

УДК 165.1

DOI:

10.15372/PS20160206

**А.Ю. Сторожук**

*Институт философии и права СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Николаева, 8,  
Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2  
stor71@mail.ru*

### **МЕХАНИЗМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭПИСТЕМОЛОГИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ**

В статье рассматриваются внутренние и внешние механизмы трансформации принятых в науке эпистемологических стандартов. Показано, что внутренние механизмы определяют направление исследований, а внешние влияют на организацию исследований. Существенными внешними причинами трансформаций в науке на современном этапе являются техника, компьютерные и математические методы, которые определяют как состав и структуру исследовательского коллектива, так и принимаемые эпистемологические допущения.

*Ключевые слова:* меганаука, унификация, эпистемологические стандарты

**A.Yu. Storozhuk**

*Institute of Philosophy and Law SB RAS, Nikolaeva 8, Novosibirsk, Russia, 630090  
Novosibirsk State University, Pirogova 2, Novosibirsk, Russia, 630090  
stor71@mail.ru*

### **MECHANISMS OF EPISTEMOLOGICAL STANDARDS TRANSFORMATIONS**

The article considers internal and external mechanisms of transformation epistemological standards accepted in science. We show that internal mechanisms determine the line of research, and external ones influence on the research organization. Significant external causes transformation of science at the present stage are machinery, computerization and mathematical methods, which determine the composition and structure of the team, and adopted the epistemological assumptions.

*Keywords:* megascience, unification, epistemological standards

Образ науки в трудах философов эволюционировал со временем от науки классической (кумулятивной) к постклассической (революционной). Соответственно изменились и эпистемологические стандарты,

приняты в научном сообществе. Это обстоятельство делает актуальным изучение крупных преобразований научно-исследовательских программ, включающих изменение как онтологической составляющей – картины мира, так и эпистемологических установок.

Основной причиной, вызвавшей волну трансформаций эпистемологических стандартов, является усложнение науки. Мы называем механизмом процесс, который определяется сущностями, его слагающими, и действиями, им производимыми, а также начальными и конечными условиями и их функциональными ролями. Механизмы трансформации можно разделить на внутренние, обусловленные логикой развития науки, и внешние, обусловленные необходимостью изменять структуру общественных отношений, расширять межнаучную коммуникацию, применять вычислительные машины, усложнять техническое обеспечение экспериментов.

Внутренние причины обычно оказываются нерешенными проблемами и расхождениями между теориями и данными, даже когда их нельзя формально причислить к противоречиям. Толчком к исследованию часто оказываются проблемы, т.е. задачи, не имеющие решения в рамках существующих теоретических схем и методологии. Проблемы часто возникают как расхождение между экспериментальными данными и ожиданиями, сформированными теоретическими предсказаниями. Например, при открытии бозона Хиггса выяснилось, что масса открытой частицы недостаточно велика для обеспечения массами тяжелых нестабильных частиц Стандартной модели. Это расхождение вынудило продолжить исследование и с вероятностью 3 $\sigma$  был зафиксирован второй бозон Хиггса. В свою очередь, открытие второго бозона Хиггса уже не может быть объяснено в рамках стандартной модели и требует привлечения идей суперсимметрии. Однако предварительный поиск суперсимметричных частиц пока не дал результатов, что опять-таки является проблемой, и т.д.

Внутренние причины трансформации науки определяют общее направление исследований. Внешние причины оказывают заметное влияние на общий характер организации научных исследований. Трансформация науки предполагает изменение формы взаимодействия эпистемологических стандартов и воплощение новых форм научной рациональности при переходе на постнеклассическом этапе к меганауке. Термин «меганаука» появился для обозначения крупных международных коллабораций, объединяющих в рамках одного проекта несколько коллективов. Для меганауки характерно объединение научного и инженерного

труда, тесное взаимодействие теоретиков, специалистов по компьютерному моделированию, экспериментаторов. Соответственно, меняется структура социальных отношений и эпистемологических стандартов.

С точки зрения социальных отношений происходят их структуризация, рост специализации, что порождает сравнительную автономность эпистемологического труда и заостряет проблемные моменты коммуникации. С точки зрения усложнения экспериментальных исследований происходит ряд изменений эпистемологических стандартов в меганауке, что отличает последнюю от постнеклассической науки. К таким изменениям относится распределение эпистемологического труда и эпистемологической ответственности. С одной стороны, то обстоятельство, что большинство участников эксперимента не знакомы с его конечной целью, обеспечивает большую надежность данных по принципу механизма слепого рецензирования. С другой стороны, неизбежно возникает непонимание, снижающее эффективность взаимодействия. Поэтому ученые вынуждены уделять специальное внимание выработке универсального языка, обеспечивающего взаимодействие. То есть в рамках одной коллаборации проявляется действие двух противоположных тенденций: специализации и унификации.

Один из механизмов унификации – междисциплинарное взаимодействие различных дисциплин, так как проблемное поле одной науки может оказать влияние на развитие смежных областей, порождая задачи, неразрешимые в исходной области и требующие привлечения техник, методик и результатов другой области.

Перечислим некоторые особенности современной научной эпистемологии:

- 1) распределение эпистемологического труда и эпистемологической ответственности;
- 2) рост значимости статистических методов, применение статистических методов для определения достоверности результата;
- 3) усиление теоретической нагруженности наблюдений за счет необходимости учета фоновых теорий, отбора и исключения данных;
- 4) повышение точности измерений;
- 5) необходимость использования компьютерных мощностей для обработки большого количества отбираемых данных и их «принципиальный цифровой характер».

### **Повышение точности измерений**

Те открытия, которые, так сказать, лежали на поверхности, уже давно сделаны. Сегодня новые открытия осуществляются, как правило, в экспериментах высокой точности. Приведем два примера.

Открытие реликтового излучения зафиксировало длину волны, соответствующую тепловому излучению 2,7 К. Анизотропия реликтового излучения была открыта в пятом знаке после запятой, т.е. точность экспериментов возросла на четыре порядка. В работе Дж.Ф. Смута [5, с. 1305] показано, что повышение точности шло постепенно: если в 1970-х годах измерения производились с точностью до одного-двух знаков после запятой, то в 1990-е точность этих экспериментов резко возрастает и температура реликтового излучения измеряется уже с точностью до трех цифр после запятой.

Современные эксперименты демонстрируют высочайшую точность измерений. Так, в 14 сентября 2015 г. на интерферометре LIGO (США) было зарегистрировано первое открытие гравитационных волн. После обработки результатов 11 февраля 2016 г. было торжественно объявлено об открытии гравитационных волн с точностью более  $5\sigma$  [7]. В ходе данного эксперимента на лазерном интерферометре было зафиксировано изменение расстояния на  $10^{-17}$  см. При этом общая длина плеча интерферометра составляла 4 км.

Столь грандиозная точность, достижимая в современных экспериментах, ведет к трем эпистемологически значимым следствиям: во-первых, к росту значимости математических методов в научном исследовании; во-вторых, к необходимости учитывать теории фона; в-третьих, к росту значимости статистических критериев. Все три следствия влекут за собой усиление роли одного проблемного философского фактора – теоретической нагруженности наблюдений.

### **Усиление теоретической нагруженности наблюдений**

В философии эмпириокритицизма и раннего логического позитивизма считалось, что непосредственное восприятие обеспечивает достоверность фактов. Все ошибки, связанные с эмпирическими свидетельствами, относились к неверной интерпретации. Поэтому теоретическая нагруженность полагалась фактором, снижающим достоверность наблюдения. Традиция связывать достоверность эмпирических свидетельств с непосредственным наблюдением оказалась столь сильна, что

даже в 1980 г. причислявший себя к позитивистам Б. ван Фраассен [8] отстаивал возможность непосредственных наблюдений в современной науке.

Надо констатировать, что чистое наблюдение – миф и в науке все наблюдения в той или иной степени «заражены» теорией. Но само понятие теоретической нагруженности неоднородно и имеет множество смыслов. Один из смыслов – инструментальные теории, впервые отмеченные П. Дюгемом [1], первым автором, писавшим о теоретической нагруженности. Другой смысл – интерпретирующие теории, которые объясняют смысл увиденного [2; 6]. Следует выделить еще несколько аспектов смысла этого понятия на современном этапе существования меганауки. Важным компонентом теоретической нагруженности стали теории фона. Без них невозможно совершить открытие в современной физике.

В качестве примера важности теорий фона приведем открытие бозона Хиггса. Эта частица должна была возникнуть при столкновении адронов больших энергий, а затем распасться на два фотона, которые следовало зарегистрировать. Проблема состояла в том, что при столкновении адронов рождается целый ливень частиц и некоторые из них тоже, как и бозон Хиггса, распадаются на два фотона. Например, пара таких частиц, как электрон и позитрон, при аннигиляции дают два фотона. Нужно было отделить эти явления, распад бозона Хиггса представлял собой искомое свидетельство, остальные распады были фоном. Но фотоны, рождающиеся при распаде бозона Хиггса, ничем не отличаются от фотонов, рождающихся в других реакциях. Чтобы отделить явление от фона, потребовались теории фона, т.е. теории тех явлений, которые также происходят во время эксперимента, хотя и не исследуются. Ни про один конкретный распад нельзя было сказать, является ли он свидетельством существования бозона Хиггса или нет. Вклад каждого фонового события был вычислен, и было показано, что около 10% всех распадов на два фотона следует отнести на долю бозона Хиггса.

То обстоятельство, что в физических экспериментах важно учитывать фон, ведет к дальнейшему расширению области исследования науки и к необходимости взаимодействия различных специалистов. Если в экспериментах первой трети XX в. фоновые явления «еще можно было исключить конструкцией прибора в силу их относительной простоты, контроль за фоном становится не побочной деятельностью экспериментаторов, а начинает составлять содержание всей их деятельности, поскольку большая часть их времени и усилий уходила на выявление фона и борьбу с ним» [4, с. 44.]. Фоновые теории зачастую выходят за рамки

одной дисциплины. Примером может служить эксперимент по обнаружению гравитационных волн, когда ожидаемый эффект имел порядок чувствительности  $10^{-17}$  см. А фоновыми событиями являются сейсмические волны, вклад которых нужно было вычестить из показаний интерферометра, зафиксировавшего гравитационные волны.

### **Роль математических методов в современных экспериментах и теориях**

В ходе развития науки в научной практике вводятся различные виды абстракций, позволяющие расширить применение частных результатов, полученных в конкретных условиях, и поднять их до уровня общих понятий, которые могут дать представление о всевозможных ситуациях данного вида в любой пространственно-временной области [11, р. 494.] Абстракции, возникающие разными путями (обобщения по аналогии, схематическое представление, модели, абстрактные понятия), имеют различные типы, и их функционирование обеспечивает плюрализм подходов. Различные типы абстракций приносят свою организацию предметной области, задают определенные нормы и требуют применения определенных когнитивных ресурсов, формирующих эталонные образцы активности, которые срастаются с практикой. К обобщению можно прийти, исследуя причинные связи, изучая тенденции объектов или систем вести себя определенным образом.

Абстракции должны обладать достаточной гибкостью, которая обеспечивает перенос некоторых регулярностей, выявленных для одного класса явлений, на другой класс явлений. Наибольшей гибкостью обладают обобщения по аналогии, которые применимы, когда некоторая конфигурация свойств и отношений сходна с другой. Обобщения по аналогии представляют собой не просто индуктивный переход от частного к общему, но являются творческим процессом, приводящим к идентификации ряда различных явлений как принадлежащих к одному абстрактному виду. Так, по аналогии с течением жидкости были разработаны некоторые электродинамические понятия.

Абстрактные понятия не могут быть охарактеризованы просто как некоторые регулярные правила, применимые в некоторой области, но возникают в процессе творческой переработки оригинальных образцов явлений, когда природное явление преподносится как часть объективного феномена, с которым имеет дело наука. Общие понятия имеют динамический характер, определяемый их функционированием в ходе

достижения различных целей, что усиливает потребность в единой теории.

Всесильность математики в ее всеобщем характере: математические понятия имплицитно включают понятие бесконечности, которое обеспечивает широкую применимость познанного здесь и сейчас и делает возможным познание вообще, так как бесконечность влечет универсальность. К примеру, понятие непрерывности вещественных чисел предполагает наличие бесконечного количества чисел между любыми двумя неравными числами. Но расширение применения математических методов помимо универсальности приносит ряд не всегда хорошо обоснованных допущений. Например, при вычислении вклада в регистрируемый сигнал фоновых явлений «вероятности того, что сигнал (пик над фоном в некотором распределении) будет флюктуировать вниз (в сторону приближения к фону), и того, что фон будет флюктуировать вверх (в сторону пика), различны. Кроме того, чтобы определить величину фона непосредственно под пиком в распределении, требуется его интерполировать в область под пиком, для чего фон необходимо “фитировать” – приблизить некоторой функцией. От выбора фитирующей функции и собственно способа фитирования (подгонки) результат анализа также может зависеть. Таким образом, компьютеризация анализа данных привела к росту числа допущений и неопределенностей в самой процедуре анализа» [3, с. 158].

Экстраполяция понятий, приемов и методов, показавших свою эффективность в одном разделе науки, на другие ее разделы влечет за собой расширение области применения связанных с ними эпистемологических допущений. Последнее обстоятельство способствует унификации оснований научных теорий.

Есть точка зрения, что, в сущности, математическое и эмпирическое представления несут один и тот же объем информации и потому они тождественны в эпистемологическом плане. «Визуальная, числовая и лингвистическая презентации одного и того же содержания вносят одинаковый вклад в научное знание» [10, р. 775]. Например, Н. Гудмен [9] пишет, что намечается взгляд на науку и искусство как на два равноправных способа постижения и моделирования мира. Другая точка зрения состоит в том, что способ подачи информации делает ее более или менее понимаемой, поэтому удобство восприятия должно учитываться как параметр, облегчающий коммуникацию между учеными. Упоминается и такой фактор, как убедительность, связываемая прежде всего с реалистичностью представлений.

Мы полагаем, что реальное экспериментирование имеет дело с причинной структурой мира, в отличие от компьютерных экспериментов, задача которых состоит в численном самосогласовании параметров. Разные методы дают различные знания.

\* \* \*

Итак, основными механизмами, влияющими на изменение эпистемологических стандартов извне, являются развитие техники и расширение применения математических методов, которые в погоне за точностью становятся источниками новых неопределенностей. Влияние математических методов настолько сильно, что некоторые авторы ведут речь о механизме трансформации эмпирической картины мира в математическую, о смене стиля мышления [12, p. 945].

Внутренними причинами трансформации научного знания являются проблемы и нерешенные вопросы, возникающие в ходе исследования. Для описания трансформации научного знания важны изменения, происходящие в онтологических и эпистемологических предпосылках картины мира. Последняя постоянно уточняется, открываются новые фундаментальные сущности (например, темная энергия, темная материя), накапливаются новые наблюдательные данные, для осмысления которых разрабатываются новые теории.

## Литература

1. Дюгем П. Физическая теория. Ее цель и строение / Пер. с фр.; предисл. Э. Маха. – СПб.: Образование, 1910.
2. Кун Т. Структура научных революций. – М.: АСТ, 2001. – 608 с.
3. Пронских В.С. Новации в стандартах экспериментирования в физике // Философия науки. – 2015. – № 3 (66). – С. 147–167.
4. Пронских В.С. Эпистемическая роль экспериментального фона в философии эксперимента // Философия науки. – 2015. – № 2 (65). – С. 41–57.
5. Смут Дж.Ф. Анизотропия реликтового излучения: открытие и научное значение // Успехи физических наук. – 2007. – Т. 177, № 12. – С. 1294–1317.
6. Фейерабенд П. Против методологического принуждения // Фейерабенд П. Избранные труды по методологии науки. – М.: Прогресс, 1986. – С. 125–467.
7. Abbott V.P. et al. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration). Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger // Phys. Rev. Lett. – 2016. – Vol. 116, 061102.
8. Fraassen B.C., van. Scientific Image. – Oxford University Press, 1980.
9. Goodman N. Languages of Art.: An approach to a theory of symbols. – N.Y.: The Bobbs-Merrill Company, inc, 1968. – 277 p.



10. *Irving Z.C.* Style, but Substance: An Epistemology of Visual versus Numerical Representation in Scientific Practice // *Philosophy of Science* (Chicago). – 2011. – V. 78, No. 5. – P. 774–787.
11. *Martinez S.F., Huang X.* Epistemic groundings of abstraction and their cognitive Dimension // *Philosophy of Science* (Chicago). – 2011. – V. 78, No. 3. – P. 490–511.
12. *Overton J.A.* Mechanisms, types, and abstractions // *Philosophy of Science* (Chicago). – 2011. – V. 78, No. 5. – P. 941–954.

## References

*Abbott B.P. et al.* (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration) Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger // *Phys. Rev. Lett.* 116, 061102 – Published 11 February 2016.

*Goodman N.* Languages of art. An approach to a theory of symbols NY: The Bobbs-Merrill Company, inc – 1968. – 277 p.

*Duhem, Pierre* (1954). *The Aim and Structure of Physical Theory*. Princeton: Princeton University Press. 2nd. Ed., 1991.

*Irving Z.C.* Style, but Substance: An Epistemology of Visual versus Numerical Representation in Scientific Practice // *Philosophy of Science* (Chicago) – 2011. – V. 78, N 5, p. 774–787.

*Feyerabend P.* *Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge* (First edition in M. Radner & S. Winokur, eds., *Analyses of Theories and Methods of Physics and Psychology*, Minneapolis: University of Minnesota Press, 1970.)

*Kuhn, T.S.* *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1962. ISBN 0-226-45808-3.

*Martinez S. F., Huang X.* Epistemic groundings of abstraction and their cognitive Dimension // *Philosophy of Science* (Chicago) V. 78, N 3, 2011, p. 490–511.

*Overton J.A.* Mechanisms, types, and abstractions // *Philosophy of Science* (Chicago) 2011, V. 78, N 5, p. 941–954, p. 945.

*van Fraassen Bas. C.* *Scientific Image*. – Oxford University Press, 1980.

*Pronskih V.S.* Novacii v standartah jeksperimentirovanija v fizike // *Filosofija nauki* [*Philosophy of Science*] – 2015. – № 3 (66). – S. 147-167.

*Pronskih V.S.* Jepistemicheskaja rol' jeksperimental'nogo fona v filosofii jeksperimenta // *Filosofija nauki* [*Philosophy of Science*] – 2015. – № 2 (65). – S. 41-57.

*Smout Dzh. F.* Anizotropija reliktoovogo izluchenija: otkrytie i nauchnoe znachenie // *Uspehi fizicheskikh nauk*. – 2006. – T. 177. – № 12. – S. 1294-1317.

Дата поступления 06.05.2016