

КОГНИТИВНАЯ НАУКА В МОСКВЕ: НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2013

**МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ**



Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ ПРИ ВОСПРИЯТИИ ВИЗУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПОНЯТИЙ

Шварц А.Ю.

shvarts.anna@gmail.com

МГУ им. М.В.Ломоносова

Вопрос о том, в какой форме существуют мысленные образы в сознании субъекта, является одним из самых запутанных в когнитивной психологии (Величковский, 2006), характер взаимосвязи образных явлений и абстрактного знания, понятий на данном этапе далеко не прояснен (Murphy, 2002).

В области математики зрительно-пространственные модели являются не просто продуктами индивидуального воображения, но конвенциональными формами существования математического знания. Классически Ч. Пирс выделяет три вида знаков: иконические, символические и указательные. Однако визуальные математические модели занимают промежуточное положение: не являясь богатыми изображениями реальности, они схематичны и, по своей структуре, «похожи» на понятия. Мингазов (1975) говорит об изоморфизме как основании для наглядности той или иной репрезентации. Однако с нашей точки зрения установление изоморфизма является самостоятельной непростой задачей. Должен быть выстроен «перевод» с языка визуальных моделей на алгебраический и словесный языки, только тогда можно говорить о визуальной репрезентации математического понятия.

Согласно работам В.В. Давыдова (2000), а так же E. Dubinsky (2000), G. Vergnaud (1998) (последователей Ж. Пиаже), математическое понятие основано на действии, которое свернуто в символическую или визуальную форму хранения. Мы предполагаем, что усвоение визуальной модели понятия невозможно без восстановления заложенных в ней действий. Что соответствует тому, как репрезентации рассматривает G. Vergnaud: «динамическая активность, функциональный источник, регулирующий и организующий действия и восприятие, ... а также продукт этих действий и восприятий» (Vergnaud, 2009, p. 93 цит. по Rivera, 2011, p. 40).

С точки зрения В.В. Давыдова, понятие как способ действия должно предшествовать освоению той или иной знаково-символической модели: это позволит организовать восприятие визуальной модели правильным образом. Только при таком восприятии будет вскрыт репрезентирующий характер данной модели и построен мысленный образ, действительно отражающей существенные характеристики понятия.

Отсюда, **гипотеза 1:** сама по себе пространственная конвенциональная модель не репрезентирует соответствующее ей математическое понятие и не способствует его усвоению в ходе обучения. В **серии 1** студентам (79 человек) читалась лекция по основам бинарных отношений. В экспериментальной группе материал сопровождался стандартными, общепринятыми для изложения данной темы *графами* (пространственными схематизациями формальных отношений). В контрольной группе изложение шло на формальном уровне с использованием примеров в вербальной форме. Качество усвоения лекции проверялось в ходе решения проверочных задач: выставлялся балл в учетом как правильных, так и неправильных ответов. Результаты в группах сравнивались с помощью программы SPSS 14.0 по критерию Стьюдента.

Результаты первой серии показали, что предъявление зрительно-пространственных конвенциональных моделей не ведет к улучшению усвоения математических понятий (количество набранных баллов не различается: $t=0,435$, $p=0,665$). То есть сами по себе зрительно-пространственные модели не репрезентируют понятия для студентов.

Гипотеза 2: конвенциональная модель становится репрезентирующей математическое понятие, если предварительно у субъекта сформированы адекватные действия по ее восприятию. В **серии 2** студентам (40 человек) читалась одна лекция, однако материалы, просматриваемые студентами на персональных компьютерах во время лекции, варьировались: с *графами* и без. Для проверки второй гипотезы половине студентов перед изложением основного содержания лекции давалась тренировочная серия задач, в которой предлагалось по описанию построить граф бинарного отношения и, наоборот, «отгадать» бинарное отношение по его изображению с помощью графа.

При анализе баллов, набранных при решении проверочных задач, было обнаружено взаимодействие фактора предварительного обучения работе с графами и фактора наличия графов в материалах лекции (ANOVA; $F = 5.1074$; $p = 0.03$). Если графы в лекции не использовались, то проведение предварительного обучения работе с графами только ухудшает результаты усвоения. Если же в лекции используются графы, то они помогают усвоению именно в том случае, когда есть предварительное обучение тому, как их воспринимать и использовать.

Целью **третьей серии** нашего исследования было выявить, как меняется процесс восприятия и использования визуальных моделей математических понятий после обучения специальным действиям, позволяющим воспринять визуальную модель в контексте репрезентируемого понятия.

Гипотеза 3.1: в результате специального обучения правильному восприятию визуальных моделей испытуемые будут соотносить вершины графа с объектами, а ребра графа с отношениями между объектами. Кро-

ме того, мы предполагали (**Гипотеза 3.2**), что после обучения визуальные модели будут использованы для внутренней репрезентации понятий и будут спонтанно использоваться при решении проверочных задач.

В качестве основного метода использовалась запись глазодвигательной активности (SMI RED 120). Содержание тренировочных задач осталось таким же, как во второй серии, они предъявлялись половине испытуемых. Содержание лекции было несколько укорочено, проверочные задачи упрощены. Кроме того, в процессе решения проверочных задач обеими группами на экран были выведены вспомогательные материалы: спрашивая о различных свойствах бинарных отношений, мы подсказывали испытуемому каждое свойство и в виде формулы, и в виде визуальной модели, использовавшейся во время лекции. Запись движений глаз при использовании подсказок позволила нам отследить, в какой форме испытуемые спонтанно представляют данные понятия. Тем самым у нас появился объективный показатель того, стали ли визуальные модели репрезентирующими для испытуемых.

На стадии прослушивания лекции время пребывания в области формул и в области визуальных моделей не зависело от того, обучались ли испытуемые «правильным» способам восприятия изображений. Так же не было выявлено различий в успешности решения задач: из возможных 18 баллов в обеих подгруппах в среднем было набрано около 9.5 баллов. Однако в процессе решения задач оказалось, что предпочитаемая форма репрезентации зависит от наличия предварительного обучения ($F = 11.0288$ $p = 0.004$): процент времени проведенного в области визуальных моделей существенно больше у испытуемых, прошедших обучение, тогда как среди необученных процент времени, затрачиваемый на работу с формулой и изображением, не отличается.

Испытуемые, прошедшие тренировку, смотрят на визуальные модели значимо дольше (в среднем 123 сек.), чем на формулы (в среднем 35.5 сек.): $t = -3.6$, $p = 0.005$. Тогда как не обученные восприятию визуальных моделей испытуемые смотрят на формулы и на графы в среднем примерно одинаковое время (142 сек. и 134 сек. соответственно). В целом, тренированные испытуемые тратят меньше времени на разглядывание подсказок за счет сокращения времени разглядывания формул. Является ли такое практически полное игнорирование формул позитивным — требует дальнейших исследований.

Далее мы провели качественный анализ движений глаз: в лекции были выделены отрывки, когда приводились конкретные примеры изучаемых свойств. Для каждого испытуемого было посчитано сколько раз он «отслеживал» примеры, фиксируя взгляд на вершинах графа в момент упоминания объектов. Оказалось, что испытуемые, не прошедшие

обучение работе с визуальными моделями, чаще отслеживают приводимые примеры (Манна-Уитни, $p = 0/015$), что противоречит гипотезе 3.1.

Возможно, наличие предварительного обучения позволяет испытуемым легко создавать внутренние репрезентации бинарных отношений, подобные предъявляемым визуальным моделям, и им не требуется для понимания приводимого примера пошагово опираться на внешнюю модель. Можно предположить, что в процессе прослеживания примера по визуальной модели как раз формируются необходимые действия для «понятийного» восприятия модели — и такое обучение через совместное внимание является альтернативой предложенному В.В. Давыдовым способу освоения понятия (а значит, и нового способа восприятия) через решение специально подобранных задач.

Глазодвигательная активность в ходе решения задач свидетельствует о визуальном способе представления понятий у испытуемых, прошедших обучение. Однако настораживает игнорирование ими формул. Если понимать понятие как сочетание различных схем (Vergnaud, 1998) или репрезентаций (Duval, 2006 и др.), то избегание алгебраической репрезентации свидетельствует о менее качественном понимании.

Выводы: Визуальная модель становится репрезентацией математического понятия в первую очередь в том случае, если у субъекта имеются необходимый арсенал действий по ее восприятию. В противном случае, подобные действия выстраиваются прямо в ходе прослушивания лекции.

Мы полагаем, что визуальная репрезентация математического понятия неотделима от способов ее восприятия и использования и не может считаться репрезентирующей, будучи представлена только в виде статичного мысленного образа или изображения; говоря о внутренней визуальной репрезентации понятия, следует представлять ее образно-действенной, сохраняющей не только саму модель, но и схему ее использования. В более широком контексте когнитивной психологии, наши данные говорят в пользу представления об образной репрезентации как об операциональной структуре, что характерно для работ таких авторов, как У. Найссер, З. Пылишин. Выявление операциональной природы не только визуальных репрезентаций, но и других способов представления понятий ведет к преодолению разрыва между понятийными и образными формами знания.

Литература

1. Величковский Б.М. (2006). Когнитивная наука: Основы психологии познания. Т.2. М.: «Академия».
2. Мингазов Э.Г. (1975) Гносеологические основы принципа наглядности обучения. Советская педагогика, № 9.
3. Duval R. (2006), A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics, Educational Studies in Mathematics 61, 103–131.

4. Murphy G.L. (2002). The big book of concepts. MIT Press.
5. Presmeg N.C. (2006). Research on visualization in learning and teaching mathematics: emergence from psychology. In: A. Gutierrez, P. Boero (Eds.), Handbook of research on the psychology of mathematics education: past, present and future. P. 205–235.
6. Rivera F.D. (2011) Toward a visually-oriented school mathematics curriculum: research, theory, practice, and issues. Dordrecht: Springer.
7. Vergnaud, G. (1998) A comprehensive theory of representation for mathematical education. Journal of Mathematical Behaviour, 17 (2), 167–181.

Исследование выполнено при поддержке гранта РГНФ №12-36-01408.

ФМРТ-ИССЛЕДОВАНИЕ МОЗГОВЫХ КОРРЕЛЯТОВ СОВМЕСТНОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

**Шпуров И.Ю., Власова Р.М., Румшицкая А.Д., Розовская Р.И.,
Мершина Е.А., Синицын В.Е., Печенкова Е.В.***

evp@virtualcoglab.org

Введение. Социальная нейронаука — формирующаяся дисциплина, изучающая мозговые механизмы социального познания и взаимодействия. Ее развитию в значительной степени препятствует высокая сложность изучаемых процессов, поскольку современные методы регистрации активности мозга гораздо лучше приспособлены для изучения относительно простых двигательных и когнитивных функций и накладывают большое количество ограничений на возможные экспериментальные процедуры, что снижает экологическую валидность проводимых исследований. Для картирования так называемого «социального мозга» часто применяется такой прием, как «оффлайн»-эксперимент, в ходе которого человеку, не включенному в реальное взаимодействие с другими, предлагается решать задачи, моделирующие некоторый существенный аспект социальной активности (например, понимание чувств и мыслей героев рассказа); или же используется обман испытуемого (например, когда работа компьютера выдается за поведение других участников эксперимента).

Очевидно, что ни один из этих методических приемов не является эффективным для изучения мозговых основ совместного решения мыслительных задач — процесса, требующего интенсивной вербальной коммуникации реальных участников в режиме реального времени. В итоге изучение данного вопроса не проводилось, поскольку устная речь является серьезным источником артефактов для большинства методов регистра-