настоящее время равным $72 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})^7$.

На первых порах его утверждения высказывались предложения и о другом истолковании эффекта красного смещения. Ф. Цвикки в 1931 г. высказал идею "старения" квантов на пути от галактики к наблюдателю. Эта гипотеза подействовала сначала и на Хаббла, а затем возрождалась в 60-е гг. нашего века. К настоящему времени (2009г.) все сомнения в доплеровском характере эффекта отпали. Но еще недавно изредка вновь высказывались (например, известным физиком и астрономом В.С. Троицким – см. ЗиВ, 2/1995), не говоря уже о более ранних сомнениях Ф.Хойла и др. (См. ниже).

3. Проблема возраста Вселенной...

Большое смутение в умах вызвало осознание того, что величина, обратная постоянной Хаббла ($1/H$) означает не что иное, как время расширения Вселенной, ее возраст. Иначе говоря, закон Хаббла свидетельствует о конечности Вселенной во времени, а не только в пространстве, о том, что она имела... начало!.

Первым проблему конечности времени расширения нестационарной Вселенной затронул А. Фридман в 1922 г. Более того, он применил это к параметрам нашей Метагалактики.

Свою первую статью по космологии Фридман 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 "период мира" будет исчисляться величиной порядка 10 млрд. лет. Эти расчеты российского математика были так далеки тогда от астрономической практики, что на них не обратил внимания и сам Эйнштейн, прочитавший статью (и посчитавший тогда ее вообще ошибочной). Более детально вопрос

⁶ История открытия «закона красного смещения» детально описана в книге известных московских астрономов А.С.Шарова и И.Д.Новикова «Человек, открывший взрыв Вселенной. Жизнь и труд Эдвина Хаббла.» М: Физматлит, 1989, 205с.

⁷ Значение для H уточнено в 2009г. Р. Кенникуттом (директор Ин-та астрономии, Кембридж), Джер.Моулдом (проф. школы физики ун-та Мельбурна) и В.Фридманом (дир. Обсерватории ун-та Карнеги Вашингтона в Пасадене) по данным, полученным с помощью КТ им. Э.Хаббла, за что в июне 2009г. им была присуждена ежегодная премия по космологии Фонда Грубера (США) //ЗиВ,5/ 2009, с.25.

о "возрасте" и о "начале" Вселенной Фридман обсуждает 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). И все же Фридман – естествоиспытатель по духу не удерживается от некой прикидки и доводит свои рассуждения до числа: «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». Что называется, – попадание в десятку! Разумеется, и это воспринималось как фантазирование, игра ума математика, а за рубежом русскоязычный текст, очевидно, остался вообще неизвестным.

И вот спустя меньше десятилетия вывод о "начале" Вселенной последовал, как мы видели, и из наблюдений – эффекта красного смещения при его истолковании на основе принципа Доплера.

4. Гипотеза "Большого взрыва" (Big Bang, Ж. Леметр, 1927,1933).

Между тем еще по данным Слайфера и до опубликования закона Хаббла появилась именно такая интерпретация наблюдаемого эффекта красного смещения в спектрах галактик. В 1927г. Жорж Леметр (1884 – 1966), в свое время студент Эддингтона (и, быть может, не без его влияния, поскольку Эддингтон и сам размышлял над эффектом и его интерпретацией де Ситтером), но, очевидно, независимо от Фридмана (математическая модель которого была мало известна астрономам, а затем и надолго забыта) выдвинул в качестве интерпретации эффекта красного смещения свою гипотезу возникновения Вселенной и ее дальнейшего расширения также из "точки". (За ней закрепилось на некоторое время название "атома-отца", но сам Леметр, хотя имел помимо физико-математического, еще и теологическое образование и даже сан аббата, избегал этого образа и вообще теологической трактовки своей теории.⁸

⁸ Между тем, и в наши дни церковь трактует теорию Леметра именно в религиозном смысле, приписывая ему упомянутый образ. См. упоминавшуюся выше брошюру "Апологетика" Прот. Заньковского.

Процесс возникновения Вселенной Леметр представил образно как «Большой Взрыв». Он первым попытался "нащупать" и его наблюдаемые следы. Леметр 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, более физичный вариант концепции расширения Вселенной – не из «точки», а из плотного сгустка материи конечных, хотя и очень малых размеров.

Не обошлось без попыток (даже среди астрономов!) использовать новую концепцию в целях пропаганды идеи творения мира Богом. Это вызвало сначала резко отрицательное отношение к самой концепции со стороны ряда философов и астрономов-материалистов.

В то же время повторенная гипотеза Леметра (1933) впечатляюще соответствовала новым открытиям Хаббла и др., как и общей релятивистской физической картине мира. Поэтому она привлекла теперь внимание физиков и астрономов, развивавших астрономические следствия ОТО.

О Фридмане же напомнил спустя еще 12 лет (в 1945г., как говорилось выше) лишь один физик – великий Эйнштейн... И лишь на конференции 1963г., проведенной в память А. А. Фридмана в нашей стране, имя родоначальника идеи нестационарной Вселенной было возвращено в историю космологии.

5. Столкновение релятивистской космологии и материалистической философии.

Релятивистская космология сначала распространила вновь открытые космологические закономерности на всю мыслимую материальную Вселенную. Поэтому вывод о возможности ее начала во времени, казалось, вел к полному перевороту и отрицанию веками и тысячелетиями складывавшегося представления о вечности самой материи (с которой и отождествлялась Вселенная). 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". А в нашей стране даже начались гонения на сторонников столь неприемлемой для правых марксистов теории о начале всей Вселенной, да еще выдвинутой аббатом!

Дело в том, что первоначальная оценка коэффициента самим Хабблом в открытом им законе, как уже говорилось, приводила к невероятно малому времени существования Вселенной – всего около 2 млрд. лет! Это было меньше возраста Земли! А тем более звезд –

возраст их 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 или же приписать его действию сильных полей тяготения в Космосе (гравитационное красное смещение) также не имели успеха. В первом случае величина смещения зависела бы от длины волны, чего нет; во втором величина эффекта для всех известных тогда объектов (вплоть до белых карликов) была бы существенно меньше наблюдаемой.

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 гипотезу, 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" ⁹), так что средняя плотность материи во Вселенной сохраняется и Вселенная оказывается "стационарной". Но и такая попытка избавиться от доплеровского объяснения красного смещения вошла в противоречие с новыми наблюдениями ¹⁰.

§6. Классическая релятивистская космологическая картина мира – новый рецидив астрономического "абсолютизма".

Открытие Хабблом расширения всей наблюдаемой Вселенной и подтверждение в дальнейшем этого закона во всех волновых диапазонах приема информации завершило начатую Фридманом революционную смену космологической картины мира. И вновь мы становимся свидетелями неограниченной экстраполяции новых открытий, что и характерно для картины мира по определению. В космологии надолго утвердился релятивистский образ Вселенной – как нестационарной, развивающейся *в целом* и понимаемой как единый *всеохватывающий материальный мир!*

⁹ Эти идеи вызвали в свое время (по крайней мере, у нас) также резкую критику со стороны материалистов. Но в свете современных представлений о первичной форме материи как некоем скалярном поле это было, можно сказать, опять же едва ли не «попаданием в десятку».

¹⁰ А дело-то было, как теперь ясно, опять-таки в смешении масштабов: резонное стремление спасти идею стационарности Вселенной относилось ко всей мыслимой материи. Тогда как эффект расширения имеет место лишь в масштабах «нашей» физической Вселенной, за которой закрепилось название Метагалактики

И все же, несмотря на успехи и теоретической, и наблюдательной космологии (а расширение Вселенной зафиксировано уже на расстояниях, близких к теоретическим размерам "Вселенной Фридмана"), вся история знаний настораживала и заставляла многих сомневаться в правомерности этой новой безграничной экстраполяции опыта – распространения законов *наблюдаемой* Вселенной на *весь мыслимый материальный мир*. Господствовавшее среди космологов-релятивистов (вплоть до начала 80-х гг. XX в.!) представление о единственности и всеохватности наблюдаемой расширяющейся Вселенной - Метагалактики невольно напоминало многократно "утверждавшиеся" подобные представления и заявления в прошлом: о единственности Земли со светилами вокруг нее, Солнечной системы, или нашей звездной системы - Галактики...

Тем временем в ходе космологических дискуссий постепенно уточнялись сами фундаментальные понятия: конечность и бесконечность Вселенной, ее ограниченность или безграничность. Осознавалась неоднозначность таких понятий, как "вся Вселенная" и "Вселенная в целом". Большой вклад в выяснение, уточнение этих понятий внес советский космолог Абрам Леонидович Зельманов (1913 – 1987). Наконец, была осознана неправомерность отождествления понятий "Вселенная" вообще и "наша наблюдаемая Вселенная" или даже вообще доступная нам (в будущем) Вселенная.

Заметим, что сами творцы релятивистской космологической теории и картины мира, и теоретики и наблюдатели, а именно Фридман и Хаббл вполне осознавали "частный", локальный характер теории и законов релятивистской космологии. Фридман, как мы видели, четко различал наблюдаемый, измеримый мир астронома и обобщенное философское представление о "всей Вселенной" и относил космологические релятивистские закономерности только к миру наблюдаемому, «измеримому»! Хаббл, в свою очередь, в 1931 г. в совместной статье с Хьюмасоном писал: "Зависимость скорость-расстояние представляется общей характеристикой наблюдаемой области пространства". Но в третьей четверти XX века лишь изредка пробивалась сквозь уже выросшую кору новых традиций эта здравая мысль.

Едва ли не единственным выдающимся космологом, развивавшим (на базе ОТО!) идею бесконечности Вселенной, в этот период оказался А.Л. Зельманов. В его модели («вселенная Зельманова») Мир представлялся *совокупностью бесчисленного количества различных конечных и бесконечных решений уравнений будущей (!) «Единой физической теории», гипотетической тогда (и все еще теперь!) наследницы ОТО...* Не поддался гипнозу почти «всеобщего согласия» и такой выдающийся физик и космогонист, как Л.Э. Гуревич, выдвинувший свой оригинальный вариант версии бесконечной Вселенной. Насколько высок был соответствующий психологический барьер, показывает пример еще

одного известного теоретика И.Л. Розенталя, который позже сожалел, что так и не решился публично высказать свою неортодоксальную позицию в проблеме...

Но в последней четверти XX в. было, наконец, осознано и обосновано теоретически, что чуть не полвека господствовавшая универсальная релятивистская космологическая картина отражает свойства лишь *малой части* материального мира – свойства нашей Метагалактики. – Закон развития картины мира вновь проявил себя! И эта картина как очередная безграничная экстраполяция имевшихся данных конкретной науки должна была пойти на слом, оставив после себя «сухой остаток» в виде вполне обоснованного, прочного, проверенного наблюдениями знания, но теперь ограниченно верного – «лишь» в масштабах «нашей» Вселенной – Метагалактики.

§ 7. На рубеже третьей научной революции в космологии: от классической единственной и всеохватной релятивистской Вселенной к инфляционной самообновляющейся «многоликой» и неограниченной во времени и пространстве фрактальной Вселенной (А.Д. Линде, А. Гут, сер.70-х гг.-80-е гг. XX в.).

.....
Напрашивается: «Но тут настало утро [наша тема исчерпана] и Шехеразада прервала свои речи...»