

Конвенции в науке: природа и ограничения (концепция Анри Пуанкаре)

М.А. Слемнев

Учреждение образования «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова»

Проведена логико-методологическая реконструкция воззрений А. Пуанкаре на место, роль и границы применимости конвенций в науке. Выяснено его отношение к радикальному, семиотическому и геометрическому направлениям философского конвенционализма. Интерпретаторы методологии А. Пуанкаре нередко смешивают их. Пуанкаре был решительным противником радикального, полностью разделял позиции семиотического и разработал принципы геометрического конвенционализма. В соответствии с ними, во-первых, геометрия, как, впрочем, и математика в целом, трактовалась в виде свободной творческой деятельности, а, во-вторых, выбор геометрии для физики представлялся как обычное условное соглашение. Геометрический конвенционализм негативно повлиял на проводимые им исследования в области новой физики. Пуанкаре вплотную приблизился к созданию специальной теории относительности, но не смог сделать последнего шага.

Ключевые слова: конвенция, условность, свобода творчества, конвенционализм, радикальный конвенционализм, семиотический конвенционализм, геометрический конвенционализм, геометрия, релятивистская физика.

Conceptions in science: nature and limits (Henry Poincare's conception)

M.A. Slemnev

Educational establishment «Vitebsk State University named after P.M. Masherov»

Logical and methodological reconstruction of H. Poincare's views of the place, role and limits of the application of conventions in science is made. His attitude to the radical, semiotic and geometric directions of philosophic conventionalism is found out. Interpreters of H. Poincare's methodology often mix them up. Poincare was a firm opponent of the radical one, completely shared the positions of the semiotic one and developed principles of the geometric conventionalism. According to them, first, geometry as well as mathematics in general was explained as a type of free creative activity and, secondly, the choice of geometry for physics is presented as a usual conditional agreement. The geometric conventionalism negatively influenced the research he conducted in the field of new physics. Poincare was very close to the creation of a special theory of relativity but failed to make the last step.

Key words: convention, convention, creative freedom, conventionalism, radical conventionalism, semiotic conventionalism, geometrical conventionalism, geometry, relativist physics.

Понятие «конвенция» (от лат. *conventio* – договор, соглашение) долгое время употреблялось только в политических и юридических науках. Появление его в философском дискурсе связано с именем выдающегося французского математика и физика Анри Пуанкаре (1854–1912). Телевизионная общественность недавно услышала о нем в связи с сенсационным доказательством одной из его загадочных теорем Г. Перельманом – математиком из Санкт-Петербурга. А. Пуанкаре считается также основоположником достаточно влиятельного направления постклассической философии – конвенционализма.

О философском конвенционализме А. Пуанкаре написано немало работ. Однако глубокие раздумья французского ученого о методологических проблемах, с которыми столкнулась наука на рубеже XIX–XX вв., зачастую либо упрощаются, либо вовсе искажаются. Последнее, в частности, присуще работе В.И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм». В ней вождь пролетарской революции назвал А. Пуанкаре «французским махистом» [1] и советовал «не брать его всерьез как философа» [1, с. 304]. Такой вывод признать правомерным нельзя. Пуанкаре – носитель и законодатель нового типа научного мышления, который сегодня именуется «неклассическая рациональность» (относительность к средствам наблюдения, учет условий познания и наличия «следов»

субъективного на объективном и др.), подверг процесс поиска истины в новейшем естествознании и математике в целом плодотворной философской рефлексии. Полагаем, что философско-методологические размышления А. Пуанкаре требуют к себе уважительного и очень вдумчивого отношения. Не со всеми его высказываниями можно согласиться. Но считать их дилетантскими некорректно и недопустимо. Цель статьи – логико-методологическая реконструкция воззрений А. Пуанкаре на природу, роль и границы применимости конвенций в науке.

Материал и методы. Объектом исследования являются основополагающие труды А. Пуанкаре по философско-методологическим проблемам науки. При осмыслении его творческого наследия использовались традиционные методы работы с научными текстами: анализ и синтез, системно-структурный подход, сравнение, интерпретация, принцип единства логического и исторического и др.

Результаты и их обсуждение. Философский конвенционализм многолик. Он существует в различных формах. Три из них, которые можно условно назвать радикальным, семиотическим и геометрическим конвенционализмом (обозначим их РК, СК и ГК), представлены и с той или иной степенью полноты оформлены в работах А. Пуанкаре. В такой последовательности и рассмотрим их.

1. Сущность РК в предельно ясном виде изложил соотечественник А. Пуанкаре физик Ле Руа: «Наука отнюдь не в состоянии открыть нам истину, а может служить нам лишь правилом действия» [2]. Она «состоит из одних условных положений» [2, с. 149], а «научные факты и тем более законы суть искусственные произведения ученого» [2, с. 149]. Вот образец рассуждений Ле Руа на эту тему. Пусть мы имеем дело со следующими утверждениями: фосфор плавится при температуре 44° , и пути, проходимые телом при свободном падении, пропорциональны квадрату времени. Общепринято считать, что в этих положениях зафиксированы устойчивые связи и отношения объективного мира, т.е. они являются законами. Но Ле Руа опровергает данную точку зрения. Он придерживается мнения, что мы здесь имеем дело не с законами, а с произвольно сформулированными нами же самими определениями объекта и процесса, называемыми фосфором и свободным падением. Фосфор – это вещество, плавящееся при температуре 44° , свободное падение – разновидность движения, в котором пройденный путь пропорционален квадрату затраченного времени. А если обнаружится, что вещество с явными признаками фосфора плавится при другой температуре, а процесс, имеющий все основания быть названным свободным падением, не укладывается в формулу $S = gt^2$, мы просто заявляем: это не фосфор и не свободное падение, а что-то другое [2, с. 165–166]. При таком подходе науке не грозят ни кризисы, ни революционные потрясения.

Не ясно, по какой причине (может, по недосмотру, а, скорее всего, по идейно-политическим соображениям) В.И. Ленин сделал А. Пуанкаре единомышленником Ле Руа. По Пуанкаре, пишет Ленин, «законы природы суть символы, условности, которые человек создает ради удобства» [1, с. 170]. В действительности все выглядит иначе. А. Пуанкаре решительно восстает против принципиальных установок РК. Цель науки, замечает он, состоит в отыскании законов, которые представляют собой «инвариантные отношения между голыми фактами» [2, с. 167], то есть фрагментами объективной реальности. Эти инварианты не являются предметом конвенционального торга. Закон природы, выраженный на научном языке, «может быть верен или неверен, но не сводится к условному соглашению» [2, с. 167]. Сказанное в полной мере относится и к языковому оформлению объективных или «голых» фактов: «Выражение факта может быть только верным или неверным» [2, с. 157]. И не о каком условном соглашении относительно содержательной части фактуального знания не может быть и речи. Научный факт – это идеальное воспроизведение факта «голового», «первый есть лишь пересказ второго» [2, с. 162].

«Французский махист» со своим пониманием природы и назначения научной теории никак не вписывается и в субъективно-идеалистические схемы Э. Маха и его последователей. Мах вслед за Беркли и Юмом активно развивает идею о том, что понятия, законы, научные теории представляют лишенные объективной значимости языковые конструкции и потому имеют «для нас только значение мнемонического приема или формулы, форма которой, будучи произвольной и безразличной, очень легко меняется с состоянием нашей культуры» [3]. Если бы, поясняет он свою мысль примером, для любого временного интервала мы знали соответствующий ему пройденный телом путь, то можно было бы обойтись без специального математического выражения, связывающего S и t . Но тогда бы понадобилась гигантская память для удержания в уме всех корреляций значений пути и времени. Для преодоления этих трудностей «мы замечаем себе формулу $S = qt^2$, т.е. правило, по

которому мы по данному времени можем найти соответствующее расстояние S , что представляет весьма полную, весьма удобную и сжатую замену той таблицы» [3, с. 37]. Но было бы величайшим заблуждением считать, что за этой формулой скрыты какие-то объективные структуры материального мира. Она не имеет более существенного значения, чем все отдельные факты, вместе взятые. Смысл ее введения в науку – только «в удобстве применения» [3, с. 37]. Научные теории, по Маху, «суть как бы сухие листья, опадающие после того, как они в течение известного времени давали возможность дышать организму науки» [3, с. 52]. Это своеобразные строительные леса, которые в любой момент можно заменить новыми или убрать вовсе.

У А. Пуанкаре совершенно иное отношение к научной теории. По его мнению, она призвана выражать «действительно существующие отношения между вещами» [4]. Смену в научном познании одних теорий другими он сравнивает не с периодическим опаданием сухих листьев, а «с непрерывной эволюцией зоологических типов, которые беспрестанно развиваются и, в конце концов, становятся неузнаваемыми для простого глаза, но в которых опытный глаз всегда откроет следы предшествующей работы прошлых веков» [2, с. 9]. В этих рассуждениях нетрудно заметить теневое присутствие принципа соответствия, концептуальное оформление которому позже даст Н. Бор. Как видим, считать А. Пуанкаре радикально настроенным конвенционалистом или примитивным махистом нельзя.

2. Отвергая РК, А. Пуанкаре отмечает наличие рациональных моментов в учении Ле Руа и его последователей. «Не все, – пишет он, – в этой теории ложно; ей нужно предоставить область, принадлежащую ей по праву, но, не следует позволять ей перейти эти пределы» [2, с. 150]. Область допустимого применения конвенций, которую имеет в виду А. Пуанкаре, – это условные соглашения относительно языкового выражения научного знания, знаково-символического оформления как эмпирической, так и теоретической информации (СК). Ориентация на удобство, простоту, экономии мышления и иные утилитарно-прагматические соображения является приоритетной и вполне легитимной при осуществлении процедур наименования познаваемого объекта, определении понятий, разработке научной терминологии, выборе измерительных стандартов, расположении знания в те или иные координатные системы и др. Семиотические конвенции такого рода неустранимы из научно-исследовательской деятельности. Они сопровождают научный поиск на любых уровнях и этапах его развития. Обвинять приверженцев СК в субъективном идеализме, агностицизме, «познавательном анархизме» и прочих гносеологических грехах просто несерьезно.

Правомерность использования условностей в рамках СК А. Пуанкаре иллюстрирует на простых примерах. Если, замечает он, во время солнечного затмения спросить у человека с нормальным зрением – становится ли темно, то тот без сомнения ответит утвердительно. «Отрицательный ответ дали бы те, кто говорит на языке, где свет зовется тьмой, а тьма светом. Но может ли это иметь какое-нибудь значение?» [2, с. 158]. То же самое можно сказать и применительно к сфере метрологии. «Когда я, например, говорю: единица длины есть метр – я делаю постановление, а не констатирую то, что для меня обязательно» [2, с. 158]. Специфика условного предложения здесь состоит в том, что «оно верно лишь потому, что я этого хочу» [2, с. 158]. Подобный конвенционализм можно назвать «тривиальным». В случае признания семантической уникальности применяемых обозначений легко прийти к словесному фетишизму в духе Платона, а то и вовсе уподобиться слушателю популярной лекции по астрономии, который сказал: «Я понял, как измеряются расстояния до звезды и все прочее, но я не могу понять, откуда известно, что название этой звезды – Сириус» [5].

Разумеется, семиотический произвол в науке недопустим. Вариативность языковой формы обязана обеспечивать инвариантность смыслового содержания. Последнее при любых знаково-символических манипуляциях должно сохраняться. Это требует взаимопереводимости научных языков. «Возможность перевода, – подчеркивает А. Пуанкаре, – означает существование инварианта. Перевести, значит, как раз выделить этот инвариант. Подобно этому дешифровать документ, значит изыскать то, что считается в этом документе неизменным при переводе его знаков» [2, с. 173].

Создание эмпирически и теоретически эквивалентных описаний на основе семиотических конвенций широко используется в науке как классического, так и неклассического вида [6]. Вот некоторые образцы: геометрия Евклида в традиционной форме и изложенная способом Пиери на базе двух исходных понятий «точка» и «движение», СТО в представлении Эйнштейна, П.Г. Карда (исходным принципом является закон эквивалентности массы и энергии), Г. Бонди (рассмотрение од-

номерной совокупности инерциальных наблюдателей на пространственно-временной диаграмме с двумя измерениями при помощи метода k -коэффициента), представления классической механики в формализмах Ньютона, Лагранжа и Гамильтона, различные формулировки закона всемирного тяготения Ньютоном и Пуассоном, волновой, матричный и континуальный варианты квантовой механики, фундаментальное уравнение единой полевой теории элементарных частиц на основе матрицы Паули и дираковского четырехкомпонентного спинора и др. Для каждой из перечисленных теоретических систем существует особая группа тождественных преобразований, переводящих формальный аппарат одной из теорий в аппарат другой [6, с. 227–231].

Следует, однако, помнить, что любое тождество всегда конкретно. Это касается и перечисленных формально различных, но содержательно тождественных систем знания. Они отличаются друг от друга по некоторым структурным и функциональным параметрам. От них в определенной предметной области можно отвлечься. Но учет их крайне необходим при истощении экстенсивных возможностей теории. Одни из эквивалентных описаний позволяют перевести сложившуюся систему знания на более высокую ступень зрелости, а вот другие лишены такой возможности. Это связано с тем, что формальная структура одной из эквивалентных теорий как бы «высвечивает» смысловой зародыш новой научной традиции, который не попадает в сети других формализмов (проявление известного закона диалектики об активности формы по отношению к содержанию). Так, попытки экстраполяции волновой механики на релятивистские квантовые эффекты не приводят к успеху: уравнение Шредингера здесь не имеет решения. Для построения квантовой электродинамики пригодным оказывается только язык матричной механики. Коренные преимущества в эвристическом плане какой-то одной из эквивалентных теорий можно проиллюстрировать и на других примерах. Допустим, классическая механика в форме Лагранжа позволяет осуществить прямой переход к квантовым представлениям, формализм Гамильтона облегчает движение к СТО, уравнение тяготения в записи Пуассона открывает дорогу к ОТО. Получить эти теории на основе других описаний, эквивалентных используемым, крайне затруднительно, если вообще возможно.

3. Органическое переплетение содержательных и формально-структурных элементов знания не учитывалось, или, по крайней мере, не акцентировалось А. Пуанкаре. Особенно это касалось представления различных теорий на геометрическом языке. В итоге А. Пуанкаре стал на позиции «геометрического конвенционализма». В нем наряду с геометрической (пространственной) составляющей иногда выделяют и хронометрическую (временную). Темпоральный аспект бытия попадает в сферу его философско-методологических интересов. Но основное внимание все-таки обращается на топологические структуры. Именно они находятся в поле зрения геометрии.

Если бы, говоря о возможности произвольного конструирования научного языка, А. Пуанкаре имел в виду только изобретение словесных названий для вводимых понятий, буквенной символики, систем измерения физических величин и т.п., то его гносеологические позиции не вызвали бы особых возражений. Однако дело в том, что понятие «научный язык» трактуется им достаточно широко. В разряд обычных знаково-символических средств познания он зачисляет и геометрию.

В противовес распространенным в то время логическим, эмпиристским, априористским, интуитивистским воззрениям на природу геометрического знания Пуанкаре развивает свой конвенционалистский подход. Он придерживается мнения, что начала геометрии (как и любой другой области математики) не могут быть получены ни из логики, ни из фактов опыта, ни при помощи математических суждений априори. Это рядовые конвенции, являющиеся «созданием свободного творчества нашего разума, который в данной области не знает никаких препятствий. Тут он может утверждать, так как он же и делает себе предписания» [4, с. 6]. И это вполне понятно, ибо, с точки зрения Пуанкаре, «геометрия – лишь своего рода условный язык» [7].

Таких языков, подчеркивает он, математики могут придумать огромное множество. Понятия «истинное» и «ложное» для их оценки неприменимы. «Истинна ли, – пишет А. Пуанкаре, – Евклидова геометрия? Вопрос не имеет смысла. Это все равно, что спрашивать, верна ли метрическая система мер, а прежние не верны, или верны ли Декартовы координаты, а другие ложны. Одна геометрия не вернее другой, а только более или менее удобна» [4, с. 38]. Если бы речь шла о математической геометрии, которая не претендует на описание реальных пространственных характеристик бытия, то с Пуанкаре с некоторыми оговорками (о них позже) можно было бы согласиться. Ведь геометрия, как и любой другой раздел теоретической математики, «не выражает истину о внешнем мире, а связана с нашими умственными построениями» [8]. Пространство, рассматриваемое как непрерывная идеальная субстанция, само по себе лишено внутренне присущей метрики.

Из такого аморфного континуума можно, действительно, слепить множество различных абстрактных пространств, аналогично тому, «как на белом листе бумаги можно начертить безразлично прямую или круг» [2, с. 43], или «из неградуированного термометра сделать то термометр Фаренгейта, то термометр Реомюра» [2, с. 48–49]. Так, например, в одном из придуманных А. Пуанкаре миров все тела, равно как и измерительные стандарты, в одинаковой пропорции при нагревании расширяются, а при охлаждении сжимаются. Поэтому, не выходя за его пределы, зафиксировать факт происходящих изменений невозможно [2, с. 41]. Другой мир имеет еще более причудливую топологию. В нем «движущийся предмет уменьшается по мере удаления от центра, следовательно, обитатели его, удаляясь от центра, уменьшаются; уменьшаются и их шаги, так что они никогда не могут прийти до границ своего мира» [2, с. 47]. Обнаружить его конечность в состоянии лишь внешний наблюдатель. Вымышленные топологические структуры можно использовать как удобные модели для иллюстрации тех трудностей, с которыми столкнулась физика в начале XX века при решении вопроса о соотношении скоростей света в прямом и обратном направлении и выборе т.н. стандарта конгруэнтности при описании гравитационных полей [6, с. 189–197].

Уязвимость ГК А. Пуанкаре заключается не в признании условного характера абстрактных геометрий, а в возможности их свободного выбора для естественнонаучных теорий. Задача по определению привилегированного геометрического языка для изложения соответствующей системы конкретно-научного знания считается им столь же бессмысленной, как, допустим, определение возраста капитана по высоте мачты корабля или опытное установление «количества ярдов в одном футе» [4, с. 56]. Геометрия, замечает он, связана с частными науками так же, как, например, «французский язык предваряет существо истин, выраженных по-французски» [7, с. 23]. Тот же факт, что все физики до сих пор стремились излагать материал своей области знания в терминах Евклидовой геометрии, объясняется им структурной простотой и удобством применения последней. В принципе Пуанкаре не исключал возможности синтеза физической науки с неевклидовыми геометрическими представлениями. Но практическая реализация данной возможности объявляется нецелесообразной из-за громоздкости и крайнего неудобства соответствующего геометрического аппарата. Поэтому и в будущем, считал он, физики будут прибегать только к услугам простой и изящной геометрии Евклида. По существу А. Пуанкаре ставит здесь знак равенства между СК и ГК. В итоге геометрия для него превратилась в своеобразную «техническую упаковку» научной информации, ее знаково-механическую оболочку. Тем самым Пуанкаре-методолог оказал очень плохую услугу Пуанкаре-физику.

А. Пуанкаре вплотную приблизился к созданию релятивистской физики. Для объяснения новых фактов, которые обнаружила физика, потребуются, пишет он, «совершенно новая механика, для которой было бы в особенности характерно то положение, что не может существовать скорость больше, чем скорость света – подобно тому, как невозможна температура ниже абсолютного нуля» [2, с. 139]. При этом прежняя механика Галилея–Ньютона должна сохранить «значение первого приближения, так как она была бы верна для не очень больших скоростей» [2, с. 148]. Но и здесь Пуанкаре последовательно проводит методологические установки своего ГК. Мы могли бы, подчеркивает он, излагать новую механику «на языке Неевклидовой геометрии, что хотя бы и было менее удобно, но не менее законно» [4, с. 63]. Идти по неудобной геометрической дороге Пуанкаре не захотел.

А. Эйнштейн, как известно, избрал иной путь. Он осуществил синтез новой физики со сложной, противоречащей здравому смыслу Неевклидовой геометрией. В результате абстрактные геометрические структуры слились с объективной метрикой материального мира больших скоростей и сильных гравитационных полей. Условная геометрическая форма наполнилась конкретным физическим содержанием и как бы растворилась в нем. Прежний же абстрактный геометрический язык превратился в содержательный естественнонаучный дискурс. При попытках синтеза известных релятивистских эффектов (отклонение луча света в поле тяжелой массы, смещения перигелиев отдельных планет, наклонения оси прецессии гироскопа) в рамках Евклидовой геометрии возникает очень много логических неувязок. Для их преодоления приходится допускать существование каких-то загадочных сил природы, вводить ненаблюдаемые объекты, совершать существенную корректировку испытанных на практике физических законов и др. Напротив, при использовании Неевклидовой геометрии появляется возможность убедительно и изящно интерпретировать необычную эмпирическую информацию. Причем есть все основания ожидать, что при поступлении нового экспериментального материала в Евклидовом варианте появятся дополнительные каузальные,

семантические и дескриптивные аномалии, а Неевклидов сохранит свое эстетическое совершенство, математическую красоту и предсказательную силу. Достичь здесь логико-семантической взаимопереводимости научных языков, которой требовал А. Пуанкаре, невозможно.

А теперь об оговорке, которую следует сделать по поводу трактовки математического, в том числе и геометрического, творчества в виде свободной интеллектуальной деятельности в духе Пуанкаре. Своим «генетическим концом» математика упирается в материальный мир. Она возникла как наука о реальных количественных отношениях и пространственных формах. Этот исторически исходный эмпирический слой математического знания и сейчас вносит заметный вклад во внутреннюю логику развития понятийного аппарата самых абстрактных структур математики. Его детерминирующее воздействие на процесс математического творчества осуществляется не прямо, а через весь сложный мир математики, всем разделам которой свойственно «глубокое единство» [9]. Отдельный математик, заметил Г. Вейль, свободен определять свои понятия и устанавливать свои аксиомы, как ему угодно. «Но вопрос: заинтересует ли он своих коллег-математиков продуктами своего воображения?» [10].

По данному поводу весьма интересный пример приводит крупный физик современности Ч. Янг. Известно, что А. Эйнштейн упорно искал геометрическую структуру, которая могла бы выступать в качестве адекватного математического формализма теории электромагнитного поля Максвелла. Но его попытка не увенчалась успехом. Это удалось сделать лишь в наши дни. Оказалось, что структурой, в которой нуждался А. Эйнштейн, является геометрический объект, основанный на так называемых «связностях на расслоениях». Данная геометрическая структура была получена в «чистой математике» вне прямых запросов физики и, казалось бы, представляла продукт совершенно свободного творчества. Имея это в виду, Ч. Янг в беседе с математиком Ш. Черном, автором теории «связностей на расслоениях», заметил: «Я сказал, что был поражен тем, что калибровочные поля являются в точности связностями на расслоениях, которые были выдуманы математиками вне всякой связи с физическим миром» [11]. На это Ш. Черн ответил: «Нет, нет! Эти понятия вовсе не выдуманы» [11, с. 174].

Новый геометрический схематизм сформировался в живом, развивающемся организме математики. Она же в свою очередь является важнейшим системным блоком всего мира науки. Этим и объясняется «непостижимая эффективность математики» (Е. Вигнер), которая была блестяще продемонстрирована Эйнштейном и не реализована Пуанкаре.

Заключение. Конвенции, условные соглашения, свободный вымысел занимают важное место в научно-исследовательской деятельности. При умелом использовании они превращаются в эффективное средство генерирования и оптимального оформления научного знания. В случае превышения границ их применимости научный поиск заходит в тупик. Лучшее подтверждение тому – научное творчество А. Пуанкаре. Если бы он не придерживался индетерминистских установок им же созданного геометрического конвенционализма, то релятивистская физика сегодня могла бы называться теорией относительности Пуанкаре–Эйнштейна.

Литература

1. Ленин, В.И. Материализм и эмпириокритицизм / В.И. Ленин // Полн. собр. соч. – Т. 18. – М.: Политиздат, 1989. – С. 318.
2. Пуанкаре, А. Ценность науки / А. Пуанкаре. – М., 1906. – С. 149.
3. Мах, Э. Принцип сохранения работы / Э. Мах. – СПб.: Общественная польза, 1909. – С. 32.
4. Пуанкаре, А. Гипотеза и наука / А. Пуанкаре. – М., 1904. – С. 110.
5. Борн, М. Физика в жизни моего поколения / М. Борн. – М.: Иностранная литература, 1968. – С. 82.
6. Слемнев, М.А. Свобода научного творчества / М.А. Слемнев. – Мн.: Наука и техника, 1980. – С. 240.
7. Пуанкаре, А. Принцип относительности пространства и движения / А. Пуанкаре // Принцип относительности. – М.: Атомиздат, 1974. – С. 23.
8. Михайлова, Н.В. Системный анализ программ обоснования современной математики / Н.В. Михайлова. – Мн.: МГВРК, 2008. – С. 229.
9. Дьедоне, Ж. О прогрессе математики / Ж. Дьедоне // Историко-систематические исследования. – М.: Наука, 1976. – Вып. 21. – С. 12.
10. Вейль, Г. Полвека математики / Г. Вейль. – М.: Наука, 1969. – С. 261.

11. Янг, Ч. Эйнштейн и физика второй половины XX века / Ч. Янг // Успехи физических наук. – М., 1980. – Т. 132. – Вып. 1. – С. 174.

Поступила в редакцию 30.12.2010

Адрес для корреспонденции: г. Витебск, ул. Правды, д. 41, кв. 28, e-mail: mihail_slemnev@mail.ru – Слемнев М.А.