

**Поддьяков**  
Александр  
Николаевич,

доктор психологических наук, ординарный профессор департамента психологии, ведущий научный сотрудник международной лаборатории экспериментальной и поведенческой экономики НИУ ВШЭ,  
e-mail: apoddiakov@hse.ru



**Поддьяков**  
Николай Николаевич,

доктор психологических наук, профессор, академик РАО

## Интерактивные исследовательские объекты: от лабораторных экспериментов к массовым практикам XXI века<sup>1</sup>

### Interactive exploratory objects: from laboratory experiments to mass practices of the XXI century

**Аннотация.** В статье рассматриваются история и современные практики создания и использования интерактивных исследовательских объектов и сред, провоцирующих любознательность человека и требующих обследования и экспериментирования для их познания и достижения практических целей. Разработка, использование и демонстрация самых разных исследовательских объектов (игровых, образовательных, психодиагностических и др.) в различных областях отражает все более массовое убеждение: одна из основных способностей человека, которая необходима в настоящее время и будет востребована в будущем, – это способность справляться с новизной, в том числе путем активного обследования и экспериментирования. Обсуждаются особенности специально разрабатываемых интерактивных исследовательских объектов и сред в контексте подготовки к встречам с новизной и сложностью.

**Ключевые слова:** интерактивные исследовательские объекты, экспериментирование, любознательность, исследование новизны и сложности.

**Abstract.** The article is focused on the history and modern practice of creating and applying interactive exploratory objects and environments



that provoke curiosity in the individual and require exploration and experimentation to study them and to achieve practical goals. The development, use and demonstration of a wide range of exploratory objects (gaming, educational, psycho-diagnostic, etc.) in various fields reflects a wide spread belief: one of the basic human abilities that is needed now and will be in demand in the future is the ability to cope with novelty, including through active exploration and experimentation. The key features of specially developed interactive exploratory objects and environments are observed in the context of their ability to prepare one for encounters with novelty and complexity.

**Key words:** interactive research facilities, experimentation, curiosity, research of novelty and complexity.

В настоящее время в культуре наблюдается большой интерес к исследованию новизны – новых объектов, ситуаций, миров. Выходят фильмы, в которых главный герой – астронавт, оказавшийся на другой планете в одиночестве, борется за выживание, и одно из средств этой борьбы – исследование внешней среды и возможностей материалов, инструментов и приборов, завезенных с Земли и используемых им творчески, креативно. Огромной популярностью пользуются разнообразные квесты: подростки и взрослые люди платят деньги за то, чтобы, например, быть запертыми в одиночку или небольшой группой в помещении с разными непонятными объектами, тайниками, шифрами и пр., разгадать все секреты и выбраться за условленное время.

Интенсивно растет число игрушек для детей, функция которых – развивать мышление ребенка в ходе исследовательской деятельности и экспериментирования (и это прямо пишется в инструкциях к ним). Это особый класс игрушек – не куклы, не автомобильчики, не посуда и пр. Это исследовательские игрушки, в том числе головоломки, побуждающие задаваться вопросами «Что это такое?», «Как эта штука работает?», «Как сделать так, чтобы она...?», «А что она еще может?» и др. Эти объекты не имеют явно идентифицируемой практической функции, а выглядят как разнообразные привлекательного вида ящички с кнопками, окошками, световыми табло, скрытыми динамиками, подвижными элементами и т.д. Когда ребенок нажимает на кнопку или поворачивает рукоятку, освещается окно, показывая забавное изображение, при нажмие на другую кнопку раздается нестрашный гудок, при нажмие на третью – открывается ниша с чем-то интересным внутри, что раньше не было видно, и т.д. В терминах кибернетики, такие игрушки – это «черные ящики» с неизвестным содержимым, и теперь они в массовом порядке предлагаются дошкольникам для исследования и учения без предварительных развернутых инструкций (или без инструкций вообще).

## Aleksandr N. Poddiakov,

Doctor of Psychology, tenured professor of the School of Psychology, Leading Research Fellow in International Laboratory for Experimental and Behavioural Economics, National Research University Higher School of Economics

## Nikolay N. Poddiakov,

Doctor of Psychology, professor, Academician of the Russian Academy of Education

**1** Расширенная и дополненная версия статьи: Poddiakov A., Poddiakov N. Interactive exploratory objects: from laboratory experiments to mass practices of the XXI century // Психология. Журнал высшей школы экономики. Т. 15. №. 4. С. 656–674. <https://psyjournal.hse.ru/en/2018-15-4/230297121.html>

Статья опубликована в рамках специальной темы выпуска «Российский психолог: архитекторы школ», в котором «дано слово создателям крупных научных школ в психологии – А.Н. Леонтьеву, Г.М. Андреевой, А.В. Петровскому, Н.Н. Поддьякову» <https://psyjournal.hse.ru/2018-15-4.html>.

Статья подготовлена в рамках Программы фундаментальных исследований Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) и с использованием средств субсидии в рамках государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации «5-100», а также при поддержке РНФ, проект № 17-78-30035.



Популярны компьютерные игры, требующие исследования, экспериментирования и решения задач: это и продвинутые квесты для любителей, и менее сложные исследовательские логические головоломки, предлагаемые сразу огромному числу интернет-пользователей. В качестве важного и показательного примера таких игр, создаваемых для всемирной аудитории, можно упомянуть некоторые интерактивные игры Google Doodles. По значимости полученного отклика начать следует с Google Doodle, посвященной 60-летию первой публикации Станислава Лема<sup>2</sup>. Вряд ли можно назвать другого писателя – научного фантаста и философа – который внес такой же вклад в объяснение и популяризацию темы исследования самых разных «черных ящиков» естественного и искусственного происхождения, как Лем. Соответственно, пользователям Google предлагалось экспериментировать с забавными «черными ящиками» нарастающей сложности, и этот Google Doodle стал темой заметок в ведущих изданиях – Daily Mail, The Guardian, The Telegraph<sup>3</sup>, etc. Также можно упомянуть недавнюю интерактивную исследовательскую игру Google Doodle, требующую экспериментирования с бросками из катапульты на дальность фигурок садовых гномов, свойства их полета изначально не очевидны<sup>4</sup>; и др. Во всех этих Google Doodle пользователю не дается никаких инструкций, он должен сам, путем исследования и экспериментирования, разобраться в том, как работают виртуальные объекты. Рис. 1.

Более того, экспериментирование с новым техническим объектом (устройством) без предварительного инструктажа («поэкспериментируй и пойми, как работает») становится важным направлением массовой диагностики так называемых умений (компетентностей) XXI века. В качестве примера можно привести интерактивные задания Международной программы по оценке образовательных достижений учащихся (PISA). В программе участвуют сотни тысяч 15-16-летних школьников из десятков стран, в том числе из России. В 2012 г. участникам впервые в истории массового тестирования и оценки были предложены новые (для международного массового тестирования, а не для научной психологии и не для пользователей Google) тип задач – интерактивные. Например, кликая по кнопкам виртуального MP3-плеера, к которому нет инструкции, и наблюдая его реакции, участник должен был понять принцип его работы и затем выполнить задания на понимание этого принципа [41]. Рис. 2.

Другое задание того же типа – «Climate Control» (экспериментировать надо с другим устройством – кондиционером)<sup>5</sup>. Инструкции к заданиям такого типа часто начинаются парадоксально – словами: «У Вас нет инструкции к этому новому устройству, Вам предстоит разобраться в нем...». Рис. 3.

<sup>2</sup> <https://www.google.com/doodles/60th-anniversary-of-stanislaw-lem-s-first-publication>

<sup>3</sup> <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2065103/Stanislaw-Lem-Google-Doodle-Interactive-animation-celebrates-sci-fi-genius-work.html>, <https://www.theguardian.com/technology/2011/nov/23/google-doodle-stanislaw-lem-anniversary>, <https://www.telegraph.co.uk/technology/google/google-doodle/8908900/Stanislaw-Lem-60th-anniversary-of-first-book-celebrated-with-giant-robot-Google-Doodle.html>

<sup>4</sup> <https://www.google.com/doodles/celebrating-garden-gnomes?hl=en>



Рис. 1. Интерактивная игра Google Doodle Celebrating Garden Gnomes <https://www.google.com/doodles/celebrating-garden-gnomes?hl=en>



Явная или неявная посылка «у вас нет инструкций к новому, его надо исследовать» представляется философски нагруженной и ключевой характеристикой разработки всех перечисленных, весьма многочисленных проблемных ситуаций, создаваемых одними людьми для других. Основным компонентом этих ситуаций является наличие исследовательских объектов (или целых миров), которые устроены по принципу «черных ящиков» разной сложности и черноты (непрозрачности) – они требуют исследования и экспериментирования, выявления неочевидных, скрытых свойств и связей для их понимания и успешного достижения тех или иных целей. В некотором смысле, с учетом нарастающего масштаба, это новая цивилизационная ситуация.

В целом, можно выделить, по крайней мере, пять взаимосвязанных направлений разработки исследовательских объектов.

1. Наука – исследования того, как разные люди (дети, взрослые, новички, эксперты и т.д.) справляются с новыми объектами (микромирами), какие мотивы ими движут, какие когнитивные стратегии эти люди используют, как те или иные особенности этих объектов влияют на мотивацию, особенно эти стратегий, и т.д.



Рис. 2. Общий вид MP3-плеера, предлагаемого для обследования школьникам в пилотном исследовании PISA-2012 (скриншот с доступной ранее русскоязычной версии теста на <http://erasq.acer.edu.au/index.php?cmd=cbaltemPreview&unitVersionId=178>, в настоящее время недоступна; англоязычная версия: [42, p. 132])

<sup>5</sup> <http://www.oecd.org/pisa/test-2012/testquestions/question3/>

### КЛИМАТ-КОНТРОЛЬ

У вас нет инструкции к вашему новому кондиционеру. Вам надо разобраться, как он работает.

Вы можете изменить настройки верхнего, среднего и нижнего регуляторов, используя скользящие рычажки управления («+»), показанные в левой части рисунка. Исходное положение каждого из регуляторов отмечено знаком ▲.

Если вы нажмёте на кнопку ПРИМЕНИТЬ, то увидите на графиках температуры и влажности, как изменится температура и влажность воздуха в комнате. В окошках слева от каждого из графиков будут показываться текущие значения температуры и влажности воздуха.

Верхний регулятор

Температура

25

Средний регулятор

Влажность

25

Нижний регулятор

ПРИМЕНИТЬ
СБРОС

---

Вопрос 1: КЛИМАТ-КОНТРОЛЬ CP025Q01

Изменяя положение скользящих рычажков, определите, влияет ли каждый из регуляторов на температуру и влажность. Вы можете повторять попытки, нажимая на кнопку СБРОС.

Нарисуйте стрелки на рисунке справа, чтобы показать, на что влияет каждый из регуляторов.

Чтобы нарисовать линию, сначала щёлкните мышью в окошке с регулятором, а потом или в окошке с надписью «Температура», или в окошке с надписью «Влажность». Вы можете удалить нарисованные линии, щёлкая по ним мышью.

Верхний регулятор

Средний регулятор

Нижний регулятор

Температура

Влажность

?

→

Рис. 3. Исследовательское задание PISA-2012 «Климат-контроль» (скриншот с доступной ранее русскоязычной версии теста, в настоящее время она недоступна; англоязычная версия: <http://www.oecd.org/pisa/test/testquestions/question3/>).



2. Образовательная практика – включение исследовательских объектов и миров в программы обучения и развития.

3. Практики оценки того, насколько оцениваемых представлены компетенции по исследованию новых объектов и миров.

4. Игровые практики – разработка и производство исследовательских игрушек для детей и квестов с выраженным исследовательским компонентом для людей самого разного возраста – лишь бы им было интересно.

5. Литература, искусство, официальная и неофициальная публицистика – здесь исследовательские объекты и миры представлены в качестве «объектов для показа» (“human displays”) в понимании, введенном Дж. Гибсоном. Это картины, фотографии, кино- и мультфильмы, письменные тексты и т.д. Будучи созданы специально для других людей, все эти объекты «опосредствуют возможность особого рода знания» – «опосредствованного, непрямого, как бы из вторых рук» [2, с. 80]. Они конструируются, воспринимаются и понимаются по особым правилам. Со своей стороны, приведем примеры «объектов для показа», специально созданных и репрезентирующих для других опосредованное, не прямое знание об исследовании, экспериментировании, их возможных объектах, предсказуемых и непредсказуемых результатах. Сюда можно отнести:

– показ в научно-фантастическом художественном фильме, как астронавт экспериментирует с артефактом другой цивилизации на другой планете;

– показ в анимационном фильме Зденека Милера, как кролик экспериментирует с попавшим в его руки радиоприемником (он никогда до этого не имел дела с радиоприемниками);

– описание того, как младшие Муми-тролли экспериментировали со шляпой волшебника (кстати, тоже черной, как и «черный ящик») в одноименной сказке Туве Янссон;

– описание в интернет-посте, как человек пытался в зарубежной гостинице справиться с водопроводным краном или кондиционером неизвестной модели;

– видеозаписи на YouTube, выкладываемые для массового просмотра и показывающие, как дети реагируют на игрушку типа «чертик из табакерки» (jack-in-the-box)<sup>6</sup>, и т.д.

Мы говорим о взаимосвязи этих пяти направлений, которую проще всего объяснить на вышеприведенном примере интерактивного Google Doodle, посвященного 60-летию первой публикации Станислава Лема. Письменные тексты Лема (цикл «Кибериада») послужили для компьютерной компании Google стимулом создания интерактивной компьютерной игрушки, которая, в свою очередь, служит источником непосредственного исследовательского опыта для играющего и источником наблюдения для ее или его младшего брата или сестры или соседа по парте, предметом обсуждения в частных интернет-блогах и темой заметок в изданиях Daily Mail, The Guardian,

<sup>6</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=WWxUkzOJX58>.  
Различные версии jack-in-the-box – игрушки, смысл которых состоит в неожиданном высказывании объекта той или иной привлекательности-непривлекательности (например, чертика) из корпуса при обследовании, могут выступать не только как исследовательские, но и как контрисследовательские объекты; об этом противопоставлении см. в [9].



The Telegraph, etc. – а также и примером исследовательского объекта в данной статье, которую вы читаете. При этом, как будет показано ниже, сеть взаимосвязей указанных направлений разработки исследовательских объектов не ограничивается данным примером, она значительно шире.

## Краткая история разработки исследовательских объектов

В человеческой культуре игрушки-головоломки, в которых надо разобраться путем экспериментирования, известны достаточно давно – по крайней мере, со времен Древнего Египта. Это различные «секретные шкатулки», которые нельзя открыть, не зная секрета, кружки «Пей, да не облейся» со скрытыми отверстиями и каналами внутри стенок, предназначенные не столько для питья, сколько для обливания пьющего – если он не сумеет разобраться путем исследования, как ее надо держать и какие отверстия зажимать.

Научное же изучение и диагностика исследовательского поведения с помощью специально разработанных объектов начались во второй половине XX века. Хотя история изучения исследовательского поведения берет начало с работ И.П. Павлова по ориентировочным рефлексам и ориентировочно-исследовательским реакциям, однако затем, до 50-х гг. XX века, проводившиеся работы в основном концентрировались на реактивности животных и человека. Часто в них использовались ящики Скиннера, в которых животное должно было найти способ действия с педалью (рычагом), чтобы получить пищу или другое подкрепление. Ценность собственной свободной познавательной активности, направляемой любознательностью, была осознана и признана позже. Если бихевиоризм интересовала реактивность (схема «стимул – реакция»), то новая парадигма этому противостояла – это была парадигма изучения свободной активности, в том числе исследовательской, в сложной среде. В этой парадигме идеалом экспериментального объекта, предлагаемого участнику для самостоятельной познавательной деятельности, является объект с бесконечно большим количеством разнородных скрытых элементов, свойств и связей – от элементарно обнаружимых, почти очевидных до крайне сложных в обнаружении и понимании. В пределе, моделируемая в таком эксперименте деятельность – это внутренне мотивированное познание человеком сложного, разнообразного мира, постепенно раскрывающегося на все новых уровнях [13]. Человек здесь, в отличие от реакций на ящик Скиннера, может ставить все более сложные познавательные и практические цели и разрабатывать и применять различные стратегии. Учет разнообразия целей и стратегий – принципиальная особенность изучения исследовательского поведения – в отличие от изучения поведения по отношению

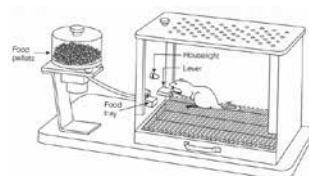
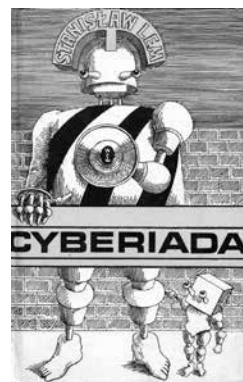




Рис. 4. Один из авторов статьи (А.Н. Поддьяков) в раннем возрасте участвует в эксперименте по изучению мышления. Вопрос о важности личного участия остается открытым.

к ящикам Скиннера, где кривая научения предполагается всегда принципиально одной и той же не только у разных индивидов, но и у разных биологических видов (она может отличаться лишь степенью крутизны-пологости).

Участникам экспериментов по изучению любознательности и исследовательского поведения предлагаются те или иные специально разработанные исследовательские объекты и среды разной сложности, позволяющие реализовывать принцип развивающейся познавательной интриги и тем самым побуждать участника активно выдвигать гипотезы, прогнозировать, исследовать и экспериментировать [14, 15, 45, 46]. Рис. 4, 5.

В качестве примера нового и достаточно сложного для детей исследовательского объекта, использованного в психологических экспериментах в конце 1950-х гг., приведем устройство, разработанное одним из авторов данной статьи – Н.Н. Поддьяковым, в тот период аспирантом А.В. Запорожца. (В 20–30-е гг. XX века А.В. Запорожец был сотрудником и коллегой Л.С. Выготского, а в 40–50-х создал свое направление изучения исследовательской деятельности детей).

Эксперименты Н.Н. Поддьякова стали одними из первых (или, возможно, первыми), в которых дошкольникам предлагаются для самостоятельного обследования новые объекты с достаточно сложными скрытыми связями, требующими для своего выявления развернутого экспериментирования [17, 16, 14]. (Мы будем признательны за указание более ранних аналогов; изучение ориентировочной деятельности ребенка по установлению связей между кнопочками и лампочками, зажигающимися на стенде, бывало в разных версиях и раньше, а изучение экспериментирования и поиска способов дистанционного управления новым динамическим объектом – похоже, нет). Например, ребенку пяти лет предлагался объект с четырьмя кнопками, управляющими движением куколки – игрушечного мальчика по рабочему полю. При нажатиях на ту или иную из четырех кнопок кукла могла перемещаться в одном из четырех направлений – к участнику (который сидел за пультом управления), от участника, вправо и влево. Нажимая попеременно на кнопки пульта, можно было привести куклу в любую точку экспериментального поля, обвести ее вокруг любого препятствия, поставленного на ее пути. Экспериментируя с кнопками (на них не было никаких указателей), ребенок должен был понять, как работает аппарат, как провести мальчика по лабиринту той или иной сложности, и др. (Рис.6.)

Сейчас, в эпоху, когда практически каждое бытовое устройство с электронной начинкой снабжено кнопками со стрелками  $\leftarrow$ ,  $\rightarrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\downarrow$ , этот исследовательский объект и принцип управления им кажутся простыми. Но в 50-е гг. XX века, когда он был разработан и применен в психологическом эксперименте, такого типа дистанционно управляемые игрушки были намного более



Рис. 5. Экспериментирование ребенка с новым объектом («треугольной установкой»), требующим одиночных и комбинированных нажимов; фото 1995 г.; описание объекта см. в [11, 12].



редким явлениям, чем сейчас, а в психологических экспериментах по изучению исследовательского поведения и мышления дошкольников не применялись, похоже, вообще. Чтобы примерно понять характер деятельности дошкольника 50-х гг., сидящего за этой экспериментальной установкой, представьте, что у вас в руках пульт дистанционно управляемого пылесоса без указателей на кнопках. При этом вы не знаете, что такое пылесос. Возможно, в ходе обследования этого объекта у вас сформируется нормативное представление о нем и его назначении, но, возможно, вы найдете ему другое, неожиданное и творческое применение.

Также был разработан ряд экспериментальных схем изучения мышления с помощью такого рода объектов [14]. Прежде всего, сюда относятся, например, неожиданные для ребенка изменения структуры скрытых связей в уже изученном, казалось бы, объекте: кнопки объекта в какой-то момент меняли свои функции – то, за что отвечала одна кнопка, теперь начинала делать другая (например, кнопка, двигавшая куколку влево, теперь начинала двигать ее вперед, двигавшая вперед, теперь двигала ее вправо, и т.д.). Это вызывало удивление детей и новые циклы экспериментирования с вроде бы известным, с виду тем же самым, но внутренне существенно изменившимся, «перепрограммированным» объектом, которым теперь нельзя управлять так, как научился раньше, и надо понять, как действовать теперь. С помощью этого объекта в конце 50-х гг. были выявлены важные отличия пробующих, исследовательских действий ребенка, направленных на установление причинных связей в объекте, от исполнительских – направленных на непосредственное решение практической задачи (например, проведение куколки между расставленными барьерчиками из одного конца поля в другой). Изучалась готовность детей к переходам от исполнительным действиям к пробующим при изменении функций кнопок (в «режиме турбулентности» объекта и деятельности) и обратно – от пробующих к исполнительным и даже автоматизирующимся, когда «обновленные», переустановленные функции кнопок полностью выяснились участником, и необходимость в пробах отпала (в «режиме устойчивости»).

В 60-х гг. число исследовательских объектов, изобретаемых исследователями и используемых в экспериментах, растет – как и разнообразие целей этих экспериментов. Х. Келлер приводит изображения некоторых исследовательских объектов для детей разного возраста [38]. Сама последовательность изображений этих объектов показывает некоторые направления их усложнения для соответствия возрастным особенностям участников. В настоящее время одной из очень важных тенденций с точки зрения перехода от лабораторных экспериментов к массовым практикам является разработка исследовательских объектов, понятных не только детям (если участники – дети), но и родителям – понятных с точки зрения функций этих объектов в

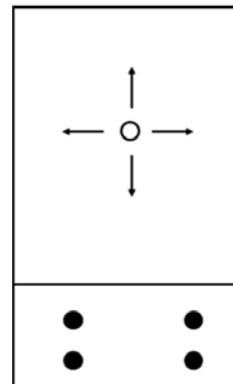


Рис. 6. Экспериментальная установка для изучения экспериментирования детей, вид сверху [16, 14]:

● – кнопки с изначально неизвестными ребенку функциями;  
○ – игрушечный мальчик, перемещающийся по рабочему полю при нажатиях на кнопки.





познавательном развитии детей и стимулирующих родителей самостоятельно изучать и развивать исследовательское поведение (исследовательскую игру), находить для детей новые исследовательские объекты и т.д. Один из примеров – деятельность Центра открытий Музея науки в Бостоне<sup>7</sup>. С ним сотрудничают психологи из разных научных центров. Одно из важных направлений здесь – изучение и популяризация направления «обучение через игру». На сайте лаборатории родители могут прочесть короткие и понятные заметки. Прочитав популярное описание научных экспериментов, в которых дети экспериментируют с забавной исследовательской игрушкой, и увидев ее привлекательное изображение, родители также читают предложения и приглашения найти в своем доме игрушку с несколькими кнопками (рычажками и пр.), которую мог бы обследовать их ребенок, и понаблюдать, как он ее обследует<sup>8</sup>. Это и есть одно из проявлений перехода от лабораторных экспериментов к массовым практикам. Любой родитель на планете, пользующийся интернетом, может, прочитав эти описания и приглашения, занять исследовательскую позицию по отношению к исследовательскому поведению и экспериментировать с исследовательскими объектами своего ребенка.

<sup>7</sup> <https://www.mos.org/living-laboratory/>

Другой пример массовизации: разработчики интерактивных заданий для PISA 2012, предлагаемых десяткам тысяч школьников и требующих обследования и экспериментирования с новым объектом, указывают, что в основе этих заданий лежит подход «решение комплексных проблем» (complex problem solving) [42]. В 70-е гг. прошлого века он начинался с лабораторных экспериментов Д. Дёрнера (1997). Также можно высказать обоснованное предположение, что сценарии «Таналанд», «Моро», «Лоххаузен»<sup>9</sup>, разработанные тогда Д. Дёрнером для лабораторных исследований мышления, являются предтечей множества современных стратегических компьютерных игр типа «Цивилизации» и др. [13, 47].

<sup>8</sup> <https://www.mos.org/living-laboratory/explore-our-research/jack-in-the-box>

На протяжении всей истории научного изучения исследовательского поведения и любознательности разработчики создают исследовательские объекты и миры для выявления психологических феноменов и закономерностей в двух связанных областях – мотивации и когнитивных стратегиях (например, стратегиях выведения заключений о причинных связях в объекте) [3, 1, 8, 7, 12, 14, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 33, 37, 39, 44, 45, 46, 48, 50].

<sup>9</sup> <https://ru.wikipedia.org/wiki/Лоххаузен>

Все большую роль здесь играют компьютерные технологии. Начиная с середины 80-х гг. стали проводиться эксперименты, в которых детям и взрослым предлагалось экспериментировать с роботами, компьютеризованными системами типа LEGOLOGO и компьютерными микромирами. Компьютеризованные исследовательские объекты и виртуальные миры стали также использоваться в обучении основам научного исследования. Важные современные тенденции, связанные с развитием



технологий, – это разработка виртуальных исследовательских объектов и миров, позволяющих:

– создавать компьютеризованные интерактивно-коллаборативные задания для совместной исследовательской деятельности нескольких участников по принципу «мозаики», «пазла» (jigsaw problem) – ни у одного из участников нет полной информации о задаче и достаточного набора средств ее решения; информационные и материальные ресурсы всех участников различны, и решить исследовательскую задачу можно только договариваясь, обмениваясь информацией, объединяя возможности действия [32, 43];

– собирать большие данные о действиях большого количества (до сотен тысяч) пользователей и анализировать эти данные для выявления различных типов стратегий [34];

– изучать мозговую активность участника в ходе обследования новых миров и объектов в них (естественно, пока на небольших выборках в рамках лабораторных экспериментов) [26, 51].

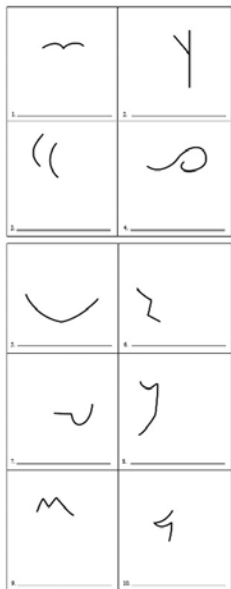


### **Тесты интеллекта, креативности и исследовательского поведения в пространстве «регламентированность – свобода»**

Вероятно, не случайно, что в один и тот же исторический период (50–60-е гг.) был сделан анимационный фильм «Крот и автомобиль» Зденека Милера, в котором один из ключевых эпизодов о том, как персонаж-кротик обследует автомобильную стоянку и салон автомобиля, – и написаны «Мемуары папы Мумитролля» Туве Янссон, в которых есть замечательный фрагмент о саде Самодержца, куда пригласили множество участников. В современных терминах, этот сад – квест: специально созданная среда, где персонажи исследуют и находят что-то по своему желанию и разумению, а потом по результатам этих поисков награждаются и получают информацию от Самодержца о своих индивидуальных особенностях (!). И не случайно, что тогда же стали развешиваться первые научные психологические исследования самостоятельного исследовательского поведения, противостоящие бихевиористскому изучению поведения в ящиках Скиннера. 50–60-е гг., – это была новая социокультурная ситуация, для описания которой в качестве ключевых понятий, видимо, надо использовать понятия «новизна» и «свобода», «свободный выбор в новой среде». (Новые молодежные движения 60-х гг., хиппи, рок-музыка, движение радиолюбителей, изобретающих первые и до тех пор невиданные электронные видеоигры и т.д. тоже во многом описываются этими понятиями.)

Обратимся к тестам. Такая свобода, как в тестах исследовательского поведения, предоставлялась участникам не всегда, а тоже начиная с 50–60-х гг.





Исторически первыми, на рубеже XIX–XX веков, возникли тесты интеллекта. Они измеряют способности человека быстро перерешать большое количество задач из предложенного набора за ограниченное время. Задачи уже четко кем-то сформулированы, имеют известный способ решения и ответ, считающийся единственно правильным. В 30-е гг. XX века для преодоления односторонности тестов интеллекта стали разрабатываться тесты нового типа – тесты креативности. В них используются задания с открытым концом, то есть имеющие не один-единственный правильный ответ, а предполагающие возможность множества ответов (в пределе – бесконечного). Эти задания призваны побудить человека к изобретению новых, разнообразных, оригинальных решений задачи, поставленной другим человеком (разработчиком). Например, требуется придумать как можно больше способов необычного употребления самого обыденного, казалось бы, предмета (карандаша, кирпича и т.п.), придумать как можно больше усовершенствований какой-либо игрушки и т.д. Возникшие в 60-х гг. XX века тесты исследовательского поведения позволили изучать стороны познавательной деятельности, не охватываемые тестами интеллекта и креативности. Тесты исследовательского поведения диагностируют способности человека приобретать новую информацию при реальном взаимодействии с новыми неизвестными объектами, действовать практически в условиях новизны и неопределенности, самостоятельно ставя и решая различные исследовательские задачи.

Подчеркнем этот принципиально важный аспект. Хотя самостоятельная постановка проблем (problem posing) рассматривается как важная часть обучения и мышления в некоторых образовательных подходах [4, 6, 18, 20, 41], трудно найти психодиагностические тесты, которые оценивали бы способности человека самому ставить проблемы и придумывать задачи, а не только решать поставленные кем-то. Тесты исследовательского поведения предоставляют такую возможность.

Наиболее универсальные тесты исследовательского поведения можно охарактеризовать как проблемные ситуации не только с открытым концом, но и с открытым началом. Открытое начало означает, что здесь (в отличие и от тестов интеллекта, и от тестов креативности), участник сам ставит проблемы и «задает вопросы» объекту, сам ставит задачи и решает их, постоянно набирая и доопределяя информацию о все новых открывающихся свойствах объекта и условиях достижения целей. Тесты исследовательского поведения предоставляют не только возможность свободы ответов, но и возможность свободы вопросов. С одной стороны, это свобода вопросов объекту, системе («Что ты такое?», «Как ты устроена?», «Как ты отреагируешь, если я сделаю вот так?», «А если вот так?» и т.д.). С другой стороны, это новые степени



Фотография с сайта:  
<https://www.down-syndrome.org/en-us/research/education-21/13/>



свободы, связанные с вопросами другим людям: вопросы экспериментатору, а также вопросы партнерам по совместному обследованию, если речь идет об интерактивно-коллаборативных проблемных ситуациях: «Что вы видите?», «Как объект отреагировал, когда я сделал вот это?», «Что мы можем еще придумать, чтобы лучше его узнать?» и т.д.

Значит ли это, что, например, в тестах интеллекта совсем нет свободы? Свобода есть – это свобода поиска решения, задуманного разработчиком и неизвестного испытуемому. Но здесь нет свободы самостоятельной постановки проблемы, вопроса.

Соответственно, можно предложить «треугольник типов тестовых задач». Это графическая модель отношений между заданиями тестов интеллекта, креативности и исследовательского поведения и различными реальными задачами в пространстве «регламентированность – свобода» (рис. 7, 8).

При этом следует понимать, что, хотя тесты исследовательского поведения увеличивают степени свободы, свобода здесь не максимальная, как в тестах креативности, где полет фантазии может почти ничем не сдерживаться (дорисовать предложенную фигуру можно как угодно – лишь бы оригинально, не как другие участники). А при обследовании реального объекта вступают в действие физические ограничения реального мира. Некоторых вещей в реальном мире сделать нельзя (например, нельзя сделать вечный двигатель и исследовательский прибор на его основе – наиболее понятный пример). Поэтому в предлагаемом треугольнике тестов свобода ответов в тестах исследовательского поведения меньше, чем в тестах креативности, хотя и больше, чем в тестах интеллекта. Рис. 7.

Внутри этого треугольника тестов можно расположить различные познавательные задачи, существующие в реальной жизни, в соответствии с тем, в какой степени они нагружены исследовательским компонентом (возможностью и необходимостью наблюдать и практически экспериментировать с объектами и системами, получая все новую информацию об их свойствах, связях и т.д.), креативным компонентом (возможностью



Фотография с сайта:  
<https://www.down-syndrome.org/en-us/research/education-21/13/>

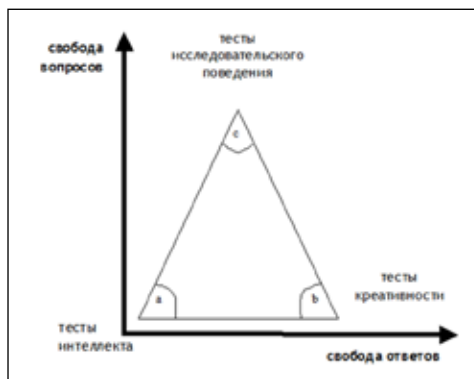


Рис. 7. Треугольник тестов интеллекта, креативности и исследовательского поведения в пространстве «регламентированность – свобода»



и необходимостью генерировать множество разнообразных оригинальных решений) и интеллектуальным компонентом в тестовом смысле (необходимостью искать четкие ответы на четко поставленные кем-то вопросы). Такой треугольник, не претендуя на то, что он дает исчерпывающую картину познавательной деятельности, позволяет оценить те или иные жизненные и профессиональные познавательные задачи на предмет соотношения в них различных важных компонентов (рис. 8).

Таким образом, на протяжении XX века мы видим тенденцию развития тестирования познавательных способностей от максимальной регламентированности деятельности тестируемых (при решении четко сформулированных разработчиком задач с единственным правильным ответом) к диагностическим проблемным ситуациям высокой новизны и неопределенности с открытым началом и открытым концом, требующих



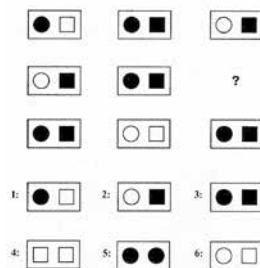
Рис. 8. Разнообразие реальных задач в контуре «треугольника тестов» интеллекта, креативности и исследовательского поведения

- a – задачи, требующие преимущественно интеллекта в его тестовом понимании;
- b – задачи, требующие преимущественно креативности в ее тестовом понимании;
- c – задачи, требующие преимущественно исследовательского поведения в его тестовом понимании;
- d – смешанные задачи, требующие и исследовательского поведения, и креативности, и интеллекта примерно в равной мере;
- e – смешанные задачи, требующие преимущественно креативности и интеллекта и в меньшей степени исследовательского поведения;
- f – смешанные задачи, требующие преимущественно интеллекта, меньше – исследовательского поведения и в еще меньшей степени – креативности;
- g – смешанные задачи, требующие преимущественно исследовательского поведения и в меньшей степени креативности и интеллекта в их тестовом понимании.

для их создания разработки особых исследовательских объектов и миров. И эти исследовательские объекты и миры вызывают массовый интерес. Это закономерно. Ведь задача разработчика – создать такой исследовательский объект, который является метааффордансом: представляемой другому человеку возможностью удовлетворить свою познавательную мотивацию, мотивацию вызова исследования неизвестных возможностей новой системы [9]. Вспомним здесь снова тесты IQ. У их разработчиков в начале XX века не было цели сделать задания интересными для участника (они *могут* быть интересными для



кого-то из участников, но не вследствие специально поставленной цели разработчика, а вследствие индивидуальных особенностей этих участников). С тестами креативности и, особенно, исследовательского поведения ситуация иная – здесь важен собственный познавательный интерес участников, чтобы они воспользовались предоставляемой им свободой, и необходимость развертывания собственного познавательного интереса участника учитывается при разработке тестовых объектов. Если участнику не интересно задание теста IQ, это не особенно волнует разработчика теста. *Если участнику не интересно задание теста творческого мышления или теста любознательности и исследовательского поведения, это профессиональная неудача разработчика.*

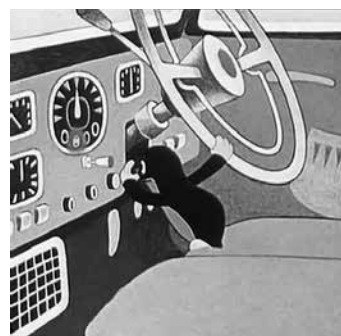


## Два типа мотивационных вызовов при обследовании новых объектов

При обследовании новых объектов человеком можно выделить два типа вызовов, влияющих на особенности познавательных стратегий. Один тип – понять новый и сложный объект как таковой, безотносительно к возможным утилитарно-практическим результатам. Здесь познавательные стратегии направляются любознательностью, потребностью в получении все новых сведений, новых знаний. Познание здесь «бескорыстно» – осуществляется ради самого процесса познания [14].

Второй тип вызовов – заставить новый и сложный объект функционировать желаемым образом, получить от него нужные практические эффекты (например, заставить новое устройство работать в нужном режиме). Это возможно лишь на основе его предварительного обследования и понимания, но здесь развертываются другие познавательные стратегии постановки и решения проблем [14]. Реальный процесс познания осуществляется в тесном взаимодействии обоих типов, и в зависимости от преобладания одного или второго мотивационных вызовов весь мыслительный процесс в целом приобретает соответствующую тенденцию.

Сходное различие ввела L. Schauble с коллегами [49]. Они пишут о том, что учащиеся могут реализовывать в своей исследовательской деятельности либо научную, либо инженерную модель экспериментирования, то есть либо стремятся понять внутренние причинно-следственные связи в объекте, либо пытаются получить от него определенный желательный практический результат (например, максимальную скорость нового виртуального автомобиля). Это различие целей ведет к разным стратегиям исследования и фокусировке внимания на разных сторонах объекта. Как подчеркивают авторы, затруднения при обучении школьников основам научного исследования связаны не только с тем, как дети строят логические рассуждения, но и с тем, что они нередко смешивают цель научного эксперимента с





инженерной. Инженерная цель – вполне достойная, но она мешает понять объект в полноте и разнообразии причинно-следственных связей, что не очень хорошо при обучении основам научного исследования. Важно, чтобы учащиеся понимали различия между этими целями.

Могут ли те или иные исследовательские объекты провоцировать по отношению к себе в большей степени бескорыстное исследование и экспериментирование, мотивированное только любознательностью, чем прагматическое, связанное с практическими задачами, и наоборот – могут ли те или иные исследовательские объекты провоцировать по отношению к себе в большей степени прагматическое исследование и экспериментирование, чем бескорыстное, неутилитарное?

В этом отношении важно исследование Henderson и Moore, в котором проводится различие между свободным исследованием и исследованием в контексте решения проблем, а также между новыми перцептивными игрушками и игрушками, предполагающими решение проблемы. Свободное исследование новых перцептивных игрушек не направлено на нахождение каких-то определенных правильных решений и действий. Это исследование, мотивируемое просто любознательностью. Проблемно-ориентированное исследование «проблемных» игрушек направляется некой проблемой (например, извлечь куклу из узкого ящика) [35]. Однако здесь не фиксируется внимание на возможных различиях: а) познавательных вызовов и проблем (проблем, ставящихся и решаемых, например, при научном типе исследования и экспериментирования) и практических вызовов и проблем (при инженерном типе исследования и экспериментирования). Учитывая эти различия, можно говорить не просто о проблемно-ориентированном исследовании, а о двух его разных типах, связанных с познавательными и практическими проблемами, которые ставит и решает человек, обследующий новый объект. Вопрос об объектах, стимулирующих в большей степени постановку и решение познавательных проблем, чем прагматических, и наоборот, остается открытым. Мы понимаем, естественно, что чистых типов в реальности не бывает, и постановка тех или иных целей при столкновении с новым объектом зависит от контекста и индивидуальных особенностей человека – но оценить возможный вклад особенностей объекта в то, какой тип вызовов он стимулирует, представляется важным.

### **Причины массовизации разработки и предложения исследовательских объектов и миров**

Массовизация практик разработки и предложения людям все новых и более разнообразных исследовательских объектов и миров имеет, как минимум, четыре причины (и они взаимосвязаны).





1. Интенсивная разработка, использование и демонстрация самых разных исследовательских объектов в различных областях (научных исследованиях, образовании, тестировании и оценке, игровых практиках, литературе, искусстве, официальной и неофициальной публицистике) является отражением все более массового убеждения: одна из основных способностей человека, которая необходима в настоящее время и будет востребована в будущем, – это способность справляться с новизной, в том числе путем ее активного исследования и экспериментирования. Предполагается, что к встречам с новизной нужно специально готовить и что эффективными средствами этой подготовки могут быть специально разработанные новые интерактивные исследовательские объекты и миры.



2. Новая технологическая ситуация на бытовом уровне: в последние десятилетия доля новых компонентов даже бытовой среды возросла настолько, что каждый из нас регулярно становится исследователем каких-нибудь «черных ящиков» – будь то водопроводный кран или электроприбор ранее не встречавшейся нам конструкции в гостинице и прочие многочисленные постоянно обновляемые гаджеты и разные виды бытовой техники. Инструкции к ним зачастую отсутствуют, а если и наличествуют, то содержат не все, не для всех ситуаций, и не всегда на родном языке пользователя. Тогда недостающие знания приходится добирать путем всяческих обследований и экспериментирования – проверяя функции органов управления (кнопки, рукояток и пр.) в их разных комбинациях, наблюдать изменяющиеся при этом режимы функционирования устройства и т.д. (Более того, достаточно много пользователей предпочитает знакомиться с новыми устройствами именно так, путем самостоятельного обследования, и обращаться к инструкции только в крайнем случае.) Еще лет 100-200 назад такой массовой исследовательской активности на бытовом уровне просто не было – не существовало в массовом масштабе ни множества относительно сложных устройств, доступных отдельному человеку, ни, тем более, их постоянных обновлений. Только 50-100 лет назад люди стали массово вовлекаться в экспериментирование со все новыми и новыми объектами среды и повседневного быта, и это стало важной областью компетенций.

3. Растет роль науки, и популяризация научных достижений в самых разных областях (физике, химии, биологии, науках о мозге и т.д.) часто строится как нарратив: люди не знали о каком-то явлении или не понимали его причин, пока некий ученый не задумался, не изобрел прибор и метод исследования и с их помощью не выявил до этого не известные, скрытые очень важные свойства и связи изучаемых объектов, благодаря чему мир изменился (исчезла некая болезнь, появилась новая технология и т.д.). Этот нарратив истории научного успеха может быть усилен дополнением – краткой, но впечатляющей







историей предшествующих неудач (например, гибели ученых в ходе экспериментов из-за непонимания либо сущности изучаемого явления, либо каких-то важных деталей). Такие нарративы транслируют идею: исследование новизны – важный вызов, привлекательный и опасный одновременно. Эта идея органически встроена в растущее число и разнообразие квестов, привлекающих возможностью исследования, экспериментирования и неожиданностью, серендипностью получаемых положительных и отрицательных результатов.

4. Целенаправленная активность стейкхолдеров – психологов, специалистов в области образования, IT-визионеров и др., считающих своей миссией развитие исследовательского потенциала людей и разрабатывающих новые исследовательские объекты и миры, показывающие его важность. Исходно, примерно в 50–60-х гг. XX века, психологи в разных странах стали осознавать и формулировать ценность исследовательского поведения и экспериментирования с новыми объектами и конструировать соответствующие экспериментальные устройства для их изучения. Можно сказать, что психологи осуществляли экспериментирование «второго порядка»: они экспериментировали с деятельностью экспериментирования детей и взрослых, конструируя все новые и более сложные объекты и системы, новые условия и процедуры их использования и на основе получаемых данных строили свои модели и теории протекания познавательной деятельности. Благодаря этому экспериментированию с экспериментированием, продолжающемуся до сих пор, исследователи получают новые факты и изменяют свои представления о закономерностях познавательной деятельности и ее развития, а также способах управления этим развитием. Исследовательские достижения в области этих «экспериментов с экспериментированием» транслируются в общественное сознание через систему коммуникаций. Это и сайты музеев науки, и публикации ведущих ученых об исследовательском поведении в журналах *Nature*, *Science*, *Scientific American*, *Scientific American Mind* [26, 36, 30, 31, 40].

Одним из ключевых условий массовой разработки и предложения все новых и более разнообразных исследовательских объектов и миров является опять-таки развитие технологий – прежде всего, компьютерных и медиа. Напомним об интерактивных Google Doodles, доступных пользователям по всему миру и освещаемых в ключевых мировых медиа. Другие примеры – разработка программистом за день (неделю/месяц) виртуальной механической головоломки (или даже модели мира), выкладываемой в интернет и активно обследуемой и обсуждаемой пользователями; разработка виртуальных научных лабораторий для школьников специалистами в области образования и IT; и т.д.

Общество реагирует на все это изменением социального заказа, поддерживая исследования и практические разработки новых диагностических, дидактических, игровых





исследовательских объектов, миров, активностей – спираль развития раскручивается все дальше [13]; в химии это называется автокаталитическим процессом.

## Заключение

Подготовка к встрече с новизной и сложностью – один из основных вызовов современного образования, а сами постоянные встречи с новизной и сложностью – вызов современной жизни. Развивающий эффект этих встреч (образовательных и жизненных в широком смысле слова) можно выразить качественной математической формулой [10]. Она отражает разницу между новизной и сложностью проблем, которые человек (общество, цивилизация) может ставить и решать до и после формальных и неформальных, обучающих, развивающих и тормозящих развитие событий и взаимодействий:

$$E = N'C' - NC,$$

где

$E$  – развивающий эффект событий и воздействий,

$N$  и  $C$  – соответственно, новизна и сложность проблем, которые человек (общество, цивилизация) могли ставить и решать до этих событий и взаимодействий;

$N'$  и  $C'$  – соответственно, новизна и сложность проблем, которые человек (общество, цивилизация) может ставить и решать после этих событий и взаимодействий.

Важным средством подготовки к встречам и работе с новизной и сложностью считается организация столкновений со специально разработанными исследовательскими объектами и мирами. Будет ли и дальше массовая разработка этих исследовательских объектов, миров и активностей развиваться с ускорением – может быть, даже большим, чем сейчас, или в какой-то момент, что вполне вероятно, затормозится (как любая массовая тенденция) или даже остановится и пойдет вспять? Каковы могут быть причины этого нарастающего ускорения или, наоборот, торможения и возврата? Это предмет для размышления. **W3**

## Литература

1. Веракса Н.Н. Роль противоречивых ситуаций в развитии мышления Веракса Н.Н. Роль противоречивых ситуаций в развитии мышления детей // Развитие мышления и умственное воспитание дошкольника / Под ред. Н.Н. Поддьякова, А.Ф. Говорковой. М.: Педагогика, 1985. С. 50-82.
2. Гибсон Д. Экологический подход к зрительному восприятию. М.: Прогресс, 1988.
3. Готлик И. Как думают дети // В мире науки. 2010. № 10. С. 55-61.
4. Давлятов А. Методика обучения учащихся составлению физических задач: Дис. ... канд. пед. наук. Душанбе, 1989.





5. Дёрнер Д. Логика неудачи: стратегическое мышление в сложных ситуациях. М.: Смысл, 1997.
6. Жусупова М.П. Самостоятельная работа учащихся по составлению задач как способ развития их творческих способностей // Современные проблемы методики преподавания математики и информатики: материалы 3-их Сибирских методических чтений. Омск, 23–26 ноября 1999 г. Ч. 1 / Под общ. ред. И.К. Жинеренко и др. Омск: ОмГУ, 2000. С. 76–77.
7. Князева О.Л. Особенности поисковой деятельности дошкольников при решении наглядно-действенных задач // Вопр. психологии. 1987. № 4. С. 86–93.
8. Лисина М.И. Развитие познавательной активности детей в ходе общения со взрослыми и сверстниками // Вопр. психологии. 1982. № 4. С. 18–35.
9. Поддьяков А.Н. Исследовательские и контрисследовательские объекты: дизайн предоставляемых возможностей // Российский журнал когнитивной науки. 2017. Том 4. № 2-3. С. 49–59. URL: <http://www.cogjournal.ru/4/3/pdf/PoddiakovRJCS2017.pdf>.
10. Поддьяков А.Н. Компликология: создание развивающих, диагностирующих и деструктивных трудностей. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2014. 278 с.
11. Поддьяков А.Н. О реализации принципов разработки многофакторных объектов для изучения мышления детей // Вестник Моск. ун-та. Сер. 14. Психология. 1998. № 2. С. 31–42.
12. Поддьяков А.Н. Развитие исследовательской инициативности в детском возрасте // Дис. ... докт. психол. н. М., 2001. URL: <http://www.aspirantura.spb.ru/dissers/poddiakov.zip>
13. Поддьяков А.Н. Решение комплексных проблем в PISA-2012 и PISA-2015: взаимодействие со сложной реальностью // Образовательная политика. 2012. № 6. С. 34–53. URL: <http://edupolicy.ru/wp-content/uploads/2013/11/Poddjakov-No.6.2012.pdf>.
14. Поддьяков Н.Н. Мышление дошкольника. М.: Педагогика, 1977.
15. Поддьяков Н.Н. Новые подходы к исследованию мышления дошкольников // Вопросы психологии. 1985. № 2. С. 105–117. URL: <http://www.voppsy.ru/issues/1985/852/852105.htm>.
16. Поддьяков Н.Н. Особенности ориентировочной деятельности у дошкольников при формировании и автоматизации практических действий: Дис. ... канд. пед. наук. М., 1960.
17. Поддьяков Н.Н. Особенности преобразования исполнительских действий в исследовательские // Доклады АПН РСФСР. 1959. № 5. С. 85–88.
18. Эрдицев Б.П. Развитие творческого мышления в математическом образовании. Элиста: Калмыцкое книжное издательство, 1990.
19. Bonawitz E., Shafto P., Gweon H., Goodman N.D., Spelke E., Schulz L. The double-edged sword of pedagogy: Instruction limits spontaneous exploration and discovery // *Cognition*. 2011. Vol. 120(3). P. 322–330. doi: 10.1016/j.cognition.2010.10.001
20. Brown S.I., Walter M.I. *The Art of Problem Posing*. (3rd ed.). New York: Routledge, 2004.
21. Buchsbaum D., Gopnik A., Griffiths T.L., Shafto P. Children's imitation of causal action sequences is influenced by statistical and pedagogical evidence // *Cognition*. 2011. Vol. 120(3). P. 331–340. doi: 10.1016/j.cognition.2010.12.001
22. Chase C., Klahr D. Invention versus direct instruction: for some content, it's a tie // *Journal of Science Education and Technology*. 2017. Vol. 26(6). P. 582–596. doi: 10.1007/s10956-017-9700-6
23. Cook C., Goodman N.D., Schulz L.E. (2011). Where science starts: Spontaneous experiments in preschoolers' exploratory play // *Cognition*. 2011. Vol. 120(3). P. 341–349. doi: 10.1016/j.cognition.2011.03.003
24. Dean D., Kuhn D. Direct instruction vs. discovery: the long view // *Science Education*. 2007. Vol. 91(3). P. 384–397. doi: 10.1002/sce.20194
25. Drier D., Funke J. Complex problem solving: What it is and what it is not // *Frontiers in Psychology*. 2017. Vol. 8(1153). P. 1–11. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01153
26. Fields R.D. Learning when no one is watching // *Scientific American Mind*. 2016. Vol. 27(5). P. 57–63.
27. Ford M.J. The game, the pieces, and the players: generative resources from alternative portrayals of experimentation // *The Journal of the Learning Sciences*. 2005. Vol. 14(4). P. 449–487. doi: 10.1207/s15327809jls1404\_1
28. Forman G. Observations of young children solving problems with computers and robots // *Journal of Research in Childhood Education*. 1986. Vol. 1(2). P. 60–74. doi: 10.1080/02568548609594908
29. Funke, J. Analysis of minimal complex systems and complex problem solving require different forms of causal cognition // *Frontiers in Psychology*. 2014. Vol. 5(739). P. 1–3. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00739
30. Gopnik, A. How babies think // *Scientific American*. 2010. No. 303. P. 76–81. doi: 10.1038/scientificamerican0710-76
31. Gopnik, A. Scientific thinking in young children: theoretical advances, empirical research, and policy implications // *Science*. 2012. Vol. 337(6102). P. 1623–1627. doi: 10.1126/science.1223416



32. *Graesser A., Kuo B.-C., Liao C.-H.* Complex problem solving in assessments of collaborative problem solving // *Journal of Intelligence*. 2017. Vol. 5(2). P. 10. doi: 10.3390/jintelligence5020010
33. *Greiff S., Molnár G., Martin R., Zimmermann J., Csapó B.* Students' exploration strategies in computer-simulated complex problem environments: A latent class approach // *Computers & Education*. 2018. Vol. 126. P. 248-263. doi: 10.1016/j.compedu.2018.07.013
34. *Greiff S., Niepel C., Scherer R., Martin R.* Understanding students' performance in a computer-based assessment of complex problem solving: An analysis of behavioral data from computer-generated log files // *Computers in Human Behavior*. 2016. Vol. 61. P. 36-46. doi: 10.1016/j.chb.2016.02.095
35. *Henderson B., Moore S.G.* Children's responses to objects differing in novelty in relation to level of curiosity and adult behavior // *Child Development*. 1980. Vol. 51(2). P. 457-465. doi: 10.2307/1129279
36. *Hutt C., Bhavnani R.* Predictions from play // *Nature*. 1972. No. 237. P. 171-172. doi: 10.1038/237171b0
37. *Jirout J., Klahr, D.* Children's scientific curiosity: in search of an operational definition of an elusive concept // *Developmental Review*. 2012. Vol. 32(2). P. 125-160. doi: 10.1016/j.dr.2012.04.002
38. *Keller H.* (1994). // *Keller H., Schneider K., Henderson B. (Eds.) Curiosity and exploration*. Berlin: Springer-Verlag, 1994. P. 199-212. doi: 10.1007/978-3-642-77132-3\_11
39. *Klahr D., Dunbar K.* Dual search space during scientific reasoning // *Cognitive Science*. 1988. No. 12. P. 1-48. doi: 10.1207/s15516709cog1201\_1
40. *Klahr D., Zimmerman C., Jirout J.* Educational interventions to advance children's scientific thinking // *Science*. 2011. Vol. 333(6045). P. 971-975. doi: 10.1126/science.1204528
41. *Mishra S., Iyer S.* An exploration of problem posing-based activities as an assessment tool and as an instructional strategy // *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*. 2015. Vol. 10(5). P. 1-19. doi: 10.1007/s41039-015-0006-0
42. PISA 2012 Assessment and analytical framework: mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy. OECD: OECD Publishing, 2013. doi: 10.1787/9789264190511-en
43. PISA 2015: Draft collaborative problem solving framework. OECD, 2013. Retrieved from: <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Collaborative%20Problem%20Solving%20Framework%20.pdf>.
44. *Poddiakov A.* Didactic objects for development of young children's combinatorial experimentation and causal-experimental thought // *International journal of early years education*. 2011. Vol. 19(1). P. 65-78. doi: 10.1080/09669760.2011.571001
45. *Poddiakov N.* Searching, experimenting and the heuristic structure of a preschool child's experience // *International journal of early years education*. 2011. Vol. 19. No. 1. P. 55-63. doi: 10.1080/09669760.2011.571000
46. *Poddiakov N.* Features of mental development and self-development in the preschool child // *Journal of Russian and East European Psychology*. 2012. Vol. 50(2), p. 54-63. doi: 10.2753/RPO1061-0405500207
47. *Riegler A.* "The end of science": can we overcome cognitive limitations? // *Evolution and Cognition*. 1998. Vol. 4(1). P. 37-50.
48. *Schauble, L.* Belief revision in children: The role of prior knowledge and strategies for generating evidence // *Journal of Experimental Child Psychology*. 1990. Vol. 49(1). P. 31-57. doi: 10.1016/0022-0965(90)90048-D
49. *Schauble L., Klopfer L.E., Raghavan K.* Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation // *The Journal of Research in Science Teaching*. 1991. Vol. 28(9). P. 859-882. doi: 10.1002/tea.3660280910
50. *Schulz, L.E., Bonawitz, E.B.* Serious fun: Preschoolers engage in more exploratory play when evidence is confounded // *Developmental Psychology*. 2007. Vol. 43(4). P. 1045-1050. doi: 10.1037/0012-1649.43.4.1045
51. *Snider J., Plank M., Lynch G., Halgren E., Poizner H.* Human cortical  $\theta$  during free exploration encodes space and predicts subsequent memory // *The Journal of Neuroscience*. 2013. Vol. 33(38). P. 15056-68. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0268-13.2013