

УДК 167

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОСНОВАНИЯ ПРИНЦИПА УНИФИКАЦИИ

*Е.А. Безлепкин, А.Ю. Сторожук*

Цель статьи — структурный анализ методологического принципа унификации и исследование его применения в области теоретической физики. Была эксплицирована структура принципа и показаны его онтологические, гносеологические и аксиологические основания. Показано, что применение принципа унификации в рамках современных теорий великого объединения, например теории струн, позволило достичь глубокого концептуального уровня объединения, затрагивающего не только представления о материи и ее характеристиках, но также представления о пространстве-времени и причинности.

*Ключевые слова:* методология; объединение теорий; методологический принцип унификации; онтологическое и эпистемологическое обоснование; теория струн.

### Постановка проблемы

Физика является одной из самых динамично развивающихся наук. Физические и сопряженные с ними философские идеи во все времена глубоко влияли на мировоззрение людей и понимание природы. Изменение мировоззрения вело к трансформации физики, и наоборот, смена физической парадигмы выводила на первое место иные мировоззренческие проблемы.

Современная физика характеризуется высоким уровнем систематизации, а также степенью математизации и, соответственно, возросшей абстракцией идей и теорий. В связи с этим методологический анализ физического знания в современной ситуации необходим. Поскольку центральная проблема современной теоретической физики — поиск теории великого объединения, постольку цель работы — экспликация структуры принципа унификации, или принципа единства физической картины мира.

Наука прошла долгий путь в поисках единой теории. Галилей установил тождество небесных и земных явлений. Превращение теплоты в работу указало на родственную природу механических и термодинамических явлений. Открытие Эрстеда указало на единую природу электричества и магнетизма. Фарадей и Максвелл установили электромагнитную природу видимого света. Опыты

Кауфмана показали, что инерция тел имеет электромагнитную природу, а Лоренц и Пуанкаре нашли, что механические и электромагнитные силы ведут себя одинаково при преобразованиях Лоренца. Квантовая механика совместила корпускулярное и волновое описание микрообъектов. Наконец, в рамках квантовых теорий поля была построена теория, объединяющая электрослабое и сильное взаимодействия. Но проблема объединения двух столпов современной физики — ОТО и квантовых теорий до сих пор является открытой.

Чтобы проанализировать сущность и содержание понятия объединения в современной теоретической физике и целостно рассмотреть проблему унификации, необходимо проанализировать понятие методологического принципа.

### Понятие методологического принципа

Под методологией понимается учение о системе методов, организующих и регулирующих научную деятельность. Метод — совокупность способов получения новых знаний и достоверных данных о реальности. Функционирование метода обеспечивается системой требований к целенаправленному освоению действительности, организующих и регулирующих процесс познания. Эта регулятивная система представляет собой систему методологических принципов, которая осуществляет нормативную, эвристическую и се-

\* Работа выполнена при поддержке фонда РГНФ, проект 13-03-00065.

лективную функцию. Под методологическим принципом будем понимать совокупность онтологических, эпистемологических и аксиологических требований и положений, регулирующих применение методологии в теоретической или практической деятельности.

Онтологическая составляющая формирует мировоззренческую структуру, определяя представления о сущностных характеристиках действительности и действующих в мире силах и механизмах. Она детерминирует функционирование методологии и задает стандарты выделения предмета исследования. Эпистемологическая компонента имеет задачей следование стандартам рациональности и объективности исследований, включает стремление к истине и продуктивности результатов исследования. Аксиологическая роль методологического принципа состоит в задании приоритетов научного исследования, формулировке программ научного поиска и постановке целей научного исследования.

Процедура экспликации роли методологического принципа предполагает последовательное проведение ряда процедур:

- выявление механизма функционирования принципа и системного характера (назовем эту процедуру онтологическим анализом);
- структурный анализ, определяющий роль принципа в обеспечении объективности и достоверности физического познания (назовем эпистемологическим анализом);
- выявление приоритетных направлений научных исследований и значимости принципа (назовем аксиологическим анализом).

Поскольку методологический принцип унификации является частью системы, в ходе его содержательного анализа должны быть продемонстрированы его связи с другими методологическими принципами в общей структуре методологии. Схематично эта структура может быть представлена в виде таблицы, отражающей уровни преимущественного функционирования принципов.

<i>Уровень</i>		
<i>онтологический</i>	<i>гносеологический</i>	<i>аксиологический</i>
Принцип материального единства мира	<i>Принцип унификации</i> (направляет поиск единой теории)	Принцип соответствия (новые теории должны быть согласованы со старыми)
Принцип универсальной связи (всеобщий характер законов природы)	Принцип математизации (существование единого универсального языка для описания природы)	Непротиворечивость
Принцип причинности	Объяснение законов природы	Предсказательная сила
Принцип локальности / нелокальности	Характер связи явлений / событий	Принцип системности (целостности)

Поскольку методологические принципы носят системный характер, то каждый из них определяет действие смежных с ним и сам зависит от других.

Проведем анализ принципа унификации, в значительной степени определяющего направление теоретических исследований в современной физике.

### **Онтологический анализ**

На онтологическом уровне методологические принципы функционируют в процессе поиска единой фундаментальной картины мира и описания на этой основе всех известных природных явлений. По словам В.Ф. Гершанского [2, с. 22–38], онтологические основания состоят из совокупности фундаментальных принципов, которые отражают универсальные свойства бытия материи. Все они обусловлены метафизическими основаниями, к кото-

рым мы отнесем: материю (элементарные частицы), универсальные силы (поля переносчиков взаимодействий), причинность и пространство-время. Сама физика включает познание онтологических оснований и их описание в рамках физических теорий, которое может быть продолжено на метауровне. Говорить о метафизических основаниях физики можно постольку, поскольку физические теории (например, механика Ньютона, квантовая механика, специальная теория относительности и прочие) могут рассматриваться как гипотетико-дедуктивные системы (т.е. как нестрогие аксиоматические системы), в основании которых лежит некоторая совокупность аксиом, предполагающих метафизические основания.

Под метафизическими основаниями будем понимать постулаты об атрибутах материи, а также других первичных понятий. Эти положения и по-

нения отражают достигнутый уровень осмысления мира и понимания взаимосвязи происходящих в нем явлений. Поскольку в ходе научного прогресса изменяется понимание основных онтологических категорий, постольку должны изменяться и методологические принципы, поэтому важно рассмотреть функционирование принципа в истории науки (диахронии) и современном срезе (синхронии).

Опираясь на М.В. Мостепаненко [5], отметим, что философская идея материального единства мира постулируется уже в механистической картине мира. Материя понимается как совокупность тел, подверженных механическому взаимодействию. Механицизм представляет собой единый метод познания различных классов явлений и миропонимание, основанное на сведении сложных явлений к их физическим причинам.

Фундаментом философских идей механической картины мира служит также постулат всеобщей взаимосвязи явлений, который является прямым следствием принципа материального единства мира. В свою очередь всеобщая связь явлений подразумевает фундаментальный характер взаимодействия и универсальность физических законов. Механика формирует первые представления о причинности как виде взаимодействия физических объектов, позволяющих описывать, объяснять и предсказывать дальнейшее поведение системы тел. В механике формируются представления о пространстве как пустомместилище вещей и формируются принцип дальнего действия и принцип действия и противодействия. Эти принципы — одни из источников возникновения понятия о силе как причине нарушения покоя или движения по инерции.

Далее с переходом к электродинамической картине мира постулируются идеи непрерывности причинно-следственных связей и материального единства мира, которые становятся основой принципа причинности в электродинамике и, таким образом, одной из основ принципа соответствия (универсальной связи явлений) между механикой и электродинамикой.

Поскольку постулат материального единства мира и постулат всеобщей взаимосвязи явлений связаны друг с другом, постольку фундаментальный постулат принципа унификации оказывается в фундаменте физической картины мира. Это обстоятельство становится понятным, если принять во внимание, что на философском уровне электродинамической картины мира функционирует принцип причинности, фундирующий принцип соответствия

между электродинамикой и механикой.

В квантово-полевой картине мира постулируются принципы единства законов природы, единства форм движения и единства видов материи. Первый лежит у Э. Шредингера в основании оптико-механической аналогии, второй логически связан с гипотезой Луи де Бройля (идея единства перемещения и волнового движения), третий обосновывает понятие о частице как о волновом пакете. Вышеописанные идеи и принципы непосредственно влияют на формулировку квантовой механики как физической теории. По сути дела, принцип унификации в квантово-полевой картине мира функционирует уже явно, однако под маской различных принципов единства.

В основе всех рассмотренных картин мира, по словам В.М. Мостепаненко, лежит базовое представление о материи. Так, в механической картине мира материя располагается в пространстве какместилище вещей, в электродинамической картине мира материя — единое непрерывное поле с точечными силовыми центрами; квантово-полевая картина мира синтезирует изложенные представления в понятии квантово-волнового дуализма. М.В. Мостепаненко пишет, что «пределы расширения физической картины мира надо связывать с тем, соответствуют или не соответствуют ее элементы положенным в ее основу представлениям о материи» [4, с. 201]. Таким образом, смена представлений о материи ведет к смене картины мира.

Основная тенденция проявления принципа унификации в современной теоретической физике — это синтетизм, выраженный в попытках создать теорию великого объединения, основными перспективными подходами к построению которой являются теория квантовой гравитации и М-теория, включающая шесть версий теорий суперструн.

На этом основании констатируем формирование в современный период развития физического познания четвертой гипотетической физической картины мира, основанной на теории суперструн, в которой точечные частицы заменяются протяженными объектами — одномерными струнами и бранами. Такое развитие идеи унификации происходит на новом уровне пространственных представлений, где разрабатываются новые отношения между дискретностью и непрерывностью. Этот подход постулирует дискретность материи, но минимальный размер ограничен фундаментальной длиной  $l_{пл} = 10^{-33}$  см, что запрещает бесконечное ее деление. На больших масштабах, например на уровнях размера элементарной частицы (классический

радиус электрона порядка  $10^{-13}$  см), пространство может рассматриваться как непрерывное.

«Утверждение о том, что пространство-время образует континуум, подразумевает сохранение его непрерывной природы независимо от того, с каким “увеличением” мы его рассматриваем. Но ведь отнюдь не очевидно, что непрерывное описание соответствует действительности в достаточно малых масштабах, где существенную роль играют квантовые эффекты. Возьмем, например, масштабы порядка  $10^{-13}$  см (примерный радиус элементарной частицы). При любой попытке определить положение частицы с такой степенью точности становится вероятным (ввиду принципа неопределенности) возникновение чрезвычайно большого импульса. Тогда должны рождаться новые частицы, и некоторые из них могут оказаться неотличимыми от первоначальной, так что понятие “положения” первоначальной частицы становится неопределенным. Но еще более угрожающая картина вырисовывается, когда мы осмеливаемся перейти к явлениям, протекающим в масштабах порядка  $10^{-33}$  см. Здесь квантовые флуктуации кривизны пространства-времени становятся достаточно сильными, чтобы изменить топологию, и пространство-время должно оказаться каким-то беспорядочным наложением разнообразных топологий, а это уж никак не похоже на гладкое многообразие» [6, с. 11–12].

На высшем уровне объединения происходит слияние понятий пространства и материи в более общее понятие струны. С одной стороны, характеристики частицы определяются посредством колебаний струны определенной частоты, натяжения и энергии. Струнные диаграммы моделируют процессы рождения и аннигиляции частиц и, в силу нелокальности, удовлетворяют требованиям релятивистских теорий в области относительности одновременности процессов взаимодействия. С другой стороны, движение струн в пространстве зависит от геометрических (кривизна, размерность) и топологических (количество отверстий) свойств пространств, которые носят название многообразий Калаби-Яу.

Углубляя изучение пространства, струнный подход дает новые перспективы для решения проблемы локальности. Струны, как нелокальная теория, должны обеспечить возможность описания локальной квантовой теории поля. Переход к локальной теории поля осуществляется благодаря допущению, что на масштабах порядка размеров элементарных частиц струна выглядит точечной. Поэтому элементарные частицы могут быть пред-

ставлены как струны, внутренняя структура которых может проявляться в возбуждении колебаний струны. Поскольку каждой моде колебаний соответствует свой класс частиц и в силу квантовых эффектов энергетический спектр внутренних возбуждений струны дискретен, переданная при столкновениях энергия может привести к превращению частицы одного сорта в частицу другого сорта. Рассмотрение невзаимодействующих струн дает частицы разного сорта, а нелокальность проявляется в предсказании бесконечного числа видов частиц.

«Колебания *струны* различаются номером гармоник (“числом узлов”), поляризацией (“направлением”) и амплитудой. Номер гармоник и (квантованная) амплитуда связаны с энергией колебаний; поскольку эта энергия *внутренних* колебаний струны, понятно, что она отвечает за массу покоя частицы: разные гармоники — разные массы. Поляризация, очевидно, должна быть связана со спином частицы. Точнее, сама поляризация определяет направление спина, а его величина зависит от номера гармоник: нулевой (невозбужденный) уровень имеет спин 0, поляризация первой гармоники задается вектором (направлением колебаний) и отвечает спину 1, поляризация второй гармоники задается тензором 2-го ранга (спин 2) и т.п. Полуцелые спины появляются в более сложных струнных моделях, когда одномерная нить наделена дополнительными структурами. Таким образом, с точки зрения теории элементарных частиц невзаимодействующая струна устроена как коллекция частиц с различными спинами и массами» [3, с. 100].

В нашей схеме принцип всеобщего универсального взаимодействия мы бы заменили принципом унификации, в который первый принцип входит как постулат на одном из структурных уровней. Принципы причинности и связи состояний также выводимы из принципа унификации. Взаимодействие струн поднимает проблему причинности, типичную для нелокальных теорий. Корректное определение причинности должно непротиворечиво совмещать нелокальность и причинность. Задача теории струн — дать описание взаимодействия, совместимого с представлением о взаимодействиях точечных частиц без проявления эффектов дальнего действия. Поэтому разрешено только локальное взаимодействие струн: струна может разделиться только путем разрыва в точке, но не расщепиться по длине, поэтому взаимодействие струн выглядит как ветвление мировых линий. Принцип локальности взаи-

модействия ведет к запрету на существование ветвящихся мировых поверхностей. Мировая поверхность струны — гладкая двумерная поверхность. Отсутствие сингулярностей на мировой поверхности обеспечивает эффективность применения математического аппарата теории струн. «В связи с обсуждением принципа локальности взаимодействий нельзя не отметить его роль в исключении ультрафиолетовых расходимостей: локальность взаимодействия в сочетании с протяженностью струны приводит к тому, что после того, как переданные импульс и энергия  $E$  превысили характерную величину  $M$  (обратный размер струны), во взаимодействии участвуют только *фрагменты* струны характерной длины  $1/E$ . Например, во взаимодействии с гравитоном после этого участвует лишь доля  $M/E$  от полной массы струны. Этим обеспечивается дополнительное подавление взаимодействий с ростом энергии и, в конце концов, конечность теории» [3, с. 103].

Взаимодействие струн делает их удобным инструментом исследования квантовых полей. Изучение полей путем помещения в них пробной частицы малоинформативно, так как в случае нелинейных уравнений частица не может отобразить все связи и взаимодействия. Струна в силу протяженности чувствует градиенты внешнего поля и в ходе взаимодействия может разделяться на много струн, что позволяет сохранять информацию о нелинейных соотношениях. В силу гладкости мировых поверхностей взаимодействие струны с полем не создает математических трудностей, а спектр возбуждения струны достаточно богат, чтобы включить произвольные поля.

Особенность понимания принципа унификации в теории струн, как подхода к великому объединению, состоит в использовании понятия пространства как самостоятельного и фундаментального. Посредством его искривления описываются все виды фундаментальных взаимодействий. Изменение понимания пространства касается в основном размерности и топологических свойств (многообразия Калаби-Яу). Теория струн вводит ограничение снизу на размер порядка фундаментальной длины, что позволяет получить конечные значения плотности и энергии вблизи сингулярности.

Поэтому и в струнной картине мира можно констатировать имплицитное существование принципа унификации, который тем не менее играет системообразующую роль.

### Гносеологический анализ методологического принципа унификации

Гносеологический анализ исследует возможность познания мира на единой основе, средствами единой систематики. Под гносеологическим анализом мы будем понимать процесс систематизации знания, позволяющей установить связи между явлениями. Как известно, под *системой* понимают множество элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом, образующих целостность этой системы, или её единство. Так, например, кинетическая теория материи вскрыла внутреннюю общность механических и тепловых явлений, далее теория поля концептуально синтезировала классическую физику, теория относительности присоединила к этому синтезу гравитацию и так далее.

То есть стремление к системности и синтезу оказывается внутренне присущим физическому познанию. На этом основании мы также говорим о существовании и функционировании принципа унификации в фундаментальной физике. Стремление к системности физического познания предопределяет и стремление к системности методологических принципов. С этой точки зрения мы говорим о существовании их системы. Таким образом, одной из сторон обоснования выступает определение принципа унификации как самого по себе, так и в системе методологических принципов.

Поскольку методологический принцип носит системный характер, постольку констатируется существование у любого принципа определенной структуры.

Исследование принципа унификации в структурном плане обнаруживает ряд последовательных взаимозависимых уровней, т.е. определенную систему. Мы выделяем три уровня.

Первый уровень содержит основания исследуемого принципа. Мы будем называть их постулатами, подчеркивая таким образом, что эти утверждения принимаются истинными без доказательств и в последующем служат основой построения структуры. Кроме постулатов этот уровень может содержать (в данном случае — содержит) другие «входящие» принципы.

Второй уровень содержит правила-рекомендации и правила-запреты принципа (называемые регулятивами).

Третий уровень содержит функции принципа и отвечает за его функционирование как в системе методологических принципов, так и в системе физического познания.

Первый уровень принципа унификации включает в качестве оснований постулаты и вышеупомянутые онтологические принципы (см. рис. 1). На гносеологическом уровне онтологические принципы находят воплощение в следующих из них постулатах:

А) постулат глобальной простоты — сущностное единство знаний имеет очевидный объективный прообраз в реальном мире в виде его материального единства;

Б) постулат математизации знаний (как единое описание физических теорий на основе феноме-

нологического критерия), следующий из принципа всеобщей связи явлений;

В) принцип объяснения, следующий из онтологического принципа причинности.

Г) законы сохранения, существование которых устанавливается согласно теореме Нетер из таких свойств пространства-времени, как однородность и изотропность. «Общий закон сохранения, конкретизируемый в виде различных частных физических законов сохранения, лежит в основе единой физической картины мира» [8, с. 15].

Стремление ученых к единой теории Вселенной	
Постулат всеобщей взаимосвязи явлений (постулат единства мира)	
Постулат математизации знаний	Постулат глобальной простоты
Законы сохранения	
Количественное объяснение	Качественное объяснение
Методологический принцип объяснения	

Рис. 1

На втором уровне отметим:

1) регулятив, связанный с принципом математизации: стремление к математизации как единственному способу придать законам природы универсальный характер, претендующий на единство знания;

2) регулятив, связанный с принципом простоты: стремление к глобальной простоте («внутреннему совершенству» (критерий А. Эйнштейна), т.е. теория должна исходить из минимума предпосылок для раскрытия законов природы). Эстетические качества теории (красота, естественность) становятся важными физическими основаниями;

3) регулятивы, связанные с принципом соответствия:

3.1) апелляция к сущностному единству физических явлений (Новая теория должна синтезировать старые, т.е. предыдущие теории должны быть

предельным случаем новой. Так, кинетическая теория материи вскрыла общность механических и тепловых явлений; теория относительности имеет предельным случаем механику Ньютона.);

3.2) требование непротиворечивости и преемственности теорий (Новые теории всегда сохраняют часть понятий старых теорий; при этом сохраненные понятия не должны вступать с новыми в противоречие.);

4) регулятив, связанный с принципом дополнителности (возможность диалектического синтеза взаимоисключающих («дополнительных») понятий или стоящих за ними явлений, совокупность которых даёт исчерпывающую информацию об этих явлениях как о целостных).

Регулятивы раскладываются в схему, предложенную выше для оснований принципа унификации (см. рис. 2).

Регулятивы, связанные с принципом соответствия	
требование непротиворечивости и преемственности теорий	апелляция к сущностному единству физических явлений
Регулятивы законов сохранения	
регулятив, связанный с принципом математизации	регулятив, связанный с принципом простоты
Регулятив, связанный с принципом дополнителности	

Рис. 2

Третий уровень принципа унификации касается аспектов его функционирования в структуре физического знания.

1. Принцип функционирует в виде стремления к синтезу основных метафизических оснований и находит выражение в объединении ряда физических понятий. Так, понятие материи на современном уровне развития теории объединяет не только вещественные и полевые представления, но также пространственно-временные.

2. Принцип функционирует в виде существования физических картин мира. М.В. Мостепаненко по этому поводу замечает: «...главная тенденция каждой физической картины мира — дать единое стройное отражение объективной действительности» [5, с. 213]. Струнная картина мира единообразно описывает все виды взаимодействия на основании постулирования нового онтологического объекта — струны. В теории струн возникает более высокий тип симметрии. В стандартной модели все частицы делятся на два класса — переносчики взаимодействий или бозоны, имеющие целый спин и частицы, из которых состоит вещество, — фермионы с полуцелым спином. Но уже минимальное расширение стандартной модели  $SU(5)$  вводит преобразование, имеющее новый инвариант, — разницу фермионного и бозонного числа. Суперсимметричное преобразование ставит в соответствие каждой частице  $s$ -партнера, т.е. частицу со спином, отличающимся на  $\frac{1}{2}$ . Это преобразование переводит фермионы в бозоны и наоборот. Частицы-суперпартнеры должны быть массивными стабильными частицами и являются основными кандидатами на роль темной материи. Идея суперсимметрии, разработанная в теории струн, в настоящее время заимствована и перенесена в стандартную модель для решения проблемы расходимости. (Расчитанная теоретически энергия вакуума на 120 порядков превышает наблюдения за счет учета нулевых колебаний. Привлечение идеи суперсимметрии позволяет снизить это расхождение до величины в 55 порядков.)

3. Через физическую картину мира принцип функционирует либо в виде формально-логического соединения физических теорий, либо в виде синтезирования физических теорий. Теория струн является объединением двух теорий поля: общей теории относительности и квантовой теории поля. По сути дела, все функции принципа унификации выводятся через функционирование его в виде физической картины мира.

Сопоставление с единой точки зрения различных теорий способствует нахождению скрытых противоречий между теориями. В теории струн, объединяющей квантовую теорию поля и общую теорию относительности, разрешается проблема разного понимания пространства. Так, квантовая теория поля понимает пространство как арену, на которой разворачиваются взаимодействия между частицами и полями. В ОТО пространство само является агентом, передающим взаимодействие путем изменения кривизны. Гравитация отлична от других полей «потому что гравитация формирует арену, на которой сама действует, в противоположность другим полям, которые действуют в заданном пространстве-времени» [9, с. 12].

Теория струн распространяет подход теории относительности на область электрослабых и сильных взаимодействий, реализуя идею Калуцы-Клейна в дополнительных свернутых измерениях.

Заметим, что принципы гносеологического уровня таблицы коррелируют с принципами онтологического уровня той же таблицы. Поэтому принцип унификации как бы фундирует оба уровня, что позволяет говорить как об онтологических, так и о гносеологических его основаниях.

#### Аксиологический анализ

Тенденция унификации является основной характеристикой динамики современного физического знания, во многом определяющей направление развития науки. Данный принцип играет аксиологическую роль посредством задания приоритетных направлений исследования, формирования программы поиска, постановки целей и формирования ценностей научного познания.

Ценности принято разделять на внешние и внутренние. К внешним ценностям относятся установки, касающиеся рассмотрения науки как социальной деятельности. В целом, тенденция унификации совпадает с общим вектором эволюции ценностных установок. К ним относятся рост требований к профессионализму сотрудников, массовый характер деятельности, требующий привлечения большого числа ученых в лаборатории и конструкторские отделы. Поскольку экспериментальные работы производятся в области физики высоких энергий, требуется высокотехнологическое оборудование, конструирование которого в свою очередь возможно благодаря интенсивному применению научных знаний в производстве. Также возрастают требования к социальной и мо-

ральной ответственности ученых, требование к расширению общественной коммуникации.

Внутренние ценности возникают и реализуются в ходе научной деятельности по поиску объединения теорий. Реализация аксиологической функции объединения возможна за счет формирования проблемного поля, определения целей, ценностей и направления поиска. Доминирующая в физике стандартная модель имеет некоторые теоретические проблемы, такие как проблема свободных параметров, проблема иерархий. Теория струн предлагает естественное решение данных проблем, поскольку включает естественный механизм генерации масс как колебаний струны. Поскольку теории объединения исследуют вещество при экстремальных условиях, их область приложения захватывает и космологию, также имеющую открытые проблемы, касающиеся объяснения сегодняшнего состояния Вселенной. Открытыми проблемами в космологии являются проблема горизонта, проблема кривизны, обоснование космологического принципа, проблема объяснения крупномасштабной структуры Вселенной и др.

С одной стороны, объединение дает возможности решения данных проблем путем разработки новых методологических средств, но с другой, порождает новые проблемы. Разработка методологии ведет и к уточнению ценностных установок, таких как принципы красоты, нормативно-ценностной нейтральности и др.: «наука в своем развитии вырабатывает определенную систему внутренних ценностей, находящую свое выражение в разнообразных методологических регулятивах» [1, с. 517].

Объективный характер унификации проявляется в стремлении следовать принципу объяснения, т.е. подведение явления под общий закон либо указание механизма явления. Возможность объяснения обращается симметрично во времени на требование предсказания новых явлений, таким образом, унификация определяет требование продуктивности как ценностной установки исследователей.

Говоря о роли принципа унификации в познании природы, следует отметить внутреннюю и внешнюю непротиворечивость исследуемого методологического принципа. Внутренняя непротиворечивость есть свойство принципа, состоящее в том, что из его структуры нельзя вывести противоречие. Внешняя непротиворечивость есть, с одной стороны, свойство системы методологических принципов, состоящее в том, что из нее

нельзя вывести противоречие, а с другой стороны, свойство системы физических теорий. Важность свойства непротиворечивости в том, что «пока методологические принципы не объединены в систему, методология не подчинена собственной системности и может оказаться противоречащей самой себе» [7, с. 3].

В этом смысле аксиологическая роль принципа унификации реализуется в требовании преемственности физических теорий (принцип соответствия). Системный характер принципа унификации определяет взаимосвязь аксиологических требований, на основании которых формируются приоритетные направления исследования.

Что касается принципа соответствия, то, поскольку теория струн является квантовой теорией гравитации, она в основном сохраняет математический аппарат как квантовых теорий, так и общей теории относительности. Одно из главных понятий — понятие струны — также оказывается непротиворечивым представлениям стандартной модели об элементарных частицах. Как мы уже писали выше, на малых масштабах струна выглядит точечной. Все вышесказанное говорит о соблюдении принципа соответствия в теории струн.

Принцип непротиворечивости можно трактовать как принцип однозначности. Теория струн, в этом плане, достаточно однозначная теория, во-первых, потому, что в ней нет настраиваемых безразмерных параметров (как уже отмечалось, стандартная модель содержит около 20 таких параметров). Это значит, что теория не может быть изменена или деформирована через регулировку этих параметров. Во-вторых, однозначность вытекает из того, что размерность пространства-времени оказывается фиксированной. Однако количество этих измерений превышает десять и правильность теории струн будет означать существование какого-то механизма, обеспечивающего четырехмерность наблюдаемого нами мира. В частности, дуальность используется для объяснения факта четырех наблюдаемых измерений пространства-времени. Предполагается, что остальные измерения являются свернутыми.

В связи с принципом предсказательной силы несколько слов следует сказать об экспериментальном обосновании теории. Оно возможно лишь косвенно, потому что технология в виде эксперимента отстала от теоретической деятельности (наука подошла к технологическому пределу возможностей). Среди предсказаний теории струн выделим предсказание суперсимметрии. Суперсимметричное преобразование ставит в со-

ответствие каждой частице s-партнера частицу со спином, отличающимся на  $\frac{1}{2}$ . Это преобразование переводит фермионы в бозоны и наоборот. Частицы-суперпартнеры должны быть массивными стабильными частицами и являются основными кандидатами на роль темной материи. Затем — проверка закона всемирного тяготения, отклонения от которого в масштабах сотых долей миллиметра было бы ключевым аргументом в пользу суперсимметричных теорий. Наконец, существует возможность открытия космической струны, оставшейся от процессов, происходивших в ранней Вселенной.

Говоря о принципе системности, или целостности, заметим, что различные суперструнные теории представляют собой предельные случаи так называемой М-теории, открытие которой ознаменовало вторую суперструнную революцию. Это свидетельствует как о целостном характере теорий суперструн, так и о наличии соответствия между ними.

Значительную аксиологическую роль, направляющую исследования, играет также принцип симметрии. Тенденция объединения ведет к уточнению научного языка и все большей зависимости от понятия симметрии. Понятие симметрии претерпело значительную эволюцию со времен механики Ньютона, где понималось как однородность и изотропность пространства и однородность времени. Сейчас рассматриваются суперсимметричные модели, где понятие симметрии понимается гораздо более абстрактно. Симметрия воплощается в понятиях инвариантности относительно различных преобразований, которые порождают новые сохраняющиеся величины.

Анализ стремления человеческой мысли к унифицированию может быть истолкован как идеалистически, так и материалистически. С идеалистических позиций миру не присуще единство (непредзаданность мира). Оно присуще, таким образом, лишь нашему духу (разуму). С материалистических позиций интерпретация основана на констатации единства объективного мира (предзаданность мира), который мы отражаем нашими познавательными способностями. Наш тезис состоит в том, что унифицирование (объединение) становится возможным за счет объективного существования единства внешнего (объективного) мира и объективной взаимосвязи всех явлений. С другой стороны, стремление человеческого духа (разума) к унифицированию, к построению единой систематики позволяет отразить момент единства в природе в познании. Это

стремление можно интерпретировать как отражение нашими познавательными способностями существующего единства мира. Оно определяет цели познания и формирует целостное мировоззрение, основанное на данных, имеющихся на определенном этапе исторического развития знания.

### Заключение

Итак, методологический принцип унификации базируется на постулате стремления ученых к единой теории и вытекающего постулата всеобщей взаимосвязи явлений, из которых в свою очередь вытекают постулаты глобальной простоты и математизации знания. Последние два связаны с качественным и количественным аспектами принципа объяснения.

Принцип унификации основывается на двух способах достижения единства физического знания — формального (математического — регулятив принципа математизации знания — количественное объяснение) и содержательного (сущностного — регулятивы принципов соответствия, дополнительности и глобальной простоты — качественное объяснение).

Функционирование принципа унификации проявляется в виде существования единой физической картины мира (являющейся посредником между философией и физической теорией), в рамках которой существует интегральная, на данный момент развития физики, теория. Картина мира позволяет экстраполировать известные методы на все явления природы и построить все здание физического познания едиными средствами. Теория суперструн объединяет несколько исторически сложившихся миропониманий, что позволяет констатировать ее принципиальную возможность быть унифицирующей теорией определенного исторического этапа физического познания.

Унификация не только открывает новые перспективы развития физического знания, но и позволяет решить ряд открытых проблем существующих теорий. К ним относится проблема открытых параметров: стандартная модель имеет более 20 открытых параметров, определяемых экспериментально, в основном массы частиц и константы связи. Теория струн позволяет предсказывать массы генерируемых частиц, исходя из расчета энергии колебания струны. Аналогично предлагается и решение проблемы иерархий: объяснение большой разницы величины взаимодействий. Теория струн предлагает иной способ объяснения проблемы генерации масс. В стандартной модели наличие массы частицы определяется взаимодействием с полем

Хиггса, поиски бозона Хиггса активно ведутся в настоящее время на Большом адронном коллайдере. Серьезной математической проблемой, связанной с точечностью частиц, является проблема расходимостей, которую теория струн позволяет решить, за счет протяженности фундаментального объекта — струны.

Теория струн — первая теория, в рамках которой удалось проквантовать гравитацию и таким образом привести все четыре вида фундаментальных взаимодействий к одному основанию. Наконец, теория струн предлагает кандидата на роль темной материи. Им должна стать суперсимметричная стабильная частица, которую еще предстоит обнаружить на ускорителях.

#### **Список литературы**

1. *Баженов Л.Б.* Методологические регулятивы науки // *Философия науки*. М.: ЭКСМО, 2007. С. 453–570.
2. *Гершанский В.Ф.* Философские основания теоретической физики. СПб.: 2002. 81 с.
3. *Морозов А.Ю.* Теория струн — что это такое? // *Успехи физических наук*. 1992. Т. 162, № 8. С. 83–175.
4. *Мостепаненко М.В.* Философия и методы научного познания. Л.: ЛЕНИЗДАТ, 1972. 262 с.
5. *Мостепаненко М.В.* Философия и физическая теория. Л.: Наука, 1969. 238 с.
6. *Пенроуз Р.* Структура пространства-времени. М.: Мир: 1972. 184 с.
7. *Симанов А.Л., Стригачев А.* Методологические принципы физики: общее и особенное. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1992. 222 с.
8. *Симанов А.Л.* Опыт разработки системы методологических принципов естественнонаучного познания – I // *Философия науки*. 2001. № 1(9). С. 3–33.
9. *Хокинг С., Пенроуз Р.* Природа пространства и времени. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. 160 с.

---

## METHODOLOGICAL ANALYSIS AND UNIFY PRINCIPLES FOUNDATIONS

*Eugeny A. Bezlepkín, Anna Y. Storozhuk*

*Institute of Philosophy and Law of the Siberian Branch of Russian Academy of Sciences;  
8, Nikolaev str., Novosibirsk, 630090, Russia*

The aim of the paper is a structural analysis of the methodological principle of unification and consideration of its application in the field of theoretical physics. The structure of this principle was explicated, and its ontological, epistemological and axiological foundations were demonstrated. It is shown that usage of unification principle in the framework of string theory reached a deeper conceptual level of unification, included not only the understanding of matter and its characteristics, but also concerning the concepts of space-time, and causality.

*Key words:* methodology; unification of theories; the methodological principle of unification; the ontological and epistemological justification; string theory.