

ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 2011 ГОДА

По физике — С.Перлматтер, Б.Шмидт и А.Райсс

Лауреатами Нобелевской премии по физике стали в 2011 г. астрономы-наблюдатели Сол Перлматтер, Брайан Шмидт и Адам Райсс. Премия присуждена «за открытие ускоренного расширения Вселенной посредством наблюдения далеких сверхновых звезд». Это открытие, сделанное в 1998–1999 гг., признается сейчас (почти единодушно) одним из крупнейших за всю историю физики и астрономии, считая от Галилея и Ньютона. Подобно ряду других замечательных достижений физической науки XX в., оно стало подтверждением фундаментальных научных идей Эйнштейна.

Сол Перлматтер (Saul Perlmutter) родился в 1959 г. в Шампейн-Эрбана (штат Иллинойс, США). В 1981 г. окончил Гарвардский университет, в 1986 г. защитил диссертацию в Калифорнийском университете в Беркли. Дальнейшая научная деятельность профессора Перлматтера вплоть до сегодняшнего дня связана с Калифорнийским университетом в Беркли и входящей в его структуру (и расположенной здесь же) Национальной лабораторией им. Э.Лоуренса. Он руководитель международного научного проекта Supernova Cosmology Project, нацеленного на изучение Вселенной с помощью наблюдений сверхновых звезд определенного типа (Ia) на больших космологических расстояниях.

Австралиец, имеющий и американское гражданство, Брайан Шмидт (Brian P.Schmidt) родился

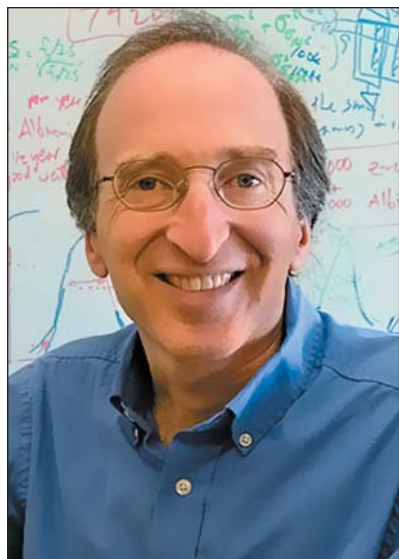
в 1967 г. в США, в Мизуле (штат Монтана). Вскоре семья переехала на Аляску. Там, в Анкоридже, Брайан в 1985 г. окончил школу; затем он поступил в Аризонский университет. В 1989 г. получил диплом, а спустя четыре года защитил диссертацию в Гарвардском университете. В 1993–1994 гг. молодой ученый работал в Гарвард-Смитсоновском центре астрофизики, а в 1995 г. уехал в Австралию, в обсерваторию Маунт-Стромло близ Канберры, где работает и сегодня. Шмидт — профессор Австралийского национального университета и руководитель международного космологического проекта High-z Supernova Search Team по обнаружению и изучению далеких сверхновых звезд типа Ia.

Американец Адам Райсс (Adam G.Riess), самый активный участник группы Шмидта, родился в 1969 г. в Вашингтоне (округ Колумбия). Окончил Массачусеттский технологический институт в 1992 г., в 1996 г. защитил диссертацию в Гарвардском университете. После этого работал в Калифорнийском университете в Беркли, а в 1999 г. продолжил астрономические наблюдения в Научном институте космического телескопа при университете им.Дж.Хопкинса в Балтиморе (штат Мэриленд). Профессор Райсс работает там и сегодня.

Два названных выше научных проекта осуществлялись независимо друг от друга на протяжении доброго десятка лет и были нацелены на изучение физических свойств Вселенной, рассма-

триваемой в глобальных пространственных масштабах. Самое важное из этих свойств — космологическое расширение. Оно проявляется себя в наблюдаемых движениях далеких галактик: все они удаляются от нас, так что расстояния до галактик (и между самими галактиками) все время увеличиваются. Характерное время, за которое расстояния заметно (скажем, вдвое) возрастают, составляет миллиарды лет. Самые далекие галактики видны на расстояниях в несколько гигапарсек; они имеют скорости, которые лишь в два-три раза уступают скорости света. Эти «истинно космологические» расстояния и скорости стали доступными для измерений только в последние 15–17 лет, когда в распоряжении астрономов-наблюдателей оказались самые мощные телескопы, включая космический телескоп «Хаббл», и новейшие, исключительно эффективные, светоприемники — матрицы с зарядовой связью, а также быстродействующая вычислительная техника. Тогда же впервые появилась возможность измерять не только расстояния и скорости галактик, но и испытываемое ими ускорение. Ускорение, если его найти в наблюдениях, может указать нам на силу, которая управляет движением разбегающихся галактик. Эта задача и была решена в 1998–1999 гг. нынешними нобелевскими лауреатами и их коллегами по научным проектам.

Вопрос о силе, что движет мирами, был поставлен еще Ньютоном 300 с лишним лет на-



Сол Перлматтер



Брайан Шмидт



Адам Райсс

зад. Открыв всемирное тяготение, он тем самым нашел и ответ на него. Следующий шаг был сделан Эйнштейном. В 1915 г. он опубликовал общую теорию относительности, а в 1917 г. дополнил и развил ее, положив тем самым начало современной теории пространства, времени и тяготения. Спустя всего несколько лет, в 1922 г., петербургский математик А.А.Фридман (тогда уже автор концепции расширяющейся Вселенной) счел возможным написать: «Теория Эйнштейна в своих общих чертах блестяще выдержала экспериментальное испытание, не только объяснив многое, казавшееся необъяснимым, но и предсказав по примеру классических теорий ряд новых явлений». Среди предсказаний Эйнштейна одно — самое удивительное из всех — оставалось к концу XX в. не проверенным ни в физическом эксперименте, ни в астрономических наблюдениях. Это была идея всемирного антитяготения. В работе 1917 г. Эйнштейн выдвинул и точно сформулировал представление о том, что наряду с ньютоновым всемирным тяготением в природе существует и универсальное отталкивание, всемирное антитяготение.

Заметим, что слова «антитяготение» и «антигравитация» нередко использовали и до сих пор продолжают использовать по большей части в научно-фантастической, а не научной литературе, не говоря уже о разнообразных псевдонаучных и вовсе антинаучных писаниях и высказываниях. Этими терминами сам Эйнштейн, насколько известно, не пользовался. Он предпочитал говорить о предсказанном им феномене несколько формально, ссылаясь на произведенную им в 1917 г. «модификацию» уравнений общей теории относительности, которая состояла в том, что в эти уравнения была добавлена постоянная величина, получившая впоследствии название космологической константы.

Мы можем лишь гадать, как у Эйнштейна возникло представление о всемирном антитяготении и почему он решил описать его с помощью космологической константы. Для этой идеи определенно не было никаких эмпирических оснований. Ничто из того, что в те времена было достоверно известно о большом мире, в котором мы живем, не давало на этот счет никаких намеков или наводящих соображений. Судя по все-

му, в своих космологических размышлениях Эйнштейн руководствовался некоторыми общими мировоззренческими установками. В те годы он видел Вселенную как единую физическую систему, у которой не было «начала» и не будет «конца». Его привлекала идея неизменной, неподвижной, статической Вселенной, которая не предполагала никакого «акта Божественного творения», а существовала вечно в одном и том же состоянии. Но как представить себе Вселенную неизменной и неподвижной, если со времен Ньютона известно, что все тела природы притягиваются друг к другу? Чтобы нейтрализовать всемирное тяготение, Эйнштейну пришлось ввести в общую теорию относительности новую мировую силу — силу всеобщего отталкивания. Отталкивание представлено и описано в этой теории уже упомянутой космологической константой — таков ее смысл и предназначение у Эйнштейна. При наличии антитяготения уравнения общей теории относительности действительно допускали статическое космологическое решение. И Эйнштейн построил на этой основе свою первую физико-математическую модель Вселенной.

Вскоре, однако, выяснилось, что неподвижная, вечная и неизменная Вселенная Эйнштейна неустойчива — стоит ее слегка «подтолкнуть», и она начнет сжиматься или расширяться как целое. Общая теория относительности (даже модифицированная) не допускает, как оказывается, устойчивого покоя в масштабе всей Вселенной. Это неожиданное для Эйнштейна обстоятельство немало его озадачило и разочаровало: зачем тогда было придумывать всеобщее отталкивание?...

Но, раз высказанная, идея космического антитяготения начала уже самостоятельную жизнь в науке, не зависящую от воли ее автора. На смену статической, но неустойчивой модели Эйнштейна пришла модель нестатической расширяющейся Вселенной, предложенная Фридманом в 1922—1924 гг. Новая модель учитывала как ньютоново тяготение, так и эйнштейновское антитяготение. Она описывала Вселенную, в которой космические тела удаляются друг от друга, испытывая, вообще говоря, как их собственное притяжение друг к другу, так и взаимное отталкивание, обязанное космическому антитяготению. Космологическое расширение, понимаемое как всеобщее разбегание тел природы, имело свое начало: Вселенная возникла и все ее тела получили начальные скорости разлета примерно 10 млрд лет назад, согласно приближенной (по порядку величины) оценке Фридмана. Его нисколько не смущало то обстоятельство, что его Вселенная не существовала вечно, а родилась в какой-то момент в прошлом сама собой или же была создана какими-то внешними по отношению к ней силами. Он не имел ничего против космического «акта творения» и в своей научно-популярной книге упомянул к слову об индийских космогонических мифах. Но он понимал происхождение Вселенной и ее первоначальный «разгон» отнюдь не в духе мифов и религий; Фрид-

ман видел в этом новую принципиальную проблему фундаментальной науки. Так это понимают и теперь, в начале XXI в.; проблема «космологической сингулярности», т.е. экстремального состояния мира в момент его возникновения, до сих пор остается полностью открытой, несмотря на усилия, предпринятые лучшими теоретиками разных стран в течение нескольких десятилетий после Фридмана.

Что же касается космологической константы, то она содержалась в модели Фридмана в качестве эмпирического параметра, подлежащего измерению в астрономических наблюдениях. Ее численное значение заранее не фиксировано. Не исключалось, в частности, что она может быть просто равна нулю; в этом случае никакого космического антитяготения в природе не существует. Если же космологическая константа отлична от нуля, она может быть в принципе и положительной, и отрицательной по величине. При отрицательной константе антитяготение не возникает, но появляется дополнительное тяготение, которое, однако, не описывается законом Ньютона. Антитяготение возникает только при положительной космологической константе. В этом случае антитяготение может быть и сильнее, и слабее взаимного притяжения населяющих Вселенную тел. Когда преобладает тяготение, разбегание тел происходит с замедлением — тяготение стремится его остановить и обратить расширение в сжатие. Когда же преобладает антитяготение, оно «подгоняет» разбегание галактик, ускоряет его. Чтобы узнать, действительно ли во Вселенной присутствует антитяготение, нужно измерить в наблюдениях испытываемое галактиками ускорение. Если ускорение окажется положительным, это станет прямым наблюдательным указанием в пользу идеи Эйнштейна. Теперь мы знаем, что так оно и оказалось. Измеренное в 1998—1999 гг. ускорение оказалось положитель-

ным, так что эйнштейновское всемирное антитяготение действительно существует в масштабе Вселенной как целого и притом именно в том виде и обличии, как это описано у Эйнштейна с помощью космологической константы.

Этот успех стал возможен, как уже сказано выше, благодаря решительному усовершенствованию астрономических средств наблюдения. Но даже и новейшие инструменты были бы бесполезны, если бы во Вселенной не существовало сверхновых звезд — мощных, хотя и кратковременных, источников света, которые видны и неподалеку от нас, и почти что у самого края наблюдаемой области мира.

Все слышали, вероятно, что звезды «падают», «вспыхивают» и «взрываются». Первое к звездам вообще не относится, а вот вспышки и взрывы как раз для них характерны. Самые мощные вспышки, когда на пустом месте появляется новая звезда, астрономы назвали сверхновыми. При этом никакая звезда на самом деле не появляется, а наоборот — гибнет.

В 1938 г. американский астроном Вальтер Бааде обратил внимание на то, что среди всех сверхновых можно выделить такие, которые очень похожи друг на друга по своему поведению. Под поведением астрономы понимают характер изменения блеска со временем — так называемую «кривую блеска». Физическая причина такой «похожести» до сих пор остается предметом исследований. Но сама одинаковость, сходство сверхновых звезд дают астрономам отличную «линейку» для измерения расстояний во Вселенной. Подобно «стандартной свече» из школьного учебника физики, сверхновые данного типа (по современной классификации это тип Ia — читается «один а») можно использовать для определения расстояния до них: чем дальше свеча, тем слабее она выглядит для нас. Правда, при более детальном рассмотрении

оказалось, что сверхновые типа Ia, хотя и похожи друг на друга, но все же не совсем близнецы. Например, в максимуме блеска они могут отличаться друг от друга по блеску почти в два раза. Так что свеча в действительности не вполне стандартна: ошибка в определении расстояния может достигать 40%.

Ситуацию спас в 1977 г. астроном ГАИШ МГУ профессор Юрий Павлович Псковский. Он обратил внимание на то, что более слабые сверхновые типа Ia гаснут быстрее. Таким образом, чем круче кривая падения блеска, тем слабее сверхновая в максимуме ее блеска. Почему так происходит, не очень ясно и до сих пор. Кстати, многие критики работы нобелевских лауреатов часто говорили о том, что, мол, толком не известно, что за физика стоит за сверхновыми типа Ia, непонятно, почему в их поведении наблюдаются те или иные особенности. Однако возражение это не имеет принципиальных оснований. Ведь когда продавец взвешивает килограмм яблок, он не обязан действительно знать молекулярную структуру гирь.

Эффект Псковского особенно ценен тем, что, как правило, астрономы открывают сверхновую позже самой вспышки (ее блеск спадает дольше, чем растет). И тогда для определения мощности сверхновой в максимуме достаточно измерить скорость последующего падения ее блеска. При этом хотелось бы иметь побольше таких кривых блеска, да и чтобы сверхновые были бы подальше — там эффект ускорения легче измерить (как это ни покажется на первый взгляд странным).

Первая группа наблюдателей (ею руководил Шмидт), сообщившая о своих результатах в 1998 г., располагала данными о всего двух десятках сверхновых нужного типа на более или менее подходящих расстояниях,

но уже и этого было достаточно, чтобы заметить искомый эффект. Оказалось, что в среднем убывание видимой яркости с расстоянием происходит быстрее, чем это ожидалось по космологической теории, которая до того считалась стандартной. Другими словами, имело место избыточное потемнение звезды. Но это означало, что космологическое расширение происходит с положительным ускорением. Космическое ускорение направлено в ту же сторону, что и скорости движения галактик, и оно заставляет галактики удаляться от нас все быстрее и быстрее.

Дальнейшие наблюдения группы Шмидта и независимые результаты группы Перлматтера вскоре подтвердили этот вывод. Со временем астрономы смогли дать ясные и убедительные ответы на все вопросы (в том числе и весьма тонкие), которые возникали как у их критиков, так и у их сторонников. В частности, наблюдаемое ослабление мощности сверхновых с расстоянием критики пытались объяснить наличием пыли, количество которой в более далеких и, следовательно, более молодых галактиках могло бы быть выше, чем сейчас. Но здесь на помощь астрономам пришли телескопы-роботы — это позволило в десятки раз увеличить скорость открытия сверхновых звезд. Свой вклад в решение вопроса внесла и сеть российских телескопов-роботов «МАСТЕР», разработанных в ГАИШ МГУ. С помощью этих инструментов астрономы ГАИШ недавно показали*, что если взять только «чистые» сверхновые (они располагаются очень далеко от центра родительских галактик, где никакой пыли не бывает), то окажется, что проблема пыли сни-

мается и ускорение Вселенной необходимо признать!

В итоге в космологической науке сформировалась новая картина мира, согласно которой космологическое расширение происходит с положительным ускорением, и это ускорение создается эйнштейновским всемирным антияготением. Многое в космологии стало теперь на свои места. Получила разрешение, в частности, давно беспокоившая космологов проблема возраста мира. Теория без эйнштейновского антияготения давала для этой величины слишком малое значение, так что Вселенная как целое оказывалась моложе самых старых астрономических объектов, чего, разумеется, не должно быть. Кстати, это обстоятельство справедливо рассматривалось в разные годы как весомый (хотя и косвенный) аргумент в пользу космологической постоянной. В стандартной космологической модели сегодняшнего дня современный возраст мира составляет 13.7 млрд лет, и это снимает все противоречия с возрастом звезд и галактик.

Вместе с тем открытие космологического ускорения ставит перед современным естествознанием новые проблемы невиданной ранее сложности и важности. Главные из них — физическая природа космического антияготения и микроскопическая структура темной энергии как динамического «агента», создающего всеобщее отталкивание во Вселенной. Такова загадка, заданная Эйнштейном фундаментальной физике XXI в.

© **В.М.Липунов,**
А.Д.Чернин,

доктора физико-математических наук
Государственный
астрономический институт
им.П.К.Штернберга
МГУ им.М.В.Ломоносова

* *Pruzhinskaya MV, Gorbousoy ES, Lipunov VM. // Astronomy Letters. 2011. V.37. №10. P.663—669.*