

---

## ИНВАРИАНТЫ И УНИВЕРСАЛЬНЫЕ КОНСТАНТЫ

СЕРГЕЙ МЕЛИКЯН

Как известно, идея инвариантности и инвариантов является настолько мощным теоретическим средством исследования, что непосредственно связана почти со всеми фундаментальными проблемами философии науки и, в частности, философии естествознания. Ранее была исследована инвариантная концепция физической реальности<sup>1</sup> и тесно связанный с ней инвариантный подход к проблеме существования объектов в естественнонаучных теориях. Указанный подход дает возможность сохранения классической интуиции существования для довольно обширного класса теоретических объектов современного естествознания, обеспечивая тем самым преемственность в развитии научного стиля мышления. Для определения принадлежности объекта к данному классу нами сформулированы следующие критерии. Во-первых, естественно, что к типу существования, сохраняющему классическую интуицию существования, следует отнести существование всех тех индивидуальных объектов естествознания, которые охватываются понятием «реальность».

Во-вторых, является целесообразным увеличить указанный класс за счет объектов, не имеющих непосредственно реальных денотатов, однако могущих быть поставленными в соответствие с некоторым множеством классических моделей. Возможность построения таких моделей мы связываем с наличием или отсутствием «материальных ассоциаций», связанных с теоретическим объектом.

Перейдем теперь к рассмотрению качественно иного типа существования в науке, которое можно характеризовать в широком смысле как существование в контексте языкового каркаса. Этот тип существования, в отличие от первого, отличается несравненно большей изменчивостью и, кроме этого, при данном подходе не предполагает никаких «материальных ассоциаций».

Образно говоря, мы могли бы сравнить указанный аспект существования с существованием киноперсонажей в многосерийной картине, подчиненных некоторому замыслу режиссера и имеющих свою логику развития, независимую от вопроса о реальности. Ясно, что здесь речь идет не о противопоставлении указанных аспектов существования, а об абстрагировании от их диалектического единства с целью логико-методологического анализа роли и функциональной сущности каждого из них в едином процессе становления и развития научного знания. Отме-

---

<sup>1</sup> С. С. Меликян, Об инвариантной концепции «физической реальности» (2002 г.и «Иршр», 1973, № 10).

тим, что термины «реальность» и «существование» в рамках первого аспекта нашей проблемы, который впредь будем называть инвариантным существованием<sup>2</sup>, были использованы как идентичные. Что касается второго аспекта, то здесь исключительно используется понятие существования для обозначения актуальной (реализованной) или потенциальной возможности быть элементом некоторой теоретической системы. Говоря другими словами, в той своей части, когда наше представление об объекте предполагает материальные ассоциации, термины «реальность» и «существование» будем считать синонимами, наоборот, при подходе, не предполагающем материальных ассоциаций — различными.

Проблема существования в том виде, как она поставлена выше, является универсальной и возникает при любой попытке ассимилировать некоторый класс объективных явлений внешнего мира с помощью теоретических структур научного знания. Однако, можно сказать, что возникновение проблемы реальности и существования в методологии физики, математической физике и чистой математике не является случайным и объясняется как наибольшей развитостью этих дисциплин, являющихся образцом построения точных и строгих систем понятий для исследования явлений природы, так и большей фундаментальностью их в системе научного знания.

Исследование проблемы существования, которое мы продолжим ниже, представляет известный интерес в рамках всех научных дисциплин, и одной из целей, поставленных в данной статье, является указание на те интегративные свойства, которыми обладает методология инвариантов в науке.

Таким образом, с одной стороны, здесь производится логико-методологический анализ проблемы реальности и существования в теоретической физике, с другой — естественнонаучный материал, привлекаемый с этой целью, служит хорошим фоном для иллюстрации идей, связанных с более широким подходом к вопросам существования и развития системы теоретических понятий, каковыми являются научные теории.

Как известно, при рассмотрении сменяющих друг друга физических теорий, впрочем, и в теориях, сосуществующих одновременно, мы неоднократно сталкиваемся с явлением перехода некоторых понятий предыдущей теории в последующую. Более того, можно сказать, что существование таких «сквозных» понятий является скорее правилом, которому мы обязаны наблюдаемой связностью и целостностью науки. Факт существования «сквозных» понятий в сменяющих друг друга научных теориях, является, на наш взгляд, указанием на важнейшую роль в реальном развитии науки, некоторого механизма преобразования одноименных конструктов. Хоть и смысл «сквозных» понятий не остается инвариантным в теориях, однако контекст истории знания является основой, позволяющей «узнавание» и классификацию таких понятий. При-

<sup>2</sup> Для указания того подхода, который здесь применяется.

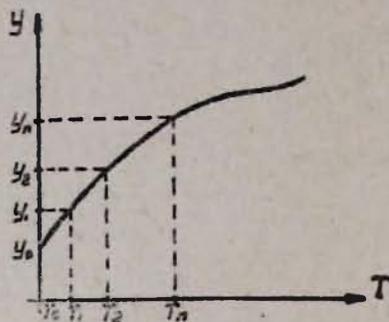
мерами «сквозных» понятий в физической науке являются понятия массы, скорости, пространства; в математике — числа, функции и т. д.

Практика научного исследования показывает, что внутритеоретические понятия, исходя из той роли, которую они выполняют, подразделяются учеными на относительно более или менее «стабильные», более или менее важные. Несмотря на то обстоятельство, что резкую границу между этими категориями провести трудно, можно в принципе указать на понятия, так сказать, «третьего сорта», вводимые в теорию для «склеивания» понятий более «надежных», для создания единой, по возможности непротиворечивой картины внутри теоретической системы. Одним из наиболее ярких примеров существования подобного аспекта в физике является «метод перенормировки», «склеивающий» в единое целое тот теоретический инструментарий, который применяется в релятивистской квантовой теории поля. Коротко говоря, сущность этого метода состоит в следующем. Попытки решения уравнений, получающихся при квантовании релятивистских полей, показывают, что такие характеристики электрона, как заряд  $e$  и масса  $m$ , входящие в уравнения, получаются бесконечно большими. Для преодоления этой трудности был предложен следующий искусственный прием: считать, что величины  $e$  и  $m$ , входящие в уравнения, отличаются от измеренных на опыте некоторыми «поправочными» членами  $\Delta e$  и  $\Delta m$ . Тогда эти характеристики частицы принимают вид  $e + \Delta e$  и  $m + \Delta m$ . Ввиду того, что поправочные члены не являются конечными, предполагается, что сами величины  $e$  и  $m$  имеют бесконечно большие отрицательные значения, компенсирующие величину поправок. Как полагает П. Дирак<sup>3</sup>, метод перенормировок не является «жизнеспособным» и в дальнейшем будет заменен на более приемлемый, однако такой прием позволяет в настоящее время теоретически получить результаты, которые с большой точностью совпадают с экспериментом. При желании можно привести и другие примеры существования в теоретической физике искусственных, чисто математических понятий и интерпретаций, не имеющих физического смысла, единственной функцией которых является, как уже указывалось, склеивание понятий более «высокого ранга». Достаточно для этого вспомнить введение в теорию понятий виртуальных объектов и состояний.

Остановимся более подробно на вопросе о том, что представляют собой понятия «высшего ранга» в физических теориях. К таковым, как представляется нам, в первую очередь необходимо причислить те основополагающие «сквозные» понятия, вариации которых определяют лицо новой физической картины, возникающей при так называемых «научных революциях». Весь класс подобных понятий мы будем называть «квазиинвариантами». Таким образом, в более широкой трактовке под квазиинвариантами данной области научного знания следует понимать те основополагающие «сквозные» понятия, изменения которых создают

<sup>3</sup> П. Д и р а к. Эволюция физической картины природы («О чем думают физики», вып. 3, Элементарные частицы, М., 1965, стр. 134).

качественно новую систему взглядов на предмет исследования. Для более наглядной иллюстрации этих субъектов второго из указанных нами типов существования, который теперь можно назвать «квазиинвариантным существованием», воспользуемся графическим представлением. Вообразим себе некоторую идеальную функцию  $y=f(T)$ , описывающую поведение некоторого фундаментального, в данной области науки, понятия  $y$  во времени  $T$ . Для простоты и наглядности предположим, что заданная функция представляет из себя непрерывную кривую в плоскости  $\{y, T\}$ .



Тогда значения функции  $y_0, \dots, y_n$ , соответствующие некоторым фиксированным  $T_0, \dots, T_n$ , определяют значения понятия  $y$  в различные периоды его развития<sup>4</sup>. К примеру, если под  $y$  понимать понятие массы и представить себе, что мы владеем некоторым совершенно фантастическим средством описать изменения понятия массы в историческом процессе развития естественнонаучных теорий, то можно считать, что  $m_0$  соответствует тому содержанию, которое вкладывала в понятие «масса» классическая физика (на нашем графике определяемая фиксированным  $T_0$ )<sup>5</sup>.

Далее,  $m_1$ , соответствующее  $T_1$ , можно отождествить со значением понятия в теории относительности и т. д. При подобной интерпретации каждую из  $y_i$  мы можем считать с большей степенью точности инвариантом в период  $T_i$  относительно некоторого круга объективных явлений, ассимилируемых научной теорией.

Нужно отметить, что указанный круг явлений, привлекаемых для ассимиляции научной теорией, не остается тем же для всех периодов  $T_i$ , и, как правило, довольно значительно меняется, так что  $y_i$  являются, в общем случае, инвариантами относительно различных множеств явлений внешнего мира, что и приносит момент несоизмеримости отдельных фиксированных  $y_i$ . Так, мы можем считать, что ньютоновское понимание массы тел являлось инвариантным при рассмотрении того круга проблем, который был поставлен перед классической физикой, ибо

<sup>4</sup> Естественно, что подобное развитие предполагается в контексте развивающихся научных конструкций.

<sup>5</sup> Несмотря на то, что понятие массы в классической физике имеет «более точную» структуру, в целях простоты будем исходить из некоторого единого значения  $m_0$ .

при переходе от одной проблемы к другой оно не менялось существенным образом.

Саму функцию  $y$ , фиксированные значения которого мы рассматривали как инварианты в соответствующих периодах времени, мы называем квазиинвариантом.

В наиболее наглядной форме квазиинвариантный аспект проблемы существования, а вместе с тем и роль и значение в естествознании квазиинвариантов выступают при рассмотрении понятий, именуемых физическими константами. Перечень основных констант физики следующий:

- $e$  — заряд электрона
- $m$  — масса электрона
- $M$  — масса протона
- $h$  — постоянная Планка
- $c$  — скорость света
- $G$  — постоянная тяготения
- $\lambda$  — космологическая постоянная.

Каждая из приведенных констант считается в современной физике независимой от всех других или, говоря другими словами, теоретически невыводима из них.

Если применить идеи, изложенные выше относительно двух аспектов проблемы существования к понятиям, составляющим перечень основных физических констант, то увидим, что в то время как аспект квазиинвариантного существования может быть представлен в наглядном, бесспорном виде, инвариантное существование некоторых из этих понятий не является очевидным. Более того, можно сказать, что ни одному из физических постоянных не может быть непосредственно приписано инвариантное существование в изложенном здесь понимании. Действительно, ни заряд электрона, ни постоянную Планка или тяготения невозможно мыслить как «свободные вещи» или связать с ними непосредственно какие-либо материальные ассоциации. Однако основные, или вернее сказать, фундаментальные физические постоянные обладают одним важным свойством, которое позволяет выделить момент инвариантности в них, пожалуй даже в большей степени, чем в любом другом объекте теоретической физики, обладающем бесспорным инвариантным существованием. Рассматриваемое свойство, делающее фундаментальные константы, можно сказать, наиболее интересными объектами философии естествознания, заключается в том, что численные характеристики этих понятий входят в перечень наиболее достоверных, непреходящих результатов, которых добились человеческая наука при изучении внешнего мира.

Вот что пишет по этому поводу Б. Рассел: «Следует отметить, что мы гораздо более уверены в значении этих (физических. — С. М.) постоянных, чем в той или иной их интерпретации. Постоянная Планка в течение ее короткой истории с 1900 года словесно выражалась различными способами, однако все эти изменения несколько не повлияли на ее

численное значение. Что бы ни случилось с квантовой теорией в дальнейшем, можно быть уверенным, что постоянная  $h$  сохранит свое значение. То же самое можно сказать и о  $e$  и  $m$ , то есть о заряде и массе электрона. Электроны могут полностью исчезнуть из основных принципов физики, но  $e$  и  $m$  безусловно выживут. В известном смысле можно сказать, что открытие и измерение этих постоянных является наиболее прочным достижением современной физики»<sup>6</sup>. Образно говоря, если многообразие теоретических структур науки сравнить с различными объективными мнениями, опирающимися на то или иное качество человека, то численные характеристики фундаментальных постоянных физики можно сравнить с такими параметрами, как вес, рост и др., которыми считаются постоянными в те периоды, к которым эти мнения относятся. С другой стороны, сами понятия параметров человека могут играть важные, однако весьма различные роли в тех системах умозаключений, которые строятся в связи с тем или иным аспектом поведения.

Вполне возможно, что приведенная аналогия является более серьезной, чем может показаться на первый взгляд, и что фундаментальные константы физики имеют непосредственное отношение к определению тех начальных условий, которые сложились при рождении изучаемой нами вселенной. Во всяком случае, указанная стабильность численных значений физических констант относительно смены естественнонаучных теорий не может быть объяснена никак иначе, чем отнесением их к прямым объективным характеристикам изучаемого нами внешнего мира.

Другим веским доводом в пользу такого представления является то обстоятельство, что большинство прогнозов, делаемых специалистами относительно перспектив развития естествознания, прямо связано как с анализом роли и значения той или иной интерпретации фундаментальных констант в теории, так и с анализом их «взаимоотношений» и «взаимодействий».

Рассмотрим вкратце некоторые из этих прогнозов.

Анализ роли таких фундаментальных постоянных в физике, как заряд электрона, постоянная Планка и скорость света, позволяет П. Дираку<sup>7</sup> сделать ряд важных замечаний о возможных путях развития физической науки.

Рассматривая безразмерное выражение  $\frac{hc}{e^2}$ , равное 137, П. Дирак замечает, что в физике будущего будет сделан выбор двух из констант, входящих в безразмерное выражение, третья же окажется зависимой. Одной из фундаментальных независимых констант, по-видимому, будет

<sup>6</sup> Б. Рассел, Человеческое познание, М.—Л., 1957, стр. 64. Интересно отметить, что в приведенной цитате Б. Рассел, говоря об универсальном характере числовых характеристик фундаментальных констант для естествознания в целом, сравнивает эту универсальность с обоими аспектами проблемы существования, которые мы приводим.

<sup>7</sup> П. Дирак, указ. соч., стр. 135.

скорость света, играющая важную роль в теории относительности Эйнштейна<sup>8</sup>.

Альтернатива между  $e$  и  $\hbar$ , как замечает Дирак, скорее всего решится в пользу величины «элементарного» заряда  $e$ , исходя из следующих соображений: если бы мы  $e$  считали зависимой величиной, то из построенного нами безразмерного выражения видно, что тогда величине заряда пришлось бы выразить корнем квадратным из  $\hbar$ , во что трудно поверить, поскольку квадратные корни в основные законы природы не входят. Более правдоподобно обратное предположение, а именно, что фундаментальная константа  $\frac{\hbar}{2\pi}$  выразится через  $e^2$ . Одним из прямых следствий такого изменения роли фундаментальных констант как в самой теории, так и в методологии и философии науки, явится пересмотр нашего понимания принципа неопределенностей Гейзенберга, связанного с  $\hbar$ . А именно, второстепенное положение постоянной Планка в теории повлияет на то фундаментальное значение, которое сегодня придается принципу неопределенностей и, согласно Дираку, в современном виде этот принцип «не выживет».

«Конечно, — пишет П. Дирак, — никакого возврата к детерминизму классической физики не будет. Эволюция не идет вспять. Она пойдет вперед. Но развитие может быть настолько неожиданным, что гадать о нем невозможно, однако от классических идей мы отойдем еще дальше. Вместе с тем точка зрения на соотношение неопределенностей полностью изменится. И когда это произойдет, физики обнаружат, что бесполезно столько спорить о роли наблюдения в теории, ибо они обретут гораздо более ясную точку зрения, с которой они будут рассматривать все явления»<sup>9</sup>.

Итак, основное значение в предстоящем развитии естествознания П. Дираком придается тем фундаментальным понятиям, которые мы определили как квазиинварианты. Именно вариации квазиинвариантов лягут в основу новой физической картины мира. Несмотря на то, что выше речь шла, в основном, о чисто математических соотношениях между квазиинвариантами, само собой разумеется, что новое качество в теории определится именно развитием квазиинвариантного существования фундаментальных понятий естествознания, питаемым их вариациями. Может показаться, что описываемый механизм развития теорий в очень большой степени детерминирует этот процесс. Однако это далеко не так. Дело в том, что в различные периоды развития науки роль, которую играют те или иные квазиинварианты, является существенно различной. В зависимости от того, вариации каких именно из этих основополагающих понятий лягут в основу новой научной парадигмы, развитие данной области знания может пойти тем или иным путем, а это обстоятельство предугадать вряд ли возможно. Однако может случить-

<sup>8</sup> В частности, при помощи скорости света  $c$  связываются между собой интервалы времени и длины.

<sup>9</sup> П. Д и р а к, указ. соч., стр. 132.

ся, что появятся чисто эмпирические аргументы, позволяющие сделать предположения о некоторых путях эволюции более возможными.

Рассмотрим еще один прогноз путей развития теоретической физики, который опирается на несколько более расширенный класс квазиинвариантов, чем прогноз П. Дирака.

Одним из специфических тенденций в развитии теоретической физики, как отмечает видный немецкий ученый М. Штраус<sup>10</sup>, является сокращение числа не определенных в теории физических величин. Одной из актуальных задач современной физики является установление связи таких величин с универсальными постоянными теории, а также теоретическое обоснование тех или иных фундаментальных характеристик микробиъектов. В зависимости от той роли, которую играют универсальные постоянные в теориях, Штраус рассматривает четыре непосредственно не связанные между собой физические теории: квантовая механика ( $h$  — теория), теория относительности ( $c$  — теория), квантовая теория поля ( $h$ — $c$  — теория), теория гравитации ( $k$ — $c$  — теория).

Было бы логично предположить, что следующий этап в развитии теории будет связан с появлением теории, обобщающей идеи квантовой теории поля с приложением их к общей теории относительности, т. е., выражаясь терминологией Штрауса, созданием  $h$ — $k$ — $c$  — теории, характеризующейся некоторой фундаментальной величиной  $l = \sqrt{hk/c^3}$ , численное значение которой порядка  $10^{-33}$  см.

Однако, как отмечает автор, действительное развитие теоретической физики пошло иными путями и, возможно, основной причиной этого явилось то обстоятельство, что современные экспериментальные данные физики элементарных частиц не подтверждают гипотезы о том, что гравитация играет в микромире сколь-нибудь значительную роль. Промежуточным звеном в развитии теории, по мнению Штрауса, является введение в теорию новой фундаментальной константы  $l \sim 10^{-15}$  см, что в дальнейшем может способствовать появлению  $l$ — $c$ — $h$  — теории, не включающей гравитации. Дальнейшее развитие теоретической физики, согласно Штраусу, должно идти по пути введения в эту теорию гравитации, т. е. создания « $k$ — $l$ — $c$ — $h$ » — теории. Две константы длины, которые войдут в такую теорию, могут иметь различные физические значения.

Таким образом, мы рассмотрели проблему реальности, существования и развития научных понятий и теоретических систем. Определение понятия квазиинварианта, которое, как нам представляется, играет главную роль в построении модели развития теоретических структур, представлено в контексте проблемы существования. Указанный аспект существования назван квазиинвариантным существованием. Квазиинвариантное существование и механизм развития, связанный с ним, является универсальным. Тщательное изучение всех теоретических струк-

<sup>10</sup> M. Strauss, *Modern physics and its philosophy. Selected papers in the logic, history and philosophy of science*, Dordrecht, 1972.

тур, когда-либо привлеченных для ассимиляции данного феномена, вероятно, обнаружит весь список основных квазиинвариантов данной области знания. На этой стадии исследования формируется определенная концепция, адекватно воспроизводящая логику развития знания об объекте. Следующий этап исследования предполагает сбор возможно большего количества эмпирических фактов с одновременным соотношением их к различным возможным теоретическим моделям, построенным из различных сочетаний квазиинвариантов данной области с их вариациями. Вариации квазиинвариантов должны быть жестко привязаны к имеющемуся эмпирическому материалу и в основном определяться им. Процесс исследования завершается построением удовлетворительной модели явления, ассимилирующего наиболее основные, на наш взгляд, эмпирические факты.

Изложенное хорошо согласуется с методологией научного поиска, сформулированного в ряде научных трудов В. А. Амбарцумяном<sup>11</sup>. Говоря об изменениях в постановке космологической проблемы и о необходимости рассмотрения частных задач космогонии в широком контексте общей теории звезд, В. А. Амбарцумян пишет: «Речь должна идти не о выводе современного состояния какой-нибудь индивидуальной системы из гипотетического первоначального состояния. Речь уже должна идти о выводе общих закономерностей развития небесных тел и их систем. В частности, происхождение Солнца и солнечной системы должно быть понято в рамках общей теории звезд»<sup>12</sup>. И далее: «...богатство наблюдательных данных о звездах привело к постановке в космогонии целого ряда новых и притом весьма глубоких вопросов, о которых раньше мы не имели и представления. Но вместе с тем явилась возможность приступить к решению проблемы, начав с рассмотрения более простой задачи о том, какие из наблюдательных состояний звезд и каким образом генетически связаны между собой. Идя этим путем, тщательно изучая фактический материал и вводя в нужные моменты соответствующие гипотезы и теории, можно будет разрешить всю космогоническую гипотезу»<sup>13</sup>.

Дальнейшее исследование проблемы развития научного знания, проведенное в русле материала общественных наук, может подтвердить интегративные свойства вышеописанного подхода. К примеру, как нам представляется, к квазиинвариантам в теории политэкономии и юриспруденции можно причислить понятие товара, сделки, обязательства и т. д., к историческому материализму — понятие класса и др. Определе-

<sup>11</sup> В. А. Амбарцумян, В. В. Казютинский, Проблемы методологии естественнонаучного поиска («Вопросы философии», 1971, № 2, стр. 43).

<sup>12</sup> В. А. Амбарцумян, Эволюция звезд и астрофизика («Философские вопросы науки о вселенной», Ереван, 1973, стр. 215).

<sup>13</sup> Там же, стр. 215. Как известно, одним из результатов последовательного применения концепции научного поиска, разработанного В. А. Амбарцумяном, явилось открытие бюраканскими астрономами существования нового типа звездных систем — звездных ассоциаций.

ние и логико-методологический анализ специальнонаучных квазиинвариантов является актуальной задачей на пути к построению адекватных реальному историческому развитию теоретических моделей. Важнейшим методом обоснования таких моделей является, несомненно, наглядная демонстрация их «работы». Иначе говоря, необходимо привлечь для обоснования богатый материал из истории науки, причем, по возможности из области различных дисциплин.

Описание и обоснование универсального механизма развития теорий может явиться методологической основой разработки особенностей явления интеграции наук, успешное решение которого, несомненно, будет зависеть от результатов конкретных работ. Исследование проблемы квазиинвариантов, расширенное привлечением материала из области общественных наук, позволит перейти к следующему этапу построения модели развития — рассмотрению научной парадигмы как специальной конструкции квазиинвариантов данной области знания.

### ԻՆՎԱՐԻԱՆՏՆԵՐԸ ԵՎ ՈՒՆԻՎԵՐՍԱԼ ՀԱՍՏԱՏՈՒՆԵՐԸ

ՍԵՐԳԵՅ ՄԵԼԻԶՅԱՆ

Ա մ փ ո փ ո լ ս

*Բնագիտության տեսական կոնստրուկցիաների փոփոխության պրոցեսի ուսումնասիրությունը բացահայտում է տեսությունների բազիսային հասկացությունների և սկզբունքների վարիացիաների ֆունդամենտալ նշանակությունը գիտական նոր աշխարհայացքի ձևավորման գործում:*

*Նշված հասկացություններն ու սկզբունքները կոչվում են քվազիինվարիանտներ, ընդ որում, քվազիինվարիանտի հասկացությունը գիտական օբյեկտների գոյության պրոբլեմը բնականորեն կապում է գիտելիքի զարգացման պրոբլեմի հետ: Քվազիինվարիանտային մոտեցման գաղափարները լավ են համակցվում ակադ. Վ. Համբարձումյանի կողմից ձևակերպված գիտական որոնումների մեթոդոլոգիայի հիմնական ասպեկտների հետ: Մեթոդոլոգիական տեսակետից այդ մոտեցումը բացահայտում է գիտական գիտելիքի զարգացման դիալեկտիկական որպես ճանաչողության պատմական և տրամաբանական մեթոդների միասնություն:*