

III. АСИММЕТРИЯ И АНИЗОТРОПИЯ ВСЕЛЕННОЙ

И.Н. Таганов

3.1. Зеркальная асимметрия спиральных галактик	стр. 5
3.2. Анизотропия Вселенной	стр. 8
3.3. Зеркальная асимметрия микромира	стр. 16
Литература	стр. 19

Любое нарушение симметрии геометрической фигуры приводит к несовместимости ее со своим зеркальным отображением, поэтому одним из признаков асимметрии может служить факт несовместимости оригинала со своим зеркальным отображением. Фигуры со смешанной симметрией не могут быть разделены на равные части и, следовательно, являются асимметричными. Всякая асимметричная фигура может быть построена в двух энантиоморфных модификациях – «правой» и «левой». Никакого абсолютного критерия для отличия правого от левого не существует, но, однажды назвав одну из двух энантиоморфных модификаций «правой» R , другую, парную к ней следует называть «левой» L .

Фундаментальное значение пары антиподов левого и правого определяется особым значением операции зеркального отражения. Под зеркальным отражением или инверсией координат $\vec{r} \rightarrow -\vec{r}$ понимают одновременное зеркальное отражение относительно трех взаимно перпендикулярных плоскостей, проходящих через начало координат. Складывая ладони своих рук при молитве, люди моделируют типичную операцию зеркального отражения. Используя пары типовых асимметричных фигур (R , L) и размножая их с помощью элементов симметрии, можно построить все мыслимые группы симметрии – точечные, линейные, плоские и пространственные. Все симметричные преобразования конечных фигур могут быть сведены к последовательным зеркальным отражениям в трех плоскостях, которые могут и не быть плоскостями симметрии.

Термин «асимметрия» используется часто также в статистическом смысле для обозначения неравенства долей «правых» и «левых» объектов в некоторой их совокупности. Самой распространенной мерой статистической асимметрии какого либо множества объектов является указание доли доминирующего в этом множестве типа симметрии. Например, «праворукость» является доминирующим свойством населения Земли и, хотя доля левшей у различных этнических групп может изменяться в зависимости от возраста от 5 до 30%, но средний процент правшей среди взрослого населения достаточно стабилен, достигая 90%. Поэтому этот тип асимметрии часто обозначается как $R_{0,9}$.

Интерес людей к проблеме правого и левого имеет очень долгую историю. Отпечатки правых и левых рук украшают стены множества палеолитических пещер. На стене знаменитой французской пещеры *Pech Merle*, в которой люди жили уже 25 000 лет тому назад, отпечатки правых и левых рук включены в композицию «фрески с пятнистыми конями» (Рис. 3.1). А декорация одной из пещер каменного века в Патагонии состоит исключительно из отпечатков человеческих рук (Рис. 3.1).

Французские археологи, изучив более 500 отпечатков рук в 26 пещерах Испании и Франции, опубликовали сенсационные выводы: во-первых, среди художников каменного века большинство составляли женщины и дети, во-вторых, 10-30 тысяч лет тому назад левшей было почти в два раза больше, чем в наше время.

О философском значении асимметрии правого и левого много писали еще пифагорейцы, включив оппозицию «правое – левое» в свой список десяти самых важных противоположностей природы. Пифагорейцы иногда использовали термин «симметрия» как синоним гармонии, которую они считали главным законом нашего мира.



Рис. 3.1. Слева. Фреска каменного века с пятнистыми конями в пещере *Pech Merle* во Франции (<http://phys.org/>). Справа. Отпечатки рук в древней пещере в Патагонии (<http://cdn2-b.examiner.com/>).

Меч в правой руке, которым большинство воинов-правшей защищали свою родину, дал повод во многих культурах считать «правое» символом добра, а «левое» символом зла. Разбойник, распятый именно справа от Христа, раскаялся и попал в рай, а Евангелист св. Матфей еще ярче подчеркнул символическое значение правого и левого в христианской культуре (Матф. 25:32, 33) [19]:

32. И соберутся пред Ним все народы; и отделит одних от других, как пастырь отделяет овец от козлов;

33. И поставит овец по *правую* Свою сторону, а козлов - по *левую*.

Тень от обелиска солнечных часов перемещается в северном полушарии слева направо. Так еще в древнем Вавилоне было выбрано направление движения часовой стрелки, вращение которой принято и теперь считать «правым». Промышленность, выпускающая в наше время преимущественно винты с правой резьбой, то есть завинчивающиеся при движении головки винта слева направо, надежно закрепила в нашем сознании этот выбор «правого» винта в качестве синонима движения «по часовой стрелке», сделанный более четырех тысячелетий тому назад в Вавилоне. Следуя этим древним традициям, мы обычно приписываем «левым» объектам отрицательное значение индекса симметрии и виртуальное движение «против часовой стрелки».

Изучение симметрии неживой природы сначала не обнаружило впечатляющих отклонений от симметрии левого и правого. Следует отметить, что вообще количество минералов, кристаллы которых могут иметь либо левую, либо правую форму, относительно невелико и их доля не достигает 9 %. Обширные исследования встречаемости правых и левых форм в мире неорганических природных кристаллов показали, что среди минералов нет достоверного доминирования одной из форм. Редким исключением оказались лишь немногочисленные кристаллы, например, хромовокислого калия, азотнокислых свинца и бария. Однако существует много примеров сочетаний внешних условий, при которых происходит преимущественная кристаллизация или синтез одной из двух энантиоморфных форм минералов, но это относится уже к особой области физической химии – стереоспецифическому синтезу.

Исследования зеркальной асимметрии в биологии начались с открытия еще в 18 веке французским литератором Бернардином де Сен-Пьером значительного преобладания правозакрученных раковин у моллюсков (Рис. 3.2). Дальнейшие исследования показали, что действительно у большинства брюхоногих одна из энантиоморфных форм очень часто

доминирует, достигая иногда впечатляющих значений асимметрии $R_{0.96}$. В природе встречаются очень необычные формы асимметрии. Например, у некоторых рыб бассейна Амазонки существуют даже две половые расы: одна раса состоит из R -самцов и L -самок, а другая, наоборот, из L -самцов и R -самок. Причем размножение этих рыб возможно только в пределах своих половых рас.



Рис. 3.2. Иллюстрация в книге *Index Musei*, 1742.

Внешняя симметрия млекопитающих с одной плоскостью симметрии скрывает многочисленные проявления асимметрии в их внутреннем строении и физиологии. Сердце, желудок и селезенка находятся слева, а печень и аппендикс справа. У людей в большинстве случаев правая рука несколько крупнее левой, а левая нога крупнее правой. У приматов также как и у людей распространено доминирование одной из рук – большинство шимпанзе и горилл левши, а орангутанги и гиббоны, наоборот, как и люди преимущественно правши.

Возрастание интереса к проблеме правых и левых молекул в биохимии связано с открытием в 1815 году французским физиком и астрономом Жаном Био явления оптической изомерии. В 1848 году Луи Пастер доказал, что оптическая изомерия имеет молекулярную природу. В своих пионерских исследованиях Пастер обнаружил, что серо-голубая плесень (*Penicillium glaucum*) избирательно поглощает только один из стереоизомеров винной кислоты. Правыми и левыми стереоизомерами называют вещества, молекулы которых, имея одинаковый атомный состав, структуру химических связей и термодинамические характеристики, составляют пару энантиоморфных антиподов по конфигурациям своих молекул. Некоторые стереоизомеры оптически активны, так как способны вращать плоскость поляризации проходящего сквозь них света.

При исследовании биологически активных соединений клеток различных тканей среди них оказалось множество оптически активных соединений – сахаров, аминокислот, белков и нуклеиновых кислот. Анализ относительной встречаемости правых и левых молекул в клетках живых существ продемонстрировал удивительную биохимическую асимметрию – в природе отсутствует левая ДНК, все известные организмы имеют левые аминокислоты и правые углеводы. Так что можно сказать, что **в отличие от почти симметричной неорганической природы Жизнь, – это яркая асимметричная форма материи на Земле.**

В 1894 году в статье «О симметрии физических явлений; симметрия электрического и магнитного поля»¹ Пьер Кюри, очень интересовавшийся проблемой асимметрии в природе, сформулировал следующий принцип:

«Симметрия порождающей среды как бы накладывается на симметрию тела, образующегося в этой среде. Получившаяся в результате форма тела сохраняет только те элементы своей собственной симметрии, которые совпадают с наложенными на него элементами симметрии среды».

Утраченные объектом в процессе формирования элементы симметрии, т.е. «исчезнувшую» симметрию Кюри называл «диссимметрией». В 1898 году английский химик Френсис Джепп в своих популярных лекциях «Стереохимия и витализм» неизменно утверждал, что «только асимметрия может порождать асимметрию».

Во второй половине 20-го столетия получил признание динамический принцип формирования асимметричных явлений и объектов. При описании физических процессов всегда необходимо ввести ту или иную систему координат, выбор которой определяет в пространстве-времени некоторые привилегированные направления координатных осей. Это ограничение вступает в противоречие с принципом однородности и изотропии пространства-времени, которым часто пользуется естествознание. Поэтому физический смысл обычно имеют только те соотношения, которые инвариантны относительно поворотов и смещений относительно используемых координатных осей. Эти условия инвариантности значительно ограничивают разнообразие возможных «физических законов» и связывают их с групповой теорией симметрии.

Замедляющееся физическое время: $\tau = t + H/2 \cdot t^2$ делает пространство-время неоднородным и асимметричным. Эта асимметрия связана с необратимостью физического времени (см. разделы «Физика необратимого времени» и «Антивремя и Антипространство» этого сайта, а также [16]) и определяется теоретическим значением постоянной Хаббла $H = 1,7 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$ (61,6 км/с/Мпк) (1.78) в [16]: $A_\tau = \tau(t) + \tau(-t) = Ht^2 > 0$ и $A_{r(\tau)} = c\tau(t) + c\tau(-t) = cHt^2 > 0$. Если воспользоваться космологическим масштабом для ньютоновского времени: $t_p = H^{-1}$, то можно оценить степень асимметрии пространства-времени в нашу эпоху:

$$A_{\tau_p} = Ht_p^2 = H^{-1} = 16,131 \text{ млрд. лет} \quad (3.1)$$

$$A_{r_p} = cHt_p^2 = c/H = 4,932 \cdot 10^3 \text{ Мпк} \quad (3.2)$$

Эти оценки проясняют физический смысл параметров «возраст вселенной» и «радиус Хаббла» в классической космологии. «Возраст вселенной» является мерой асимметрии физического времени для сопряженной меры асимметрии пространства («радиуса Хаббла») и **эти характеристики никак не связаны с историей «расширяющейся» вселенной, а могут быть определены для любого момента времени.**

Асимметричный объект всегда является материальным воплощением какого либо динамического процесса, в котором уже можно обнаружить те или иные нарушения динамической симметрии. Физическое время является глобальным асимметричным фактором, во-первых, из-за асимметрии «Стрелы времени», направленной из прошлого в будущее, и, во-вторых, из-за асимметрии самого пространства-времени с замедляющимся ходом времени. Поэтому **многие природные процессы, развивающиеся в асимметричном пространстве-времени, и материальные объекты, которые формируются при участии**

¹ Curie P. Oeuvres. Paris, 1908.

этих процессов, должны обнаруживать ту или иную асимметрию, которую, впрочем, иногда бывает трудно выявить и описать формально.

3.1 Зеркальная асимметрия спиральных галактик

В неисчерпаемом многообразии космических структур внимание астрономов неизменно привлекают спиральные галактики. Это самый распространенный морфологический тип галактик, включающий более 60 % всех наблюдаемых галактик. Загадкой до сих пор является крайне неравномерное распределение спиральных галактик – среди галактик поля их доля составляет почти 70 %, а в крупных скоплениях галактик их количество едва достигает 20 %.

Обычно эти красивые звездные системы имеют одну, две или более неровных спиральных ветвей, образующих плоский диск, а в центральной области галактики видно сфероидальное вздутие (балдж), в котором находится ядро галактики. Спиральные ветви богаты яркими газовыми туманностями, окружающими горячие звезды-сверхгиганты, а также облаками темной газопылевой материи. Спиральные галактики в лучах H_α выглядят особенно контрастно, поскольку водородные поля распределяются чаще всего в пределах их ветвей.

Со времен Эдвина Хаббла спиральные галактики принято делить на два класса. Примерно у половины всех спиральных галактик ветви начинаются сразу от ядра (рис. 3.3, верхний ряд) и их называют «нормальными» (класс *S*). У остальных через ядро проходит яркая перемилька (бар), распространяющаяся далеко за пределы ядра, и только от нее начинают закручиваться спиральные ветви (рис. 3.3, нижний ряд). Это так называемые «пересеченные» галактики (класс *SB*). Астрономические наблюдения 1990-х годов дали повод считать нашу галактику Млечный Путь тоже «пересеченной» спиралью, хотя сам бар трудно наблюдать из нашего положения в пределах галактического диска. Причины возникновения спиральной структуры галактик и устойчивость ее морфологии пока не получили общепризнанного объяснения, но надежды возлагаются на развивающуюся теорию волн плотности в спиральных галактиках.

Вращение спиральных галактик было обнаружено спектральными методами в 1917 году Вест Слайфером и Гебером Кертисом. Кинематика вращения спиральных галактик достаточно сложна и представляет собой сочетание твердотельного и дифференциального вращений. Преимущественно твердотельное вращение захватывает область диска, то есть ясно видимых спиральных ветвей. Кроме того, в галактиках обнаруживаются многочисленные отклонения от средних круговых скоростей, движение вдоль ветвей и даже вращение различных ветвей в разные стороны.

При диаметрах галактик от 10 до 50 кпк линейные скорости вращения спиральных галактик на периферии оцениваются от 50 до 300 км/с и в среднем 200 км/с, намного превосходя дисперсию скоростей звезд в диске: 10-30 км/с у молодых звезд и 50-70 км/с у старых. Периоды вращения галактик заключены в относительно узких пределах со средним значением порядка 320 млн. лет, так что за всю свою историю типичная спиральная галактика успевает совершить, вероятно, менее сотни полных оборотов.

Исследование связи вращения спиральных галактик и их морфологии сталкивается со значительными трудностями, так как определение направления скоростей по эффекту Допплера требует наблюдения галактик, видимых с ребра или почти с ребра. Но тогда спиральные ветви либо совсем не видны или очень плохо различимы. Кроме того, весьма сложно определить направление вращения галактик, поскольку трудно установить какая из двух половин галактики на луче зрения «верхняя» или «нижняя» расположена ближе к наблюдателю.

Однозначной связи направления вращения и направления закручивания спиральных ветвей у галактик не оказалось. Так что обе галактики на рис. 3.3 в верхнем ряду могут вращаться, например, в левую сторону (против часовой стрелки). В этом случае ветви левой галактики (*M51*) называют «отстающими», а правой (*M74*) «опережающими». После того как

было обнаружено много галактик, у которых разные ветви имеют разные направления вращения, интерес к проблеме связи морфологии галактик и направлений их вращения значительно снизился.

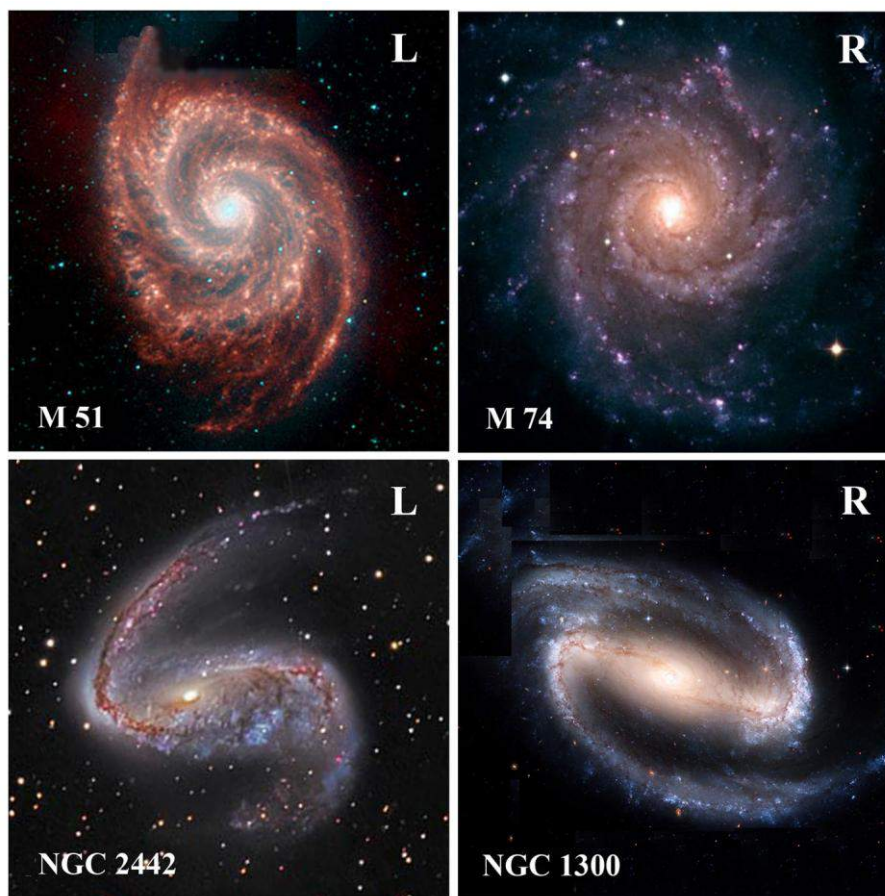


Рис. 3.3. Типичная морфология спиральных галактик с левым (*L*) и правым (*R*) типами симметрии (<http://hubblesite.org/>).

Строго спиральная форма галактик почти не встречается и, как правило, морфология наблюдаемых спиральных галактик включает такие элементы как дуги, кольца, радиальные ветви, вереницы уплотнений, которые резко не различаются и часто переходят друг в друга и в спиральные ветви. Тем не менее, по доминирующему направлению спиральности ветвей и дуг во многих случаях можно достаточно уверенно отнести спиральную галактику либо к «левому», *S*-образному (отрицательному) типу (рис. 3.3, левая колонка), либо к «правому» (положительному) морфологическому типу (рис. 3.3, правая колонка).

В течение многих лет коллектив русских астрономов под руководством профессора Бориса Александровича Воронцова-Вельяминова изучал морфологию галактик, и в 1961–74 годах были опубликованы пять томов «Морфологического каталога галактик», с подробным описанием более 30 000 галактик северного и южного неба [20]. В каталоге приводится детальное описание морфологии галактик со звездными величинами вплоть до 16^m – 17^m .

В 2005–2007 году автор этого раздела провел трудоемкий статистический анализ каталога Воронцова-Вельяминова для того чтобы количественно оценить зеркальную асимметрию спиральных галактик [15]. Надежное определение типа симметрии удастся провести только для галактик со звездными величинами до 15^m , и только в тех случаях, когда наклон плоскости галактики к лучу зрения не менее 45 градусов. Для исследования было отобрано из каталога Воронцова-Вельяминова 6650 спиральных галактик северного неба, удовлетворяющих этим условиям.

Степень отклонения от паритета левых и правых форм удобно оценивать «асимметрией» выборки:

$$A_{RL} = (R - L) / (R + L) \quad \sigma_A = 1 / \sqrt{R + L} \quad (3.3)$$

В этой формуле R и L соответственно количество правых и левых морфологических форм спиральных галактик в выборке $N = R + L$.

Определение частоты встречаемости галактик различных типов симметрии показало, что в исследованной выборке 6650 спиральных галактик северного неба достоверно доминируют спиральные галактики с левым, S-образным типом симметрии (рис. 3.3, левая колонка): $R = 3026; L = 3624$. Зеркальная асимметрия спиральных галактик северного неба в соответствии с (3.3) была оценена как: $A_{RL} = -0,09 \pm 0,012$.

В 2008 году более 100 000 добровольцев приняли участие в Интернет-анализе морфологии спиральных галактик каталога *SDSS DR6*. Этот анализ позволил оценить зеркальную асимметрию в статистике 13140 спиральных галактик северного неба как $A_{RL} = -0,0706 \pm 0,0087$ (Land et al. 2008 [8]). По каталогу [6] удалось также оценить асимметрию выборки 3118 галактик южного неба: $A_{RL} = +0,047 \pm 0,029$. Эта асимметрия положительна, потому что доминирующие в северном небе «левые» формы галактик наблюдаются как «правые» в южном небе.

Таблица 3.1. Результаты определения зеркальной асимметрии спиральных галактик

	N	m	z	A_{RL}	Литература
1	6650 (северное небо)	$\leq 15^m$	-	$-0,09 \pm 0,012$	[15]
2	13140 (северное небо)	-	$\leq 0,3$	$-0,0706 \pm 0,0087$	[8]
3	15158 (северное небо)	$\leq 17,4^m$	$\leq 0,085$	$-0,0607 \pm 0,0118$	[10]
4	3118 (южное небо)	-	-	$+0,047 \pm 0,029$	[6, 10]

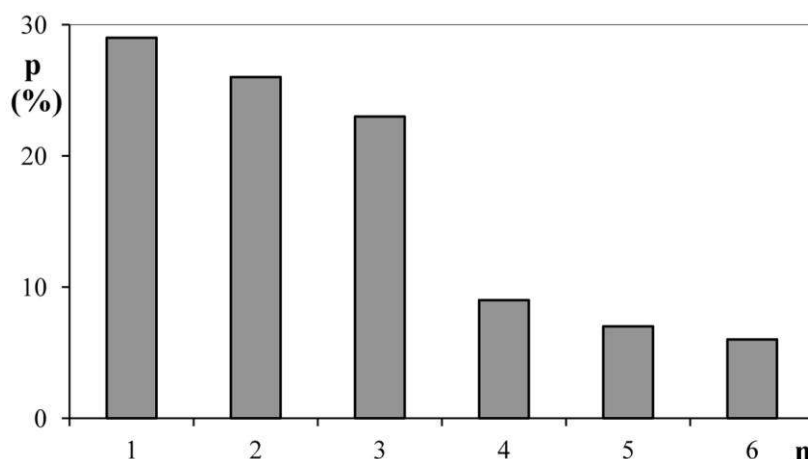


Рис. 3.4. Гистограмма (p %) распределения галактик определенного типа симметрии (либо все R , либо все L) по группам галактик разной численности (n).

Наше исследование 750 спиральных галактик со звездными величинами до 14^m и с разными типами симметрии привело к открытию **нового явления – группировки спиральных галактик по типу их симметрии** (Таганов 2010 [15]). Наблюдается не более 30% одиночных галактик, а 70% галактик входят в группы или пары галактик (26%) всегда с одним и тем же типом симметрии (рис. 3.4, 3.5).



Рис. 3.5. Типичная пара спиральных галактик в группе с одним и тем же «правым» (R) типом симметрии (<http://hubblesite.org/>).

Формирование групп галактик с одним и тем же типом симметрии приводит и к зеркальной асимметрии кластеров, в которые они входят. Предварительная приближенная оценка зеркальной асимметрии кластеров северного неба: $A_c \simeq -0.05$.

3.2. Анизотропия Вселенной

В силу системной целостности пространства-времени асимметрия «стрелы» физического времени должна индуцировать своего рода «тень» в пространстве в форме крупномасштабной оси анизотропии. Такая анизотропия пространства, в свою очередь должна определять характерные нарушения симметрии в статистике наблюдений крупномасштабных астрофизических процессов. Первые подозрения в нарушении космологической симметрии пространства появились уже в первой трети 20 столетия в эпоху становления классической космологии.

Природа света и его скорость были предметами догадок и частыми поводами для философских дискуссий уже в античную эпоху. Если Эмпедокл полагал, что свет это «движущееся нечто», то Аристотель, признавая существование «нечто» в свете, не считал, тем не менее, свет движением. Эвклид предложил парадоксальную «эмиссионную теорию зрения», в которой свет излучался глазами. Из этой теории Герон Александрийский сделал вывод, что скорость света бесконечна, поскольку далекие звезды мы видим «тотчас же, как только открываем глаза».

В 1021 году арабский алхимик и оптик Ибн аль-Хайтам (Альхазен) в своем труде «Книга Оптики» описал несколько экспериментов, подтверждавших теории зрения, в которых свет двигался от светящегося объекта к глазу и предположил, что скорость света конечна и уменьшается в более плотных веществах. В конце 11 столетия в своем многотомном компендиуме арабской науки Абу аль-Бируни также утверждал, что скорость света конечна и намного превосходит скорость звука.

В начале 17 столетия Кеплер объяснял бесконечность скорости света отсутствием каких-либо препятствий для его движения в космосе. Декарт также пришел к мысли о бесконечности скорости света, и даже беспокоился, что если бы скорость света оказалась конечна, то это нанесло бы непоправимый ущерб всей его философии.

Первые астрономические наблюдения, из которых можно было бы сравнительно надежно оценить скорость света, провел голландский астроном Оле Ремер, работавший в Парижской обсерватории. В 1676 году он опубликовал свои наблюдения спутника Юпитера Ио, которые позволяли оценить скорость света как 220 000 км/с. Но его наблюдения не произвели особого впечатления на астрономов, и только Ньютон 10 лет спустя в своей *Principia* мельком отметил, что «по измерениям астрономов скорость света ограничена». Однако уже в 1704 году в своей книге «Оптика» Ньютон привел собственную оценку скорости света: «16,6 диаметров Земли в секунду», то есть около 210 000 км/с, что на 30% меньше принятого в наше время значения.

Проблема точной оценки величины скорости света привлекла внимание многих физиков только после опубликования результатов знаменитых экспериментов Альберта Майкельсона и Эдварда Морли в 1881–1887 годах. Целью этих экспериментов была проверка гипотезы Френеля о существовании неподвижного «светоносного» эфира. Экспериментаторы надеялись обнаружить с помощью своего точного интерферометра «эфирный ветер», который мог возникнуть, как следствие движения Земли по орбите относительно неподвижного эфира. Результаты своих экспериментов Майкельсон и Морли сформулировали очень осторожно [23]):

«Если мы рассматриваем только движение Земли по орбите, то наши эксперименты демонстрируют, что скорость относительного движения Земли и эфира, вероятно, менее одной шестой орбитальной скорости Земли (около 30 км/с) и наверняка меньше, чем одна четвертая (то есть меньше 7,5 км/с)».

Однако это осмотнительное заключение было воспринято многими физиками как «нулевой» результат, то есть, как свидетельство отсутствия «эфирного ветра», а тем самым и самого эфира. Эксперименты Майкельсона-Морли послужили одним из главных стимулов разработки специальной теории относительности в 1887–1908 годы.

Несмотря на логическое совершенство специальной теории относительности, многие физики, включая самого Эйнштейна, сомневались в материальности «сокращения Фитцджеральда-Лорентца», и не считали эксперименты Майкельсона-Морли достаточным основанием для того, чтобы навсегда забыть об эфире. Поэтому в 1907 Нобелевский комитет присудил премию Альберту Майкельсону только «за создание точных оптических приборов», никак не упомянув ни Эдварда Морли, ни «эфирный ветер», ни специальную теорию относительности.

В 1905-1906 годах Эдвард Морли и Дайтон Миллер, построив новый интерферометр, который по точности в 4 раза превосходил первый прибор Майкельсона, вполне достоверно определили скорость «эфирного ветра» как 3,5 км/с на вершине 90-метрового холма вблизи озера Эри в США. Было выдвинуто предположение, что скорость «эфирного ветра» увеличивается с ростом высоты места измерений над уровнем моря. В 1921–1925 годах Миллер надежно измерял, и долгое время изучал «эфирный ветер», имевший среднюю скорость около 10 км/с на горе Маунт Вильсон на высоте около 1800 метров. Заинтригованный Альберт Майкельсон в 1929 году сам провел несколько измерений на горе Маунт Вильсон и подтвердил результаты Миллера, оценив скорость «эфирного ветра» около 6 км/с [14, 23].

В процессе исследований «эфирного ветра» обнаружилось много необычных особенностей этого явления. Оказалось, что плотные вещества и особенно металлы «поглощают» или «отражают» эфирный ветер, скорость которого к тому же заметно меняется во времени. Кроме того, многочисленными измерениями было установлено, что эфирный ветер «дует» не против направления движения Земли по орбите, а почти перпендикулярно к этому направлению – «с направления на звезду Дзета созвездия Дракона» (прямое восхождение около 262°, склонение около +65°).

В последующие годы было проведено много экспериментов с прецизионными интерферометрами, которые, однако, так и не позволили окончательно опровергнуть гипотезу о существовании эфира. Исследования «эфирного ветра» продолжались, и постепенно даже сформировалась экзотическая область физики – «эфиро-динамика». Противоречия в интерпретации результатов экспериментов Майкельсона-Морли-Миллера и отсутствие убедительных доказательств «материальности» сокращения Фицджеральда-Лорентца привели к тому, что признание принципа постоянства скорости света задержалось более чем на столетия.

Подводя итоги исследований эфирного ветра, Сергей Иванович Вавилов сделал следующее заключение [23]:

«Необходимо констатировать, что эксперименты Майкельсона и Морли доказали существование эфирного ветра, скорость которого составляет от 3 до 6 км/с, что не соответствует «теоретическому» значению в 30 км/с, но однако вовсе не являются «нулевым» результатом».

Возможно, что в 1990-е годы Юрию Баурову удалось обнаружить еще одно свидетельство крупномасштабной анизотропии вселенной. Он проводил исследование влияния ориентации экспериментальных установок в пространстве на особенности движения пробных тел в магнитных полях и скорость бета-распада [2, 18]. Результаты экспериментального исследования флуктуаций в его особо чувствительных приборах, по мнению автора, свидетельствуют о существовании неизменно направленного в сторону созвездия Геркулеса (**прямое восхождение около 275°, склонение около +28°**) «космологического векторного потенциала», который влияет на многие земные физические процессы.

Измерение флуктуаций температуры космического микроволнового фона (КМФ) орбитальными аппаратами по программам *COBE DMR (Differential Microwave Radiometers)*, *WMAP* и *Planck* позволило исследовать анизотропию крупномасштабной структуры КМФ. Для этого проводился анализ представления поля отклонений температуры КМФ от среднего значения в форме разложения по сферическим гармоникам:

$$\Delta T(\theta, \varphi) = \sum_{l=1}^{\infty} \sum_{m=-l}^l a_{lm} Y_{lm}(\theta, \varphi).$$

Суммирование в этом разложении по m при фиксированном l определяет мультипольную карту флуктуаций температуры КМФ $\Delta T_l(\theta, \varphi)$ порядка l .

На рис. 3.6 представлены мультипольные карты КМФ первых пяти порядков. Знаки плюс и минус отмечают области преимущественно положительных («горячие зоны») и отрицательных («холодные зоны») отклонений температуры от среднего значения. Даже при беглом осмотре рисунка нетрудно заметить асимметрии диполя ($l=1$), квадруполя ($l=2$) и октополя КМФ ($l=3$), на картах которых горячие и холодные зоны чередуются вблизи определенных, преимущественных направлений. Карты мультиполей КМФ более высоких порядков ($l=4$ и $l=5$) демонстрируют значительно более однородные распределения флуктуаций температуры.

Для определения пространственной ориентации мультипольных карт КМФ используется их векторное представление, применявшееся еще Максвеллом (рис. 3.7). Диполь характеризуется одним вектором нормали к плоскости его карты; квадруполь может быть представлен двумя векторами, определяющими «ориентированную» плоскость, и вектором нормали к этой плоскости. Карта октополя занимает три плоскости с соответствующими тремя векторами нормалей к этим плоскостям.

Разность температур порядка $\Delta T = 3,36$ мК на карте диполя КМФ с характеристическим вектором в направлении – прямое восхождение 264°, склонение +48° определяется движением орбитальных приборов вместе с Землей, Солнечной системой и нашей галактикой в составе Местной группы галактик со скоростью около 385 км/с относительно

КМФ в направлении – **прямое восхождение** $276^\circ \pm 3$, **склонение** $+30^\circ \pm 2$. Дипольная карта отражает эффект Доплера – температура КМФ оказывается несколько выше в направлении относительного движения Земли [9].

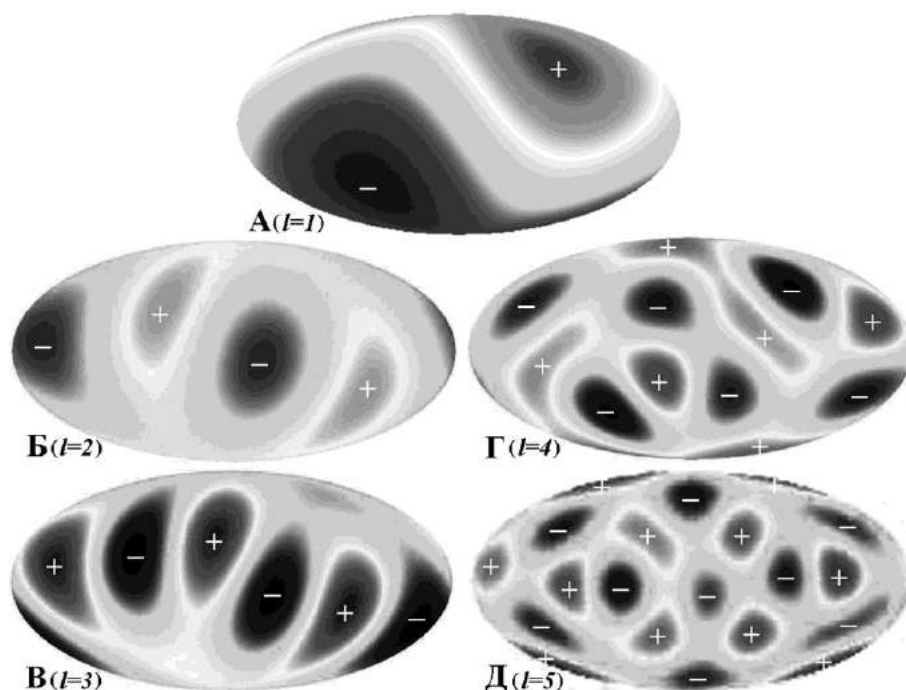


Рис. 3.6. Мультипольные карты КМФ: А. Диполь ($l = 1$); Б. Квадруполь ($l = 2$); В. Октополь ($l = 3$); Г. Гексадекаполь ($l = 4$); Д. ($l = 5$) [3].

Флуктуации температуры на карте квадруполь КМФ порядка $\Delta T = \pm 19$ мкК, что гораздо меньше характерной разницы температур для диполя. На расчеты карты квадруполь оказывает большое влияние методология и эффективность устранения фоновых помех всех видов. Кроме того, карта квадруполь начинает заметно меняться при переходе от расчетов по данным высокочастотных каналов радиометров $Q(40.7GHz); V(60.8GHz); W(93.5GHz)$ к расчетам по низкочастотным каналам радиометров $K(22.8GHz); Ka(33GHz)$. Поэтому направление характеристического вектора квадруполь КМФ удастся определить только для высокочастотных каналов и то с заметной погрешностью – прямое восхождение $275^\circ \pm 11$, склонение $+67^\circ \pm 4$ [3].

Флуктуации температуры на карте октополя порядка $\Delta T = \pm 34$ мкК, и карта октополя также меняется при переходе от расчетов по данным высокочастотных каналов к расчетам по низкочастотным каналам радиометров. Но на расчеты карты квадруполь методология и эффективность устранения фоновых помех оказывает меньше влияния по сравнению с квадруполем. Направление среднегеометрического для трех характеристических векторов квадруполь КМФ (для высокочастотных каналов) удастся определить достаточно точно – прямое восхождение $308^\circ \pm 2$, склонение $+63^\circ \pm 1,5$ [3].

Направления характеристических векторов диполя, квадруполь и октополя, которые отражают пространственную анизотропию флуктуаций температуры КМФ, близко совпадают. Достоверная корреляция и близкое совпадение направлений характеристических векторов квадруполь и октополя КМФ не находят объяснения в гипотезе Большого Взрыва. Открытие анизотропии флуктуаций температуры КМФ со средним направлением тепловой неоднородности – **прямое восхождение** $287^\circ \pm 20$, **склонение** $+63^\circ \pm 7$ оказалось настолько серьезным потрясением для гипотезы Большого Взрыва, что космолог Жоао Магуэйю из Лондонского Империял колледжа назвал это направление «Осью зла».

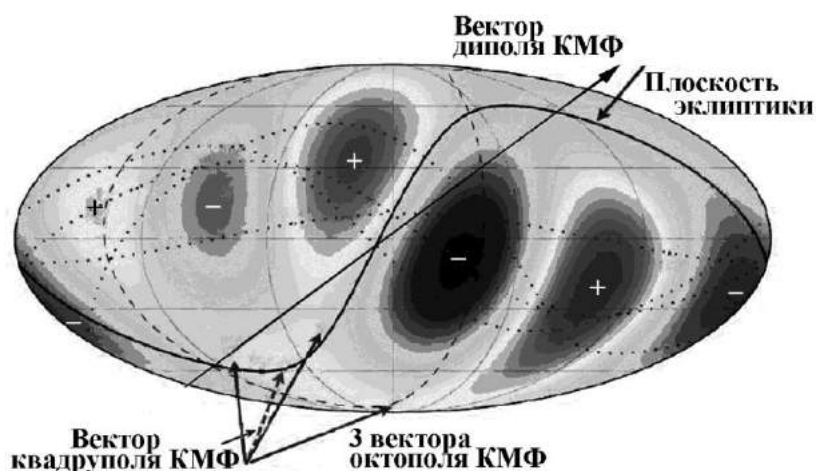


Рис. 3.7. Характеристические векторы мультиполей на фоне совмещенных карт квадруполя и октополя КМФ [3].

Исследование квазаров обнаружило еще одно свидетельство анизотропии пространства Вселенной. Оптическое излучение некоторых квазаров обладает выраженной поляризацией, причем средний угол наклона вектора поляризации $\langle \theta \rangle$ вращается с ростом красного смещения со скоростью около 30° на 1000 Мпк. Зависимость $\langle \theta \rangle - z$ обладает зеркальной симметрией – в северной галактической полусфере регистрируется вращение среднего вектора поляризации по часовой стрелке, а в южной галактической полусфере против часовой стрелки.

Исследование поляризации излучения нескольких сотен квазаров, проведенное двумя независимыми группами астрономов, показало, что векторы поляризации ориентированы в масштабе более 1000 Мпк не случайно. Корреляция ориентации векторов поляризации излучения квазаров, как с малыми ($z \sim 0,5$), так и средними ($z \sim 1,5$) красными смещениями, возрастает по мере приближения к направлению – **прямое восхождение** $266^\circ,5 \pm 0,5$, **склонение** $+65^\circ \pm 4$ [5,12].

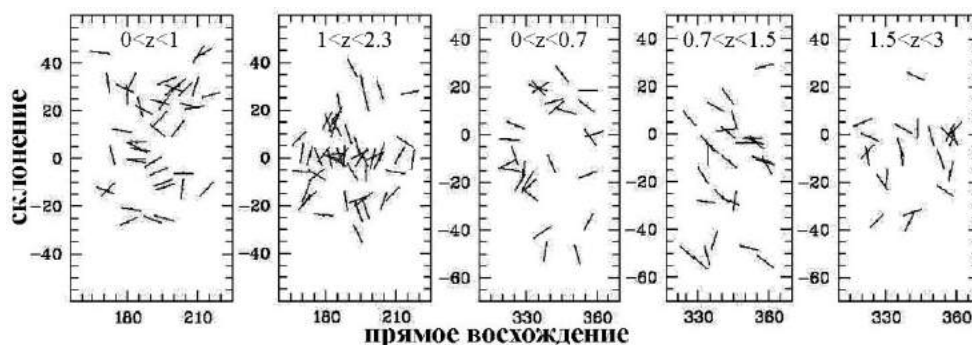


Рис. 3.8. Ориентация векторов поляризации оптического излучения квазаров с разными красными смещениями в двух областях небесной сферы [5].

Оценка по диполю КМФ «абсолютной» скорости нашей галактики Млечный путь порядка 385 км/с в общем движении Местной группы галактик привлекла внимание астрофизиков к новой сложной проблеме. Что является причиной такой большой скорости Местной группы галактик, при том, что скорость нашей галактики внутри Местной группы не превышает 60 км/с? Остроту этой проблеме придает то, что скорости крупномасштабного движения массивных структур в Стандартной космологической модели расширяющейся вселенной не могут намного превышать 200 км/с. Стремление решить эту проблему способствовало

организации нескольких исследовательских проектов по определению направлений и скоростей крупномасштабных потоков (*bulk flow*) галактик и скоплений галактик.

В табл. 3.2 собраны результаты самых известных программ исследования крупномасштабных потоков. Во второй колонке таблицы указано количество (N) изученных объектов.

Таблица 3.2. Оценки направления и абсолютных значений скоростей движения крупномасштабных потоков галактик и кластеров относительно КМФ

	R (Мпк)	N	U (км/с)	l	b	Литература
1	Движение Земли	-	$385 \pm 78(115)$	276 ± 3	30 ± 2	[9]
2	65	24	444 ± 194	276	-8	[4]
3	107	56	630 ± 200	260	27	
4	130	63	104 ± 119	300	18	
5	136	119	832 ± 252	349	51	
6	180	15	1000 ± 438	277	27	
7	Среднее для 1–6	277		288 ± 30	25 ± 18	
8	110	158	400 ± 190	270	0	[4]
9	162	4630	407 ± 81	287 ± 9	8 ± 6	[17]
10	600	516	934 ± 352	282 ± 34	22 ± 20	[7]
11	800	547	1242 ± 329	292 ± 21	27 ± 15	
12	1000	694	1051 ± 293	290 ± 24	30 ± 16	
13	1250	838	1016 ± 266	296 ± 29	39 ± 15	
14	Общее среднее.	7660		288 ± 27	24 ± 19	

Таблица 3.2 демонстрирует, в частности, заметно меньшие ошибки определения галактических координат (l, b) направлений крупномасштабных потоков по сравнению с их скоростями – неопределенность значений скоростей достигает 60 %. Несмотря на такую значительную неопределенность рис. 3.9 демонстрирует достоверное превышение оценок скоростей в статистике исследованных потоков различных масштабов по сравнению с ограничением скоростей в классической космологии (пунктирная кривая 1 на рис. 3.9).

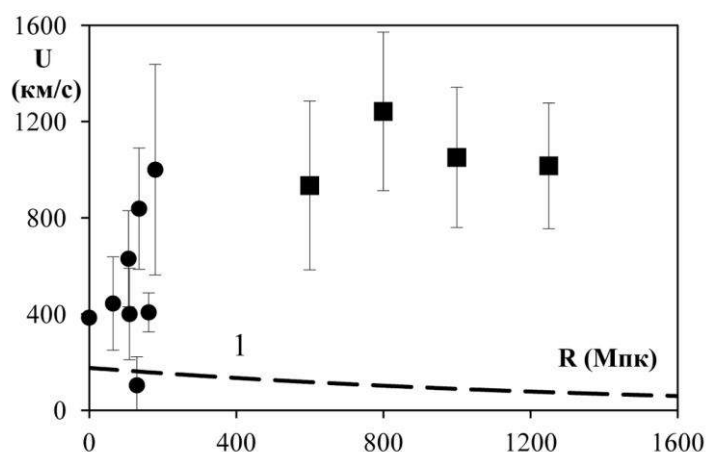


Рис. 3.9. Абсолютные значения скоростей крупномасштабных потоков галактик и кластеров. Кружки это данные пп. 1–8 табл. 3.2.; квадраты соответствуют пп. 9–12 табл. 3.2.

Весьма неожиданным для астрофизиков явилось очень близкое совпадение направлений крупномасштабных потоков нескольких тысяч галактик и кластеров в разных областях небесной сферы. Демонстрируя впечатляющую статистическую устойчивость (см. пп. 7 и 14 в табл. 3.2), результаты недавних исследований достоверно определяют общее направление

крупномасштабных потоков галактик и кластеров – **прямое восхождение** $288^\circ \pm 27$, **склонение** $+24^\circ \pm 19$ [4, 7, 17].

Недавно для анализа космологической анизотропии удалось применить наблюдения сверхновых звезд. В работе [1] использовалась база данных *Union2*, в которой представлены наблюдения 557 сверхновых звезд класса *Ia* в диапазоне красных смещений $z = 0,015 - 1,4$. В эту базу данных для всех наблюдений включены: стандартные галактические координаты звезды (l, b), красное смещение z_i , модуль расстояний μ_i и дисперсия его значения $\sigma_{\mu_i}^2$. С помощью этих данных по методике (*Perlmutter, Riess* [11, 13]) можно определить значение космологического параметра $\Omega_M \simeq 0,27$, который соответствует гипотезе об ускорении расширения вселенной в нашу эпоху.

Авторы статьи [1] решили определить какому направлению в пространстве соответствует максимальное кажущееся ускорение расширения Вселенной. Для этого рассматривалось множество 400 случайных направлений, определявшихся векторами $r^{(j)}$; $j = 1 - 400$, каждый из которых задавал положение полюсов новой системы галактических координат. Затем по данным *Union2* рассчитывались координаты звезд ($l_i^{(j)}, b_i^{(j)}$) в этих новых системах координат. После завершения расчета для каждой новой системы координат все множество звезд базы данных делилось на две группы – звезды верхней полусферы (индекс “*u*” – *up*) и звезды нижней полусферы (индекс “*d*” – *down*).

Для каждой, введенной с помощью случайного выбора системы координат, по методике (*Perlmutter, Riess* [11, 13]) рассчитывались два значения космологического параметра $\Omega_{M,u}^{(j)}$ и $\Omega_{M,d}^{(j)}$, соответственно для верхней и нижней галактических полусфер. Каждой такой паре космологических параметров отвечало определенное значение «индекса анизотропии»: $A_\Omega^{(j)} = 2[\Omega_{M,u}^{(j)} - \Omega_{M,d}^{(j)}] / [\Omega_{M,u}^{(j)} + \Omega_{M,d}^{(j)}]$. Максимальным кажущимся ускорениям расширения Вселенной соответствуют максимальные отрицательные значения таких индексов анизотропии.

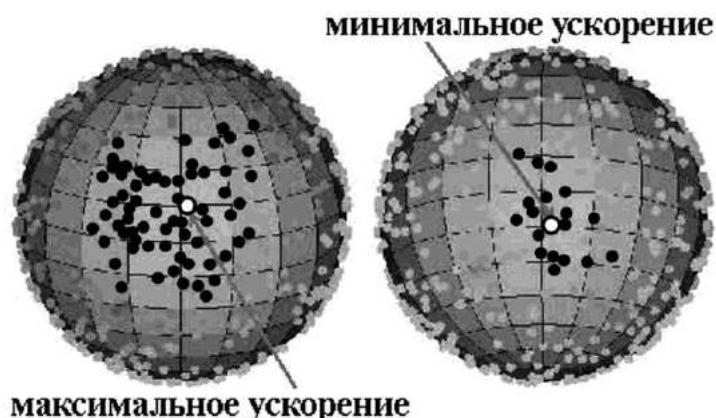


Рис. 3.10. Распределение сверхновых звезд на небесной сфере, как оно могло бы наблюдаться с полюсов максимального и минимального кажущегося ускорения расширения Вселенной (отмечены окаймленными кружками). Черные кружки подчеркивают повышенную концентрацию наблюдавшихся сверхновых звезд в окрестностях этих полюсов [1].

Перебор 400 различных ориентаций координатных систем позволил с достаточной точностью определить средние значения индексов анизотропии: $A_\Omega^{\max} = -0.43$; $A_\Omega^{\min} = +0.43$, которым соответствуют направления максимального – **прямое восхождение** 309_{-3}^{+23} , **склонение** $+18_{-10}^{+11}$ и минимального – **прямое восхождение** 129_{-3}^{+23} , **склонение** -18_{-11}^{+10}

кажущихся ускорений расширения Вселенной. Интересно, что как видно на рис. 3.10 в окрестностях полюсов направлений максимального и минимального ускорения отмечаются повышенные концентрации наблюдавшихся взрывов сверхновых звезд.

В табл. 3.3 и на рис. 3.11 отражены результаты рассмотренных исследовательских проектов, каждый из которых дает повод предполагать существование оси анизотропии Вселенной. Все шесть независимых исследований, проведенных в разных странах и в разное время, привели к весьма близким оценкам галактических координат полюсов этой гипотетической оси анизотропии в северном небе.

Таблица 3.3. Оценки координат полюса оси анизотропии Вселенной в северной галактической полусфере

		l°	b°	Литература
1	Направление «эфирного ветра»	262	+65	[14, 23]
2	Направление «космологического векторного потенциала» Баурова	275	+28	[2, 18]
3	Среднегеометрическое направление характеристических векторов мультипольных карт КМФ	286 ± 22	$+62 \pm 9$	[3, 9]
4	Направление возрастания корреляции векторов поляризации излучения квазаров	$266,5 \pm 0,5$	$+65 \pm 4$	[5, 12]
5	Направление крупномасштабных потоков галактик и кластеров	288 ± 27	$+24 \pm 19$	[4, 7, 17]
6	Направление между экстремумами значений кажущегося ускорения расширения Вселенной	309_{-3}^{+23}	$+18_{-10}^{+11}$	[1]
	Средние значения координат полюса оси анизотропии Вселенной в северной галактической полусфере	286 ± 27	$+43 \pm 25$	

Отмеченное на рис. 3.11 направление «абсолютной» скорости Земли относительно «неподвижного» космического микроволнового фона находится достаточно близко к полюсу оси асимметрии Метагалактики. Но это не должно удивлять, поскольку большая часть скорости Земли определяется скоростью движения Местной группы галактик в составе крупномасштабного потока, направление которого близко к оси асимметрии Вселенной (см. табл. 3.2).

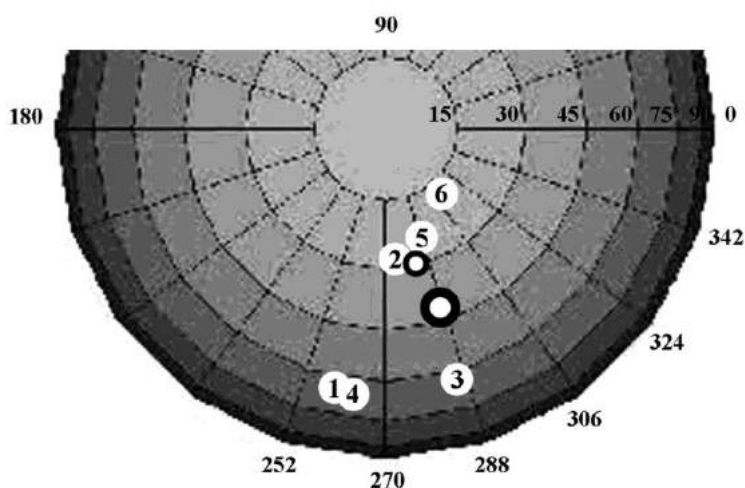


Рис. 3.11. Оценки координат полюса оси анизотропии Вселенной в северной галактической полусфере. Кружки с номерами отмечают оценки, приведенные в табл. 3.3. Большой окаймленный кружок отмечает наиболее вероятные координаты полюса оси асимметрии. Малый окаймленный кружок отмечает направление «абсолютной» скорости Земли относительно «неподвижного» космического микроволнового фона.

Все оценки координат полюса оси анизотропии Вселенной даже с учетом их среднеквадратичных отклонений располагаются в относительно небольшой области северной галактической полусферы ($l = 262^\circ \div 332^\circ; b = 8^\circ \div 65^\circ$) с площадью около 2540 квадратных градусов. Вероятность случайного попадания какой либо одной оценки координат в эту область определяется отношением площади этой области к площади всей северной галактической полусферы: $2540/20626 = 0,123$. Можно полагать, что в пользу достоверности определения направления оси асимметрии Вселенной свидетельствует оценка очень малой вероятности случайного попадания в эту небольшую область оценок координат, полученных в шести независимых исследованиях: $(0,123)^6 = 3,5 \cdot 10^{-6}$.

Таким образом, астрофизические исследования, проведенные, главным образом, в два последних десятилетия дали вполне достоверные свидетельства асимметрии Вселенной – нарушение зеркальной симметрии самых многочисленных космических структур – спиральных галактик, и существование крупномасштабной оси анизотропии пространства Вселенной.

3.3 Зеркальная асимметрия микромира

Зеркальная симметрия в микромире определяется с помощью понятия «пространственной четности» (см., например²). Пространственная четность микрочастиц это квантовое число $P = \pm 1$, которое характеризует поведение волновой функции частицы или системы частиц при пространственном зеркальном отражении. При инверсии координат скаляр и псевдовектор знаков не меняют и поэтому считают, что они имеют положительную четность ($P = +1$). Псевдоскаляр и вектор при инверсии координат меняют знак и, тем самым, имеют отрицательную четность ($P = -1$).

Поведение волновой функции частицы $\psi(\vec{r})$ в системе отсчета, связанной с частицей, определяется ее «внутренней четностью»:

$$\psi(\vec{r}) \rightarrow P\psi(-\vec{r}) \quad (3.4)$$

Частицы со спином $J = 0$ и внутренней четностью $P = +1$ ($J^P = 0^+$) иногда называют «скалярными», с $J^P = 0^-$ «псевдоскалярными», с $J^P = 1^-$ «векторными», а с $J^P = 1^+$ «псевдовекторными».

Четность системы из двух частиц определяется внутренними четностями этих частиц и «орбитальной четностью» $(-1)^L$ их относительного движения в системе координат, связанной с центром инерции этой пары частиц:

$$P_{12} = P_1 P_2 (-1)^L \quad (3.5)$$

Действуя по индукции с помощью соотношений (3.4, 3.5) можно найти четность системы из любого количества частиц.

Закон сохранения четности для микрочастиц был сформулирован в 1925 году Вольфгангом Паули и утверждал, что общая четность системы частиц одинакова как до, так и после их взаимодействия. Можно также сказать, что в соответствии с этим законом отраженный в зеркале физический процесс субъядерного мира должен быть таким же, как если бы зеркала не было, и мы наблюдали бы действительный, а не «зазеркальный» процесс. Закон сохранения четности хорошо соответствовал интуитивному предположению физиков о том, что природа не отдает предпочтение правому над левым, или наоборот.

² Емельянов В. М. *Стандартная модель и ее расширения*. М.: Физматлит, 2007. Широков Ю.М., Юдин Н.П. *Ядерная физика*. М.: Наука, 1972.

Проблема сохранения зеркальной симметрии всегда привлекала особое внимание физиков еще и потому, что сохранение внутренней четности в превращениях микрочастиц считалось индикатором изотропии и однородности физического пространства в микромире. А эти фундаментальные свойства пространства составляют основу всей квантовой физики и гарантируют незыблемость важнейших законов сохранения.

Однако в конце 1940-х годов в космических лучах были открыты странные K -мезоны, которые довольно быстро распадались за счет слабого взаимодействия то на три пи-мезона, сохраняя первоначальную отрицательную четность K -мезона, то на два пи-мезона с суммарной положительной четностью, ярко демонстрируя вопиющее нарушение казавшегося дотоле незыблемым законом сохранения внутренней четности микрочастиц. Это удивительное поведение K -мезонов физики называли не менее необычно «загадкой тау-тэта».

В середине 1950-х годов два американских физика Цзун Дао Ли (*Tsung Dao Lee*) и Чжен Нинг Янг (*Chen Ning Yang*) выдвинули простое предположение, что в процессах распада, обусловленных, подобно распаду K -мезонов, только слабым взаимодействием, внутренняя четность микрочастиц действительно не сохраняется. Несколько остроумных экспериментов подтвердили их предположение и, более того, оказалось, что слабое взаимодействие имеет весьма выраженную тенденцию нарушать баланс внутренней четности систем микрочастиц. Труды Ли и Янга были вознаграждены в 1957 году Нобелевской премией по физике.

Отсутствие сохранения пространственной четности при слабых взаимодействиях подорвало доверие к гипотезе о зеркальной симметрии пространства, и внутренняя четность стала считаться «слабым» квантовым числом. Как полагали многие физики, идея зеркальной симметрии микромира была бы, по крайней мере, частично сохранена даже при нарушении пространственной четности, если бы в процессах превращения частиц сохранялась бы «комбинированная CP -четность».

CP -преобразование это сочетание уже упоминавшегося зеркального отражения P и «зарядового сопряжения» C , то есть замены частиц на античастицы. На протяжении семи лет казалось, что утраченное доверие к зеркальной симметрии субатомного мира удалось отчасти восстановить. Однако в 1964 году Джеймс Кронин и Вал Фитч обнаружили распад долгоживущего K_L^0 -мезона с отрицательным значением CP -четности на два пи-мезона – систему с положительной CP -четностью. Более 15 лет физика не могла придти в себя после очередного «зеркального» разочарования, но в 1980 году Джеймс Кронин и Вал Фитч все же были удостоены Нобелевской премии по физике за свое открытие.

Следует отметить, что нарушение закона сохранения CP -четности может иметь непосредственное отношение к происхождению и особенностям структуры Вселенной. Одной из не решенных до сих пор космологических проблем является загадка отсутствия каких либо следов античастиц и антивещества во Вселенной. Все «горячие» модели рождения Вселенной предсказывают возникновение равных количеств частиц и античастиц. Но в этом случае каскадные процессы аннигиляции частиц и античастиц вскоре привели бы к образованию безбрежного океана излучения, без каких либо следов материи во Вселенной. Одним из возможных объяснений отсутствия антивещества во Вселенной являются так называемые «условия Сахарова», в которых ключевую роль играет нарушение сохранения CP -четности на ранней стадии рождения Вселенной.

Руины гипотезы о зеркальной симметрии микромира, украшенные двумя Нобелевскими премиями, несомненно, заслуживают продолжения их изучения. Для того чтобы в столь многих процессах превращений микрочастиц нарушалось сохранение зеркальной симметрии, в микромире должен существовать некий еще не обнаруженный глобальный зеркально асимметричный фактор.

Зеркально асимметричный объект и, в частности, микрочастица с определенным значением пространственной четности всегда является результатом динамического процесса, в котором уже можно обнаружить те или иные нарушения динамической симметрии. Необратимое физическое время является глобальным асимметричным фактором, во-первых, из-за асимметрии «Стрелы времени», направленной из прошлого в будущее, и, во-вторых,

из-за спиральности, которая характеризуется только одним типом симметрии в нашем мире (см. разделы «Физика необратимого времени» и «Антивремя и Антипростанство», а также [16]). Поэтому **некоторые природные процессы, развивающиеся в асимметричном необратимом физическом времени, а также материальные объекты, которые формируются при их участии, могут обнаруживать зеркальную асимметрию.**

В 2002 году автору этого раздела пришла в голову мысль оценить степень зеркальной асимметрии всего открытого к настоящему времени множества элементарных частиц и резонансов, подобно тому, как мы оцениваем асимметрию встречаемости левшей и правшей в населении Земли. **Анализ характеристик почти полутора сотен микрочастиц с известным значением внутренней четности показал, что с достоверностью не менее 95 % зеркальная асимметрия этого множества отрицательна, причем частиц с отрицательным значением внутренней четности примерно на 10 % больше чем частиц с положительной внутренней четностью** (Таганов, 2003 [21, 22]).

Впоследствии оказалось, что анализ статистических свойств микрочастиц позволяет доказать **общую отрицательную зеркальную асимметрию всего множества элементарных частиц** почти как математическую теорему (Таганов, 2010 [15, 16]). При этом определяющую роль играет анализ внутренней четности частиц в основном состоянии, то есть с нулевым орбитальным моментом ($L=0$ в 3.5). Резонансы же, являясь продуктами орбитальных и радиальных возбуждений кварковых структур микрочастиц могут иметь отличные от исходной микрочастицы спины и внутреннюю четность.

Рассмотрим формирование значений внутренней четности у всех классов элементарных частиц в их основных состояниях.

I. Лептоны (l) и барионы (b) имеют полуцелый спин, подчиняясь статистике Ферми, и, являясь фермионами, имеют положительную внутреннюю четность $P(f)=+1$. Их античастицы \bar{l} и \bar{b} в силу условия $P(f) \cdot P(\bar{f}) = -1$, наоборот, имеют отрицательную внутреннюю четность $P(\bar{f}) = -1$. Поскольку все лептоны и барионы имеют соответствующие античастицы, то суммарная внутренняя четность этих классов частиц равна нулю:

$$l - \bar{l} + b - \bar{b} = 0 \quad (3.6)$$

В это и дальнейшие соотношения количества частиц различных классов входят со знаком, соответствующим их внутренней четности.

II. Мезоны (m) не имеют барионного заряда и обладают нулевым или целочисленным спином, то есть по статистическим свойствам являются бозонами. При анализе внутренней четности мезонов используют их кварковую модель, в соответствии с которой мезоны представляют собой структуры из пар «кварк-антикварк». Кварки имеют спин $1/2$, являясь фермионами, и поэтому четность пары «кварк-антикварк» отрицательна и, соответственно, четность мезонов и анти-мезонов (\bar{m}) в основном состоянии также всегда отрицательна.

Кроме того, в состав класса мезонов входит особая группа «истинно нейтральных мезонов» (m_0) также с отрицательными внутренними четностями, которые не имеют античастиц, и поэтому суммарная внутренняя четность всего класса мезонов отрицательная:

$$-m - \bar{m} - m_0 < 0 \quad (3.7)$$

Из соотношений (3.6, 3.7) видно, что в микромире существует избыток частиц с отрицательной четностью, определяемый количеством мезонов и их античастиц (3.7). Степень зеркальной асимметрии A всего множества $N = R + L$ микрочастиц определяется отклонением от паритета частиц с отрицательной (левых L) и положительной (правых R) внутренними четностями:

$$A = (R - L)/(R + L) = (N - 2L)/N \quad \sigma_A \sim 1/\sqrt{N} \quad (3.8)$$

В силу соотношений (3.7, 3.8) эта формула приводит к неравенству:

$$A = [N - 2(m + \bar{m} + m_0) - 2(\bar{l} + \bar{b})]/N = -(2m + m_0)/N < 0 \quad (3.9)$$

$$\text{или } A = (1 - 2N_m/N) \pm N^{-1/2} \quad (3.10)$$

где N_m количество мезонов и анти-мезонов, а N это общее количество изученных микрочастиц.

Таким образом, микромир обладает сохраняющейся общей отрицательной зеркальной асимметрией внутренней пространственной четности частиц в их основных состояниях, которая определяется количеством мезонов и анти-мезонов с отрицательной внутренней четностью.

Важно, что отрицательная зеркальная асимметрия микромира сохранится вне зависимости от того, сколько новых частиц еще будет открыто, поскольку паритет четностей лептонов и барионов (3.6) будет всегда сохраняться, а открытие новых мезонов будет только увеличивать общую отрицательную зеркальную асимметрию микромира. Например, до открытия в 1983 году тяжелых калибровочных бозонов, из общего количества изученных частиц и античастиц $N = 82$ отрицательную четность имели 56 частиц, что в соответствии с (3.8–3.10) определяет следующее значение отрицательной зеркальной асимметрии микромира: $A = [82 - (2 \cdot 56)]/82 = -0.36 \pm 0.11$.

Литература

1. Antoniou, I., Perivolaropoulos, L. Searching for a Cosmological Preferred Axis: Union 2 Data Analysis and Comparison with Other Probes // Preprint arXiv:1007.4347v1[astro-ph.CO] 7 Dec 2010.
2. Baurov Yu.A. Space magnetic anisotropy and a new interaction in nature // Phys. Lett. A (1993) 181; 283.
3. Bielewicz, P., Gorski, K.M., Banday, A.J. Low-order multipole maps of cosmic microwave background anisotropy derived from WMAP // Mon. Not. Royal Astr. Soc. (2004) 355; 1283. Preprint arXiv:astro-ph/0405007.
4. Hudson, M.J., Smith, R.J., Lucey, J.R., Schlegel, D.J., Davies, R.L. Are Recent Peculiar Velocity Surveys Consistent? // Preprint arXiv:astro-ph/9909307v1 17 Sep 1999.
5. Hutsemekers, D., Cabanac, R., Lamy, H., Sluse, D. Mapping extreme-scale alignments of quasar polarization vectors // Astr. & Astroph. (2005) 441; 915. Preprint arXiv:astro-ph/0507274v1 12 Jul 2005.
6. Iye, M., Sugai, H. // ApJ (1991) 374; 112.
7. Kashlinsky, A., Atrio-Barandela, F., Ebeling, H., Edge, A., Kocevski, D. A new measurement of the bulk flow of X-ray luminous clusters of galaxies // Preprint arXiv:0910.4958v3[astro-ph.CO] 11 Mar 2010.
8. Land, K. et al. // Mon. Not. Royal Astr. Soc. (2008) 388; 1686.
9. Lineweaver, C.H., Tenorio, G.F., Smoot, P. et al. The Dipole Observed in the COBE DMR Four-Year Data // ApJ (1996) 470; 38. Preprint arXiv: astro-ph/9601151.
10. Longo, M.J. Evidence for a Preferred Handedness of Spiral Galaxies // Preprint arXiv:0904.2529 [astro-ph.CO] 15 Apr 2009.
11. Perlmutter S., Aldering G., Goldhaber G. et al. Measurements of Omega and Lambda from 42 High-Redshift Supernovae // Astrophys. J., 517, 565-586 (1999).

12. Ralston, J.P., Jain, P. // *Int. J. Mod. Phys.* (2004) 13; 1857.
13. Riess, A.G., Filippenko, A.V., Challis, P. et al. Observational Evidence from Supernovae for Accelerating Universe and a Cosmological Constant // *Astron. J.* (1998) 116; 1009-1038.
14. Swenson, L.S. *Ethereal Aether: A History of the Michelson-Morley-Miller Aether-Drift Experiments 1880-1930*. Univ. of Texas Press, 1972. ISBN 978-0292720008.
15. Taganov, I. Die Asymmetrie in der Natur: Neue Phänomene // *Nachrichten der Olbers-Gesellschaft Bremen* (April 2010) 229; 4-9.
16. Taganov, Igor N. *Irreversible-Time Physics*. Saint Petersburg: TIN, 2013. ISBN 978-5-902632-12-2. Kindle Edition (English) ASIN: B00I214VIG. <http://www.amazon.com/books>. "Physics of irreversible time: The new natural phenomena". ISBN-13: 978-3659513541. ISBN-10: 3659513547. LAP LAMBERT Academic Publishing. <https://www.lap-publishing.com>. «Физика необратимого времени. Новые явления природы». ISBN-13: 978-3659286674. ISBN-10: 3659286672. LAP LAMBERT Academic Publishing. <https://www.lap-publishing.com>.
17. Watkins, R., Feldman, H.A., Hudson, M.J. Consistently Large Cosmic Flows on Scales of $100h^{-1}$ Mpc: a Challenge for the Standard Λ CDM Cosmology // Preprint arXiv:0809.4041[astro-ph] 27 Nov 2008.
18. Бауров Ю.А. *Структура физического пространства и новый способ получения энергии*. М., 1998.
19. Библия. *Современный русский перевод*. М.: Рос. Библейское о-во, 2011.
20. Воронцов-Вельяминов Б.А., Красногорская А.А. *Морфологический каталог галактик*. ТТ. 1–5. М.: Изд. МГУ, 1961–1974.
21. Таганов И.Н. *Спираль Времени. Космологическое замедление хода времени*. СПб.: ГеоГраф, 2003. ISBN 5-902211-02-6
22. Таганов И.Н. *Спираль Времени. Космологическое замедление хода времени*. Изд. 2-е испр. и доп. СПб.: ТИН, 2004. ISBN 5-902632-01-3
23. *Эфирный ветер*. Сб. статей под ред. В.А. Ацюковского. М., 1993. ISBN 5-283-04990-6