

# ПРОБЛЕМЫ МЕТОДОЛОГИИ

УДК 372.85:372.82

**Гапонцев Виталий Леонидович**

*доктор физико-математических наук, профессор кафедры физико-математических дисциплин Российского государственного профессионально-педагогического университета, Екатеринбург (РФ).*

*E-mail: vlgap@mail.ru*

**Гапонцева Марина Германовна**

*кандидат педагогических наук, доцент кафедры математики Российского государственного профессионально-педагогического университета, Екатеринбург (РФ).*

## ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ: СООТНОШЕНИЕ НАУЧНОГО И РЕЛИГИОЗНОГО ЗНАНИЯ В СВЕТЕ ПРИНЦИПА СИММЕТРИИ ЧАСТЬ I. СОДЕРЖАНИЕ ПРИНЦИПА СИММЕТРИИ

**Аннотация.** Цели работы – раскрыть содержание принципа симметрии, показать иерархию системы ее форм, сложившуюся в процессе эволюции научного знания, общества и развития индивидуального сознания личности.

**Методы и методики.** При помощи анализа существующих научных источников, сопоставления, синтеза и обобщения их содержания выяснялась роль симметрии в процессе исторического формирования научных дисциплин, упорядочения эмпирического набора фактов и последующего их оформления в виде строгих дедуктивных систем.

**Результаты исследования.** Доказывается, что понятие «принцип симметрии», который впервые ввел в обращение В. И. Вернадский, в настоящее время олицетворяет наиболее глубинный уровень научного знания. Совокупность форм симметрии, как это следует из работ Е. Вигнера, детерминирует структуру научного знания. С одной стороны, у этих форм глубокая эмпирическая основа и тесная связь с образным восприятием действительности; с другой – они имеют строгие математические определения и порождают частные принципы симметрии математики и физики, служащие базой аксиоматических построений точных дисциплин.

Сопоставлены этапы становления и совершенствования ряда научных дисциплин: математики, физики, химии и биологии; обозначены общие черты их эволюции и особенности. Выделены инварианты и соответствующие им симметрии в формировании индивидуального сознания личности.

*Научная новизна.* Развивая идею В. И. Вернадского, ограничившегося краткой характеристикой общенаучного принципа симметрии, авторы рассматривают формы симметрии в различных отраслях знания как частные проявления данного принципа. Опора на принцип симметрии, понимаемый как совокупность ее (симметрии) форм, позволяет по-новому подойти к решению методологических проблем науки, в частности проблемы соотношения научного и религиозного знания и в целом – выстраивания иерархии научных дисциплин, которой будут охвачены не только все существующие научные направления от строгих дедуктивных до эмпирических, но даже те, которые пока еще не признаны в качестве научных дисциплин. Такие возможности предоставляются благодаря двойному логическому статусу понятия «симметрия» – как общего индуктивного и как первичного дедуктивного феномена.

*Практическое значение.* Материалы исследования могут служить основой для оптимизации структуры содержания образования – создания новой сквозной линии обучения, обеспечивающей формирование целостной картины научного знания. Необходимость такой сквозной линии связана с кризисом образования в условиях непрерывно растущего объема информации и возникающего из-за этого переполнения учебных программ. Автономными элементами подобного обучения могут быть циклы общих естественнонаучных курсов, таких как «Естественнонаучная картина мира» и «Концепции современного естествознания» при условии отбора их содержания в соответствии с фундаментальным принципом симметрии.

**Ключевые слова:** принцип симметрии, структура научного знания, структура содержания естественнонаучного образования, естественнонаучная картина мира, религиозное знание.

#### **Gapontsev Vitaly L.**

*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of Physical and Mathematical Subjects, Russian State Vocational Pedagogical University, Yekaterinburg (RF).*

*E-mail: vlgap@mail.ru*

#### **Gapontseva Marina G.**

*Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Mathematics, Russian State Vocational Pedagogical University, Yekaterinburg (RF).*

## **NATURAL-SCIENCE EDUCATION: SCIENTIFIC AND RELIGIOUS KNOWLEDGE CORRELATION IN THE VIEW OF A SYMMETRY PRINCIPLE.**

### **PART I. THE CONTENT OF A SYMMETRY PRINCIPLE**

**Abstract.** The aim of the investigation is to disclose the content of a symmetry principle; to show system hierarchy of its forms, developed in the course of evolution of scientific knowledge, a society and development of individual consciousness of the person.

*Methods.* Based on the analysis of existing scientific sources, comparison, synthesis and generalisation of its content, the role of symmetry was found out in the course of historical formation of scientific disciplines, arrangement of an empirical set of the facts and its subsequent registration in the form of strict deductive systems.

*Results.* It is proved that the concept «a symmetry principle» (V. I. Vernadsky was the first to coin this concept into the circulation) objectifies now the highest level of scientific knowledge. Following E. Vigner's works, it is said that set of forms of symmetry determines structure of scientific knowledge. On the one hand, these forms have got a deep empirical basis and a close connection with figurative perception of the validity; on the other – they have strict mathematical definitions and generate particular principles of symmetry of Mathematics and Physics based on axiomatic constructions of exact disciplines.

Stages of formation and development of a number of scientific disciplines such as Mathematics, Physics, Chemistry and Biology are compared; the peculiarities and common features of its evolution are designated. Invariants and corresponding symmetries in formation of individual consciousness of the person are allocated.

*Scientific novelty.* Developing V. I. Vernadsky's idea, as he used only the short characteristic of a general scientific principle of symmetry, the authors of the present study consider symmetry forms in various branches of knowledge as particular displays of the given principle. Based on the principle of symmetry as a set of symmetry forms, this principle allows the authors to take a fresh look at the decision of methodological problems of a science, in particular problems of a correlation of scientific and religious knowledge, and as a whole – forming of hierarchy of scientific disciplines that will include not only all existing scientific directions from strict deductive to empirical, but even those directions that are not recognised as scientific disciplines. Such possibilities are given by reason of the double logic status of concept «symmetry» – as the general inductive and as primary deductive phenomenon.

*Practical significance.* Research outcomes can be useful and form a basis for optimisation of structure of the educational content – designing of a new throughline of the training providing formation of a complete picture of scientific knowledge. The necessity of such throughline is connected with education crisis in the conditions of continuously growing scope of information and as a result redundancy of curriculums. The disciplines of the general natural-science courses, such as «Natural-science World View» and «Concept of Modern Natural Sciences» can be independent elements of similar training under the condition of selection of its content according to a fundamental principle of symmetry.

**Keywords:** symmetry principle, structure of scientific knowledge, structure of the content of natural-science education, natural-science world view, religious knowledge.

Все чаще звучащие в обществе декларации о необходимости возврата традиционных ценностей в очередной раз актуализируют проблему соотношения науки и религии. В сознании подавляющего большинства

людей продолжает господствовать мысль о том, что научное знание находится в противоречии с содержанием Библии. Это суждение является ошибочным, так как оно основано на поверхностных представлениях как о науке, так и о религии.

В настоящее время наиболее глубинный уровень научного знания олицетворяют принципы симметрии. Они формируют ядро строгих дедуктивных разделов физики: аналитической механики, общей и специальной теории относительности, классической электродинамики, квантовой механики и квантовой теории поля. Принципы симметрии строятся на одном из наиболее общих и фундаментальных понятий математики «группа симметрии» [1, 13, 14, 20]. Группа замкнута относительно операции последовательного выполнения ее преобразований. И если преобразования группы сохраняют неизменными некоторые свойства преобразуемых объектов (инварианты группы), то мы говорим о группе симметрии.

Согласно идее автора Эрлангенской программы – выдающегося немецкого математика конца XIX в. Феликса Клейна – основу каждого раздела математики составляет свой специфический набор групп симметрии. Так, в основе геометрии Евклида лежит группа движений (ее инварианты длины и углы), состоящая из подгрупп центральной симметрии, зеркальных отражений, поворотной симметрии и трансляций (параллельных переносов вдоль оси трансляции). Таким образом, и в математике, и в наиболее строгих разделах физики используются понятия «групп симметрии» и «принципов симметрии» (второе название «принципы инвариантности»).

Одновременно с глубоким, но узким содержанием частных видов симметрии представления, связанные с общим понятием «симметрия», имеют очень широкое значение. Это определяется их ролью в формировании индивидуального сознания человека, построенного на основе упорядоченной системы инвариантов, и их значением при образном восприятии мира, например в искусстве и других областях, опирающихся на интуицию. Процессы усвоения законов сохранения количества вещества при формировании понятия числа и законов логики у ребенка исследовал основатель женеvской школы психологии Жан Пиаже [10, 15–18].

Глубокое и устойчивое внедрение представлений о формах симметрии в общественное сознание в форме элементов художественного мышления продемонстрировано в работах Г. Вейля, А. В. Волошинова, А. Б. Рыбакова [2, 3, 11, 21]. Так, меандровый узор – образец трансляционной симметрии – уже в течение 20 000 лет известен как символ счастья, изобилия, плодородия и добродетели. Данный рисунок, кстати, проявляется на полированном срезе бивня мамонта. Образцы этого ортогонального орнамента часто присутствуют и на современных изделиях. А поворотная симметрия правильного шестиугольника вот уже 5 000 лет символизирует небесную мудрость и до сих пор используется для измерения времени: двенадцать месяцев в году и двадцать четыре часа в сутках.

Итак, с одной стороны, идеи, связанные с понятием «симметрия», лежат в основе самых строгих дедуктивных построений современной науки, а с другой – они являются результатом переработки и усвоения огромного эмпирического материала как в ходе развития сознания индивида, так и в процессе эволюции общественного сознания. Это придает понятию «симметрия» двойной логический статус – общего индуктивного и первичного дедуктивного феномена. Иллюстрацию данной уникальной особенности дает история развития геометрии.

Геометрия как дедуктивная дисциплина возникла, когда Фалесом Милетским (640/624–548/545 гг. до н. э.), основателем ионийской школы, были доказаны пять первых теорем. Доказывая их, он фактически создал первую аксиоматическую систему, хотя и не сформулировал явно ее положения. В основе геометрии Фалеса – постулаты свойств форм симметрии, в частности зеркальной симметрии. Такое построение геометрии позднее отвергнул Евклид, принявший в качестве постулатов другие утверждения, включая знаменитое положение о параллельных прямых. Евклид критиковал Фалеса за сложные формулировки и неопределенность представлений о симметрии. Здесь имеет место некоторая ирония. Действительно, согласно определению постулат – суждение, истинность которого не нуждается в доказательстве ввиду его самоочевидности. Как понимал уже сам Евклид, постулат о параллельных прямых не обладает очевидностью: прямые считаются параллельными, если они не пересекаются при бесконечном продолжении, но человек не может видеть целиком бесконечные прямые. Вместе с тем отражение в зеркале каждый наблюдал неоднократно и договариваться о свойствах зеркального отражения нет необходимости, так как они всем нам в одинаковой степени понятны. Другое дело, что строгое, а не эмпирическое и расплывчатое определение понятия «зеркальная симметрия» возможно только в рамках некоторой созданной ранее аксиоматической системы. В качестве нее исторически выступает геометрия Евклида. Следующий шаг заключается в том, чтобы показать, что зеркальная симметрия и другие метрические симметрии группы движений (центральная, поворотная и трансляционная) позволяют сформировать аксиоматическую систему, эквивалентную аксиоматике Евклида. Иначе говоря, следует отличать эмпирическую очевидность форм симметрии от высокого статуса этих же форм симметрии, фигурирующих как первичные дедуктивные понятия аксиоматической системы.

Фалес, опираясь на интуитивные, основанные на опыте представления о конкретных формах симметрии, включая зеркальную симметрию, сформировал зародыш неразвернутой аксиоматической системы геометрии. Этим он обобщил опыт многих тысяч лет, в течение которых люди пользовались зеркалом или предметами, заменяющими его. Подход Фалеса был отвергнут в пользу другой аксиоматики – аксиоматики Евклида. И только в 1872 г. Феликс Клейн высказал мысль о том, что в основе гео-

метрии Евклида лежат симметрии группы движений, включая зеркальную симметрию. В результате эмпирически выделенные инварианты симметрии группы движений (включая зеркальную симметрию) позволили в рамках уже сложившейся аксиоматической системы геометрии Евклида сформировать эквивалентную аксиоматическую систему. То есть четыре основных метрических симметрии: центральная, зеркальная, поворотная и трансляционная достигли высокого статуса первичных дедуктивных понятий через 2 500 лет после Фалеса Милетского, когда Феликс Клейн сформулировал Эрлангенскую программу и заложил основы теории групп симметрии [12, 19].

В описанном примере отчетливо прослеживаются обе стороны, связанные с понятием «симметрия»: (1) оно базируется на индивидуальном и общественном опыте и формируется медленно как общее индуктивное понятие и (2) одновременно является основой для конструирования строгих дедуктивных систем точных наук, что также требует долгой и кропотливой работы аналитиков.

Эти особенности, связанные с медленным и трудным осознанием значения и роли симметрии, нашли отражение в работе В. И. Вернадского «Принцип симметрии в науке и философии» (1921–1927 гг.) [4]. В своих рассуждениях ученый опирается на появившиеся к тому времени многочисленные работы по квантовой механике и теории относительности, где рассматривались заложенные еще в Древней Греции, т. е. 2500 лет назад, представления о пространстве, времени и энергии. Однако вопросы, связанные с общими проблемами симметрии, практически не нашли отражения в научных изданиях того периода, исключая незавершенные работы Пьера Кюри. По мнению Вернадского, это тем более удивительно, что:

1) проблемы квантовой механики и теории относительности тесно связаны с вопросами симметрии;

2) частные вопросы, связанные с симметрией, вот уже более 100 лет (до момента публикации работы Вернадского) проникли в кристаллографию, физику твердого тела, химию, в область молекулярных процессов и физику атома.

В. И. Вернадский отмечает: «После 1906 г., года смерти Кюри, перед нами открылась огромная новая область фактов, регулируемых симметрией, но не нашлось ума, который бы указал или захотел указать на общее значение этого явления и сделал бы из этих фактов неизбежные научные, а затем и философские выводы. Иное было бы, если бы был жив в эти годы Кюри, так как новые факты явились блестящим подтверждением его предвидения... Новым в науке явилось не выявление принципа симметрии, а выявление его всеобщности» [4].

Подчеркнем, что В. И. Вернадский говорит о «принципе симметрии» и его всеобщности, а не о частных принципах симметрии. В 1918 г. Эмми Нетер доказала известную теорему аналитической механики о связи сим-

метрии механических систем относительно преобразований времени и пространства с законами сохранения энергии, импульса и момента количества движения. Эти утверждения сейчас признаны как классические (геометрические) принципы симметрии (второе название – принципы инвариантности). В настоящее время известны и другие принципы симметрии квантовой механики, теории относительности и квантовой теории поля, например принцип калибровочной инвариантности и др. В отличие от общенаучного «принципа симметрии», о котором рассуждал Вернадский, все эти частные случаи относятся к узкой области теоретической физики, а именно к механике.

Когда в современной науке говорят о принципе симметрии, то, как правило, речь идет об одном из этих частных принципов, а не о некотором общем «принципе симметрии», имеющем значение для всех областей науки в том понимании, которое придал ему Вернадский. Возможно, это связано с медленным формированием представлений о некоторой форме симметрии как индуктивного понятия и медленным последующим встраиванием ее в дедуктивную систему, как это было описано выше относительно геометрии. Еще медленнее происходит осознание общности такого хода эволюции, как представления о симметрии для всех областей знания.

Сходная с историей геометрии ситуация неоднократно возникала в физике. Сначала на основе накопления и обобщения опытных данных были установлены законы сохранения энергии, импульса, момента количества движения, электрического заряда, т. е. были выделены инварианты некоторых видов симметрии. Затем в результате аналитической работы были созданы дедуктивные системы, в рамках которых была установлена связь между выделенными ранее инвариантами и соответствующими им группами симметрии уравнений механики.

Другой пример из истории физики дает ретроспектива развития ее первого раздела – механики. Открытию принципа относительности Галилео Галилея в начале XVI в. предшествовало накопление опытных данных о механических явлениях с эпохи Аристотеля. Столько времени понадобилось для того, чтобы выделить инварианты перехода от одной инерционной системы к другой, двигающейся относительно первой с постоянной скоростью. Инвариантами в этом случае являются ход механических явлений и вид законов классической механики. Потребовалось еще триста лет для того, чтобы сформулировать формальный вид преобразований Галилея и осознать его принцип относительности как принцип симметрии.

Эта схема повторялась в истории науки не раз и является общим правилом. Но в большинстве других областей знания и науки данный путь еще далек от завершения. Именно поэтому всеобщая роль симметрии, о которой догадывался В. И. Вернадский, до сих пор не осознана широкой научной общественностью.

Ниже будет продемонстрировано, что формы и принципы симметрии имеют тенденцию к созданию иерархической системы.

В середине прошлого столетия выдающийся физик-теоретик Е. Вигнер сформулировал схему деления области научного знания [17], анализ которой позволяет наполнить конкретным содержанием понятие «принцип симметрии», введенное ранее В. И. Вернадским. В своей схеме Вигнер выделил три уровня научного знания:

- 1) область явлений природы;
- 2) область законов природы;
- 3) уровень принципов симметрии (принципов инвариантности).

Каждый последующий уровень научного знания формирует структуру предшествующего, т. е. является своеобразным «каталогом», построенным как результат обобщения всего накопленного ранее наукой опыта. Такой содержательный «каталог», в отличие, например, от алфавитного, отражает наиболее существенные стороны обозначаемых объектов – его изучение уже позволяет получить общее представление о них.

Например, принцип калибровочной инвариантности электромагнитного поля задает форму уравнений электромагнитного поля, отражающих все частные законы, включая общеизвестный закон Кулона. В свою очередь, каждый частный закон электрического и магнитного полей охватывает область соответствующих ему явлений природы. Так, закон Кулона распространяется на бесчисленное множество явлений природы, связанных с притяжением точечных зарядов.

Узкой специальностью Е. Вигнера была квантовая теория поля. В ней были установлены новые принципы симметрии, отличные от старых, связанных с классической механикой. К новым относится, например, принцип калибровочной инвариантности, который приводит к закону сохранения электрического заряда. Эти новые принципы получили название динамических принципов симметрии. Они отличаются от известных ранее (геометрических) в классической механике, которые лежат в основе законов сохранения энергии, импульса и момента количества движения. Вигнеру необходимо было сформулировать отличие динамических принципов симметрии от классических, для чего он предложил свою трехуровневую схему деления области научного знания. Данное отличие Вигнер определил так: геометрические принципы симметрии сформулированы на языке явлений природы, а динамические – опираются на язык законов природы (рис. 1).

Классические принципы симметрии имеют второе название – геометрические принципы симметрии, так как они касаются преобразования пространства и времени, сходных с преобразованиями зеркального отражения, поворота и параллельного переноса в пространстве. Последние относятся к привычным для нас формам симметрии, которыми обладают геометрические фигуры: например, равнобедренный треугольник



при зеркальном отражении относительно биссектрисы угла, лежащего между равными сторонами, сохраняет свой вид; также и правильный шестиугольник при повороте на угол, кратный  $60^\circ$ , остается неизменным. Это свидетельствует о симметрии указанных фигур относительно соответствующих преобразований.



Рис. 1. Схема деления области научных знаний согласно Е. Вигнеру

Новые динамические принципы симметрии менее наглядны. Так, принцип калибровочной инвариантности в качестве преобразования рассматривает перенос вдоль оси электрического потенциала, или, что эквивалентно, изменение начала отсчета потенциала. А инвариантом этого преобразования является вид уравнений электродинамики, описывающих электрическое и магнитное поля.

Таким образом, существует потребность в более широком толковании понятия «симметрия», чем то, которое находится в основе рассмотрения привычных для нас геометрических форм симметрии. Иное основание для более общего, чем у Вигнера, определения содержания верхнего уровня научного знания в его схеме дает неявное противоречие, заложенное им самим при построении схемы деления области научного знания. Использованное ученым понятие «принцип симметрии» носит частный характер и относится к довольно узкой области науки – к механике (классической и квантовой), а также к теории относительности, классической электродинамике и квантовой теории поля, т. е. к областям физики, имеющим строгое дедуктивное построение. И именно в этих областях работает известная теорема Эмми Нетер о связи симметрии уравнений механики относительно групп непрерывных преобразований с соответствующи-

ми законами сохранения. В частности, поэтому принципы симметрии имеют второе наименование – принципы инвариантности. Симметрия уравнений механики при переносе вдоль оси времени (или, что эквивалентно, переносе начала отсчета времени) приводит к соблюдению закона сохранения полной механической энергии системы. При симметрии параллельного переноса в пространстве работает закон сохранения полного импульса системы. В случае симметрии поворота в пространстве соблюдается закон сохранения полного момента количества движения. Наконец, принцип калибровочной инвариантности (см. выше) связан с законом сохранения электрического заряда.

В рамках той же схемы деления области научного знания, в противовес узкому определению «принципа симметрии», Е. Вигнер предлагает общую трактовку понятия «закон природы», которое относится не только к механике, но и к другим разделам физики и другим научным дисциплинам: химии, биологии, психологии и даже к разделам знания, не имеющим пока общепринятого наименования. Данное определение апеллирует к некоторой связи двух различных групп явлений природы. Понятие «явление природы» тоже получает общее толкование без указания какой-либо научной дисциплины: это все то, что можно наблюдать. Возникает противоречие – две нижних области научного знания определены безотносительно к конкретным научным областям, а верхняя область относится к конкретной дисциплине – механике. Расхождение обусловлено тем, что для решения реальной задачи, формулирования разницы между геометрическими и динамическими принципами симметрии безразлично, насколько широко определены понятия двух нижних областей научного знания, лишь бы они охватывали классическую и квантовую механику, теорию относительности, классическую электродинамику и квантовую теорию поля. Но для выяснения общего значения роли симметрии во всей области научного знания в духе «принципа симметрии», описанного В. И. Вернадским, необходимо привести в соответствие сферы приложения понятий, используемых при построении схемы деления области научного знания. Поэтому вместо области принципов симметрии мы будем говорить об области форм симметрии. Возможность для этого существует благодаря расширению общей математической идеи симметрии, сформулированной Германом Вейлем [3, 21]: *объект обладает симметрией относительно заданной группы преобразований, если эти преобразования не меняют (оставляют инвариантными) определенные свойства или соотношения, характеризующие этот объект.*

В приведенном утверждении использован точный математический термин «группа преобразований», означающий, что набор данных преобразований замкнут на операции композиции любых двух из них (композиция – последовательное выполнение двух преобразований; а свойство замкнутости – композиция любых двух преобразований набора, которая

является преобразованием этого же набора). Это утверждение – одно из трех свойств, определяющих группу, т. е. первая ее аксиома. Две других аксиомы утверждают существование в группе нейтрального преобразования (т. е. отсутствие преобразования) и существование для всякого преобразования обратного ему преобразования. Композиция прямого и обратного преобразований – нейтральное преобразование. Примером группы служит набор переносов вдоль некоторой оси на любое расстояние, кратное длине  $l$  некоторого заданного отрезка. Так, перенос на  $(+7l)$  в положительном направлении оси – это одно из преобразований группы трансляций. Перенос на  $(-3l)$  в противоположном направлении – это другое преобразование той же группы. Их композиция – последовательный перенос в положительном направлении на  $(+7l)$  и затем перенос в обратном направлении на  $(-3l)$ . Очевидно, результат композиции – перенос на  $(+4l)$  в положительном направлении – относится к преобразованиям той же группы трансляций на любое расстояние, кратное  $l$ . В эту группу трансляций попадают любые переносы на расстояние  $(n \times l)$ , где  $n$  – произвольное целое число. При  $n = 0$  получаем нейтральное преобразование, а преобразования  $(n \times l)$  и  $(-n \times l)$  являются взаимно обратными. Симметрией относительно преобразований этой группы трансляций обладает, например, любой орнамент, лежащий на бесконечной ленте, рисунок которого повторяется с шагом  $l$  вдоль всей ленты. Любое преобразование группы трансляций не меняет общего вида рисунка, т. е. он выступает инвариантом преобразования.

С точки зрения математики в этом случае речь идет о наличии у ленты с рисунком трансляционной симметрии. Но и в нашем обыденном сознании заложено представление, согласно которому каждый кусок этой ленты, содержащий рисунок длиной больше одного шага трансляции (два, три и т. д.), позволяет говорить о наличии трансляционной симметрии. Любой перенос, кроме нейтрального (отсутствия переноса), выводит за пределы ленты, т. е. набор преобразований, заданный куском ленты с повторяющимся рисунком, не замкнут и не образует группу. Основание для обыденного понимания симметрии – мысленное дополнение обрывка ленты до бесконечной, или на более строгом языке – восстановление группы преобразований по некоторому набору преобразований, являющемуся частью группы, на основе применения к начальному набору преобразований закона композиции и последовательному пополнению формирующегося набора.

Таким образом, исходный набор преобразований порождает группу преобразований, имеющую общие с ним инварианты. И имеется в виду уже не группа симметрии, а ее форма. Форма симметрии – более общее понятие, чем группа, но менее строгое. Для нас это понятие важно тем, что эмпирические представления о симметрии возникают на основе ее

форм, а не групп. Представления о последних – итог мысленной экстраполяции опытных представлений о формах симметрии. В области математики и физики идеализированные группы симметрии давно вошли в обиход, а в области других научных дисциплин они еще не сложились, хотя наборы соответствующих им инвариантов уже зафиксированы. Например, передаваемые в процессе наследования основные признаки живых организмов есть наборы инвариантов. Преобразования, которые оставляют их неизменными, – это всевозможные вариации условий окружающей среды, в которой существует популяция. Описать эти вариации как математическую группу затруднительно. В подобных случаях целесообразно говорить о форме симметрии, а не о группе симметрии.

Группы симметрии – предельно частные случаи форм симметрии. Именно на основе этих групп зиждутся строгие дедуктивные теории математики и физики, в том числе теории, использующие понятие принципов симметрии (инвариантности). Однако введение понятия «формы симметрии» предоставляет дополнительные возможности для развития и эмпирических научных отраслей, в которых еще не сложились строгие дедуктивные подходы. В схему деления научного знания на отрасли, предложенную Е. Вигнером, целесообразно внести изменение – описывать верхний уровень не как область принципов симметрии, а как область форм симметрии (рис. 2). Это позволит охватить не только все существующие научные направления от строгих дедуктивных до эмпирических, но даже те, которые пока еще не рассматриваются как научные дисциплины.

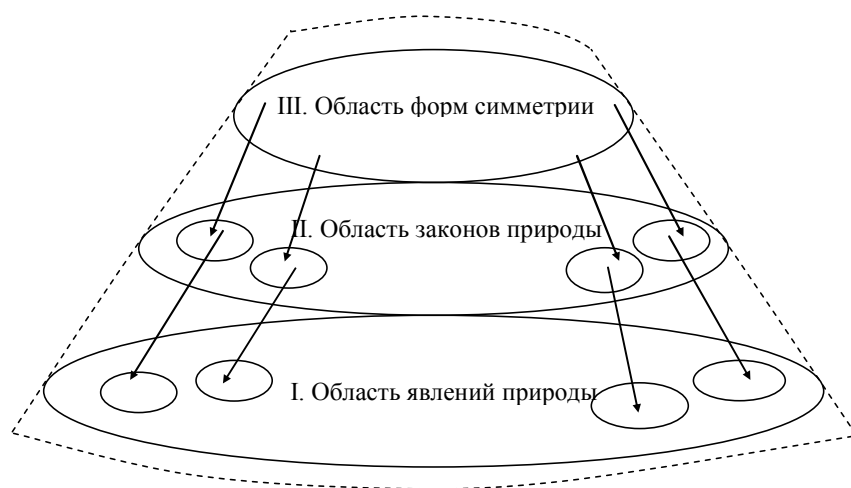


Рис. 2. Обобщение схемы деления области научных знаний Е. Вигнера

Приведем некоторые примеры форм симметрии в различных разделах знания:

- *биология*: тело человека при преобразовании обладает симметрией зеркального отражения относительно вертикальной оси, проходящей через голову; некоторые морские звезды имеют поворотную симметрию пятого порядка; симметрия с осью вращения пятого порядка характерна также для усредненной формы клеток живого организма, возникающей как результат взаимного наложения реальных клеток;

- *механика*: форма симметрии присуща явлениям механики, течение которых не меняется при переходе от покоящейся системы отсчета к системе отсчета, равномерно движущейся относительно нее. Это утверждение отражает знаменитый принцип относительности Галилео Галилея, с которого начинается механика.

- *психология*: форму симметрии, связанную с образованием у младенцев сенсомоторных инвариантов при игре с погремушкой, описал мэтр психологии Жан Пиаже. Сначала случайные удары по погремушке при беспорядочном движении рук вызывают испуг, затем удивление и, наконец, радостный смех при целенаправленном движении рук. Хаотичные взмахи рук – это произвольные преобразования; целенаправленные двигательные усилия под повторяющийся звук погремушки – инвариант преобразований. Разумеется, в работах Ж. Пиаже есть более полное описание роли симметрий в формировании мышления при развитии индивидуального сознания, в частности при генезисе понятия числа [10, 15–18].

Выше упоминалась идея Феликса Клейна о том, что в основе каждого раздела математики лежит свой специфический набор групп симметрии. Представление о формах симметрии позволяет экстраполировать мысль Ф. Клейна на другие научные отрасли: *в основе любой научной дисциплины лежит свой специфический набор форм симметрии, т. е. некоторых инвариантов определенного набора преобразований, порождающего группу преобразований*. Это представление находит прямое отражение в генезисе научного знания: формирование очередной отрасли научного знания как дедуктивной системы связано с выделением некоторого вида симметрий и соответствующих инвариантов на базе длительного предшествующего опыта.

Так, Фалес Милетский создал зародыш неразвернутой аксиоматической системы *геометрии*, когда доказал пять первых теорем геометрии, используя, в частности, понятия зеркальной симметрии в качестве аксиомы.

Начало *механики* как дедуктивной теоретической дисциплины положено принципом относительности Галилея. Современная форма данного принципа указывает на инвариантность вида законов механики относительно преобразований Галилея.

Основа химии как теоретической дедуктивной дисциплины – закон Дальтона о постоянстве состава химических соединений. В настоящее время этим законом определяются: а) независимость строения атомных ядер от взаимодействия электронных оболочек атомов в ходе химических реакций; б) независимость строения молекул от вариации факторов окружающей среды (температур, концентрации веществ, интенсивности внешних полей и т. п.). Эти утверждения об инвариантности нуклонного состава ядер атомов и атомарного состава молекул относительно вариации внешних условий фиксируют наличие некоторых новых форм симметрии.

Центральным разделом теоретической биологии является генетика, которая исследует и объясняет законы наследования биологических признаков. Инвариантность этих признаков при изменении условий среды обитания популяции также подтверждает наличие некоторых форм симметрии. С позиций молекулярной генетики устойчивость передачи наследуемых признаков есть следствие устойчивости состава молекул ДНК и устойчивости работы химических реакций, регулирующих сбор белков из аминокислот при считывании записи генетического кода в молекулах ДНК.

Принципы симметрии образуют иерархическую систему. Так, формы симметрии биологических процессов (наследования признаков) связаны с симметрией в химии – законом постоянства состава, а он, в свою очередь, – с симметрией в физике, инвариантом которой является нуклонный состав ядер атомов при атомных взаимодействиях. Иерархия форм симметрии, набросок которой приведен выше, – итог накопленного опыта и его логического упорядочения. Именно он и образует верхнюю область в схеме Е. Вигнера – область форм симметрии в модифицированной схеме деления области научного знания (рис. 1, 2). Но следует иметь в виду, что процесс развития научного знания весьма далек от завершения и об иерархии форм симметрии имеет смысл говорить только как об эмпирическом факте. Потенциально иерархия форм симметрии имеет тенденцию к выстраиванию единой дедуктивной системы.

Обратимся еще к одному аспекту обсуждаемой проблемы, связанному с кризисом системы образования. В условиях непрерывного прироста научного знания и возникающего из-за этого переполнения учебных программ [7] необходим специальный стержневой элемент, формирующий у нового поколения общую научную картину мира. В идеале таким элементом является сквозная линия, соответствующая области форм симметрии. На наш взгляд, с помощью как общенаучного, так и относящегося к широкой области общественного сознания понятия «принцип симметрии» можно разработать оптимальную структуру содержания образования. На это могут последовать возражения, что полное восприятие форм симметрии (включая ее принципы) требует знаний, получаемых на завершающих этапах обучения. Казалось бы, справедливое указание на

данное обстоятельство препятствует использованию иерархии форм симметрии на начальных этапах образования, когда существует наибольшая потребность в ориентации в мире знаний. Однако в подобных рассуждениях есть уже неоднократно упоминавшаяся узость понимания феномена симметрии: ее формы (и в особенности принципы) часто воспринимаются исключительно как принадлежность строгих дедуктивных теоретических построений физики и математики. Но формы симметрии имеют и глубокое эмпирическое содержание. Они – результат усвоения опытного материала как в процессе развития отдельной личности, так и в ходе общественного развития, следовательно, задают структуру и индивидуального, и общественного сознания. Роль форм симметрии в развитии индивидуального сознания детально описана в работах Ж. Пиаже [10, 15–18]. В области общественного сознания их значение наиболее явно ощущается в элементах художественного мышления [2, 3, 11, 21].

Двойной логический статус понятия «симметрия» (отражает одновременно и индуктивные, и дедуктивные функции системы форм симметрии) позволяет излагать содержание образования в виде циклов учебных дисциплин, таких как «Концепции современного естествознания» (КСЕ), «Естественнонаучная картина мира» (ЕНКМ) и др., постепенно переходя от обучения, опирающегося на образное восприятие, к строгому познанию, тяготеющему к последовательному аксиоматическому построению учебного материала [8]. Подразумевается, что содержание «новых» дисциплин необходимо отбирать, ориентируясь на иерархию форм симметрии. Цикл таких дисциплин различного уровня строгости изложения призван реализовать новую сквозную линию в структуре содержания образования<sup>1</sup>, соответствующую уровню области принципов симметрии в схеме деления области научного знания Е. Вигнера [8, 22–24]. Назначение такого подхода – формирование целостной естественнонаучной картины мира и оптимизация содержания образования [6, 8].

С учетом всего сказанного можно расширить мысль В. И. Вернадского о главенстве принципа симметрии в науке, философии и образовании. Данный принцип помогает формулировать и решать вопросы общеприкладного характера, так как опирается на самые глубокие и общие

---

<sup>1</sup> Термин «сквозная линия» введен наиболее авторитетным специалистом в области содержания образования – академиком РАО В.С. Ледневым [9]. Этот термин обозначает комбинированный элемент структуры содержания образования, состоящий из апикальных (автономных) компонентов и имплицитных компонентов того же содержания, растворенных в апикальных элементах другого содержания. Например, отдельные курсы математики и элементы математики в других курсах (физике, химии, биологии) формируют сквозную линию математики. Сквозная линия как структурный элемент позволяет строить гибкое и непрерывное изложение математики не только на протяжении всего периода подготовки учащегося, но и в приложении к различным возможным специализациям. То есть сквозная линия пронизывает все этапы образования и охватывает все его области.

представления о мире и человеке. В связи с этим вернемся к началу нашей статьи – соотношению научного и религиозного знания и повышенному вниманию к последнему со стороны общества.

Наш двадцатилетний опыт преподавания курсов КСЕ, построенных на основе принципа симметрии, показал хорошие результаты и обнаружил высокий интерес к содержанию данного учебного цикла всех учащихся. Однако самыми неравнодушными, судя по проведенному анкетированию, оказались две категории: будущие представители творческой интеллигенции – учащиеся старших классов средней профессиональной музыкальной школы-лицея при Уральской государственной консерватории им. М. П. Мусоргского и будущие представители православной общественности – студенты первых курсов специальности «Теология» РГППУ [6].

Возможность мотивированного и бесконфликтного введения элементов религиозного содержания в общий образовательный процесс требует подробного анализа и конкретных примеров. С этих позиций в следующей части нашей статьи мы рассмотрим несколько тем курса КСЕ, построенного на основе принципа симметрии. Первая и вторая темы касаются принципов симметрии квантовой механики: симметрии уравнений относительно инверсии времени, закона сохранения четности волновой функции и разделения материи на вещество и поле; модели понижения степени симметрии в первые мгновения после начала существования Вселенной. Третья тема посвящена анализу содержания понятий, на которых построена модифицированная схема деления области научного знания.

*(продолжение следует)*

*Статья рекомендована к публикации  
д-ром пед. наук, проф. В. А. Федоровым*

## **Литература**

1. Ван дер Варден Б. А. Алгебра. Москва: Наука, 1979. 623 с.
2. Волошинов А. В. Математика и искусство. Москва: Просвещение, 1992. 536 с.
3. Вейль Г. Симметрия. Москва: Наука, 1968. 191 с.
4. Вернадский В. И. Философские мысли натуралиста. Москва: Наука, 1988. 220 с.
5. Вигнер Е. Этюды о симметрии. Москва: Мир, 1971. 318 с.
6. Гапонцева М. Г. Интегративный подход в содержании непрерывного естественнонаучного образования: дис. ... канд. пед. наук. Екатеринбург, 2002. 206 с.
7. Гапонцева М. Г., Гапонцев В. А., Ткаченко Е. В., Федоров В. А. Курс «Естествознание» как интегрирующий фактор непрерывного образования // Образование и наука: Изв. УрО РАО. 2001. № 3 (9). С. 3–17.
8. Гапонцева М. Г., Федоров В. А., Гапонцев В. А. Эволюция структуры содержания образования. Екатеринбург: РГППУ, 2010. 154 с.



9. Леднев В. С. Содержание образования. Москва: Высшая школа, 1989. 360 с.
10. Пиаже Ж. Избранные психологические труды. Москва: Международная педагогическая академия, 1994. 680 с.
11. Рыбаков А. Б. Язычество древних славян. Москва: Наука, 1981. 607 с.
12. Стройк Д. Я. Краткий очерк истории математики. Москва: Наука, 1979. 328 с.
13. Эллиот Дж., Добер П. Симметрия в физике. Основные принципы и простые приложения. Москва: Мир, 1983. Т. 1. 304 с.
14. Elliot J. P. & Dawber P. G. Symmetry in Physics. Vol. 1: Principles and Simple applications. London, 1979.
15. Piaget J. The psychology of intelligence. London, 1950. 189 p.
16. Piaget J. The child's conception of number. London, 1952.
17. Piaget J. The origin of intelligence in the child. London: Bailey, 1953. 425 p.
18. Piaget J. and Inhelder B. The early growth of logic in the child. London, 1964. 302 p.
19. Struik Dirk J. A concise history of mathematics, Vol. II. The Seventeenth Century – The Nineteenth Century. New York, 1987. 298 p.
20. Van der Waerden B. L. Algebra I. Acthe Auflager der Modernen Algebra. Berlin; Heidelberg; New York, 1971.
21. Weyl H. Symmetry. Princeton, New Jersey, 1952. 176 p.
22. Wigner E. P. Symmetries and Reflections. Bloomington-London, 1970.
23. Wigner E. P. Symmetries and Conservation Laws. Proceedings of the National Academy of Sciences. 1964. Vol. 51. № 5.
24. Wigner E. // Proc. Intern. School of Physics «Enrico Fermi». 1964. Vol. 29, № 40.

## References

1. Van der Varden B. L. Algebra. [Algebra]. Moscow: Publishing House Nauka, 1979. 623 p. (In Russian)
2. Voloshinov A. V. Matematika i iskusstvo. [Mathematics and Art]. Moscow: Publishing House Prosveshhenie, 1992. 536 p. (In Russian)
3. Vejl' G. Simmetrija. [Symmetry]. Moscow: Publishing House Nauka, 1968. 191 p. (In Russian)
4. Vernadskij V. I. Filosofskie mysli naturalista. [Philosophical thoughts of the naturalist]. Moscow: Publishing House Nauka, 1988. 220 p. (In Russian)
5. Vigner E. Jetjudy o simmetrii. [Essays on symmetry]. Moscow: Publishing House Mir, 1971. 318 p. (In Russian)
6. Gaponceva M. G. Integrativnyj podhod v sodержanii nepreryvnogo estestvennonauchnogo obrazovanija. [Integrative approach in the content of continuous natural-science education]. Cand. diss. Yekaterinburg, 2002. 206 p. (In Russian)
7. Gaponceva M. G., Gaponcev V. L., Tkachenko E. V., Fedorov V. A. Kurs «Estestvoznanie» kak integrirujushij faktor nepreryvnogo obrazovanija. [A course

«Natural sciences» as integrating factor of continuous education]. *Obrazovanie i nauka. Izv. UrO RAO. [Education and science. News of Ural Branch of Russian Academy of Education]*. 2001. № 3 (9). P. 3–17. (In Russian)

8. Gaponceva M. G., Fedorov V. A., Gaponcev V. L. Jevoljucija struktury so-derzhanija obrazovanija. [Evolution of content structure of education]. Yekaterinburg: RGPPU, 2010. 154 p. (In Russian)

9. Lednev V. S. Soderzhanie obrazovanija. [Education content]. Moscow: Publishing House Vysshaja shkola, 1989. 360 p. (In Russian)

10. Piazhe Zh. Izbrannye psihologicheskie trudy. [Psychological Selecta]. Moscow: Mezhdunarodnaja pedagogicheskaja akademija. [International Pedagogical Academy]. 1994. 680 p. (In Russian)

11. Rybakov A. B. Jazychestvo drevnih slavjan. [Heathenism of ancient Slavic people]. Moscow: Publishing House Nauka, 1981. 607 p. (In Russian)

12. Strojck D. Ja. Kratkij ocherk istorii matematiki. [A brief sketch on mathematics history]. Moscow: Publishing House Nauka, 1979. 328 p. (In Russian)

13. Elliot Dzh., Dober P. Simmetrija v fizike. [Symmetry in Physics]. Osnovnye principy i proste prilozhenija. [Main principles and simple appendices]. Moscow: Publishing House Mir, 1983. T. 1. 304 p. (In Russian)

14. Elliot J. P., Dawber P. G. Symmetry in Physics. Vol. 1: Principles and Simple applications. London, 1979. (Translated from English)

15. Piaget J. The psychology of intelligence. London, 1950. 189 p. (Translated from English)

16. Piaget J. The child's conception of number. London, 1952. (Translated from English)

17. Piaget J. The origin of intelligence in the child. London: Bailey, 1953. 425 p. (Translated from English)

18. Piaget J. and Inhelder B. The early growth of logic in the child. London, 1964. 302 p. (Translated from English)

19. Struik Dirk J. A concise history of mathematics, Vol. II. The Seventeenth Century – The Nineteenth Century. New York, 1987. 298 p. (Translated from English)

20. Van der Waerden B. L. Algebra I. Acthe Auflager der Modernen Algebra. Berlin; Heidelberg; New York, 1971. (Translated from German)

21. Weyl H. Symmetry. Princeton, New Jersey, 1952. 176 p. (Translated from English)

22. Wigner E. P. Symmetries and Reflections. Bloomington-London, 1970. (Translated from English)

23. Wigner E. P. Symmetries and Conservation Laws. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1964. Vol. 51, № 5. P. 956–965. (Translated from English)

24. Wigner E. *Proc. Intern. School of Physics «Enrico Fermi»*. 1964. Vol. 29. № 40. (Translated from English)