**Симметрия, Вселенная, Мироздание**

Реферат по предмету «Философские вопросы естествознания» выполнил магистрант 1-го года обучения, 7 группы Кравченко Александр

Ростовский государственный университет, Физический факультет

Ростов-на-Дону

2006

Всякий раз, когда вам приходится иметь дело с некоторым объектом  наделенным структурой, попытайтесь определить группу его автоморфизмов, т.е. группу, элементами которой являются преобразования, оставляющие без изменения все структурные соотношения. Вы можете рассчитывать на то, что на этом пути вам удастся глубоко проникнуть во внутреннее строение объекта .

Г. Вейль. Симметрия

**Введение**

Понятие симметрии в достаточно общем смысле давно уже представлено в методологических исследованиях как понятие, выражающее единство сохранения и изменения. В каждой области исследования открываются специфические величины, которые оказываются неизменными по отношению к происходящим в этой области изменениям. Это и будет симметрия в достаточно общем смысле. Иногда говорят о симметрии как об инвариантности по отношению к определенным операциям или преобразованиям.

Современный автор книги «Суперсила» П.Девис пишет о значении симметрии в современной физике следующее: «Среди наиболее впечатляющих примеров роли эстетического начала – применение в фундаментальной физике симметрии в достаточно общем смысле. Действительно, в последние годы «симметрийная лихорадка» завладела умами в ряде областей физики. Теперь уже ни у кого не вызывает сомнения, что именно симметрия служит ключом к пониманию природы взаимодействий. По убеждению многих физиков, все взаимодействия существуют лишь для того, чтобы поддерживать в природе некий набор абстрактных симметрии"

**Эволюция парадигмы**

Исторически первой была открыта гравитация (тяготение). Это наиболее универсальное взаимодействие — ничто в Космосе не избавлено от всепроникаюшего действия гравитационной силы. Любая частица — это источник гравитации. Но удивительней всего, что сила гравитационного взаимодействия одинакова у всех частиц. Ничего не зная о многообразии частиц, из которых построен Космос, Галилей уже пришел к мысли, что все тела, независимо от их веса и состава, падают на Землю одинаково — с одним и тем же ускорением. Известно также, что открытие закона тяготения связано с именем Ньютона.

Парадоксальность явления гравитации обнаруживается в том, что в физике частиц сила гравитационного взаимодействия настолько ничтожна по величине, что ею вполне можно пренебречь. Но мы тем не менее повседневно ощущаем гравитацию. Это происходит потому, что частицы, из которых состоит Земля, как и все в Космосе, действуют сообща. Суммарное взаимодействие оказывается значительным. В Космосе гравитационное взаимодействие становится огромной связующей силой.

Электромагнитное взаимодействие привлекло к себе особенное внимание в XVIII—XIX вв. Обнаружилось сходство и различие электромагнитного взаимодействия и гравитационного. Подобно гравитации, силы электромагнитного взаимодействия обратно пропорциональны квадрату расстояния. Но в отличие от гравитации, электромагнитное "тяготение" не только притягивает частицы (различные по знаку заряда), но и отталкивает их друг от друга (одинаково заряженные частицы). И не все частицы — носители электрического заряда. Например, фотон и нейтрон нейтральны в этом отношении. В 50-х годах XIX в. электромагнитная теория Д. К. Максвелла (1831— 1879) объединила электрические и магнитные явления и тем самым прояснила действие электромагнитных сил.

Изучение явлений радиоактивности привело к открытию особого рода взаимодействия частиц, которое получило название слабого взаимодействия. Поскольку это открытие связано с изучением бета-радиоактивности, можно было бы назвать это взаимодействие бета-распадным. Однако в физической литературе принято говорить о слабом взаимодействии — оно слабее электромагнитного, хотя и значительно сильнее гравитационного. Открытию способствовали исследования В.Паули (1900—1958), предсказавшего, что при бета-распаде вылетает нейтральная частица, компенсирующая кажущееся, нарушение закона сохранения энергии, названная нейтрино. И кроме того, открытию слабых взаимодействий способствовали исследования Э.Ферми (1901—1954), который наряду с другими физиками высказал предположение, что электроны и нейтрино до своего вылета из радиоактивного ядра не существуют в ядре, так сказать, в готовом виде, но образуются в процессе излучения.

Наконец, четвертое взаимодействие оказалось связанным с внутриядерными процессами. Названное сильным взаимодействием, оно проявляется как притяжение внутриядерных частиц — протонов и нейтронов. Вследствие большой величины оно оказывается источником огромной энергии.

Изучение четырех типов взаимодействий шло по пути поисков их глубинной связи. На этом неясном, во многом темном пути только принцип симметрии направлял исследование и привел к выявлению предполагаемой связи различных типов взаимодействий.

**Прямая речь о неведомом, несказанном…**

- В 1980 году в лекции «Грядет ли конец теоретической физике?», прочитанной вами по случаю вступления в должность профессора, вы рассуждали о том, что вскоре появится теория, которая объединит все фундаментальные взаимодействия, — своего рода единая формула мироздания. Так долго ли ждать ее появления?

Стивен Хоукинг: Поначалу я верил, что мы создадим всеобщую теорию уже к концу ХХ века. Однако, несмотря на все наши успехи, мы и теперь еще так же далеки от цели. Мне пришлось умерить свои ожидания, но все-таки я и сейчас верю, что мы откроем эту формулу до конца столетия, а, может быть, даже очень скоро. Я — оптимист. Только теперь говорю уже о конце ХХI века.

Стивен Уильям Хоукинг. Родился в 1942 году. С 1979 года профессор прикладной математики и теоретической физики в Кембриджском университете (Великобритания).

- Какие проблемы представляются вам самыми сложными в современной науке?

Стейнхардт: Что скрывается за принципом неопределенности в квантовой физике? Какая новая математика или логика нам понадобятся, чтобы преодолеть теорему Гёделя, согласно которой не существует полной формальной теории, где были бы доказуемы все истинные теоремы арифметики? Мне кажется, что мы пока совершенно увязли в этих проблемах и не представляем, как их можно решить.

Пол Стейнхардт. Родился в 1952 году. С 1998 года профессор Принстонского университета (Нью-Джерси).

По материалам журнала «Bild der Wissenschaft»

Теория групп. История создания

В эпоху, предшествующую созданию ньютоновской механики, симметрия являлась одним из немногих средств получения отдельных частных научных результатов и спекулятивных построений натурфилософского плана. В мышлении основоположников физической науки (И. Ньютона, Г. Галилея) и их некоторых предшественников (И. Кеплер, X. Гюйгенс и др.) принципы симметрии, инвариантности стали источником формулировок на основе анализа эмпирических данных общих законов природы. Однако после того, как были выписаны определяющие основные законы механики уравнения Ньютона, этим принципам уделялось сравнительно мало внимания, «и в явном виде их формулировали крайне редко» (Е. П. Вигнер). То была эпоха триумфа ньютоновской механики. Основные уравнения были сформулированы, и главная задача заключалась в их решении применительно к конкретным физическим явлениям. Соображения симметрии если и использовались, то только как частный прием для облегчения решения основных уравнений (тем более, что эффективного аппарата по извлечению следствий из свойств симметрии не было).

Положение изменилось на рубеже XIX—XX вв., когда выяснилась ограниченность применимости ньютоновской механики к объяснению физических явлений, и начался процесс ревизии основных физических представлений и понятий. Начало ему было положено созданием специальной теории относительности А. Эйнштейна и выдвижением квантовой гипотезы М. Планка, развитие которой привело к рождению другого замечательного детища научной мысли XX столетия — квантовой механики.

В этот период становления новой физики принципы симметрии, инвариантности заняли опять видное место, чему в немалой степени способствовало то, что к этому времени был создан адекватный математический язык для формулировки принципов симметрии и извлечения следствий из них — теория групп. И не только создан, но и нашел блестящие приложения в кристаллографии и геометрии. А в 1872 г. Ф. Клейном была выдвинута знаменитая «Эрлангенская программа», впервые давшая четкую математическую (групповую) формулировку задаче систематического применения принципов симметрии к изучению конкретных объектов и во многом определившая характер дальнейших приложений теории групп, в том числе в физике.

Приведенные в эпиграфе слова одного из пионеров «симметрийного» (группового) подхода в физике Г. Вейля (1885—1955 гг.) являются обобщением основного тезиса «Эрлангенской программы».

Теория относительности ввела в физический мир группы Лоренца и Пуанкаре, играющие фундаментальную роль в теоретической физике. Квантовая механика представила идеальный объект для приложений одного из замечательных разделов теории групп — теории представлений, что было отмечено появлением в 30-е годы монографий Г. Вейля, Е.П. Вигнера, Б.Л. Ван-дер-Вардена, посвященных применению в ней методов теории групп.

Однако это не означает, что теория групп сразу нашла всеобщее признание у физиков XX п. Скорее наоборот. Так спустя пять лет после создания теории относительности в стенах Принстонского университета состоялся (приводимый теперь в качестве курьеза) диалог между математиком О. Вебленом и физиком Дж. Джинсом, в котором последний о теории групп сказал, что «этот раздел математики никогда не принесет какой-либо пользы физике». Но Джине ошибся. К счастью, его мнение, в опровержение которого решающий вклад внесли по иронии судьбы профессора Принстонского университета Г. Вейль и Е. П. Вигнер, не повлияло на развитие теоретико-группового направления в физике: теория групп не только «принесла пользу физике», но и стала одним из мощных средств современного; теоретического анализа физических явлений. Особенно ярко это проявилось после открытия Т.Д. Ли и Ч.Янгом закона несохранения четности в слабых взаимодействиях (1956 г.) и успехов знаменитого «восьмеричного пути» М.Гелл-Манна и Ю.Неемана (1961 г.) в систематике элементарных частиц, приведшего к выдвижению одной из изящнейших гипотез физики XX в. — кварковому строению материи. Теперь за работы по применению симметрии в физике присуждаются Нобелевские премии (Ли и Янг, 1957; Вигнер, 1963; Гелл-Манн, 1969), понятия «группа», «представление», «симметрия» (с эпитетами «точная», «нарушенная», «скрытая», «динамическая»), «коэффициенты Клебша—Гордана» и т. д. прочно вошли в лексикон физиков (что отражено в известном сборнике «Физики шутят». М., «Мир», 1966), а теоретико-групповые методы плодотворно применяются как в фундаментальных исследованиях, так и при решении конкретных задач.

**Принцип симметрии как инструмент создания «Всеобщей теории»**

Для выявления связей четырех типов пришлось обратиться к поискам особого типа симметрии. Простым примером подобного типа симметрии может служить зависимость работы, совершаемой при подъеме груза, от высоты подъема. Затрачиваемая энергия зависит от разности высот, но не зависит от характера пути подъема. Существенна только разность высот и совершенно не имеет значения, от какого уровня мы начинаем измерение. Можно сказать, что мы имеем здесь дело с симметрией относительно выбора начала отсчета.

Подобным образом можно вычислять энергию движения электрического заряда в электрическом поле. Аналогом высоты будет здесь напряжение поля или, иначе, электрический потенциал. Затрачиваемая энергия при движении заряда будет зависеть только от разности потенциалов между конечной и начальной точками в пространстве поля. Мы имеем здесь дело с так называемой калибровочной или, по-другому, с масштабной симметрией. Калибровочная симметрия, отнесенная к электрическому полю, тесно связана с законом сохранения электрического заряда.

Калибровочная симметрия оказалась важнейшим средством, порождающим возможность разрешить многие трудности в теории элементарных частиц и в многочисленных попытках объединения различных типов взаимодействий. В квантовой электродинамике, например, возникают различные расходимости. Устранить эти расходимости удается в силу того, что так называемая процедура перенормировки, устраняющая трудности теории, тесно связана с калибровочной симметрией. Появляется идея, что трудности при построении теории не только электромагнитных, но и других взаимодействий могут быть преодолены, если удастся найти другие, скрытые симметрии.

Калибровочная симметрия может принимать обобщенный характер и может быть отнесена к любому силовому полю. В конце 60-х гг. С.Вайнберг (р. 1933) из Гарвардского университета и А.Садам (р. 1926) из Империал колледжа в Лондоне, опираясь на работы Ш.Глэшоу (р. 1932), предприняли теоретическое объединение электромагнитного и слабого взаимодействий. Они использовали при этом идею калибровочной симметрии и связанное с этой идеей понятие калибровочного поля.

Для электромагнитного взаимодействия применима простейшая форма калибровочной симметрии. Оказалось, что симметрия слабого взаимодействия сложнее, чем электромагнитного. Сложность эта обусловлена сложностью самого процесса, так сказать,механизма слабого взаимодействия. В процессе слабого взаимодействия происходит, например, распад нейтрона. В этом процессе могут участвовать такие частицы, как нейтрон, протон, электрон и нейтрино. Причем за счет слабого взаимодействия происходит взаимное превращение частиц.

Опуская детали хода рассуждений, скажем, что для калибровочной симметрии в области слабых взаимодействий пришлось ввести три новых силовых поля. При квантовом описании введенных полей необходимо было допустить существование новых типов частиц — переносчиков взаимодействия. Так были предсказаны, а затем и найдены W (плюс) частица, W (минус) частица, а затем и нейтральная Z частица. Открытие этих частиц в начале 80-х годов привлекло особенное внимание к теории Вайнберга — Салама. Хотя надо заметить, что признание ведущей роли теоретических идей выразилось в том, что уже в 1979 г. Вайнберг и Садам вместе с Глэшоу, еще до убедительного экспериментального подтверждения своих теоретических построений, были удостоены Нобелевской премии.

Однако обнаружились трудности. Калибровочные поля по своей природе представляют собою дальнодействуюшие поля. В силу этого частицы, переносчики взаимодействия, должны, казалось, иметь нулевую массу покоя. Но получалось, что W и Z имеют огромную массу в сравнении, скажем, с массой электрона. В таком случае нарушается калибровочная симметрия.

Вайнберг и Садам интерпретировали такое нарушение симметрии, как основание для различения электромагнитных и слабых взаимодействий. Слабое взаимодействие столь мало в сравнении с электромагнитным потому, что частицы W и Z обладают очень большой массой.

С позиции методологического анализа кратко описываемой познавательной ситуации, имея в виду значимость принципа симметрии, все же приходится отметить, что констатация нарушения калибровочной симметрии была и остается лишь сигналом к поиску неизвестных еще симметрии. В физической литературе подчеркивается как существенное достижение мысль о так называемом "спонтанном нарушении симметрии". Однако методологически существенно подчеркнуть другую сторону ситуации в познании единства взаимодействий.

Физическая мысль все же искала выход из трудностей, связанных с проблемой бесконечностей в теоретических построениях. Именно эта проблема и была особенно важной и определяющей для принятия теории. Чтобы не погружаться в специального рода расчеты, я просто еще раз процитирую английского автора Девиса из его книги "Суперсила": "Решающее значение для исключения бесконечностей имела высокая степень симметрии, заложенная в электрослабой теории" [2].

Поверим, как говорится, на слово знатоку достижений современной физики частиц и необычайно возвышенных проблем космологии. Так называемое "спонтанное нарушение симметрии" оказывается лишь сигналом к тому, чтобы искать и находить, как говорит Девис, симметрии "более высокой степени".

**Заключение**

Представления о симметрии и ее следствиях в разных областях деятельности (искусстве, науке, технике, обыденной жизни) использовались человечеством с древнейших времен. В физике принципы симметрии также играли важную роль, как в античное время, так и в период ее становления как самостоятельной науки.

Сегодня, факты симметрии физических систем выражаются с помощью групп преобразований. Инструментом для извлечения следствий симметрий физических задач является аппарат теории представлений и инвариантов групп симметрий. Подход, основанный на «Эрлангенской программе», успешно развивается, активно вовлекая в свою сферу все новые задачи и симметричные объекты.

**Список литературы**

Карасев В.П. Симметрия в физике. М.: «Знание», 1978. 63 с.

Девис П. Суперсила (поиски единой теории природы). М., 1989. 123 с.

Овчинников Н.Ф. Философские проблемы классической и некласической физики. Современная интерпретация. М.: ИФРАН, 1998. С. 79 - 98

Материалы журнала «Bild der Wissenschaft»