ПРЕДИСЛОВИЕ

Хотя техника, определяющая современную культуру, развивается благодаря постижению наукой Вселенной, техника и наука руководствуются разными побуждениями. Рассмотрим основные различия между наукой и техникой. Если занятия наукой вызваны желанием человека познать и понять Вселенную, то технические новшества — стремлением людей изменить условия своего существования, чтобы добыть себе пропитание, помочь другим, а нередко и совершить насилие ради личной выгоды…

Прежде чем научные достижения станут достоянием техники, требуется принять во внимание дополнительные соображения: разработка какого устройства возможна, так что допустимо построить (вопрос, по сути, относящийся к области этики). Этика же принадлежит к совершенно иной области умственной деятельности человека — гуманитарным наукам.

Мы, люди, ютимся на обломке скалы под названием «планета», обращающейся вокруг ядерного реактора под названием «звезда», которая входит в огромное собрание звезд под названием «Галактика», а та в свою очередь — часть скоплений галактик, составляющих Вселенную. Наше состояние, именуемое нами жизнью, присуще множеству иных организмов на этой планете, но, похоже, мы одни обладаем орудием ума для постижения Вселенной и всего, чем она располагает. Свои усилия по выяснению природы Вселенной мы подводим под понятие науки. Такое понимание дается нелегко, и путь к нему долог. Однако успехи налицо.

А. Уиггинс, Ч. Уинн. Пять нерешенных проблем науки

Для того чтобы лучше понять, как же возникают самые фундаментальные из до сих пор не решенных проблем науки, лучше всего просто перелистать несколько страниц истории научных изысканий.

Минула эпоха античных мыслителей-метафизиков, ушел в прошлое период противоречивых темных лет средневековья, и на арену истории вышла новая наука Ренессанса — возрожденная физика. Среди имен великих предвестников современного научного подхода к окружающей природе — Николая Кузанского, Френсиса Бэкона,

Николая Коперника, Джордано Бруно, Леонардо да Винчи, Иоганна Кеплера — выделяется имя величайшего ученого в истории естествознания — Галилео Галилея. Считается, и не без основания, что именно с его работ началось развитие опытной науки. Именно Галилей сумел замечательно соединить оригинальные мысленные эксперименты с движущимися телами и гениальные по своей простоте реальные опыты, которые ежегодно повторяют миллионы школьников во всем мире.

Сама идея совмещения умозрительных моделей и подтверждающих их физических экспериментов была в то время чем-то совершенно новым и по-настоящему революционным. До этого столетиями, если не тысячелетиями, считалось, что исследовать Вселенную можно всего лишь с помощью правильных логических рассуждений. Подобные взгляды приводили ко множеству заблуждений, например к убежденности в том, что стрелу необходимо подталкивать в воздухе для продолжения ее полета или что все тела падают на землю со скоростью, пропорциональной их массе.

Именно пионерские труды Галилея проложили дорогу последующим триумфальным открытиям великого английского физика Исаака Ньютона (1642–1727), создавшего ту самую классическую механику, которую мы изучаем в школе. С именем Ньютона также связано и открытие фундаментального физического Закона всемирного тяготения. Правда, здесь мы в очередной раз видим, что и великим свойственно заблуждаться: Ньютон считал, что в природе существует дальнодействие и, по закону открытого им всемирного тяготения, тела мгновенно воздействуют друг на друга через пустое пространство.

Прошли века, и дальнодействие было признано несостоятельным после создания концепции электромагнитного поля, распространяющегося с наивысшей в природе скоростью — скоростью света. Так появилась концепция близкодействия, согласно которой взаимодействие между материальными телами возможно лишь с помощью тех или иных полей, непрерывно распределенных в пространстве.

Здесь надо заметить, что в науке XIX века большую роль играли ложные представления о некой всепроникающей среде — эфире. На представление об эфире как о переносчике электрических и магнитных взаимодействий опиралась вся физика того времени. Первоначально, на волне успехов классической физической механики, эфир воспринимался как чисто механическая среда некоего сверхупругого тела, в котором распространяются свет и электромагнитные волны подобно звуку в воздухе.

Гипотеза механического эфира соединяла в себе несоединимое и чем-то напоминала мифическое существо — Грифона с птичьей

головой и туловищем льва. Так, закономерности распространения световых волн требовали, чтобы эфир имел абсолютную твердость и в то же время «сверхподатливость», дабы не оказывать ни малейшего сопротивления движению небесных тел, иначе это сразу же выявили бы астрономы. На протяжении многих столетий целые поколения естествоиспытателей пытались придумать правдоподобную модель загадочного эфира. Но, в конце концов, более столетия назад, было твердо установлено, что ложно само понятие этой таинственной субстанции. Сделала это самая знаменитая теория прошлого века — теория относительности, которая в свою очередь поставила и фундаментальнейшие задачи науки: как построить Теорию Всего, как родился наш Мир, что было до образования Вселенной, как возникли грандиозные звездные системы галактик?

Нерешенные фундаментальные задачи теоретической физики тесно связаны с развитием математического аппарата. Здесь также возникают очень интересные задачи, которые предстоит решить науке и в которых заключено много загадок эволюции нашего Мира и свойств пространства-времени. Кажется удивительным, но решение некоторых математических проблем столетней давности позволяет совершенно по-иному взглянуть на наш Мир в свете *теории множественной Вселенной*.

Чтобы понять, как же начался процесс головокружительного «инфляционного расширения» Вселенной, можно представить безбрежный океан легкозамерзающей «квантовой жидкости» протопространства-времени, над которым проносятся леденящие вихри вездесущего «скалярного поля». «Квантовая жидкость» все время топорщится рябью «квантовых флуктуаций». Это просто уникальные создания, о которых можно говорить очень много. Любознательным читателям автор посоветовал бы свои книги «Тайны квантового мира» и «Парадоксы квантового мира». В двух словах можно заметить, что всплески «квантовой жидкости» возникают по довольно простой причине — из-за вероятностного характера квантовых явлений. Представьте, что вы подбрасываете монетку и у вас выпадает подряд десяток «орлов» или «решек», — это и есть модель вероятностной флуктуации. Ну а теперь вернемся к нашему протоокеану «квантовой жидкости» и будем пристально наблюдать, как его всплески приводят к росту скалярного поля, а впадины, наоборот, уменьшают его значение. Вот в одном месте несколько положительных волн-флуктуаций сложились друг с другом, совсем как обычные волны в реке или пруде, и повысили значение скалярного поля настолько, что легко замерзающая жидкость стала стремительно замерзать, накладываясь на скалярное поле. Еще немного, и процесс

становится необратимым — рождается новый мир. Но и это не все: через несколько мгновений вечности мы с изумлением видим, что в растущем инфляционно (т. е. по экспоненте — вспоминаем школьные графики!) мире стремительно ветвятся отростки дочерних вселенных! Еще одно мгновение, и перед нами самое настоящее «древо миров», которое так часто можно встретить в фантастических романах. Впрочем, все это больше напоминает мыльные пузыри, когда из материнского шара изначальной квантовой флуктуации везде пузырятся дочерние миры, и каждый из них неуклонно следует сценарию Большого Взрыва.

Если в каком-то месте началось инфляционное расширение, оно растягивает квантовые флуктуации, и, в конечном счете, они как бы замерзают, накладываясь на существующее повсюду скалярное поле. Кое-где они приводят к росту этого поля, а в других местах — уменьшают. Где-то несколько положительных флуктуаций могут наложиться друг на друга и повысить значение скалярного поля настолько, что в этом месте начнется новый всплеск инфляции. Из теории следует, что если где-то однажды началось инфляционное расширение, оно будет само себя воспроизводить все в новых и новых местах, при этом Вселенная приобретет вид не раздувающегося шара, а дерева из раздувающихся пузырей. Каждый из пузырей можно рассматривать как отдельный Большой Взрыв.

Описать все эти фантастические метаморфозы рождающихся вселенных помогают особые математические образы взаимных преобразований многомерных математических пространств. Подобные абстрактные геометрические построения постепенно переходят в область математической физики и уже там формируют картину бесконечного множества различных вселенных, каждая из которых развивается по своим законам, и весь процесс бесконечен в пространстве и во времени. В чем-то шары отдельных больших взрывов наводят на мысль о том, что и человек так же рождается среди подобных себе, развивается и уходит, а человечество может жить гораздо дольше, чем жизнь одного его участника.

Главное, что тут необходимо понять, — это совершенно непостижимая эффективность прикладной математики. Именно она, в конечном итоге, полностью меняет наши представления о Космосе в целом. Раньше мы считали, что Вселенная расширяется, оставаясь в то же в время чем-то единственным и уникальным. Современные абстрактные геометрические рассуждения приводят нас к выводу, что Космос в своей непостижимой эволюции не только растет, но и непрерывно воспроизводит себя в новых и новых формах, с разными физическими законами и принципами!

Случайно или закономерно происходят открытия в окружающем Мире?

Как непросто дать ответ на этот вопрос! Мы давно привыкли к тому, что все новое получается на грани возможностей, с применением уникальных установок, сверхсильных полей, сверхнизких температур, сверхвысоких энергий. Но иногда действительность просто поражает воображение. Вот, к примеру, в середине 80-х годов прошлого века два швейцарских исследователя К. Мюллер и Ж. Беднорц интуитивно обратили внимание на особый класс металлокерамик с целью исследования их сверхпроводящих качеств. И вдруг соединение бария, лантана, меди и кислорода (которое химики называют купратами, имея в виду общую формулу сверхпроводящей керамики $La_x(Ba_x)CuO_4$), проявило признаки сверхпроводимости при 35 градусах Кельвина (35 K = - 238 °C).

Тут надо заметить, что у исследователей, занимающихся низкими температурами, — криофизиков свои понятия о тепле и холоде. Эти несколько десятков градусов для сверхпроводящего состояния — даже не тепло, а просто горячо, поэтому такие соединения тут же были причислены к высокотемпературным сверхпроводникам. После открытия первого высокотемпературного сверхпроводника исследователи нашли множество сверхпроводящих сложных оксидов меди. А вот со старыми «металлическими» сверхпроводниками ничего не получалось. Какие бы самые разные сплавы ни пытались испытывать металлофизики, в среднем температура самых удачных вариантов колебалась вблизи 10–15 K, а это «холодно». Поэтому за традиционными металлическими сверхпроводниками закрепился термин «низкотемпературные». На этом фоне обнаружение высокотемпературной сверхпроводимости сложных оксидов меди напоминало открытие нового неисследованного континента.

Перспективы применения высокотемпературных сверхпроводников настолько впечатляющи, что ставят на повестку дня многие из ранее нереальных глобальных проектов. Известно, что, несмотря на все инженерные ухищрения, значительная часть генерируемого электричества безвозвратно теряется, не производя никакой полезной работы. Сегодня в линиях электропередач теряется до трети всей вырабатываемой электроэнергии. Применение высокотемпературных сверхпроводников в силовых кабелях может существенно улучшить ситуацию, а в далекой перспективе почти полностью свести на нет эти потери.

Уже многие десятилетия в разнообразных научных приборах — в современных гигантских ускорителях элементарных частиц (коллай-

дерах) и экспериментальных термоядерных реакторах — применяются сверхпроводящие электромагниты, работающие при температуре жидкого гелия. Сверхпроводящие элементы и конструкции находят все более широкое применение при создании высокоскоростных монорельсовых экспрессов на магнитной подушке и в медицинских магниторезонансных томографах со сверхпроводящими магнитами.

Остался еще один очень интересный вопрос, касающийся сверхпроводимости в целом и высокотемпературных керамик в частности. Существуют ли естественные состояния сверхпроводящих материалов в природе и как они могут проявляться? На первый взгляд вопрос простой: если есть в космосе металлические минералы, то многие из них должны находиться при средней температуре вакуума (4 K) в сверхпроводящем состоянии.

Однако в действительности все не так просто: массивные образцы чистых металлов в пробах лунного грунта (риголита) и метеоритах не обнаружены, исключение составляют редко встречаемые железоникелевые образцы.

Тем не менее будущим исследователям спутников газовых гигантов вполне может встретиться фантастическая картина магнитных скал (на основе перовскитов — минералов, состоящих в основном из титаната кальция — $CaTiO_3$), парящих над островами металлических руд, омываемыми морем какого-либо жидкого газа.

Кибернетики давно проектируют использование разнообразных сверхпроводящих электронных элементов для создания «думающих» роботов и электронно-вычислительных систем. Здесь вспоминается очень любопытный, но несколько мрачноватый рассказ известного американского фантаста Поля Андерсона. Действие его происходит в поясе астероидов между орбитами Марса и Юпитера. Космический корабль терпит крушение после столкновения с ледяной горой своеобразного космического «айсберга». После разгерметизации корпуса вырвавшийся поток воздуха выбрасывает экипаж космонавтов в облако летящих обломков скал (существует гипотеза, что пояс астероидов — это остатки планеты Фаэтон, разорванной притяжением Юпитера). Один из несчастных ударяется о поверхность подвернувшегося астероида и оказывается навечно его пленником. Однако волею фантазии автора через некоторое время подобие жизни начинает периодически возвращаться к космонавту. Дело в том, что астероид принадлежал к внутреннему поясу и, вращаясь, периодически попадал под слабые лучи бледного на таком расстоянии Солнца. Этого было достаточно для появления электрических импульсов в сверхпроводящих сосудах головного мозга и возникновения сознания.

Часть 1

ТАЙНЫ АБСТРАКТНОГО ЗНАНИЯ

Глава 1. Проблема Теории Всего

Мечту Эйнштейна о создании Единой теории Вселенной осуществить пока не удалось, но успехи последних лет показывают, что мы на верном пути. Конечно, вряд ли кто-то из ученых станет загадывать, когда придет удача, но большинство из них уверено, что когда-нибудь это случится.

Наша же цель отличается от той, которую поставил перед собой Эйнштейн. Всем ясно, что он опередил свое время, тогда еще многое оставалось непонятным. Ученые не знали многих типов элементарных частиц, не знали о симметрии в природе, о калибровочных теориях и очень мало о Большом Взрыве, с которого все началось.

Альберт Эйнштейн умер…, так и не осуществив свою мечту — построить единую теорию, описывающую Вселенную в целом. Последние десятилетия жизни он посвятил поискам такой теории, которая объясняла бы все — от элементарных частиц и их взаимодействий до глобальной структуры Вселенной. Несмотря на огромные усилия, Эйнштейна постигла неудача, потому что для решения этой задачи еще не пришло время. Тогда еще практически ничего не было известно о черных и белых дырах, о сингулярностях, Большом Взрыве и ранней Вселенной, а также о кварках, калибровочной инвариантности, слабых и сильных взаимодействиях. Теперь ясно, что все эти явления имеют отношение к единой теории, что такая теория должна объять и объяснить их. В каком-то отношении сегодня наша задача гораздо сложнее, чем та, которую поставил перед собой Эйнштейн. Но ученые — упорные люди, и сейчас им удалось подойти почти вплотную к желанной и манящей цели, сделать важные открытия…

Б. Паркер. Мечта Эйнштейна:
В поисках единой теории строения Вселенной

Среди первоочередных нерешенных задач фундаментальной науки выделяется грандиозная проблема создания Теории Всего. Великий физик Альберт Эйнштейн первым парадоксально соединил пространственно-временные свойства нашего континуума, открыв свою Общую теорию относительности и наметив путь объединения всех известных взаимодействий с силами всемирного тяготения (рис. 1). Прежде всего, это касается объединения квантовой механики и теории относительности, например так, как это происходит в астрономической науке квантовой космологии. В идеале будущая объединенная теория должна связать между собой все силы Мироздания с помощью единой системы уравнений или даже просто одного уравнения. Вся трудность в том, что теория относительности описывает общую структуру пространства-времени, а квантовая механика — поведение субатомных микрочастиц[1].

В этом суть противоречий этих теорий друг другу. Первый шаг в объединении всех частиц и сил надо сделать именно в квантовой теории поля, включающей квантовую механику и теорию относительности, а затем необходимо как-то связать гравитацию и квантовую механику. Каждый специалист видит здесь свои пути развития, а нобелевский лауреат Стивен Вайнберг вообще считает, что только для разработки математического аппарата подобной теории понадобится не менее столетия.

В конце прошлого столетия независимо был заложен фундамент двух наиболее популярных конкурирующих направлений в объединительной теории квантовой гравитации — петлевой квантовой гравитации (ПКГ) и теории струн. В построении теории ПКГ важную роль сыграли новые оригинальные формы математического языка для описания пространства-времени. В теории ПКГ на субэлементарном уровне пространство предстает состоящим из мельчайших единиц в виде дискретных петлеобразных элементов. Вообще говоря, на микроскопическом уровне элементарным частицам, таким как электрон, протон или нейтрон, нельзя одновременно приписать определенные координаты и скорости, энергию и время ее измене-

---

[1] Здесь надо отметить, что обитатели микромира очень разнообразны по своим размерам и свойствам. Сегодня их открыто несколько сотен, и даже специалисты немного путаются в общих названиях, называя их и квантовыми частицами, и микрочастицами, и микрообъектами. Без малого столетие назад все было гораздо проще — первые открытые микрочастицы считались фундаментальными и неделимыми, поэтому их назвали «элементарными». Сейчас все они давно уже признаны составными, но термин остался.

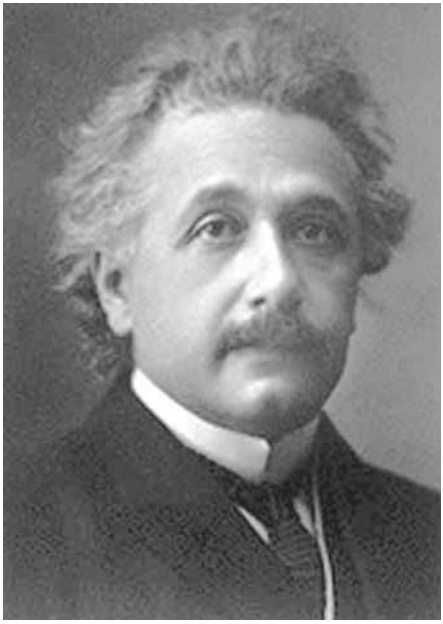

Рис. 1. Альберт Эйнштейн (1879–1955)

ния. Все микрообъекты подобны пятнам масла на квантовых волнах вероятности. В квантовом мире нет «пустого» пространства в обыденном смысле. То, что обычно воспринимается нами как пустота, лишенная атомов и молекул, например очень удаленные участки космоса без звезд, газа и пыли, ученые называют *«физическим вакуумом»*, кипящим морем особых *«виртуальных»* частиц и неисчерпаемым океаном энергии. В этом смысле элементарный акт квантового взаимодействия и есть виртуальная частица. Обычные микрочастицы оказываются как бы в облаке бесчисленного множества виртуальных частиц. Классические частицы не могут порождать и поглощать другие частицы, поскольку это могло бы нарушить законы сохранения энергии или импульса.

С другой стороны, квантовая теория содержит фундаментальный принцип неопределенности «энергия – время», который выдающийся советский физик Владимир Александрович Фок вывел из построений своего немецкого коллеги Вернера Гейзенберга. Из принципа Фока–Гейзенберга следует, что для частицы, «живущей» сверхмалый интервал времени, значение ее энергии не может быть

зафиксировано. Аналогично, частица с определенными координатами имеет соответствующий разброс по значениям импульса. Получается, что в квантовом мире параметры микрочастиц непрерывно колеблются произвольным образом, и в течение сверхмалых промежутков времени закон сохранения энергии может «виртуально» нарушаться. Именно из принципа неопределенности следует принципиальная возможность микрочастичной виртуальности, когда процесс испускания и поглощения энергии столь краток, что связанные с ним «нарушения» законов сохранения Макромир просто не замечает!

Согласно теории гравитации Эйнштейна, вблизи любого материального тела или энергии само пространство-время искривляется так, что траектории частиц проходят по его рельефу, словно движутся в гравитационном поле. В большинстве случаев противоречия требований теории относительности и квантовой механики настолько взаимно малы, что ими легко пренебрегают. Однако здесь есть и исключения, например при сильном искажении пространства-времени эффекты квантовой гравитации могут быть весьма существенны.

Глава 2. **Проверка теории относительности**

Раз свет обладает энергией, то он обладает инертной массой, а, следовательно, согласно Л. Этвешу, и тяжелой массой. Поэтому, проходя мимо Солнца, он должен притягиваться им и отклоняться в сторону от прямолинейного пути, подобно тому, как это происходит с обычными частицами. Отметим, однако, что Общая теория относительности предсказывает отклонение света вдвое большее, чем то, которое вытекало бы из частной теории относительности.

Л.Э. Гуревич, А.Д. Чернин.
Общая теория относительности в физической картине мира

Открытие неевклидовых геометрий было благотворным разрушающим ударом по иллюзиям, однако, чтобы полностью ликвидировать синдром Пигмалиона в геометрии, требовалось куда большее время. Я сомневаюсь в том, устранен ли он полностью и по сей день. Математики наверняка освободились от него, в отношении физиков у меня нет такой уверенности, а что касается широкой публики, то тут я полон самых мрачных подозрений.

Дж. Синг. Беседы о теории относительности

Чтобы решать главнейшую задачу в науке текущего столетия и строить Теорию Всего, надо быть уверенным, что главные строительные блоки теории относительности не обрушатся под тяжестью новых фактов. Поэтому возникает новая задача проверки правильности концепции современного релятивизма. И здесь мы прежде всего сталкиваемся с проблемой энергии в теории относительности (см. цветную вкл.: рис. Ц1).

Проблема энергии приводит к странному выводу о бесконечном сжатии сверхмассивных тел, которое физики называют *гравитационным коллапсом*. Теория предсказывает подобную судьбу для многих звездных гигантов в конце их жизненного пути, когда внутреннее давление от прогоревшего ядерного топлива станет недостаточным, и гравитация неудержимо сожмет гаснущие светила в точку, так что они практически исчезнут из окружающего пространства. Любопытно, что в принципе коллапсировать могут целые Вселенные. И наоборот, при определенных условиях из математической точки может развиться новая Вселенная с мириадами звезд и галактик.

Принципиально новые данные для проверки теории относительности могут дать и успешно дают разнообразные астрофизические наблюдения.

Ученым давно было известно, что из-за влияния полей тяготения других планет и по ряду других причин Меркурий движется не просто по эллипсу, а по эллипсу, плоскость орбиты которого медленно поворачивается. Это явление называется *прецессией перигелия Меркурия*. Однако учет всевозможных поправок к ньютонову закону всемирного тяготения не позволил объяснить весь эффект полностью. Оказалось, что эллипс поворачивается приблизительно на 43 угловые секунды в столетие быстрее, чем это следовало бы исходя из предсказаний теории Ньютона. Эйнштейн показал, что из его уравнений следует именно такое отличие от предсказаний теории Ньютона.

Еще на заре нового релятивизма новорожденная теория относительности решила давний парадокс смещения перигелия Меркурия. Оказалось, что искривленное пространство-время особым образом поворачивает орбиту ближайшей к Солнцу планеты. Таким образом, движение планет происходит по эллипсам Кеплера и закону всемирного тяготения Ньютона, но с определенными релятивистскими поправками. Так был подтвержден вывод Эйнштейна о том, что планеты не просто движутся по эллиптическим орбитам, но сами эти орбиты прецессируют, медленно «дрейфуя» в своей плоскости, так что оси эллипсов поворачиваются. Хотя этот эффект весьма незначителен, он четко наблюдается точными астрономическими приборами

уже более двух столетий и вполне лежит в области точности астрономических наблюдений. Наиболее он заметен для Меркурия, полный поворот эллипса которого происходит за 3 млн лет.

Еще одно подтверждение космического релятивизма можно найти в *гравитационном линзировании* — искажении света далеких объектов в гравитационных полях тел, более близких к наблюдателю. Согласно теории относительности, любой массивный космический объект от звезды до галактики искривляет своим полем тяготения проходящие мимо световые лучи наподобие обычной линзы.

Эффект гравитационного линзирования предсказал еще Эйнштейн при разработке Общей теории относительности, вычислив угол отклонения светового луча в сильном гравитационном поле. Первое подтверждение выводов Эйнштейна и теории относительности в целом было получено во время полного солнечного затмения 29 мая 1919 г. Тогда английская астрономическая экспедиция измерила отклонение изображения звезд от реального положения вблизи поверхности Солнца. Величина полученного смещения полностью согласуется с предположением Эйнштейна.

В 1924 г. видный петербургский физик Орест Данилович Хвольсон (1852–1934) опубликовал статью об эффекте гравитационного линзирования, где подробно рассмотрел варианты отклонения света далекой звезды гравитационным полем ближней звезды-линзы. У Хвольсона получилось, что кроме второго изображения далекой звезды может возникнуть множественное изображение линзируемого объекта или кольцеобразный образ, если обе звезды вместе с телескопом астронома-наблюдателя находятся на одной прямой.

Надо заметить, что ни Эйнштейн, ни тем более Хвольсон не верили в возможность прямого наблюдения гравитационного линзирования в обычных звездных полях. Лишь в 1937 г. американский астроном швейцарского происхождения Фриц Цвики вернулся к вопросу гравитационной фокусировки света и предположил, что эффект может быть наблюдаем для линз-галактик. В 1979 г. английские астрономы впервые обнаружили двойное изображение квазара (внегалактический радиоисточник, похожий на звезду и отличающийся очень высокой светимостью). Когда выяснилось, что оба квазара «мигают» в унисон, наблюдатели поняли, что в действительности имеют дело с изображением одного квазара, попавшего в гравитационную линзу далекой галактики, лежащей между Землей и квазаром. Сегодня известны многие десятки гравитационных линз, некоторые из которых имеют форму ровного или разорванного «кольца Хвольсона – Эйнштейна». Все зависит от того, насколько точно лежат на луче зрения

наблюдаемое небесное тело и космический объект, производящий гравитационное линзирование. В самом конце прошлого века был обнаружен эффект гравитационного линзирования и на просторах нашей Галактики. При изучении центральных областей Млечного Пути было высказано предположение, что однократная спонтанная переменность блеска некоторых звезд связана с нахождением между ними и земными астрономами неких очень массивных темных тел неизвестной природы. И хотя это и не знаменитая «темная материя», заполняющая видимую Вселенную, загадка подобных «скрытых масс» очень волнует астрономов.

Не так давно астрономы зафиксировали рекордный эффект линзирования в виде трех десятков мнимых изображений дюжины сверхдалеких галактик, причем гравитационной линзой в данном случае служило более близкое скопление галактик. Ну а одной из самых знаменитых и эффектных гравитационных линз является «Крест Эйнштейна» (The Einstain Cross) — гравитационно линзированное изображение квазара, который располагается по оси зрения за галактикой ZW 2237+030 (см. цветную вкл.: рис. Ц2). Это учетверенное изображение образует практически совершенный крест с галактикой-линзой в центре, за что его и назвали «Крест Эйнштейна» в честь создателя Общей теорий относительности, которая позволила предсказать и объяснить явление гравитационных линз.

Благодаря эффекту микролинзирования отдельных звезд, входящих в галактику-линзу, изображения квазара еще и переливаются, меняя яркость.

Никто из более или менее значимых теоретиков недавнего прошлого и настоящего не смог пройти мимо красоты и рациональности тео-рии относительности, которая вместо устаревших представлений об абсолютном и неизменном пространстве, наполненном «светоносным мировым эфиром» с независимым временем, успешно ввела парадоксальное пространство-время неэвклидовой геометрии. Однако, несмотря на вполне заслуженное восхищение физиков, теорию Эйнштейна, конечно же, нельзя назвать абсолютной истиной. Главный критерий любой теории – эксперимент – требует все новых и новых опытных проверок основных положений эйнштейновского релятивизма. Впрочем, и сам Эйнштейн, когда был создан окончательный вариант теории относительности, неоднократно отмечал, что его детищу суждены большие перемены, источник которых может находиться где-то в квантовой физике.

Глава 3. **Рождение Мироздания**

Простой астрономический факт — расширение нашей Вселенной — привел к полному пересмотру всех космогонических концепций и разработке новой физики — физики возникающих и исчезающих миров.

С. Рубин. Мир, рожденный из ничего

…Исследование спектров других галактик (продолжительное время их называли «внегалактическими туманностями») начал еще в 1912 г. американский астроном Вестон Слайфер (1875–1969). До 1923 г. уже было известно, что у 36 из 41 объекта линии в спектрах смещены в красную сторону, что должно было бы свидетельствовать о движении этих объектов от нашей Галактики…

В то же самое время Эдвин Хаббл, проводя наблюдения на самом большом по тем временам 250-сантиметровом рефлекторе обсерватории Маунт Вильсон (США), убедительно доказал, что так называемые спиральные и эллиптические туманности в действительности являются гигантскими звездными системами – другими галактиками.

И.А. Климишин. Релятивистская астрономия

Проблема создания Теории Всего имеет довольно неожиданный аспект, чем-то постоянно подбадривающий теоретиков в их нелегких исканиях. Речь о том, что когда-то Мир уже был наполнен едиными силами и происходило это при его рождении...

В 20-х годах прошлого века астрономы, исследуя свет от очень далеких светил, обнаружили, что линии их спектров смещены в сторону длинноволнового — красного края. Астрофизики сразу же заподозрили, что в этом «виноват» эффект Доплера, состоящий в том, что при приближении источника волны становятся короче, а при удалении — длиннее. Это легко понять из простого примера для звуковых волн: если к вам приближается электричка, то вы слышите гудок высокого тона, а когда она проносится мимо, высокий тон переходит в низкий. Эта ситуация полностью справедлива и для электромагнитных волн. Цвет быстро приближающегося объекта постепенно смещается к коротковолновой, ультрафиолетовой части спектра, а удаляющегося — к длинноволновой, инфракрасной.

Известный американский астроном Эдвин Хаббл долгие годы составлял каталоги спектров галактик. Анализируя расстояния до дальних объектов, он обнаружил, что почти все галактики удаляются от

нас, причем чем дальше, тем быстрее (см. цветную вкл.: рис. Ц3). Это было достаточно неожиданно, ведь в то время считалось, что галактические скопления движутся хаотично и количество приближающихся и удаляющихся объектов примерно одинаково. Так появилась знаменитая статья *«Связь между расстоянием и лучевой скоростью внегалактических туманностей»*, в которой Хаббл доказывал, что далекие галактики разлетаются от нас во всех направлениях со скоростью, пропорциональной расстоянию до них. Впоследствии эта зависимость получила название «закон разлета Хойла», а коэффициент пропорциональности между скоростью и дистанцией — «постоянная Хаббла».

Так теоретические модели расширяющейся Вселенной теории относительности получили неожиданное подтверждение при наблюдении эффекта красного смещения для дальних галактик. При этом расширение происходит одновременно в каждой точке и у него нет центра. В какую бы галактику вы ни попали, вам будет казаться, что все другие дальние галактики удаляются с красным смещением, пропорциональным расстоянию до них.

Впоследствии астрофизики установили, что разбегаются не планеты со звездами и большей частью не отдельные галактики, а именно скопления галактик. Ведь звезды и галактики связаны друг с другом гравитационными силами, образуя устойчивые структуры, вместе путешествующие по просторам Вселенной. Поэтому все эти скопления звезд и прочих небесных тел, включая далекие галактические ассоциации, практически не изменяют свои размеры, а увеличивают только дистанцию между земными наблюдателями и собой.

В космологии уже давно появился расхожий образ, без которого не обходится ни одна научная популяризация. Это расширение Вселенной как процесс надувания воздушного шарика с нарисованными на его поверхности группами галактик. Тут надо сразу сделать замечание, что при всей своей общей наглядности такая модель неточна, ведь в ней сохраняется только взаимное расположение галактик, а сам размер их ассоциаций растет. Правильнее было бы приколоть группы различных галактик на поверхность шара — Вселенной. Тогда их размеры действительно не будут меняться, и из любой точки мы увидим разбегающиеся системы галактик.

Сейчас даже трудно сказать, кому же из физиков или астрономов впервые пришла мысль об обратном отсчете времени – настолько это кажется очевидным. И действительно, если сегодня группы галактик стремительно разлетаются во все стороны, то когда-то, в момент

их рождения, они должны были занимать гораздо меньший объем. А еще раньше вся Вселенная вообще должна была быть сжата в одну точку...

Современные расчеты показывают, что рождение нашего Мира произошло где-то 13,7 млрд лет назад. Именно тогда, по не совсем ясным причинам, возник вселенский катаклизм, чем-то (но далеко не всем!) напоминающий взрыв с разлетающимися во все стороны частицами и полями[2].

Заметим, что все теории этого события пока еще во многом умозрительны. Но что же позволяет современным астрономам так уверенно рассуждать именно о Большом Взрыве, а не просто о пульсации пространства, напоминающей морской прибой с щепками — ассоциациями галактик?

Главное доказательство этого необозримого космического катаклизма получили в 1964 г. два американских радиоастронома — Роберт Вудро Вильсон (р. в 1936 г.) и Арно Аллан Пензиас (р. в 1933 г.). Они работали в команде обслуживания радиоантенн, следивших за американским спутником «Эхо», и однажды решили поэкспериментировать с приемом радиоизлучения от дальних объектов Вселенной. Выбрали радиодиапазон, в котором не было никаких известных радиоисточников. К их удивлению, на некоторых частотах фиксировался странный посторонний радиошум, от которого нельзя было избавиться никакими методами. Этот фоновый шум не зависел от времени суток и направления антенны, каким-то образом исходя из всего окружающего пространства. Именно это случайное открытие окончательно убедило всех в реальности Большого Взрыва. Каким же образом это произошло?

Дело в том, что американские радиофизики обнаружили так называемый «реликтовый электромагнитный фон», соответствующий излучению абсолютно черного тела при температуре 2,7 К[3]. Реликтовое излучение ранней Вселенной задолго до этого было предсказано известным русским физиком, эмигрировавшим в Америку, Георгием Антоновичем Гамовым (1904–1968), однако Нобелевская премия 1978 года была присуждена только Пензиасу и Вильсону именно за

---

[2] Подробно об этом можно узнать в книгах автора «Большой Взрыв» и «Поразительная Вселенная».

[3] К — градус по шкале Кельвина, абсолютная единица температуры в физике: 0 К — «абсолютный нуль» — температура тела, атомы в котором неподвижны, а 273 К соответствует 0 °С.

практическое обнаружение феномена «микроволнового фонового излучения».

Какова же природа реликтового излучения, заполняющего всю видимую часть Вселенной? Согласно теории Большого Взрыва, наш Мир возник в результате некоего процесса, вследствие которого образовалось пространство-время, наполненное материей и энергией. О самом этом процессе окончательного представления у ученых пока нет. Молодая Вселенная в возрасте около трехсот тысячелетий представляла собой бурлящий и кипящий котел, наполненный элементарными частицами и электромагнитным излучением. Все это интенсивно взаимодействовало между собой, равномерно заполняя все пространство. Расширяясь, объем Вселенной интенсивно охлаждался, и по достижении температуры в несколько тысяч градусов началось формирование стабильных атомов. В результате расширения плотность кипящего «варева» из частиц излучения, которое физики называют ионизированной средой — *плазмой*, уменьшилась настолько, что первоначальное излучение стало гораздо менее интенсивным и получило возможность оторваться от частиц и атомов. Именно с тех пор микроволновое излучение путешествует по расширяющейся Вселенной, остыв до нескольких градусов Кельвина.

Если измерить плотность микроволнового излучения, приходящего с разных направлений, то в пределах современной точности измерений она оказывается поразительно одинаковой. На этой однородности базируется утверждение, что излучение является реликтовым и отождествляется с теплом, оставшимся от раннего этапа Большого Взрыва. Кроме того, это обстоятельство доказывает, что расширение нашего Мира происходит изотропно, ведь современный космос практически прозрачен для этих радиоволн, приходящих с громадных дистанций. Но как же получилось, что сравнительно локальный источник излучения создал подобную однородность, когда плотность вещества в тысячи раз превышала современное значение?

Оказывается, это связано с самим процессом расширения пространства. Это можно наглядно представить, если взять какую-нибудь гигантскую неоднородность земной поверхности, подобную Гималаям. Если теперь «раскатать» эту впечатляющую складку земного рельефа на площади в миллион километров, то получится практически гладкая плоская поверхность. Именно так и происходило расширение пространства Вселенной, которое сглаживало все неоднородности материи и излучения, оставшиеся после Большого Взрыва.

Любопытно, что если оценить сегодняшнюю плотность энергии реликтового излучения, то она более чем в 30 раз превысит суммарную плотность энергии от звезд, галактик, квазаров и прочих радиоисточников.

Теория Большого Взрыва позволила объяснить множество проблем, стоявших перед космологией, правда, возникли и новые вопросы:

- Что было до Большого Взрыва?
- Почему наше пространство имеет нулевую кривизну школьной геометрии Евклида?
- Почему Вселенная сравнительно однородна, ведь при любом взрыве вещество разлетается в разные стороны неравномерными осколками?
- Что привело к начальному разогреву протовселенной до невообразимо высокой температуры?

Глава 4. **Проблема досингулярной Вселенной**

Невозможно начать рассказ о «сотворении мира» непосредственно с момента «нуль», т. е. начиная с сакраментального изречения «Да будет свет!». Этот момент есть всего лишь математический образ, присутствующий в уравнениях Эйнштейна; никто не может гарантировать, что законы физики остаются справедливыми для такого состояния вещества, при котором весь космос оказывается сжатым до размеров спичечной головки.

Т. Редже. Этюды о Вселенной

…В этот момент нарушается математически корректное описание геометрии пространства-времени. Такое свойство характерно для большинства физически приемлемых решений уравнения Эйнштейна. Существование таких сингулярностей наводит на мысль о некоторой неадекватности Общей теории относительности. Очень может быть, что некая будущая теория окажется свободной от такого «греха».

Впрочем, некоторые космологи полагают, что как раз и следует ожидать нечто подобное сингулярности, ибо образование Вселенной — событие особенное. Если до нулевого момента ничего не существовало, то «акт творения» знаменует собой полнейшее нарушение закона сохранения вещества и энергии. Такое нарушение фундаментальных законов физики можно объяснить, только предполагая существование сингулярности.

Дж. Нарликар. Неистовая Вселенная

Надо признать, что ни один рассказ о рождении нашего Мира не обходится без обязательного вопроса: «А что же было до того как...?» И вот тут, несмотря на впечатляющие достижения теоретической астрономии, мы наталкиваемся именно на нерешенную проблему науки, ведь ничего определенного сказать нельзя... И если относительно прояснения физики новорожденной Вселенной есть вполне определенные надежды, связанные с новыми орбитальными спутниками-телескопами, то для предшествующей истории Мироздания одно время подходило понятие «запрещенный в науке вопрос»... Однако все меняется, и сегодня ученые смело заглядывают в прошлое, когда еще не было нашего пространства-времени...

Так, теоретики предполагают, что история нашего Мира началась с крайне загадочной точки пространства-времени под названием «Космологическая сингулярность». Эта точка сингулярности соответствует воображаемому моменту «начала начал» расширения наблюдаемой Вселенной — Метагалактики. Сам астрономический термин «сингулярность» можно перевести как особенность, необычность или исключительность, ведь начальное состояние материи характеризовалось совершенно непонятными плотностями материи и энергии, стремящимися к бесконечности. Естественно, бесконечность — понятие математическое, и в нашем случае оно просто обозначает рамки применимости тех или иных моделей развития Вселенной, которые ученые называют *космологическими сценариями*. Что происходит в области сингулярности (да и существует ли она в реальности), не знает никто, но логически очевидно, что там становятся неприменимы многие законы привычного для нас мира, описываемые теорией относительности и квантовой физикой.

Как ни малы или велики масштабы окружающего мира, их все же можно как-то оценить рядом сопоставлений. Значительно труднее представить себе, что значит «начало начал» нашего мира. Один из главных вопросов тут связан с тем состоянием Вселенной, которое предшествовало «начальному моменту». Получается, что наш Мир как бы вдруг появился «из ничего»? Очень часто процесс Большого Взрыва иллюстрируют картиной, напоминающей взрыв мины или гранаты, когда в пространстве рождаются и разлетаются частицы и атомы, подобно осколкам и газам. Однако эта довольно неудачная аналогия совершенно не объясняет, как же возникло и стало стремительно расширяться само пространство-время?

Подобные вопросы еще сравнительно недавно если и озвучивались, то получали единый, можно сказать, хрестоматийный ответ — «это лежит за гранью науки». При этом приводилось понятие

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине «Электронный универс»
(e-Univers.ru)