

ЗАКОН СИММЕТРИИ

Прейгерман Л., д-р фізики, проф.

Израильская Академия развития науки, e-mail: preiglev@gmail.com

Понятие «симметрия» происходит от греческого $\sigma\mu\mu\epsilon\tau\rho\iota\alpha$, что значит соразмерность, равноправие, то есть однородность, неотличимость. В самом общем случае речь идет об инвариантности физических законов, а, точнее, уравнений, которыми эти законы описываются, относительно тех или иных преобразований. Симметрия, т.е. полная тождественность объектов или процессов по тому или иному параметру, означает, таким образом, их неупорядоченность по этому параметру.

Согласно теореме Неттер, симметрии уравнения, преобразование которого характеризуется непрерывным изменением одного какого-либо параметра, соответствует сохранение той или иной физической величины. Отсюда следует, что симметрия накладывает определенные ограничения на упорядоченность системы (процесса) и, соответственно, ее функционирование (возможное поведение). Так, например, фундаментальные в макромире законы сохранения энергии, импульса и момента количества движения являются следствием симметрии физических законов относительно непрерывных преобразований пространства-времени. Сохранение четности следует из симметрии физических законов относительно дискретных преобразований пространства-времени, а законы сохранения заряда, изотопического спина, странности, очарования и пр. являются проявлением внутренней симметрии уравнений квантовой теории поля, связанной с квантовыми свойствами элементарных частиц.

В реальных условиях полная (абсолютная) симметрия, т.е. симметрия относительно всех возможных преобразований, отсутствует. Она возможна лишь в идеальных образованиях, лишенных всякой внутренней структуры, то есть в точечно-корпускулярных локализованных или, наоборот, в периодически волновых распределенных, неограниченных структурах. Но указанные системы бездейственны и, следовательно, неощутимы. Они не могут реализоваться в действи-

тельности. Реализуются только несимметричные, упорядоченные по тем или иным параметры системы, которые, согласно принципу квантовой суперпозиции и связанному с ним принципу дополтельности, находятся одновременно с определенной вероятностью во взаимно исключающих противоположных состояниях. Отсюда следует, принцип запрета Паули, согласно которому связанные объекты (элементарные частицы, например) не могут находиться в одинаковых состояниях [1–3, 8]. Из факта, согласно которому Вселенная не только существует, но непрерывно развивается в направлении повышения своей организации, следует, что во Вселенной изначально симметрия нарушена.

Исходя из указанного определения симметрии, мы приходим к выводу, что несимметричные по тому или иному параметру системы – это всегда так или иначе упорядоченные системы. Так как вероятность беспорядка во много раз превышает вероятность порядка, то все материальные системы всегда стремятся к симметрии, то есть к однородности по всем характеризующим их физическим параметрам. Назовем это стремление законом симметрии.

Порядок и инициируемые им изменения возникают как результат отклонения от симметрии. Любая упорядоченная система неустойчива, т.к. неукротимо стремится к беспорядку и симметрии. Защитные механизмы могут замедлить этот процесс, но остановить его они не в состоянии. Именно этим объясняется большая распространенность симметрии в Природе. Это и симметрия кристаллов, и симметрия молекул, спиральная симметрия и симметрия биологических структур, симметрия внешних форм растительного и животного мира. Это и симметрии, связанные со свойствами пространства-времени, и внутренние симметрии, связанные со свойствами элементарных частиц, и т. д. Симметрия материального мира проявляется также и в равенстве в нем взаимно компенсирующих друг друга положительных и отрицательных зарядов, а также структур материи и антиматерии. Квантовая теория суперсимметрии предполагает также наличие у элементарных частиц симметричных суперпартнеров. Однако все перечисленные симметрии являются приближенными и, как правило, сочетаются с асимметрией, т.е. спонтанными отклонениями от симметрии. Это, в свою очередь, как указывалось, эквивалентно взаимодействию всех материальных систем [4].

В простейшем случае защита упорядоченных, т.е. несимметричных, систем от разрушения обеспечивается их дискретностью и, соответственно, дискретностью их структурных элементов на всех уровнях. Действительно, частицы, расположенные на свободной поверхности ограничивающей системы и их элементы всегда лучше упорядочены, чем внутренние частицы. Поэтому, стремясь к симметрии, они втягиваются внутрь и создают на поверхности потенциальные

барьеры, удерживающие упорядоченность систем в течение достаточно большого времени, сравнимого со временем их функционирования. В более сложных случаях порядок систем защищается с помощью специальных оболочек, диафрагм, систем автоматического регулирования или реагирования. Так, например, сложно организованные живые организмы не просуществовали бы и доли секунды в отсуствии сложной многоуровневой защитной системы.

Рождение качественно новых систем, от Вселенной до человека, происходит всегда из одиночных симметричных и поэтому устойчивых, но не функционирующих элементов, сингулярностей. Возникающие структуризация или деление и связанное с ней бурное развитие сингулярности является результатом цепи следующих друг за другом спонтанных нарушений ее симметрии. Так, например, яйцеклетка, находясь в состоянии симметрии, может сколько угодно долго пребывать в стационарном состоянии. Стоит, однако, сперматозоиду нарушить ее симметрию, внедрившись в нее в процессе зачатия, как она начинает бурно развиваться, давая начало новой жизни. Известно также, что в основе жизни лежит молекула белка, состоящая из длинной цепи аминокислот. При синтезировании аминокислот в лабораторных условиях, в полном соответствии с законами симметрии, возникают спирали левой и правой закрутки в одинаковых количествах. Такой белок не подает, однако, никаких признаков жизни, хотя химически полностью идентичен белку живой клетки. Разница между ними только в том, что молекулы белка живой клетки асимметричны, так как состоят из спиралей одной только левой закрутки. Именно эта асимметрия, с моей точки зрения, их оживляет. В той же мере, по всей вероятности, Homo Sapiens родился тогда, когда возникла асимметрия левого и правого полушария большого мозга.

Рассмотрим свободную (изолированную), элементарную частицу вещества, фермион (частицу с полувещным спином). Исходя из симметрии пространства-времени, заключаем, что окружающая частицу среда симметрична. В реальном мире такая абсолютно свободная частица, как указывалось выше, не может существовать. Она, другими словами, является идеализацией реальной действительности, которая заполнена множеством таких же частиц. Под их действием симметрия среды реальной частицы всегда нарушена. Это нарушение становится следствием ее обмена с тождественными ей частицами квантами соответствующего поля, бозонами (частицами с целочисленным спином). Нарушение симметрии приводит также к возникновению калибровочного поля, стремящегося восстановить нарушенную симметрию.

При любом сближении одинаковых частиц происходит уменьшение симметрии среды, поэтому они, стремясь к восстановлению сим-

метрии, отталкиваются. С другой стороны, согласно принципу квантовой суперпозиции, свободная (изолированная) частица находится одновременно с одинаковой вероятностью в противоположных взаимоисключающих состояниях. Если заряд одного из этих состояний назвать отрицательным, то заряд противоположного состояния следует считать положительным. При нарушении симметрии возникает декогеренция, т.е. противоположные состояния отделяются друг от друга и образуют частицу и ее антипод с противоположными зарядами. Это значит, что стремясь вернуться к симметрии, частицы с противоположными зарядами притягиваются друг к другу, вплоть до слияния.

Слияние фермиона и антифермиона называется аннигиляцией, т.к. в этом процессе фермионы исчезают, оставляя вместо себя истинно нейтральные бозоны (полуцелые спины частицы и античастицы складываются, образуя целочисленный спин). В отличие от электромагнитного и сильного взаимодействия, слабое взаимодействие приводит не к притяжению или отталкиванию частиц, а к их изменению, т.е. к их распаду, соединению или взаимному превращению.

Источником взаимодействий частиц, т.е. притяжения, отталкивания или их изменения выступают калибровочные поля, которые исключают возможность изменения сохраняющегося заряда.

В настоящее время в квантовой теории доказано, что источником электромагнитных, сильных и слабых взаимодействий являются соответствующие сохраняющиеся заряды. В случае электромагнитного взаимодействия – электрический заряд, в случае сильного взаимодействия – барионный заряд, кварков – цвет, а в случае слабого взаимодействия – бозоны $\pm W$ и Z^0 [1–3].

Покажем далее, что и гравитационное взаимодействие также возникает под действием нарушения симметрии пространства-времени по тому же механизму. Для этого, как и в случае рассмотренных выше трех фундаментальных взаимодействий, проанализируем сначала идеализированное (невозможное в реальной действительности) псевдоевклидово четырехмерное плоское пространство-время Минковского, свободное от материальной совокупности (евклидовое пространство, дополненное четвертой координатой, временем).

Известно, что псевдоевклидово пространство инвариантно относительно группы преобразований Лоренца–Пуанкаре. Оно, другими словами, однородно и изотропно. Все его точки, временные интервалы (темп изменения времени) и направления равноправны и неразличимы, т.е. оно симметрично относительно переносов, поворотов, изменения временных интервалов.

В специальной теории относительности Эйнштейна, доказываемая, что интервал ΔS между двумя событиями (кратчайшее расстоя-

ние между точками четырехмерного пространстве-времени Минковского) также является инвариантом относительно линейных преобразований Лоренца. Ему соответствует отрезок прямой линии в пространстве-времени Минковского, который для интервала, равного нулю, определяет направление луча света.

Квадрат интервала представляет собою симметричную билинейную форму, выраженную через квадрат расстояния Δr в n -мерном евклидовом пространстве и квадрат расстояния, проходимого за время Δt с максимально возможной скоростью c , равной скорости света в вакууме:

$$\Delta S^2 = c^2(\Delta t)^2 - (\Delta r)^2. \quad (1)$$

Внесем в пространство-время Минковского материальную совокупность систем различной массы. Так как взаимодействия, согласно теории относительности, переносятся от частицы к частице с конечной скоростью, то масса системы пропорциональна времени ее реакции, как целого, на сигнал, действующий на систему. Это значит, что время распространения взаимодействий тем больше, чем больше масса тела. Другими словами, темп течения времени под действием массы тел замедляется, причем величина замедления разная для тел разной массы. В результате нарушается однородность времени, линейность интервала, а также нулевая кривизна и симметрия пространства-времени Минковского. Оно, согласно соотношению (1), искривляется. Другими словами, под действием массивных тел прямые линии становятся прямыми, т.е. геодезическими, свет отклоняется от прямолинейного распространения, плоское евклидово пространство становится псевдоримановым и т.д.

В последнее время ученые, работающие в области наблюдательной астрономии, утверждают, однако, что ими опытным путем установлено, что трехмерное пространство является плоским. В качестве доказательства приводятся результаты измерения суммы углов треугольника, вершинами которого выбраны так называемые свечи L1, т.е. свечения от взрывов сверхновых. Многократные измерения показывают, что сумма углов таких треугольников в точности равна 180° . Однако, они, на мой взгляд, ошибаются, так как не учитывают известное из топологии свойство трехмерных многообразий, согласно которому его окрестности всегда воспринимаются (в том числе при любых измерениях) как псевдоевклидовы, хотя они принадлежат трехмерной сфере. Кстати, по этой же причине в свое время, во всяком случае до Платона, Земля также считалась плоской [5, 6].

Стремясь восстановить симметрию, материальная совокупность расталкивается, а пространство-время расширяется, пытаюсь принять в среднем форму трехмерной сферы как можно большего радиуса

(минимальной кривизны). Скорость разбегания тел от центра наблюдения в связи с этим тем больше и заметнее, чем дальше они находятся от наблюдателя.

Рассмотренный процесс равносильно действию антигравитационного поля, которое стремится к равномерному распределению материальной совокупности в пространстве-времени, т.е. ее расширению. По мере расширения и уменьшения кривизны пространства снижается потенциальный барьер на периферии Вселенной, препятствующий расширению, что приводит к увеличению антигравитации. Поэтому, с некоторого времени, когда антигравитация начинает превышать гравитацию, скорость расширения начинает увеличиваться. Предлагаемая, таким образом, нами модель, в связи с этим, легко объясняет процесс ускоренного расширения пространства без введения в рассмотрение загадочной темной энергии [7,8].

Допустим, что до большого взрыва Вселенная существовала, как некая виртуальная идеально симметричная сущность, т.е. состояла из виртуальных частиц с нулевой массой, которые двигались с максимально возможной скоростью и поэтому не взаимодействовали. Данное допущение не имеет ничего общего с концепцией вечного существования Вселенной, так как для виртуальности понятия времени и вечности не имеют физического смысла. В этом случае можно допустить, что большой взрыв возник не из сингулярности, а в результате нарушения симметрии виртуальной Вселенной под действием поля Хиггса. Такой подход не противоречит ни модели горячей Вселенной Гамова, ни теории инфляции Гута. Что же касается более поздней версии А. Линде, связанной с представлением о вечно повторяющейся инфляции, то она, хотя и объясняет большой взрыв естественной причиной, но возвращает в физику: представление о пространстве-времени, как некоей сущности, вместимости, развивающейся материальной совокупности; давно дискредитировавшее себя понятие бесконечности.

Она, кроме того, вводит очень сомнительное представление о множественности вселенных. Во-первых, если исходить из предложенной нами модели, согласно которой в соответствии с теоремой Пуанкаре-Перельмана [6], трехмерное пространство Вселенной, образованное материальной совокупностью, представляет собою трехмерную сферу, то оно не имеет края и в этом смысле вездесуще. Поэтому за пределами нашей Вселенной, с точки зрения его наблюдателей, может находиться только четырехмерное пространство, образованное множеством тел с четырьмя измерениями, которое, как показывают расчеты, является неустойчивым. Во-вторых, указанные Вселенные не должны взаимодействовать с нашей Вселенной, так как в противном случае они все входили бы в ее состав. В то же время абсолютная изоляция

невозможна в принципі, т.к. благодаря туннельному эффекту частицы преодолевают огромные по величине потенциальные барьеры черных дыр.

Иначе происходит взаимодействие двух или нескольких одиноких массивных тел. Допустим для простоты, что пробное тело, искривляющим действием которого пренебрегаем, появляется в локально искривленном пространстве-времени, вызванного другим массивным телом. Искривленное пространство-время заставляет пробное тело двигаться по криволинейной траектории, т.е. с ускорением. В соответствии с уравнениями общей теории относительности эти тела сближаются. Указанное ускоренное сближение тел равносильно тяготению, происходящему под действием калибровочного гравитационного поля, источником которого выступает сохраняющаяся масса. Калибровочной частицей гравитационного поля является гипотетический гравитон с массой покоя, равной нулю и спином, равным 2.

Таким образом, все фундаментальные взаимодействия являются, скорее всего, следствием одного и того же универсального физического закона, согласно которому материальная совокупность микромира, так и макромира как в области малых, так и больших энергий, всегда стремится к симметрии. Учет указанного обстоятельства может стать надежным основанием, как для создания квантовой теории гравитации, так и для создания единой физической теории, к которой стремится современная физика. В заключении подчеркнем, что высказанная гипотеза не только не противоречит, но находится в полном согласии со стандартной моделью.

Литература

1. Фейнман Р. Элементарные частицы и законы физики / Р. Фейнман, С. Вайнберг. – М. : Мир, 2000.
2. Вайнберг С. Единые теории взаимодействия элементарных частиц / С. Вайнберг // УФН. –1976. – Т. 18. – Вип. 3.
3. Большой энциклопедический словарь. Физика / гл. ред. А. М. Прохоров // НИ БРЭ. – М., 1999.
4. Прейгерман Л. Курс современной физики. Новые подходы к объяснению физической картины мира / Л. Прейгерман, М. Брук ; под ред. О. Е. Баксанского. – 1119 с.
5. Лев Прейгерман. Вселенная и разум. Мысль, И., 2009
6. Прейгерман Л. За пределами реальности / Л. Прейгерман. – Израиль, ИНАРН., 2012. – 376 с.
7. Прейгерман Л. М. Наука и религия Две формы познания мира / Л. М. Прейгерман, О. Е. Баксанский. – М., 2019. – 176 с.
8. Прейгерман Л. Неизвестная Вселенная / Л. Прейгерман. – Израиль, ИНАРН, 2020. – 440 с.