

УДК 168.521

DOI:

10.15372/PS20150303

**Е.А. Безлепкин**

*Институт философии и права СО РАН, г.Новосибирск  
evgeny-bezlepkin@mail.ru*

### **МЕТАФИЗИКА ТЕОРИИ СТРУН**

Приведены философско-методологические критерии, на основании которых можно сделать заключение о степени «унифицированности» той или иной физической теории. Для анализа выбрана концепция суперструн. В связи с этим кратко очерчена история концепции суперструн и суперсимметрии, а также зафиксированы основные философские проблемы данных представлений. На основе приводимых философско-методологических критериев сделан вывод, что концепция струн не является окончательной теорией объединения фундаментальных взаимодействий в физике.

*Ключевые слова:* метафизика, унификация, суперструны, суперсимметрия, математизация, простота

**E.A. Bezlepkin**

*Institute of Philosophy and Law SB RAS, Novosibirsk  
evgeny-bezlepkin@mail.ru*

### **METAPHYSICS STRING THEORY**

Philosophical and methodological criteria based on which it is possible make the conclusion about the degree of "jointness" of physical theory are given. For the analysis, the theory of superstring is selected. In this regard, the history of the theory of superstring and the theory of supersymmetry (SUSY) is briefly considered. The main philosophical problems of the theory are shown. Based on the cited philosophical and methodological criteria the author concludes that string theory is not the final theory of unification of fundamental interactions in physics.

*Keywords:* unification, superstrings, supersymmetry, mathematization, simplicity, symmetry, methodology.

### **Введение**

Примеры проявления тенденции к унификации знания в истории физики можно найти начиная от электродинамики Максвелла (унифика-

ция описания оптических, электрических и магнитных явлений) и заканчивая теориями и концепциями объединения известных фундаментальных взаимодействий. Построение унифицированной теории фундаментальных взаимодействий было осознано как одна из центральных проблем теоретической физики примерно в середине XX в. Современная теоретическая физика смогла объединить три из четырех известных взаимодействий, однако не в полной мере (стандартная модель).

Ученые отмечают ряд трудностей в построении единой теории (краткий обзор можно найти, например, в работе М. Хеллера [1]). Помимо затруднений физико-математического характера существуют концептуальные (философские) затруднения. В их числе можно отметить следующие: существование множества интерпретаций квантовой механики, статус принципа причинности на микроуровне, статус пространства-времени в теориях релятивистской и квантовой физики, проблема времени в квантовой физике.

Тенденция к объединению знания в физическом познании может реализовываться разными способами. В первом приближении можно выделить два. Один из них – это редукция и/или синтез концептуальных (философских), математических и физических элементов в физических теориях (например, обобщение математических элементов классической механики в специальной и общей теориях относительности, синтез концепций классической и неклассической физики в квантовой механике). После того как развитие науки обозначает границы применимости соответствующих теорий, происходит попытка дальнейшего синтеза, что способствует появлению более общих теорий (например, теории струн или теории петлевой квантовой гравитации).

Другой способ реализации указанной тенденции – это физические картины мира, связанные с той или иной физической программой. На любом этапе развития физики, как правило, преобладает исследование одной категории (например, теория электромагнетизма описывает категорию поля, релятивистские теории – категорию пространства-времени). Знания о совокупности исследуемых категорий составляют частнонаучную картину мира. Основная тенденция физической картины мира – дать единое, непротиворечивое отражение объективной действительности, т.е. объединить качественные описания явлений в непротиворечивую онтологическую схему.

Программа создания унифицированной теории и объединенной модели мира состоит из двух частей: 1) объединение известных фундамен-

тальных взаимодействий; 2) объединение концепций релятивистской и квантовой физики.

Первая, физическая, часть программы заключается в устранении неоднозначности понимания гравитационного взаимодействия по сравнению с остальными взаимодействиями. Как известно, релятивистские теории (ОТО) отождествляют степень гравитационного взаимодействия со степенью искривления пространственно-временного многообразия; квантовые теории рассматривают пространство-время с субстанциональной точки зрения как фиксированный фон. Отсюда возникает фундаментальное противоречие при попытке объединения этих теорий. К настоящему времени первая часть программы реализована частично: экспериментально подтверждена теория для двух из четырех видов взаимодействий (электрослабая теория); теории, объединяющие большее число взаимодействий, не построены окончательно (Стандартная модель).

Вторая, философская, часть программы заключается в преодолении невозможности согласования концепций пространства-времени и материи-энергии. Большинство исследователей считают, что успешное согласование этих концепций приведет к фундаментальному изменению взглядов на природу пространства-времени (например, один из постулатов теории петлевой квантовой гравитации состоит в том, что пространство и время являются дискретными величинами). Например, может произойти переход к реляционной точке зрения на пространство-время, которая заключается в том, что и пространство-время, и материю порождают фундаментальные неклассические объекты.

Таким образом, первичное рассмотрение программы создания объединенной теории и объединенной модели мира позволяет выделить комплекс проблем, которые связаны

– с несогласованностью философских оснований релятивистских и квантовых теорий (несовместимость концепций пространства-времени в теории относительности и принципа неопределенности в квантовых теориях), что составляет философскую (концептуальную) проблему;

– с невозможностью современными средствами эмпирически проверить гипотетические теории объединения (например, гипотезы о существовании частиц-суперпартнеров или о существовании фундаментальных струн), что составляет физическую проблему.

### Теоретический базис

С точки зрения философии науки стремление к объединению диктуется

- стремлением следовать единой системе методологических и физических принципов;
- стремлением подобрать «единую» математическую структуру для описания мира (наподобие формализма Лагранжа – Гамильтона, групп Ли);
- стремлением найти единую сущность мира (например, энергия, микроскопические струны, пространственно-временные волокна);
- стремлением реализовать цель метафизики – создать единую онтологическую модель реальности [2].

Стремление к единой теории (единому объекту познания) основано, во-первых, на общности математического языка применительно к различным областям познания (например, аппарат дифференциального исчисления, теория групп) и, во-вторых, на возможности формулировать физические теории, используя примерно один и тот же минимальный набор физических и философских принципов (например, принцип наименьшего действия). Эти два аспекта – постулат простоты и постулат математизации находят отражение в принципе объяснения: дополнительность качественного (физическая картина мира) и количественного (математизация и математическая интерпретация физической картины мира) описаний порождает объяснение, причем оно должно отвечать тенденции к объединению всех полученных ранее знаний. Эта познавательная деятельность направлена на открытие или разработку физических законов. Формулирование физических законов возможно потому, что существуют инвариантные элементы в процессе познания (сохраняющиеся величины). Это положение требует, чтобы принципы сохранения и симметрии лежали в основании любой физической теории. Таким образом, «общий закон сохранения, конкретизируемый в виде различных частных физических законов сохранения, лежит в основе единой физической картины мира» [3]. Более конкретно, «когда природа исключает какое-либо явление, ее предписание часто принимает форму какого-нибудь закона сохранения» [4].

Обобщая сказанное [5], мы можем представить ряд критериев, в соответствии с которыми можно провести анализ любой теории на «объединенность» знания:

*постулат математизации:* а) объединение через математический формализм (например, обобщение алгебраических объектов от скаляра до тензора; тензорный формализм окончательно объединяет электричество и магнетизм); б) объединение через концептуальные структуры (например, объединение пространств физических теорий от евклидова пространства до пространства Гильберта);

*постулат простоты:* в) объединение через постулирование единой сущности (суперструны, инстантоны и т.д.); г) объединение через обобщение физических принципов (например, обобщение принципа относительности от Галилея до Эйнштейна);

*постулат преемственности:* д) объединение через аналогию – преемственность (например, теория Максвелла строится на гидродинамических аналогиях, а теория Эйнштейна опирается на формулы электромагнетизма Максвелла); е) объединение через вывод физических констант (например, постоянная скорости света включает в себя относительные магнитные и электрические проницаемости, т.е. объединяет электричество и магнетизм);

*требование сохранения:* ж) объединение через объединение частных законов сохранения (например, формула Эйнштейна для энергии является объединением двух законов сохранения классической физики – закона сохранения энергии и закона сохранения массы).

## Теория суперструн

В 1960-х годах в адронной физике (раздел теории элементарных частиц) фундаментальным объектом вместо классической точечной частицы стали считать протяженную микроскопическую струну, что позволило рассматривать адроны как проявления протяженного объекта – реджеона. В последующие годы разрабатывалась струнная интерпретация реджеонов. В 1970 г. Ё. Намбу и Л. Саскинд предложили рассматривать взаимодействующие друг с другом адроны как частицы, находящиеся на концах колеблющейся нити.

**Фундаментальный объект теории.** Так возникла модель, в которой элементарные частицы интерпретируют как вибрирующие струны. Процедура квантования струны приводит к тому, что струна может вибрировать с различными «частотами», которые сопоставляются с элементарными частицами. С. Энтони пишет: «Подобно тому как колебания струны скрипки есть набор гармоник, возбуждения “частицы-струны” есть набор точечных состояний. Каждая высшая гармоника “частицы-

струны” будет наблюдаться как новая частица с массой больше масс предыдущих частиц. Все частицы, которые мы знаем и, может быть, откроем в будущем, – это низшие гармоники струн» [6].

Таким образом, теория вводит новый фундаментальный объект: место точечной частицы занимает протяженная одномерная струна. «В теории струн каждая частица идентифицируется как конкретная колебательная мода элементарной микроскопической струны. ...Так как существует всего один тип струн и все частицы возникают из колебаний струн, то в результате все частицы естественно включаются в одну теорию. ...Когда в рамках теории струн мы обсуждаем процесс распада  $\alpha \rightarrow \beta + \gamma$ , где элементарная частица  $\alpha$  распадается на частицы  $\beta$  и  $\gamma$ , мы представляем себе одну струну, колеблющуюся таким образом, что она сопоставляется с частицей  $\alpha$ , и эта струна разбивается на две струны, колеблющиеся так, что они сопоставляются частицам  $\beta$  и  $\gamma$ » [7]. Оказалось, что некоторые струнные колебания соответствуют свойствам гипотетического кванта гравитационного поля – гравитона. Основываясь на этом, в 1985 г. ученые предположили, что теория струн может описать все элементарные частицы и фундаментальные взаимодействия.

Так начинается процесс объединения квант вещества и поля. С философской точки зрения появление этого объекта можно квалифицировать как редукционистское объединение, основанное на требовании простоты (более простое описание адронов). При этом с точки зрения физики «средняя длина струн оказывается порядка  $10^{-35}$  м – так называемой планковской длины» и «является столь короткой, что для большинства приложений теории струн не отличаются от теорий точечных частиц» [8].

Введение уникального неклассического объекта объединило категории вещества и поля, т.е. произошло их отождествление. Однако это отождествление неполное, поскольку ничего не говорит о взаимной превращаемости частиц поля и частиц вещества. Ввиду этого с точки зрения тенденции объединения знания перед нами неполное редукционистское объединение. Модель гипотетического преобразования фермионов в бозоны и наоборот названа суперсимметрией (имеет статус гипотезы). Соединение теории струн и теории суперсимметрии было названо теорией суперсимметрии.

**Теория суперсимметрии.** Поскольку в теорию суперструн включена теория суперсимметрии, постольку ее следует рассмотреть. Теория суперсимметрии связывает частицы материи (фермионы) и частицы полей – переносчиков взаимодействий (фермионы), т.е. на философском уровне связывает категории вещества и взаимодействия. «Физический

стимул к этому – существование среди элементарных частиц супермультиплетов, в которые группируют вместе частицы с различными спинами» [9] (например, гравитон – гравитино). Связь выражена в возможности трансформации частиц одного сорта в частицы другого сорта. Введение суперсимметрии привело к тому, что все частицы объединяются в единый набор – суперполе. В этом поле бозонные и фермионные поля возникают в качестве компонентов в разложении суперполя по грасмановым координатам.

С философской точки зрения суперсимметрия вводит идею суперчастицы, «которая характеризуется стрелкой в некотором вспомогательном многомерном пространстве. По мере вращения этой стрелки частица становится гравитоном, гравитино, фотоном, кварком и т.д. Кванты всех взаимодействий присутствуют в теории, все они объединены и возникают из единого источника» [10]. Комбинация суперсимметрии с внутренней симметрией объединяет все частицы в одно семейство, что можно квалифицировать как редукционистское объединение, возникающее исходя из требования математизации (алгебра Грассмана в суперпространстве) и простоты (суперчастица как объединенный объект).

Из теории суперсимметрии выводят теорию супергравитации. Суть перехода описана в работе Д. Фридмана: «Построение калибровочной теории суперсимметрии исходит из наблюдения, что повторное применение суперпреобразования приводит к физическому смещению частицы. Чтобы получить локально суперсимметричную теорию, надо ввести калибровочные поля и для сдвига в пространстве-времени, и для суперпреобразования. Сдвиг в пространстве-времени – это преобразование Пуанкаре, а соответствующее калибровочное поле – гравитон со спином 2. Так гравитация естественным образом возникает в этой теории, и по этой причине локальную суперсимметрию обычно называют супергравитацией» [11].

Вообще, идея симметрии как инвариантности математического объекта при преобразовании определенного вида введена А. Эйнштейном, который говорил о следующем принципе: взаимодействия диктуются симметрией [12]. Среди принципов симметрии в современной физике особый статус имеет идея калибровочной симметрии, поскольку на ее основе возможно единообразно построить теории всех четырех взаимодействий. Суть подхода заключается в следующем. Считается, что сразу после Большого взрыва все взаимодействия были объединены в «суперсилу», которой соответствовала суперсимметрия. С течением времени и падением температуры суперсила разделялась на различные взаимо-

действия. Первым отделилось гравитационное взаимодействие, затем – сильное, слабое и электромагнитное. Выделение каждого из взаимодействий означало нарушение соответствующей симметрии. Так, при отделении гравитационного взаимодействия была нарушена суперсимметрия. С выделением электромагнетизма была нарушена изотопическая симметрия, связанная с неразличением нуклонов, которые разделились на протон и нейтрон. То есть «на фундаментальном уровне вообще нет никаких приближенных или частичных симметрий, а есть лишь точные симметрии, управляющие всеми взаимодействиями» [13].

Таким образом, картину физического мира теории суперструн конструируют из материи (суперструны) и классического пространственно-временного фона. С более глобальной точки зрения можно видеть, что теория струн не объединяет материю и пространство-время в единый (уникальный) объект. Это можно констатировать как неполное редукционистское объединение, однако сегодня пока неясно в какой степени возможно такое объединение.

**Фундаментальный принцип теории.** Если с фундаментальным объектом теории струн все более или менее однозначно, то с фундаментальным принципом теории дела обстоят сложнее. Например, общая теория относительности и ее пространственно-временная структура могут быть поняты как следствие принципа эквивалентности; квантовая теория поля может быть понята на основе принципа локальной калибровочной инвариантности. Для теории струн подобный принцип неизвестен. Как пишет Л. Смолин, «теория струн может быть частью конечной квантовой теории гравитации. Однако у нас нет хорошего определения этой теории, мы не знаем ее фундаментальных принципов. ...Это как если бы мы имели длинный список решений уравнений Эйнштейна без знания базовых принципов общей теории относительности» [14].

Следует заметить, что теория струн активно использует вариационные принципы физики. Однако эти принципы являются скорее не физическими, а математическими, связанными с понятиями «действие» и «энергия» для рассматриваемой системы. С философской точки зрения и с точки зрения требования математизации мы имеем как положительные, так и отрицательные моменты: положительным является наличие вариационных принципов, отрицательным – отсутствие фундаментального физического принципа. Впрочем, неизвестно, существует ли настолько общий физический принцип. Вероятно, что теория сможет включить некоторые существующие принципы, которые подвергнутся обобщению, например принцип относительности.



*Размерность пространства-времени в теории.* Всплеск активности в струнных исследованиях привел к первой суперструнной революции, которая была связана с открытием двух способов введения суперсимметрии в теорию струн (Б. Грин и Дж. Шварц): первый – суперсимметрия поверхности струны, второй – пространственно-временная суперсимметрия. Технические особенности введения этих способов создали пять вариантов теории суперструн.

Вторая суперструнная революция вызвана идеей дуальностей. Если две теории связаны дуальным преобразованием, тогда каждое явление (величина) одной теории в некотором предельном случае имеет аналог в другой теории, т.е. существует «словарь», с помощью которого теории можно перевести друг в друга. Таким образом, дуальности связывают величины, которые ранее считались различными. В середине 1990-х годов Э. Виттен и Дж. Полчински на основе открытых дуальностей смогли представить вышеупомянутые пять теорий суперструн как предельные случаи некоторой 11-мерной М-теории. Как пишет Б. Грин, «Виттен... предположил, что пять теорий струн, имеющих совершенно разную структуру, на самом деле являются лишь разными способами описания одного и того же физического мира» [15]. С точки зрения реализации объединения знания перед нами редукционистское объединение, поскольку разные в математическом отношении теории оказались сущностно тождественны и объединены в единую теорию посредством требования математизации и соответствия (дуальное преобразование).

Размерность пространства-времени в теории зависит от принятия принципа инвариантности. Например, теория бозонных струн требует 26-мерное пространство-время, а суперструнные теории – 10-мерное [16]. По этому поводу М. Грин пишет: «...Реалистическая теория великого объединения, основанная на группе  $E_6$ , может быть получена как следствие  $E_8 \cdot E_8$  – теории суперструн при условии, что шесть дополнительных измерений образуют так называемое пространство Калаби – Яо. ...Группа  $E_6$  долгое время рассматривалась в качестве возможной группы теории великого объединения, согласующейся с экспериментальными данными» [17]. Предложены два механизма устранения дополнительных размерностей. Во-первых, компактификация дополнительных измерений, т.е. скручивание до размеров планковской длины в геометрический объект, называемый пространством Калаби – Яо. Во-вторых, локализация частиц на четырехмерном мировом листе (наблюдаемая часть Вселенной), который называется браной.

**Требование простоты.** В связи с этим возникает вопрос о единственности теории суперструн, потому что «имеется большое число возможных пространств Калаби – Яу, и совсем не просто установить, какое из них (если вообще какое-то) отвечает реальности. Интересно, что некоторые из этих пространств действительно приводят к “стандартной модели”» [18].

С возможностью выбора пространств Калаби – Яу связана так называемая проблема ландшафта теории струн. Эта проблема описана Л. Сасскиндом и заключается в том, что в теории суперструн существует огромное количество ложных вакуумов, которое, в свою очередь, связано со свободой выбора пространств Калаби – Яу и с выбором способа компактификации дополнительных измерений. Каждый из вариантов сведения десятимерной теории к четырехмерной порождает свой физический мир. Всю совокупность возможных реализаций низкоэнергетического мира и называют ландшафтом теории.

Проблема ландшафта ставит вопрос об уникальности (единственности) теории струн: для каждого ложного вакуума приводится в соответствие своя наблюдаемая Вселенная. Выбор реализуемого варианта, т.е. нашего мира, может быть произведен только посредством перебора всех возможных вариантов, что в настоящее время представляется нерешаемой задачей.

Описанные проблемы являют собой как положительный, так и отрицательный вклад в требование простоты, которому должна удовлетворять физическая теория. С одной стороны, суперструна (фундаментальный объект теории) объединила как бозоны, так и фермионы, став единственным (уникальным) объектом для изучения. С другой стороны, эти суперструны порождают для всего существования бесконечный набор всевозможных миров, выбрать из которых наш мир не представляется возможным.

**Требование математизации.** Существует несколько проблем, связанных с математическим аппаратом теории струн. Одна проблема состоит в том, «уравнения теории струн настолько сложны, что никто даже не знает их точного вида. Физикам удалось найти лишь приближенный вид этих уравнений. Именно эти приближенные уравнения сильно отличаются для разных теорий струн. И именно они в любом из пяти подходов приводят к избытку решений, рогу изобилия лишних вселенных» [19]. С вышеописанной проблемой связана другая важная проблема, которая заключается в понятии «пертурбативность», или в теории возмущений. Дело в том, что большая часть теории струн, находясь

в отношении преемственности с квантовой теорией поля, формулируется пертурбативно (в терминах теории возмущений). Под этим названием в общем виде скрывается метод приближенного решения задач. Несмотря на то что непертурбативные методы достигли большого прогресса, полной непертурбативной формулировки теории струн еще нет.

**Требование преемственности.** В предельных случаях теория струн приводит к квантовой теории поля и общей теории относительности. Это происходит потому, что при создании теории используются более общие идеи (физические и математические), которые вбирают в себя как старое, так и новое содержание. Б. Грин по этому поводу пишет: «Общая теория относительности и калибровочные теории других взаимодействий следуют из теорий суперструн как приближенные теории, справедливые на расстояниях больше  $10^{-35}$  м. Это указывает на то, что должна существовать гораздо более естественная формулировка теорий суперструн, основанная на некотором обобщении эйнштейновского принципа общей относительности» [20].

**Проблема описания гравитационного взаимодействия.** В настоящее время различают два типа теории суперструн: теории открытых струн и теории замкнутых струн. «Ввиду того, что свободные концы одной струны могут коснуться и слиться, теория струн с открытыми концами должна содержать внутри себя теорию замкнутых струн. ... Так называемые “калибровочные” взаимодействия – такие как сильные, слабые или электромагнитные – переносятся открытыми струнами, тогда как замкнутые струны переносят гравитационное взаимодействие» [21].

Если гравитация действительно похожа на остальные фундаментальные взаимодействия, то она должна передаваться с помощью гравитонов. Однако попытки описать рассеяние гравитонов пока приводят только к бессмысленным предсказаниям, например к бесконечным значениям величин. Это означает, что квантовые флуктуации пространства и времени ведут себя абсолютно хаотично.

З. Берн в связи с этим замечает: «Это разочарование заставило многих обратиться к теории струн. Теория струн – радикальный отход от Стандартной модели. Согласно ей, частицы, такие как кварки, глюоны и гравитоны, – вовсе не микроскопические точки, а колебания одномерных струн. Взаимодействие частиц не сконцентрировано в одной точке, а распространяется вдоль струны, что автоматически устраняет бесконечности. С другой стороны, теория струн столкнулась с собственными трудностями. Например, она не дает определенных теоретических предсказаний для наблюдаемых явлений» [22].

Дело в том, что в теории струн фундаментальная струна существует на пространственно-временном фоне. Р. Пенроуз указывает, что «теория струн, хотя и претендующая быть теорией гравитации, реально пока не пришла к соглашению с проблемой описания динамических степеней свободы пространственно-временной метрики. Пространство-время просто служит фиксированным фоном, на который налагаются ограничения, позволяющие самим струнам иметь полную свободу» [23]. Это говорит о том, что теория не соединяет объединенную категорию «масса-поле» с категорией «пространство-время». Таким образом, требования принципа объединения (среди прочих – требования простоты и математизации) реализуются не полностью.

Суть фундаментальной проблемы теории струн описана Р. Пенроузом: «Теория струн оперирует просто с гладким “классическим” фоном пространства-времени, на который присутствие струны даже не оказывает непосредственного влияния, поскольку невозбужденная струна сама по себе не переносит энергии и не приводит к “искривлению” фонового пространства-времени. Большая часть физиков, занимающихся общей теорией относительности, ожидают, что истинная “квантовая геометрия” внесет некоторые элементы дискретности или по крайней мере будет коренным образом отличаться от картины классического гладкого многообразия» [24]. То есть проблема связана с описанием гравитонов, которые, по теории относительности, должны быть квантами самого пространства-времени.

### Заключение

По результатам представленного обзора мы можем составить таблицу, в которой отразим соответствие или несоответствие теории струн предложенным методологическим критериям. Как видно из таблицы, каждое методологическое требование имеет как положительные, так и отрицательные подтверждения, при этом проблемы теории оказываются достаточно существенными, что не дает нам права на данном этапе развития теории струн называть ее теорией объединения.

На основании вышесказанного мы можем предложить следующий «минимальный» список наиболее общих методологических установок, которые должны быть присущи теории всего:

- преемственность (возможность предельного перехода к квантовой механике и общей теории относительности);

- обобщенный закон сохранения, выраженный в физическом принципе, и как следствие – существование некоторой группы симметрии;
- единство фундаментальных постоянных (для объединения взаимодействий);
- единая математическая структура или неклассический фундаментальный объект.

Реализация принципа объединения	Теория суперструн	
	+	–
Требование сохранения. Наличие общего закона сохранения	Вариационные принципы	Отсутствие фундаментального физического принципа
Требование математизации. Объединение через концептуальные структуры, принципы	Суперсимметрия, вариационные принципы	Пертурбативность
Требование простоты. Минимум оснований при прочих равных условиях	Протяженные струны на фоновом пространстве-времени	Существование множества возможных миров
Требование соответствия. Обобщение и преемственность	В предельных случаях теория приводит к квантовой теории поля и общей теории относительности	
Требование симметрии.	Взаимодействия рассматриваются как калибровочные поля (единообразно)	Затруднения с описанием гравитона
Редукционистское объединение	Струны как объединение квантов вещества и квантов поля	
Синтетическое объединение	Алгебра групп Ли как математический аппарат, позволяющий единообразно описать фундаментальные взаимодействия	

Опираясь на нашу предыдущую статью [25], мы можем говорить применительно к гипотетическим теориям объединения о двух альтернативных вариантах: первый – геометрический, второй – калибровочный. Оба варианта определяются путем введения в физическую теорию на фундаментальном уровне неклассических объектов. Суть заключается в следующем: каждое изменение определенных параметров или конфигурации неклассического объекта позволяет интерпретировать его как любую из известных элементарных частиц. Разница между подходами –

в типе этого объекта. При геометрическом подходе вводятся лентообразные пространственно-временные волокна (теория петлевой квантовой гравитации), объединяющие кванты материи и пространства-времени. При калибровочном подходе вводятся струны, существующие на пространственно-временном фоне и объединяющие кванты материи (вещества и поля). Ввиду этого наша дальнейшая задача – анализ теории петлевой квантовой гравитации.

### Примечания

1. См.: *Heller M.* Fundamental problems in the unification of physics // *Found Phys.* – 2011. – № 41. – P. 906–908.
2. См.: *Lowe E.J.* The Four-Category Ontology: A Metaphysical Foundation for Natural Science. – Oxford: Oxford University Press, 2006.
3. *Симанов А.Л., Стригачев А.* Методологические принципы физики: общее и особенное. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. – С. 126.
4. *Гелл-Манн М.* Элементарные частицы // *Успехи физических наук.* – 1958. – № 2. – С. 406.
5. Подробнее см.: *Безлепкин Е.А., Сторожук А.Ю.* Онтологический анализ метафизических оснований теории великого объединения // *Вестник Томск. гос. ун-та. Сер.: Философия. Социология. Политология.* – 2013. – № 4. – С. 5–10.
6. *Энтони С.* Суперструны: всеобъемлющая теория? // *Успехи физических наук.* – 1986. – № 12. – С. 580.
7. *Цвибах Б.* Начальный курс теории струн. – М.: Едиториал УРСС, 2011. – С. 29–30.
8. *Грин М.* Теории суперструн в реальном мире // *Успехи физических наук.* – 1986. – № 12. – С. 577.
9. *Бергман П.* Единые теории поля // *Успехи физических наук.* – 1980. – № 1. – С. 188.
10. *Фридман Д.* Супергравитация и унификация законов физики // *Успехи физических наук.* – 1979. – № 1. – С. 153.
11. Там же. – С. 150.
12. См.: *Янг Ч.* Эйнштейн и физика второй половины XX века // *Успехи физических наук.* – 1980. – № 9. – С. 170.
13. *Вайнберг С.* Идеиные основы единой теории слабых и электромагнитных взаимодействий // *Успехи физических наук.* – 1980. – № 2. – С. 210.
14. *Smolin L.* Three roads to Quantum gravity. – N.Y.: Basic Books, 2001. – P. 149.
15. *Грин Б.* Элегантная Вселенная: Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – С. 196.
16. См.: *Барбашов Б.М., Нестеренко В.В.* Суперструны – новый подход к единой теории фундаментальных взаимодействий // *Успехи физических наук.* – 1986. – Т. 150, вып. 4. – С. 489–524.
17. *Грин М.* Теории суперструн в реальном мире // *Успехи физических наук.* – 1986. – № 12. – С. 578.
18. Там же.
19. *Грин Б.* Элегантная Вселенная... – С. 188.
20. *Грин М.* Теории суперструн в реальном мире... С. 579.
21. *Энтони С.* Суперструны: всеобъемлющая теория? – С. 581.

- 
22. *Bern Z.* Loops, Trees and the Search for New Physics // *Scientific American*. – 2013. – No. 2s. – Pp. 28-35.
  23. *Петроуз Р.* Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной. – М. – Ижевск: ИКИ., 2007. – С. 745.
  24. Там же. – С. 742.
  25. См.: *Безлепкин Е.А.* Философские основания эволюции физического познания // *Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 7: Философия. Социология и социальные технологии*. – 2014. – № 6. – С. 24–35.

Дата поступления 12.06.2015