

УДК 165.0

## ПРИМЕНЕНИЕ ИДЕЙ СИММЕТРИИ И УНИФИКАЦИИ В КОСМОЛОГИИ РАННЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

*А.Ю. Сторожук*

В статье рассматриваются основные типы нарушения симметрии, благодаря которым из первоначального симметричного состояния возникла наблюдаемая сегодня Вселенная. Показано, что исследование ранних этапов формирования Вселенной осуществляется с помощью совокупности различных физических теорий, что является реализацией принципа унификации. Симметрия делает возможной экстраполяцию известных законов на новые области.

**Ключевые слова:** космология, объединение, симметрия

Методология научного познания основывается на ряде основополагающих принципов, одним из которых является принцип унификации. Он отражает уверенность в возможности построения единой теории, непротиворечивым образом описывающей природу. В эпистемологическом плане эта уверенность основана на принципе материального единства мира, на принципе познаваемости мира и на вере в возможность установить истину. Принцип унификации является стимулом для поиска теории великого объединения в физике и служит аксиологическим ориентиром в деятельности по исследованию природы.

Объединение теорий в науке происходит различными путями, а в качестве основных выделяются редукция и синтез [1]. «Редукционистская унификация – это объединение (отождествление) кажущихся разными в историческом периоде развития науки явлений за счет наложения на них одной математической конструкции» [2]. Синтез определяется как соединение частей путем нахождения объединяющих различные явления взаимосвязей.

Для поиска теории объединения предпочтителен второй путь, поскольку редукционизм требует такой модификации теории, которая предполагает сведение теоретических сущностей к языку более общей теории, что не вполне удастся, потому что «из картины мира нельзя изъ-

яты ни один структурных элемент... без нарушения ее целостности» [3]. Синтезирование теорий возможно на основе фундаментальных законов, а последние тесно связаны с понятием симметрии. Каждой сохраняющейся величине соответствует определенный закон сохранения. В механике законы сохранения связаны с симметриями пространства и времени. Например, закон сохранения энергии связан с однородностью времени, закон сохранения момента импульса – с изотропностью пространства. Более общие теории часто связывают свои законы с более общими видами симметрии. «Вспомним, например, что поначалу уравнений Максвелла было восемь. “Красивыми” их не назовешь. Симметричностью они не обладают. В своей исходной форме они безобразны... Но если переписать эти уравнения, приняв время за четвертое измерение, довольно громоздкий набор сократится до единственного тензорного уравнения... Увеличивая число измерений, мы вскрываем истинную, четырехмерную симметрию теории и получаем возможность объяснить множество экспериментальных данных с помощью единственного уравнения» [4].

Идеи симметрии выступают метанаучными основаниями, связанными с понятиями пространства, времени и другими понятиями, имеющими общенаучный характер. Симметрия является одним из механизмов объединения теории, она делает возможным поиск более общих законов природы, которые ложатся в основу теорий объединения.

В космологии принцип объединения играет особую роль, что связано с особенностями формирования Вселенной. «Выводы космологии базируются на законах физики и данных наблюдательной астрономии, а также в известной степени на философских принципах (в конечном счете – на всей системе знаний). Важнейшим методологическим принципом философского порядка в космологии является положение, согласно которому законы природы, установленные на основе изучения ограниченной части Вселенной, могут быть экстраполированы на всю Вселенную. Этот принцип вытекает из философских принципов материальности мира и его познаваемости, а также из принципа всеобщего универсального взаимодействия» [5].

Согласно современным представлениям, Вселенная возникла из состояния с высокой плотностью и температурой, локализованными в небольшом объеме. Для изучения физики подобного состояния требуется совместное применение ряда физических теорий, в том числе квантовой теории поля и общей теории относительности, конфликтующих между собой в своих основаниях. Стремление экстраполиро-

вать теорию гравитации на область высоких энергий диктуется стремлением расширить понимание свойств пространства и времени на области, где гравитация была подобна другим видам взаимодействия. Переход из области низких энергий в область высоких, где гравитация будет подобна другим взаимодействиям, выявит новые черты пространства и времени.

Кроме того, в современной Вселенной есть объекты, изучение которых требует совместного применения квантовой теории поля и теории гравитации. Открытым остается вопрос и об обратном переходе, так как в природе встречаются состояния, когда многие характеристики материи утрачиваются. Примером такого объекта являются черные дыры. Вещество, падающее в черную дыру, утрачивает большую часть характеризующих параметров. Черные дыры имеют три отличительных параметра: электрический заряд, массу и момент вращения. То есть проблема унификации в космологии носит не только теоретический характер, но также эмпирический.

Унификация тесно связана с симметрией. Состояния, требующие совместного применения двух теорий, обладают симметричностью. Современные научные данные свидетельствуют, что ранняя Вселенная была однородной и изотропной, т.е. обладала пространственной симметрией. В частности, об этом говорит высокая однородность реликтового излучения, которое было испущено первичной плазмой при охлаждении.

С эпистемологической точки зрения симметрии можно дать противоречивые оценки. С одной стороны, однородность позволяет решить ряд теоретических проблем космологии, например проблему причинной связанности Вселенной: как причинно не связанные области могут обладать сходными параметрами. Это может быть объяснено пространственной близостью до периода инфляции, когда Вселенная была очень однородна. На предположении об однородности Вселенной основан и космологический постулат: на больших масштабах в несколько сотен мегапарсек Вселенная в любой точке выглядит в среднем одинаково, т.е. является однородной и изотропной.

С другой стороны, исходное однородное состояние не позволяет непосредственно описать ряд неоднородностей в распределении вещества, наблюдаемых сегодня, и требует привлечения дополнительных гипотез. Неоднородность проявляется как в пространственном распределении материи, так и в ее составе.

На масштабах вплоть до сотни миллионов световых лет космологический постулат нарушается, что проявляется в наличии крупномас-

штабной структуры Вселенной. Существуют, например, скопления и сверхскопления галактик, образующие ячеистую структуру. В промежутках между скоплениями обнаружены гигантские «черные области», в которых галактики почти отсутствуют. Проблема состоит в поиске объяснения, каким образом из однородного первоначального состояния возникла подобная неоднородность в распределении вещества.

Проблема объяснения формирования неоднородности существует и для распределения вещества на более мелких масштабах. Нарушение симметрии в пространственном распределении вещества проявляется также в большом разбросе плотностей от вакуума до вещества нейтронных звезд. Современные наблюдательные данные, например реликтовое излучение, указывают на то, что в ранние моменты своей эволюции Вселенная была очень однородной. Сегодня вещество распределено крайне неоднородно: мы имеем контраст между, с одной стороны, очень разреженным веществом между звездами и, с другой стороны, огромной плотностью материи внутри нейтронных звезд (порядка  $(1,5 \times 10^{15})$  г/см<sup>3</sup>) [6].

Соответственно, требуется механизм, описывающий нарушение первичного симметричного состояния. Предложенный в 1902 г. вариант объяснения роста гравитационной неустойчивости материи – неоднородность Джинса [7] позволяет объяснить перепады плотности в десятки раз. Для объяснения наблюдаемой ныне разности плотностей требуется привлечение дополнительных механизмов, так как на основе механизма Джинса можно объяснить появление лишь 20%-й разницы в плотностях.

Существование барионной материи, наблюдаемой сегодня, тоже не согласуется с принципом симметрии. Согласно предположениям о симметрии, в первичной плазме было поровну частиц и античастиц, которые при охлаждении должны были аннигилировать с образованием фотонов. Появление вещества возможно только при нарушении этой первичной симметрии, что потребовало введения гипотезы о барионной асимметрии вещества.

Для объяснения происхождения перечисленных неоднородностей из первичного симметричного состояния привлекаются различные гипотезы. Рассмотрим некоторые из них.

Сначала остановимся на гипотезах, объясняющих происхождение крупномасштабных структур Вселенной из первоначального однородного состояния. При расширении и охлаждении Вселенной симметричное состояние нарушается и переходит в состояние с меньшей степенью симметрии, что влечет за собой изменение ведущих законов физики [8].

Первичная плазма была однородна, вещество находилось в равновесии с излучением, из-за высоких энергий электрически заряженные частицы пребывали в свободном состоянии, поэтому обладающая электрическим зарядом плазма была непрозрачна для фотонов. Ее однородность дополнительно обеспечивалась этим последним фактором, так как фотоны и нейтрино сглаживают образующиеся неоднородности. Однако предполагается, что излучение не вступало во взаимодействие с темной материей, которая до эпохи регенерации вещества могла формировать структуры. За счет каких процессов могли возникнуть структуры в первоначально однородном состоянии?

Рост космологических возмущений в ранней Вселенной рассматривается как волновой процесс в первичной плазме, представляющий собой распространение звуковых волн. Если возмущения коротковолновые, то происходят осцилляции. В этом режиме в зависимости от частоты выделяются растущие и затухающие моды. Длинноволновые моды растут под действием гравитации, но резко убывают в местах неоднородностей гравитационного поля. Коротковолновые излучения продолжают распространяться и далее после встречи с неоднородностями гравитационного поля.

И.Я. Померанчук [9], исследуя возмущения метрики, возникающие от прохождения взрывной волны, обнаружил, что они подразделяются на три моды: скалярные, векторные и тензорные. Каждая из них может рассматриваться независимо. Он пришел к выводу, что основной вклад в рост неоднородностей дают скалярные произведения, которые ведут себя как возмущения плотности. Векторные возмущения не растут, а убывают, поэтому не вносят ощутимого вклада в образование структур. Тензорные возмущения могут быть сгенерированы только во время инфляции и дают вклад в моду поляризации. Обнаружение поляризации гравитационных волн было бы самым важным подтверждением инфляционного расширения Вселенной.

Гипотеза акустических волн играет существенную роль в объяснении появления неоднородностей в первично однородной плазме. Длина волны акустических колебаний первичной плазмы после рекомбинации определяет характерные размеры элементов неоднородностей структуры. Для проверки этой гипотезы были проведены расчеты размеров и масс ныне наблюдаемых объектов. Например, согласно вычислениям, основанным на гипотезе акустических волн, шаровые звездные скопления имеют массу порядка миллиона масс Солнца, что соответствует наблюдениям. Структуры, соответствующие меньшим длинам волн, диссипировали, а с большей длиной волны – сколлапсировали.

Однако наличие акустических колебаний не объясняет видимой неоднородности распределения вещества. Современные наблюдательные данные (например, высокая однородность реликтового фонового излучения) указывают на высокую однородность начального состояния. Первоначальное недифференцированное состояние было, по-видимому, симметричным. Гравитация отделилась первой, поскольку она является самым слабым видом излучения [10]. Решение вопроса о нарушении первоначальной симметрии позволит объяснить механизм перехода от единого к множому.

Согласно гипотезе об акустических колебаниях, возмущение плотности материи пропорционально возмущению температур, которые на ранних стадиях имеют порядок  $10^{-5}$  К. Такой же порядок имели возмущения гравитационного потенциала. Поскольку наблюдаемое сегодня возмущение гравитационного потенциала гораздо более значительно, требуется дополнительная гипотеза о механизме формирования гравитационной неоднородности. Самой популярной является гипотеза о существовании скрытой массы, которая могла бы обеспечить больший порядок флуктуаций плотности. Поскольку до эпохи рекомбинации воздействие излучения размывает возникающие в обычном веществе структуры, они могут формироваться лишь в темной материи, которая, видимо, не взаимодействует с излучением или взаимодействует гораздо слабее. Возмущения в темной материи начинают расти намного раньше, чем в барионной материи. Последняя образует области с минимальной энергией гравитационного поля еще до рекомбинации вещества. После охлаждения Вселенной, в эпоху рекомбинации электроны соединяются с протонами, образуя нейтральные атомы. Нейтральное вещество становится прозрачным для излучения, фотоны покидают плазму. Эти фотоны носят название реликтовых и наблюдаются сегодня в виде микроволнового фона излучения. Сформированные барионы концентрируются в пространственных неоднородностях гравитационного поля, образованных темной материей.

Гипотеза о существовании темной материи хорошо подтверждается при изучении кривых вращения галактик. «Изучение вращения спиральных галактик, распределения скоростей галактик в скоплениях и сверхскоплениях показало, что большая часть (возможно, до 90%) полной массы Вселенной невидима и обнаруживается лишь по гравитационному воздействию на наблюдаемые объекты» [11].

Активно обсуждается роль темной материи в образовании и эволюции нейтронных звезд. Поскольку темная материя обладает грави-

тационным взаимодействием, нейтронная звезда со временем должна накапливать темную материю. Если это накопление происходит достаточно активно, то нейтронная звезда должна накапливать массу и эволюционировать в черную дыру. Но наблюдение за нейтронными звездами показывает, что они достаточно стабильны. «Сильное гравитационное поле нейтронных звезд удерживает вокруг них газопылевые диски и даже планеты, но не может притянуть достаточно темной материи, хотя ее должно быть вшестеро больше обычной. Почему?» [12].

Наконец, без темной материи жизнь была бы невозможной. На ранних стадиях эволюции Вселенной доминирует радиация (фотоны и нейтрино), которая препятствует образованию сгущений. Структуры из однородного состояния могли бы формулироваться только после рекомбинации водорода и потом собираться в сгущения. Но скорость сбора материи в сгущения без темной материи была бы намного меньше и условия для образования жизни не могли бы возникнуть.

Таким образом, как наблюдательные данные, так и теоретические проблемы указывают на наличие скрытой массы. Однако природа «темных» частиц по-прежнему остается гипотетической. Гипотезы, выдвигаемые для объяснения природы темной материи, зависят от ее типа. Принято выделять следующие типы темной материи:

- 1) горячая темная материя, например нейтрино;
- 2) теплая темная материя. К ней могли бы относиться гипотетические типы частиц, возникновение которых было бы возможным на ранних этапах существования Вселенной;
- 3) холодная темная материя, состоящая из медленных частиц не разрушающая флуктуации плотности.

Для объяснения природы холодной формы темной материи было выдвинуто несколько гипотез.

1. В рамках теории суперсимметрии должны существовать частицы-суперпартнеры, самая легкая из которых должна быть стабильной. Но суперсимметричные частицы пока не были обнаружены.

2. Предполагается существование тяжелых лептонов, массой порядка 2 GeV. Требуется объяснить, почему они оказались долгоживущими.

3. Темная материя может существовать в форме гипотетических слабовзаимодействующих массивных частиц (WIMP), из четырех фундаментальных взаимодействий участвующих только в двух: слабом и гравитационном.

4. Предполагается существование неких частиц – аксионы массой порядка  $m \sim 10^{13}$  GeV.

5. Существуют первичные черные дыры, массы которых достигают  $10^{10}$  Gev.

Теоретические проблемы с объяснением природы темной материи заключаются в отсутствии достаточно точных расчетов, параметры моделей могут сильно различаться. Ведущим теоретическим методом исследований темной материи является гипотетико-дедуктивный метод, состоящий в выдвижении и опровержении гипотез. Его можно рассматривать как вариант фальсификационизма К. Поппера.

Философской проблемой является недоопределенность теории экспериментальными данными, заключающаяся в невозможности дать исчерпывающее теоретическое описание совокупности эмпирических данных. Описание никогда не бывает единственным и всегда возможны альтернативы. Можно сказать по-другому: эмпирические данные не детерминируют выбор описательных и объяснительных теорий. К эмпирическим методам относится широкий диапазон наблюдательных методов, используемых в астрономии и космологии. Методологические проблемы связаны с необходимостью построения моделей и экстраполяции их на ранние моменты развития Вселенной, когда условия существенно отличались. Особенностью теоретической работы является необходимость применения данных различных физических наук: общей теории относительности, физики плазмы, квантовой механики и теории поля, моделей горячей Вселенной, модели инфляции и др.

Для объяснения наблюдаемого преобладания вещества над антивеществом привлекаются другие механизмы, в основании которых лежит представление о спонтанном нарушении симметрии. Спонтанное нарушение симметрии отвечает за небольшой (примерно одна миллиардная доля) перевес вещества над антивеществом. Подавляющая часть частиц и античастиц проаннигилировала с образованием излучения, небольшой избыток вещества стал материалом для современной Вселенной. Идея нарушения симметрии впервые возникла при изучении фазовых переходов сплошных сред. Перечислим основные свойства нарушения симметрии:

1) исходное состояние обладает высокой однородностью. Нарушение симметрии описывает состояние перехода из одного состояния в другое;

2) существуют только одно исходное состояние и несколько возникающих из него возбужденных состояний, которые могут реализоваться в данном случае;



3) нарушение симметрии обычно отсутствует при состоянии с высокой температурой [13].

Принцип спонтанного нарушения симметрии первоначально был сформулирован для описания фазовых переходов в жидкостях. Позже этот принцип был перенесен в физику элементарных частиц для объяснения явления нарушения пространственной четности. В настоящее время идеи симметрии играют большую роль в физике частиц, поскольку они используются для описания свойств частиц и для их классификации по семействам. Элементарные частицы со сходными характеристиками объединяются в семейства. Идеи симметрии позволяют описать переход одной частицы в другую, т.е. их взаимопревращения. Однако применение принципа симметрии требовало объяснить разницу масс различных частиц, которые были весьма близки в основных своих свойствах. Для того чтобы сохранить идею симметрии, была высказана гипотеза о существовании бозона Хиггса – частицы, ответственной за генерацию масс. Впоследствии существование этой частицы было экспериментально установлено на Большом адронном коллайдере.

Онтологически вопрос о симметрии в области построения единой теории означает поиск единого структурного элемента с определенной процедурой дифференциации, которые могут быть взяты в качестве фундаментальных. Построение теоретической картины мира в этом контексте рассматривается как поиск автономной первичной сущности, позволяющей объяснить многообразие явлений в данной области. Процедура дифференциации должна обеспечить возможность перехода к следующим, обладающим более дифференцированными параметрами уровням структуры, а также эволюционную и причинную связанность производных уровней с фундаментальным. Важным является условие межтеоретического согласования научных онтологий: сущности, постулируемые уже известными теориями, должны выводиться из фундаментальной онтологии.

Эпистемологически симметрия означает наличие свойств, сохраняющихся при определенных преобразованиях, и позволяет построить теорию этих преобразований как совокупность инвариантных предположений (аксиом, теорем и их следствий), не изменяющихся при соответствующих преобразованиях. Сохранение величин определяет условия их тождественности, при которых можно сформулировать закон, имеющий вид логического правила тождества. В этом понимании аксиомы – не самоочевидные положения, но положения, описывающие

сохраняющиеся при допустимых преобразованиях величины. Таковы, например, второй и третий законы Ньютона – аксиомы классической механики:  $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$  и  $\mathbf{F} = -\mathbf{F}$  (выделение указывает на векторный характер величин), описывающие правила тождества для величин, сохраняющихся при пространственных преобразованиях.

Утверждение о тождественности в онтологическом смысле тоже фиксируется дополнительными постулатами, например принципом тождественности элементарных частиц, утверждающим о неразличимости частиц относительно операции их замены на идентичную (например, замены электрона на электрон) в определенной пространственной области. Онтологическая природа тождества состоит в постулировании определенных свойств частиц. Эти свойства вытекают из неопределенности понятия траектории на микроуровне и могут трактоваться как запрет на то, чтобы мыслить категориями механически понимаемого пространства в области микромира.

Для объединяющей теории важным является свойство непротиворечивости, и симметрия выступает средством для поиска надежной объединяющей теории. «Симметрия уравнения определяется группой преобразований, которые оставляют это уравнение инвариантным, т.е. не меняют его форму» [14].

\* \* \*

Сформулируем условия непротиворечивого совмещения концептуальных оснований теорий.

Онтологическое условие заключается в следующем. С метафизической точки зрения единая теория должна иметь единый элемент, являющийся исходным пунктом для описания дальнейшей эволюции Вселенной. Квантовые теории по традиции, идущей от квантовой механики, рассматривают пространство в механическом смысле – как арену, на которой разворачивается взаимодействие частиц. Этот подход остается традиционным и для теории поля, в которой используются релятивистские идеи, и для теории струн, рассматривающей пространство в виде многообразия особой структуры. В общей теории относительности материя тесно связана с геометрией пространства, подчеркивается изменение кривизны пространства в близости массивных тел. Для создания объединяющей теории требуется новый элемент, тесно связывающий непротиворечивым образом материю-энергию и пространство-время. «Центральный вопрос состоит в том, что такое квантовая гравитация, или ка-

кой тип реальности (причинно эффективные гравитационные поля или пространство-время как арена совершения физических явлений) с физической точки зрения должен быть взят в качестве фундаментального» [15]. Такой элемент должен позволять осуществить переход от начального симметричного однородного состояния к дифференцированному состоянию, в котором выделяются пространство-время и материя-энергия. Этот переход должен осуществляться посредством нарушения симметрии.

Другим онтологическим условием является описание причинности. В физике реализуется несколько подходов к причинности: рассматриваются локальная/нелокальная причинность, неопределенность и вероятностная причинность. Видимо, общее понимание причинности будет эволюционировать в область вероятностной причинности, поскольку она преобладает в квантовых теориях, применение которых существенно для понимания физики симметричных состояний.

В эпистемологическом плане важно указать на системный характер унификации и структурирование научных представлений о реальности. Симметрия ведет к упрощению физической картины мира, изучение симметрии способствует установлению единства физики через выявление сходных черт, присущих различным областям. Математически симметрия выражается как соотношение между величинами, характеризующими физическую систему, которые не меняются при определенных преобразованиях системы. Такие соотношения называются законами сохранения, и, как правило, создание новых теорий связано с открытием более общей симметрии. В число функций законов сохранения входят основание новых теорий, обобщение имеющихся данных, формулирование новых фундаментальных понятий. Законы сохранения могут проявляться в форме ограничений и запретов на определенные процессы, определять возможность или невозможность тех или иных процессов.

Реализация идей объединения в современной картине мира ведет к разработке новых теорий и служит основой для экстраполяции имеющихся представлений на новые области. Возможность такого переноса знаний обеспечивается идеями симметрии, разрешающими применение законов природы, открытых в других областях, на основе эквивалентности новых областей уже исследованным.

## Примечания

1. *Безлепкин Е.А.* Механизмы объединения знания в теориях классической физики // *Философия науки.* – № 3 (58). – С. 79–81.

2. Там же. – С. 80.
3. Там же. – С. 90.
4. *Каку М.* Гиперпространство: Научная одиссея через параллельные миры, дыры во времени и десятое измерение. – М.: Альпина нон-фикшн, 2014. – С. 190.
5. *Симанов А.Л.* Реализация методологических функций философии науки в космологии // Философия науки. – № 3 (58). – С. 101.
6. См.: *Левин А.* Рождению странных звезд помогает темная материя? – URL: <http://elementy.ru/news/431437> (дата обращения 03.06.2013).
7. См.: *Jeans J.H.* The stability of a spherical nebula // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character. – 1902. – V. 199. – P. 1–53.
8. См.: *Nambu Y.* Elementary particle physics: spontaneous broken symmetry (Nobel Lecture) // ChemPhysChem. – 2009. – V. 10. – P. 1718–1719.
9. См.: *Берестецкий В.Б.* Исаак Яковлевич Померанчук // Успехи физических наук. – 1967. – Т. 92. – С. 358.
10. «По мере расширения Вселенной первыми выходят из равновесия наиболее медленные процессы» (*Долгов А.Д.* Барийная асимметрия вселенной и нарушение термодинамического равновесия // Письма в ЖЭТФ. – Т. 29, вып. 4 – С. 256).
11. *Крупномасштабная структура Вселенной* (С.Ф. Шандарин) // Физическая энциклопедия: В 5 т. – М.: Советская энциклопедия, 1988. –
12. *Березин А.* Темная материя и нейтронные звезды. – URL: <http://victor-petrov.ru/temnaya-materiya-i-nejtronnye-zvezdy.html> (дата обращения 03.06.2013).
13. См.: *Nambu Y.* Elementary particle physics: Spontaneous Broken Symmetry (Nobel Lecture). – P. 1718.
14. *Сисакян А.Н.* Симметрии в физике // Избранные лекции по физике частиц. – С. 43. – URL: <http://www1.jinr.ru/Books/sisakian/>
15. *Цао Т.Ю.* Предпосылки создания непротиворечивой теории квантовой гравитации // Философия науки. – Вып. 7: Формирование современной естественнонаучной парадигмы. – М.: ИФ РАН, 2001. – С. 240.

Дата поступления 07.05.2015

Институт философии и права  
СО РАН, г. Новосибирск

stor71@mail.ru

### ***Storozhuk, A.Yu.* Applying ideas of symmetry and unification in cosmology of the early Universe**

The paper considers the main types of symmetry breaking through which from the initial symmetric state there arose the Universe we observe today. It is shown that the study of early stages of the formation of the Universe is carried out with the help of a set of various physical theories which realizes the unification principle. Extrapolation of known laws into new areas becomes possible due to ideas of symmetry.

**Keywords:** cosmology; unification; symmetry