

ВОПРОСЫ ФИЛОСОФИИ

№ 7

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ИЗДАЕТСЯ С ИЮЛЯ 1947 ГОДА
ВЫХОДИТ ЕЖЕМЕСЯЧНО

2021

МОСКВА

СОДЕРЖАНИЕ

Философия и общество

- С.А. Кучеренко** – Существование государства как ценностная проблема политического реализма..... 5
- А.А. Кара-Мурза** – История цивилизации в России: органическое развитие *versus* социальный конструктивизм.....17
- В.Д. Попков** – Русский мир. Философские рамки понимания проблемы.....27
- Ю.В. Пуцаев** – Лукач и Достоевский: чтение Достоевского как веха на пути к большевизму..... 38

Философия и наука

- В.А. Бажанов** – Число и кантианская исследовательская программа в современной нейронауке..... 50
- И.Г. Шестакова** – Прогрессофобия в новой темпоральности цифрового мира.....61
- Н.Л. Сейтахметова, А. Сагикязы, Ж.Ж. Турганбаева** – Исламская научная традиция и европейская мысль..... 72
- Д.В. Черникова, И.В. Черникова** – Концепция экологического университета Р. Барнетта о роли университета в мире и для мира (размышления над книгой)..... 83

Из истории отечественной философской мысли

- Б.И. Пружинин, Т.Г. Щедрина** – Внутренняя форма между логикой и семантикой: В. фон Гумбольдт – Г. Шпет – Р. Якобсон – Н. Жинкин.....91
- Н.И. Жинкин** – Письмо П.С. Попов. Публикация Б.И. Пружинина и Т.Г. Щедриной99

**Число и кантианская исследовательская программа
в современной нейронауке***

© 2021 г. В.А. Бажанов

*Лаборатория «Кантианская рациональность», Академия Кантиана, Институт гуманитарных наук,
Балтийский федеральный университет имени И. Канта, Калининград, 236016, ул. А. Невского, д. 14;
Ульяновский государственный университет, Ульяновск, 432017, ул. Л. Толстого, д. 42.*

E-mail: vbazhanov@yandex.ru

Поступила 23.10.2020

В статье предпринимается попытка рассмотреть кантианскую исследовательскую программу в современной нейронауке в той ее части, которая касается репрезентации «числа» и механизмов обработки числовой информации нейроструктурами. Показывается, что идеи И. Канта об априорном характере определенных математических категорий, связанных со статусом пространства и времени (геометрия и арифметика), которые были повергнуты сомнению в результате открытия неевклидовых геометрий, оказались в высшей степени востребованными и переосмысленными в результате интенсивного прогресса современной когнитивной нейронауки. Открытие явления субитации, «чувства числа» и «чувства места» (имея в виду навигационную систему мозга) заставило вспомнить о давних кантианских утверждениях, касающихся некоторых априорных конструкций математики. Онтогенетические основания такого рода явлений, их обусловленность особенностями функционирования мозга, показывают вовсе не метафорический, а стратегический характер исследований в современной нейронауке, которые принято называть «кантианской исследовательской программой». В контексте данной программы также выяснилось, что в случае живых систем можно говорить об их прото-арифметических задатках, а в случае человека – математических способностях, которые в значительной степени независимы от языка, а их планомерное развитие с раннего возраста заметно повышает вероятность успешной математической деятельности в будущем. Обращается внимание на взаимообусловленность активности развивающегося мозга, социального и культурного контекстов, которые налагаются друг на друга и взаимодействуют в процессе аккумуляции мозга и нейродетерминации культуры. Такого рода взаимодействие подводит к мысли о возможности введения представлений о трансцендентализме деятельностного типа.

Ключевые слова: И. Кант, субитация, «чувство числа», число, нейронаука, когнитивные науки, мозг, язык, деятельность, априоризм.

DOI: 10.21146/0042-8744-2021-7-50-60

Цитирование: *Бажанов В.А.* Число и кантианская исследовательская программа в современной нейронауке // Вопросы философии. 2021. № 7. С. 50–60.

* Данное исследование проведено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № 075-15-2019-1929 «Кантианская рациональность и ее потенциал в современной науке, технологиях и социальных институтах», реализуемый на базе Балтийского федерального университета имени И. Канта (Калининград).

The Number and the Kantian Research Program in Modern Neuroscience¹

© 2021 Valentin A. Bazhanov

Kantian Rationality Lab & Academia Kantiana, Immanuel Kant Baltic Federal University (IKBFU), 14, Aleksandra Nevskogo str., Kaliningrad, 236016, Russian Federation; Ulyanovsk State University, 42, Leo Tolstoy str., Ulyanovsk, 432017, Russian Federation.

E-mail: vbazhanov@yandex.ru

Received 23.10.2020

The article presents the attempt to consider the Kantian research program in modern neuroscience in its part, which relates to the representation of the “number” and the mechanisms for processing numerical information by neural structures. We claim that Kantian ideas about the a priori nature of certain mathematical categories related to the status of space and time [geometry and arithmetic], which were subjected to doubt as a result of the discovery of non-Euclidean geometries, proved to be highly demanded and reassessed as a result of the intensive progress of modern cognitive and cultural neuroscience. The discovery of the subitizing phenomena, “sense of number” and “sense of place” (analogous to the navigation system of the brain) push us to recall the old Kantian judgments concerning certain a priori constructions of mathematics. The ontogenetic foundations of such phenomena, their conditionality by the features of the functioning of the brain, reveal not the metaphorical, but the strategic nature of the Kantian research program in modern neuroscience. In the context of these studies, it also turned out that in the case of living systems, one can speak about their proto-arithmetic traits, and in the case of humans, mathematical abilities that are largely independent of the language, and their systematic development from an early age significantly increases the likelihood of successful mathematical activity in future. Attention drawn to the interdependence of the activity of the developing brain, social and cultural contexts, which intersects and expressed in the process of acculturation of the brain and vice versa – neural determination of culture. This kind of interaction support the idea of the possibility of expanding original Kantian idea and introducing the idea related to the transcendentalism of the activity type.

Keywords: I. Kant, subitizing, “sense of number”, number, neuroscience, cognitive sciences, brain, language, activity, apriorism.

DOI: 10.21146/0042-8744-2021-7-50-60

Citation: Bazhanov, Valentin A. (2021) “The Number and the Kantian Research Program in Modern Neuroscience”, *Voprosy Filosofii*, Vol. 7 (2021), pp. 50–60.

¹ This research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation grant no. 075-15-2019-1929, project “Kantian Rationality and Its Impact in Contemporary Science, Technology, and Social Institutions” provided at the Immanuel Kant Baltic Federal University (IKBFU), Kaliningrad.

Разум пользуется своей творческой силой, когда опыт принуждает его к этому.

А. Пуанкаре

Числа суть свободные создания человеческого духа...

Р. Дедекинд

Вопросу о том, что такое «число» и какова природа числа посвящены тысячи и тысячи работ, хотя по-прежнему то, что такое «число», сказать сколько-нибудь убедительно сложно. И это несмотря на то, что, казалось бы, «число» рассмотрено досконально под углом зрения различных подходов и в контексте различных концепций, отличающихся трактовкой феномена абстракции и природы бесконечности. Среди математиков точек зрения на природу числа довольно широкий спектр, который простирается, например, от отказа признать число как репрезентацию некоторого множества объектов или их свойств [Benacerraf 1965] до прямо противоположной интерпретации, когда число есть (абстрактное) представление некоторых множеств объектов или их свойств [Steinhart 2002; Gillies 2015]. Между тем прогресс современной нейронауки заставляет не только поместить в фокус исследований феномен числового познания [Бажанов 2019], но еще раз обратиться к анализу числа, причем под углом зрения нейробиологических особенностей генерации и репрезентации того, что мы понимаем под «числом». Это подразумевает постановку следующих вопросов: является ли число просто меткой, своего рода наклейкой, биркой на какой-то совокупности предметов, зависит ли оно (и, если да, то в какой мере) от нейродинамических образований? Последнее вполне реально. Не случайно в изучении числовых (часто не вполне точно именуемых также дигитальными, цифровыми) репрезентаций и активности мозга можно, по мнению ведущих нейрофизиологов, видеть одно из воплощений «кантианской исследовательской программы» [Dehaene, Brannon 2010; Dehaene, Brannon 2011; Fazelpour, Thompson 2015]. Это означает, что репрезентации некоторых «объектов», традиционно относимых к математике и физике (число, пространство, время), в определенном, близком к кантовскому, смысле «*a priori*», соотносятся с нейроструктурами, имеющими вполне определенную локализацию в мозге: теменная доля (для «числового» познания), угловая извилина (для познания «пространственного») [Hubbard, Pinel, Piazza, Dehaene 2005, 445], а также, согласно последним данным, области, которые примыкают к нижней височной извилине (для обработки числовой информации) и передней височной области (для обработки семантической информации) [Amalric, Dehaene 2019, 19-20]. Допустимо даже более сильное утверждение: число имеет онтогенетическое происхождение: определение количества окружающих предметов являлось столь важным для выживания и адаптации живых организмов, что в результате длительной эволюции это свойство мозга было закреплено в виде определенных элементов/состояний нейроструктур. Данный подход реализуется в рамках гипотезы о врожденности ряда свойств широкого класса живых существ, включая человека («*innateness hypothesis*»), которые были приобретены в процессе адаптации к окружающей среде и в случае животных носят невербальный характер.

Собственно, истоки этой гипотезы можно найти еще у Платона; отдельные ее элементы содержатся у Декарта и Лейбница, но наиболее полно и последовательно она была представлена Кантом [Kitcher, 1995 287–290], который фактически противопоставлял свою концепцию априоризма концепции *tabula rasa* Дж. Локка и эмпиризму Д. Юма. Начиная с трудов Н. Хомского об универсальной грамматике гипотеза врожденности, несмотря на некоторую аморфность формулировки, заняла почетное место в арсенале когнитивных наук. Осмысление феномена числа во многом проходит под углом зрения данной гипотезы.

Онтогенетические предпосылки представлений о числе

Эволюция живых существ, которая была связана с задачами адаптации к окружающей среде, сформировала у них свойство *субитации* (*субитизации*), которое относится к элементам когнитивной универсальности, своего рода нейродинамическим архетипам. Это свойство заключается в врожденном и «автоматическом» качестве, которое состоит в симультанном и достаточно точном определении небольших количеств предметов (от одного до, как правило, четырех). Оно оказывается присущим не только человеку уже на стадии раннего младенчества, но и живым организмам в целом: млекопитающим, птицам, насекомым и рыбам [Burr, Turi, Anobile 2010, 2; Agrillo, Piffer, Bisazza, Butterworth 2012]. Фактически речь идет о врожденном «чувстве числа» – изначальной интуиции числа, или качестве установления численности (*numerosity*) небольших множеств предметов и/или сравнения множеств предметов, которое играет, по мнению С. Деана и его единомышленников, важную роль в процессах адаптации и выживания организмов [Dehaene 2011; Hyde 2015]¹. Высказывается даже предположение о существовании специальных нейронов, которые так или иначе поддерживают числовые способности высокоорганизованных существ, связанные с симультанным установлением небольшого количества предметов и/или сравнения множеств предметов. Таким образом, речь идет о том, что субитация возникла в процессе эволюции [Dehaene 2002, 1653; Samet, Zaithchik 2014 web] и функционирует благодаря особому нейронному модулю, ответственному за этот феномен [Margolis 2020, 114, 124]. «Чувство числа» под углом зрения онтогенетических особенностей аналогично «чувству места», которое имеет в виду в механизмах пространственной навигации, открытие и исследование которых Дж. О'Кифом и М.-Б. и Э. Мозерами было отмечено в 2014 г. Нобелевской премией по медицине. Активность одной группы нейронов формирует когнитивный образ, карту местности, а другая отвечает за своего рода систему координат в мозге. Аналогично и с нейронами, отвечающими за «чувство числа», которое является не только средством адаптации, но и тем элементарным врожденным качеством, которое служит у человека фундаментом для строительства комплексов сложных математических операций².

О существовании феномена субитации (без четкого его терминологического обозначения) догадывались еще выдающийся логик и экономист Ст. Джевонс [Jevons 1871] и основоположник экспериментальной психологии В. Вундт [Wundt 1896], однако предметом обстоятельных исследований субитации стала сравнительно недавно, благодаря развитию когнитивных наук. Ими было замечено, что возможность правильно различать и определять количества предметов подчиняется закону Вебера-Фехнера: ошибки в этом процессе логарифмически зависят не от абсолютных значений величин множеств сравниваемых совокупностей предметов, а от их соотношения – чем больше элементов множества, тем менее точно могут быть установлены их соотношения³. Если полугодовалые дети способны отличить восемь предметов от шестнадцати, но не восемь от двенадцати, то в процессе взросления способность к различению улучшалась, причем в полтора года дети могли запоминать спрятанные предметы лучше, если они перед опросом были пересчитаны [Wang, Feigelson 2019 web, 1]. Процесс субитации также подчиняется закону Вебера-Фехнера (но в этом случае фигурируют небольшие величины сравниваемых предметов).

Установлено существование двух механизмов приближенных оценок величин сравниваемых множеств предметов: это так называемые «система приближенных оценок», относящаяся к дискретным множествам, и «объектно-файловая система» (*object-file system*), относящаяся к непрерывно изменяющимся множествам, которая работает подобно аналоговым компьютерным устройствам. Имеются достаточно убедительные аргументы в пользу того, что обе системы возникли в процессе адаптации к окружающей среде [Hyde 2015, 562], и по крайней мере первая из них эволюционирует в процессе интеллектуального развития человека. Так, у только что появившихся на свет младенцев для возможности различения двух множеств предметов необходимо их

соотношение в пропорции 1:3 у полугодовалых малышей – уже 1:2, а в десятимесячных – 2:3. При этом способность к различению количественных характеристик множеств предметов у человека достигает максимума примерно к тридцати годам и затем постепенно уменьшается [Brannon, Park 2015, 3].

Число и язык

Если «чувство числа» столь широко распространено среди живых существ – от человека до рыб, – то возникает вопрос: какова роль языка в освоении информации о числовых характеристиках предметов. Речь здесь может идти о репрезентации этой информации в символической и несимволической форме. Считается, что первая форма относится к точному определению величин, к конкретным числам, а вторая – к приближенным оценкам, своего рода процедурам аппроксимации [Lyons, Ansari, Bellock 2015; Ansari 2008, 289]. В любом случае восприятие и обработка мозгом этой информации проходит без и помимо каких-либо паттернов естественного языка, причем это справедливо и для достаточно сложных алгебраических операций. По-видимому, естественный язык не играет какой-либо значимой роли в обработке числовой информации [Gelman, Butterworth 2005, 9; Monti, Parsons, Osherson 2012, 920]. Между тем гипотеза лингвистической относительности может считаться справедливой в ее «слабом» варианте, когда признается, что язык способен каким-то образом влиять на картину мира носителя языка, но не предопределяет ее сколько-нибудь однозначно, как это утверждается в «сильном» варианте [Gelman, Gallistel 2004, 441]. Так, когда китайцев, которые родились и выросли в Китае, но затем эмигрировали в США спрашивали об их состоянии на английском языке, они описывали свое состояние так же, как натуральные американцы, – в терминах самоописания, подчеркивая свою индивидуальность, – в полном соответствии с особенностями индивидуалистского типа культуры США. Но когда им задавались эти же вопросы на китайском языке, то они описывали свое состояние в терминах социальных ролей – в полном соответствии с особенностями коллективистской культуры восточных государств, которая придает особую важность месту и статусу человека в системе социальных отношений. Более того, китайцы были склонны классифицировать предметы на основе функциональных отношений (особенно это было выражено у детей), тогда как американцы это делали исходя из таксономических категорий [Han 2017, 73, 137]. Таким образом, язык является инструментом, который не просто позволяет «материализовать» человеческие мысли, но детерминирует их выражение в условиях корреляции с определенным культурным контекстом. Если же в поле зрения держать и факт ген-культурных взаимодействий, то характер активности человеческого генома выступает своего рода модератором, который определяет корреляцию активность мозга со спецификой культурной среды [Laland 2008; Chiao 2018]. О ген-культурных взаимодействиях, когда под культурой понимаются процессы репликации полезных для коллективного существования признаков и обучения, допустимо говорить даже в случае достаточно высокоразвитых семейств живых систем – от orangutanов до китообразных и от птиц до дельфинов [Whitehead, Laland et al. 2019]. Более того, некоторые формы протосоциальности и элементы обучения в смысле достижения ранее отсутствующих модусов поведения (реакции на внешние раздражители), закрепляемых на генетическом уровне, наблюдаются даже у насекомых [Leadbeater, Dawson 2017, 7844; Whiten 2018, 999; Уилсон, 2020].

Культурные особенности и особенности языка оказывают влияние на темпы формирования числовых представлений и их выражения в цифровой форме. Так, китайские дети раньше европейских осваивают арифметические понятия и операции в силу широкого использования при обучении абака, графических свойств и компактного кодирования чисел в китайском языке [Tang, Zhang, Chen, Feng, Ji, Shen, Reiman, Liu 2006, 10778].

Известны человеческие культуры, языки которых лишены слов, выражающих числовые соотношения. Это «нечисловые» культуры, носители которых живут фактически

исключительно за счет охоты, но когнитивный потенциал которых, связанный с адаптацией к окружающей среде, не уступает представителям «числовых» культур. В языках носителей такого рода культур фактически нет числительных. Последние появляются, как установлено в современной антропологии, лишь на той стадии развития общества, когда люди начинают систематически заниматься сельским хозяйством. Тем не менее, носители языков, лишенных числительных, обладают способностью с определенной точностью устанавливать равенство множеств предметов, проводить подсчет небольших групп предметов и даже совершать некоторые простейшие арифметические вычисления [Izard, Pica, Spelke, Dehaene 2008; Nieder, Dehaene 2009, 199]. Эта же особенность (имея в виду вычитание и сложение, своего рода протоарифметику) наблюдается уже у пятимесячных детей [De Cruz, De Smedt 2010, 5]. Дети осваивают счет и представление о конкретных числах в результате довольно длительного обучения. Этнографические исследования также показывают, что «способность к субитации и оперированию числовой информацией появилась у предков современного человека до того момента, когда у него был выработан соответствующий словарь и он был существенно расширен в процессе создания материальной культуры... эта способность в значительной мере независима от языка, а понятия, относящиеся к числам, возникли на фундаменте “чувства числа” как результат взаимодействия с материальными предметами» [Overmann, Coolidge 2013, 84]. Понятие о числе формировалось длительное время посредством выражения количества через пальцевый счет, затем при помощи внешних предметов (например, палочек или отметок на дереве) и лишь затем появились соответствующие репрезентации числа в речи и письме. Описывая механизмы возникновения абстрактных объектов, Л. Кваш замечает, что они являются «результатом адаптации к определенной инструментальной практике... Наличие такого рода объектов не может считаться отличительной чертой только математики. Это побочные продукты (by-products) процесса адаптации, которой мы обязаны имманентной вовлеченностью в инструментальную практику» [Kvasz 2019, 334]. В обретении возможности освоить счет и оперировать числами первостепенное значение имеют простые инструментальные операции с предметами, ликвидирующие разрыв между «абстрактными» (например, арабскими) числами и реальным миром, [Fabry 2020, 3685–3687]. В любом случае можно уверенно утверждать онтологический и деятельностный приоритет в возникновении как понятия числа, так и вообще процедур, связанных с оперированием абстракциями. При этом абстракции низкого уровня, которые формируются в процессе повседневной деятельности, при определенных условиях могут выступать базисом для абстракций высокого уровня и формальных систем любого уровня сложности.

Аргументом в пользу признания факта врожденной способности человека овладеть языком, как когда-то заметил Н. Хомский, является принципиальная возможность овладеть языком глухонемыми, у которых невозможно в процессе освоения языка корректировать речь, как это часто приходится делать у маленьких детей (см. также: [Kirby, Dowman, Griffiths, 2007]). Язык оказывается результатом нетривиального взаимодействия между тремя адаптивными системами: культурой, обучением и биологической эволюцией, причем и культура, и процесс обучения существенным образом влияют на траекторию эволюционного процесса и задают контуры фенотипа.

«Чувство числа» и математические способности

Исследование мозга крупных математиков показало, что его активность при выполнении сложных и нетривиальных математических процедур и базисное «чувство числа» концентрируются в одних и тех же областях мозга, никак при этом не связанных с теми участками, которые возбуждаются при пользовании языком. Математические способности не коррелируют с лингвистическими способностями. Также у математически одаренных людей наблюдается повышенное содержание серого вещества мозга по сравнению с теми, кто добивается успеха в иных науках [Amalric, Dehaene 2016, 7]. Отмечается и явно выраженная генетическая наследственность конфигураций

и характера активности передней теменной доли и внутритеменной борозды большого мозга [Posner, Rothbart 2017, 6].

Числовая и дигитальная информация преимущественно обрабатывается во внутритеменной борозде мозга, хотя большие и малые числовые совокупности обрабатываются различными ее участками [Bueti, Walsh 2009], да и механизмы этой обработки тоже различаются. Большие совокупности предметов обрабатываются мозгом как бы в логарифмическом «формате», то есть точность установления их численности по мере роста числа предметов падает [Dotan, Dehaene 2016, 638]. В «чувство числа» определенную лепту вносят и топологические особенности их представления, а именно внутренние и внешние характеристики, связанные с отношениями между множествами [He, Zhou et al 2015 web], причем функционал этих представлений сосредоточен в теменной коре [Harvey, Klein et al. 2013, 1125–1126].

Чрезвычайно важно осознавать, что наше современное представление и упорядочение чисел с помощью числовой оси, которая простирается от минус к плюс бесконечности и известна уже младшим школьникам, – это представление вовсе, так сказать, не естественное, а *искусственное*, приобретенное на довольно продвинутом этапе развития человечества (и математики). Только в XVII в. Дж. Валлис и Дж. Непер предложили систему «погружения» множества чисел в непрерывную горизонтальную линию. Этот образ, проделавший длинный путь признания и утвердившийся благодаря распространению идей Р. Дедекинда и Г. Кантора только в начале XX в. [Sinkevich 2015], обладает мощным наглядным потенциалом, но не является врожденным, при том, что ныне он кажется само собой разумеющейся (и в этом смысле априорной) репрезентацией множества чисел. Числовая линия – это тот «культурный опыт, который был преобразован в своего рода ментальный артефакт» [Núñez 2011, 665].

Такого же рода ментальными «артефактами», только существенно более абстрактными по своему характеру и поэтому не столь общезначимыми, стали другие числовые системы – комплексные числа, кватернионы, обобщающие понятие комплексных чисел (У. Гамильтон), кардинальные и ординальные числа (Г. Кантор), p -адические числа (К. Гензель), гипердействительные числа (Г. Делз, У. Вудин, Э. Хьюит, А. Робинсон).

По всей видимости, продвинутые дигитальные способности человека являются не заданными самой природой, врожденными (hardwired) структурами мозга, а порожденными исключительно человеческим разумом, который развивается в определенной культурной среде благодаря воздействию множества социальных эстафет – «социальным» разумом, приобретающим способность «к воображению и открытию», генерации так называемых «концептуальных метафор», репрезентирующих простые межпредметные связи и выступающих инструментами познания мира [Núñez 2009, 82; Лакофф, Нуньес 2012, 32, 42–43].

Если иметь в виду тесное переплетение естественной (биологической) и социально-культурной траекторий становления и развития человека вообще и его когнитивного потенциала, в частности, то точка зрения Дж. Лакоффа и Р. Нуньеса, отказывающих человеку во врожденных способностях и обуславливающих дигитальные способности человека характером его деятельности, и точка зрения С. Деана с коллегами, на основании громадного эмпирического материала настаивающих на существовании врожденного (и в этом смысле априорного) «чувства числа», вовсе не противоречат друг другу. Природа числа включает в себя и априорную, и деятельностную составляющие. Именно в этом состоит ключевая идея концепции и методологии *деятельностного трансцендентализма*, который позволяет органичным образом совместить пересмысленный с современных позиций априоризм Канта и подход, объявляющий деятельность онтологически более фундаментальным образованием, нежели существование отдельных объектов-вещей [Бажанов 2017].

Вернемся, однако, к отношению собственно математических способностей к «чувству числа».

Многочисленные нейрофизиологические исследования ранних занятий арифметическим счетом и/или какими-то математическими упражнениями показывают, что эти

занятия, безусловно, играют заметную роль в более успешном развитии математических способностей в продвинутом возрасте. Если ребенок хорошо осваивает счет и демонстрирует успехи в математике, то со значительной степенью вероятности он будет успешен не только в своей дальнейшей математической (и даже академической) карьере [Duncan, Dowsett et al. 2007, 1443], но и в жизни вообще [Ansari, De Smedt, Grabner 2012, 117]. Поэтому весьма приветствуется развитие родителями и воспитателями дошкольных учреждений навыка арифметического счета, математических операций, включая, конечно, геометрические построения, у детей с самого раннего возраста [Amalric, Dehaene 2016, 8]. Впрочем, советские математики-педагоги давно догадывались о важности отслеживания и развития математических способностей детей. Неслучайно с примерно середины прошлого века активно создавались специализированные физико-математические школы. Современная нейронаука лишь подтверждает справедливость давних догадок и значимость многолетней практики отечественных педагогов.

Заключение

Как известно, Кант считал, что чистая математика – априорна по своей природе, поскольку ее положения носят всеобщий и необходимый характер и никак не связаны с опытом. Эта идея оказалась существенно ослаблена (даже в глазах ее сторонников) во второй половине XIX в. открытием и разработкой неевклидовых геометрий. Впоследствии, однако, выяснилось, что они не затрагивают существа кантовского априоризма [Shabel 2013 web], а в начале XXI в. прогресс нейронауки заставил вспомнить и заново оценить идею Канта. Явление субитации, или «чувство числа», так сказать онтологически обусловленное нейробиологическими процессами, и особенности обработки мозгом числовой и цифровой информации говорят в пользу того, что *Кантианская программа* в современной нейронауке – это не просто яркая метафора, а выражение стратегической линии ее развития. О числе нельзя говорить как о «бирке», которая репрезентирует какие-то множества предметов. Число – это в определенном смысле средство и итог культурной и биологической адаптации к окружающей среде, который предполагает значительную деятельностную составляющую. Число – это, перефразируя известное выражение, «снятая определенность, ставшая безразличной для предмета», но существенная для характеристики предмета под углом зрения его внешней определенности, которая (и это самое важное!) возникает в результате плотного взаимодействия онтогенетических, эпигенетических и культурных факторов. Такое понимание числа, характеризующего (дискретное) множество и/или (непрерывную) величину – свидетельство продолжения натуралистического поворота в современной науке, который обогащается представлениями, характерными для социоцентризма, все более активно востребуемого в современных когнитивных исследованиях.

Примечания

¹ Появляется все больше свидетельств в пользу того, что и восприятие знаков (например, в виде букв) оказывается детерминированным организацией определенных областей мозга [Dehaene, Dehaene-Lambert 2016, 1193].

² Считается, что приматы способны «представлять численные значения, сравнивать их, а также осуществлять простейшие действия, типа операций сложения и вычитания» [Cantlon 2012, 10725; Boysen 1993; Hanzel 2017, 47–48].

³ Однако ареал действия закона Вебера-Фехнера может быть не столь широким и не распространяться на весь животный мир [Piazza, Fumarola, Chinello, Melcher 2011].

Источники – Primary Sources

Wundt, Wilhelm (1896) *Grundriss der Psychologie*, Engelmann, Leipzig.

Ссылки – References in Russian

- Бажанов 2017 – Бажанов В.А. Деятельностный подход и современная когнитивная наука // Вопросы философии. 2017. № 9. С. 174–181.
- Бажанов 2019 – Бажанов В.А. Числовое познание в контексте когнитивных исследований // Вопросы философии. 2019. № 12. С. 82–90.
- Лакофф, Нуньес 2012 – Лакофф Дж., Нуньес Р. Откуда взялась математика: как разум во плоти создает математику // Горизонты когнитивной психологии. М.: ЯСК: РГГУ, 2012. С. 29–47.
- Уилсон 2020 – Уилсон Э. Эусоциальность. Люди, муравьи, голые землекопы и другие общественные животные. М.: Альпина-нон-фикшн, 2020. 102 с.

References

- Agrillo, Christian, Piffer, Laura, Bisazza, Angelo, Butterworth, Brian (2012) web “Evidence for Two Numerical Systems that are Similar in Humans and Guppies”, *PLoS One*, Vol. 7(2), URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0031923>
- Amalric, Marie, Dehaene, Stanislas (2016) “Origins of the Brain Networks for Advanced Mathematics in Expert Mathematicians”, *PNAS*, Vol. 113, No. 18, pp. 4909–4917.
- Amalric, Marie, Dehaene, Stanislas (2019) “A Distinct Cortical Network for Mathematical Knowledge in the Human Brain”, *Neuroimage*, Vol. 189, pp. 19–31.
- Ansari, Daniel (2008) “Effects of development and enculturation of number representation in the brain”, *Nature*, Vol. 9, pp. 278–290.
- Ansari, Daniel, De Smedt, Bert, Grabner, Roland H. (2012) ‘Introduction to the Special Section on “Numerical and Mathematical Processing”’, *Mind, Brain, and Education*, Vol. 6, No. 3, pp. 117–118.
- Bazhanov, Valentin A. (2017) “Activity Approach and Contemporary Cognitive Science”, *Voprosy Filosofii*, Vol. 9, pp. 174–181 (in Russian).
- Bazhanov, Valentin A. (2019) “Numerical Cognition in Cognitive Research Perspective”, *Voprosy Filosofii*, Vol. 12, pp. 82–90 (in Russian).
- Benacerraf, Paul (1965) “What Numbers Could Not Be”, *The Philosophical Review*, Vol. 74, pp. 47–73.
- Boysen, Sara T. (1993) “Counting in Chimpanzees”, Boysen, Sara T., Capaldi, John, eds., *The Development of Numerical Competence*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, pp. 39–59.
- Brannon Elizabeth, M., Park, Joonkoo (2014) “Phylogeny and Ontogeny of Mathematical and Numerical Understanding”, *Oxford Handbooks Online*, Oxford University press, Oxford, pp. 1–15.
- Bueti, Domenica, Walsh, Vincent (2009) “The Parietal Cortex and the Representation of Time, Space, Number and Other Magnitudes”, *Philosophical Transactions of The Royal Society*, Vol. 364, pp. 1831–1840.
- Burr, David C., Turi, Marco, Anobile Giovanna (2010) “Subitizing but Not Estimation of Numerosity Requires Attentional Resources”, *Journal of Vision*, Vol. 10, No 6, pp. 1–10.
- Cantlon, Jessica F. (2012) “Math, Monkeys, and the Developing Brain”, *PNAS*, Vol. 109, pp. 10725–10732.
- Chiao, Joan J. (2018) “Developmental Aspects in Cultural Neuroscience”, *Developmental Review*, Vol. 50, pp. 77–89.
- De Cruz, Helen, De Smedt, Johan (2010) “The Innateness Hypothesis and Mathematical Concepts”, *Topoi*, Vol. 29, pp. 3–13.
- Dehaene, Stanislas (2002) “Single-Neuron Arithmetic”, *Science*, Vol. 297, pp. 1652–1653.
- Dehaene, Stanislas (2011) *The Number Sense: How the Mind Creates Mathematics*, Oxford University Press, N.Y, Oxford.
- Dehaene, Stanislas, Brannon, Elizabeth (2010) “Space, Time, and Number: a Kantian Research Program”, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 14, No. 2, pp. 517–519.
- Dehaene, Stanislas, Brannon, Elizabeth, eds. (2011) *Space, Time and Number in the Brain: Searching for the Foundations of Mathematical Thought*, Academic press, London.
- Dehaene, Stanislas, Dehaene-Lambertz, Ghislaine (2016) “Is the Brain Prewired for Letters?”, *Nature Neuroscience*, Vol. 19, No. 9, pp. 1192–1193.
- Dotan, Dror, Dehaene, Stanislas (2016) “On the Origins of Logarithmic Number-to-Position Mapping”, *Psychological Review*, Vol. 123, No. 6, pp. 637–666.
- Duncan, Greg, Dowsett, Chantelle et al. (2007) “School Readiness and Later Achievement”, *Developmental Psychology*, Vol. 43, No. 6, pp. 1428–1446.
- Fabry, Regina E. (2020) “The Cerebral, Extra-Cerebral Bodily, and Socio-Cultural Dimensions of Encultured Arithmetical Cognition”, *Synthese*, Vol. 197, pp. 3685–3720.
- Fazelpour, Sina, Thompson, Evan (2015) “The Kantian Brain: Brain Dynamics from a Neurophe-nomenological Perspective”, *Current Opinion in Neurobiology*, Vol. 31, pp. 223–229.

- Gelman, Rochel, Butterworth, Brian (2005) “Number and Language: How are They Related?”, *Trends in Cognitive Science*, Vol. 9, No. 1, pp. 1–10.
- Gelman, Rochel, Gallistel, Charles R. (2004) “Language and the Origin of Numerical Concepts”, *Science*, Vol. 306, pp. 441–445.
- Gillies, Donald (2015) “An Aristotelian Approach to Mathematical Ontology”, Davis, Ernest, Davis, Philip, eds., *Mathematics, Substance and Surmise: Views on the Meaning and Ontology of Mathematics*, Springer, N.Y., pp. 147–176.
- Han, Shihui (2017) *The Sociocultural Brain. A Cultural Neuroscience Approach to Human Nature*, Oxford University press, Oxford.
- Hanzel, Igor (2017) *50 years of Language Experiments with Great Apes*, Peter Lang, Frankfurt am Main.
- Harvey, Ben. M., Klein, Brain et al (2013) “Topographic Representation of Numerosity in the Human Parietal Cortex”, *Science*, Vol. 341, pp. 1123–1126.
- He, Lixia, Zhou, Ke, Zhou et al (2015) web “Topology-Defined Units in Numerosity Perception”, *PNAS*, URL: <https://www.pnas.org/content/112/41/E5647>
- Hubbard, Edward M., Pinel, Philippe, Piazza, Manuela, Dehaene, Stanislas (2005) “Interactions Between Numbers and Space in Parietal Cortex”, *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 6, pp. 435–448.
- Hyde, David C. (2015) “Numerosity”, *Brain Mapping: An Encyclopedic Reference*, Vol. 3, pp. 559–564.
- Izard, Veronique, Pica, Piazza, Spelke, Elizabeth, Dehaene, Stanislas (2008) “Exact Quality and Successor Function: Two Key Concepts on the Path Towards Understanding Exact Numbers”, *Philosophical Psychology*, Vol. 21 (4), pp. 491–505.
- Jevons, Stanley (1871) “The Power of Numerical Discrimination”, *Nature*, Vol. 3, pp. 281–282.
- Kirby, Simon, Dowman, Mike, Griffiths, Thomas L. (2007) “Innateness and Culture in the Evolution of Language”, *PNAS*, Vol. 104, No. 12, pp. 5241–5245.
- Kitcher, Patricia (1995) “Revisiting Kant’s Epistemology: Skepticism, Apriority, and Psychologism”, *Nous*, Vol. 29, No. 3, pp. 285–315.
- Kvasz, Ladislav (2019) “How Can Abstract Objects of Mathematics Be Known?” *Philosophia Mathematica*, Vol. 27, Iss. 3, pp. 316–334.
- Lakoff, George, Núñez, Rafael (2000) “Where Mathematics Comes From: How the Embodied Mind Brings Mathematics into Being”, Basic book, New York (Russian Translation).
- Laland, Kevin N. (2008) “Exploring Gene – Culture Interactions: Insights from Handedness, Sexual Selection and Niche-Construction Case Studies”, *Philosophical Transactions of The Royal Society (B)*, Vol. 363, pp. 3577–3589.
- Leadbeater, Ellouise, Dawson, Erika H. (2017) “A Social Insect Perspective on the Evolution of Social Learning Mechanisms”, *PNAS*, Vol. 117, pp. 7838–7845.
- Lyons, Ian M., Ansari, Daniel, Beilock, Sian L. (2015) “Qualitatively Different Coding of Symbolic and Nonsymbolic Numbers in the Human Brain”, *Human Brain Mapping*, Vol. 36, pp. 475–488.
- Margolis, Eric (2020) “The Small Number System”, *Philosophy of Science*, Vol. 87, pp. 113–134.
- Monti, Martin M., Parsons, Lawrence M., Ocherson, Daniel N. (2012) “Thought Beyond Language: Neural Dissociation of Algebra and Natural Language”, *Psychological Science*, Vol. XX (X), pp. 1–9.
- Nieder, Andreas, Dehaene, Stanislas (2009) “Representation of Number in the Brain”, *Annual Review of Neuroscience*, Vol. 32, pp. 185–208.
- Núñez, Rafael (2009) “Numbers and Arithmetic: Neither Hardwired Nor Out There”, *Biological theory*, Vol. 4, No. 1, pp. 68–83.
- Núñez, Rafael E. (2011) “No Innate Number Line in the Human Brain”, *Journal of Cross-Cultural Psychology*, Vol. 42, No. 4, pp. 651–668.
- Overmann, Karenleigh A., Coolidge, Frederic L. (2013) “On the Nature of Numerosity and the Role of Language in Developing Number Concepts”, *Current Anthropology*, Vol. 54, No. 1, pp. 83–84.
- Piazza, Manuela, Fumarola, Antonia, Chinello, Alessandro, Melcher, David (2011) “Subitizing Reflects Visuo-Spatial Object Individuation Capacity”, *Cognition*, Vol. 121, No. 1, pp. 147–153.
- Posner, Michael I., Rothbart, Mary (2017) “Integrating Brain, Cognition and Culture”, *Journal of Cultural Cognitive Science*, Vol. 1, No 1, pp. 3–15.
- Samet, Jerry, Zaithchik, Deborah (2020) web “Innateness and Contemporary Theories of Cognition”, *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, URL: https://plato.stanford.edu/Innateness_and_contemporary_theories_of_cognition.
- Shabel, Lisa (2013) web “Kant’s Philosophy of Mathematics”, *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, URL: <https://plato.stanford.edu/entries/kant-mathematics/#ComIntDeb>
- Sinkevich, Galina I. (2015) “On the History of Number Line”, *Antiquitates Mathematicae*, Vol. 9, No. 1, pp. 83–92.
- Steinhart, Eric (2002) “Why Numbers Are Sets”, *Synthese*, Vol. 133, No. 3, pp. 343–361.

Tang, Yi-Yaun, Zhang, Wutian, et al (2006) “Arithmetic Processing in the Brain Shaped by Cultures”, *PNAS*, Vol. 103, No. 28, 10775–19780.

Wang, Jin jing, Feigelson, Lisa (2019) web “Infants Recognize Counting as Numerically Relevant”, *Developmental Science*, Vol. 22, Iss. 6, URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/desc.12805> article e12805.

Wilson, Edward O. (2019) *Genesis: The Deep Origin of Societies*, Liveright, N.Y., London (Russian Translation).

Whitehead Hal, Laland, Kevin N., Rendell, Luke, Thorogood, Rose, Whiten. Andrew (2019) “The Reach of Gene-Culture Coevolution in Animals”, *Nature Communications*, Vol. 10, (2408), pp. 1–10.

Whiten, Andrew (2018) “Culture and Conformity Shape Fruitfly Mating”, *Science*, Vol. 362, pp. 998–999.

Сведения об авторе

БАЖАНОВ Валентин Александрович – доктор философских наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, действительный член Académie Internationale de Philosophie des Sciences, зав. кафедрой философии Ульяновского государственного университета; главный научный сотрудник лаборатории «Кантианская рациональность», Академия Кантиана Института гуманитарных наук Балтийского федерального университета им. И. Канта.

Author’s Information

BAZHANOV Valentin A. – DSc in philosophy, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Current Member of the Académie Internationale de Philosophie des Sciences, Head of the Department of Philosophy, Ulyanovsk State University, Key researcher, Kantian Rationality Lab & Academia Kantiana, Immanuel Kant Baltic Federal University (IKBFU).