

Приписывание веса виртуальным объектам детьми дошкольного возраста

Крылова С.Г.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет»
(ФГБОУ ВО УрГПУ), г. Екатеринбург, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2089-7885>, e-mail: s_g_krylova@mail.ru

Водяха Ю.Е.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет»
(ФГБОУ ВО УрГПУ), г. Екатеринбург, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6795-9174>, e-mail: jullyaa@ya.ru

Представленная статья основана на актуальных идеях о том, что современное образование переживает процесс цифровой трансформации на всех уровнях, включая дошкольный. Авторы считают, что психологически обоснованное использование цифровых технологий делает значимым исследование представлений ребенка об объектах цифровой среды (виртуальных объектах). Эмпирическое исследование было направлено на проверку двух гипотез: 1) дошкольники приписывают виртуальным объектам такое качество, как вес; 2) дошкольники идентифицируют виртуальные объекты как «легкие». В исследовании приняли участие 53 ребенка в возрасте от 3,5 до 5 лет ($M=4,3$; $SD=0,41$). В качестве инструмента работы применялся методический прием (Х. Клоос, Э.Л. Амазин), позволяющий выявить представления детей о весе предметов на основе результатов действий с этими предметами без словесного самоотчета. Вес был операционализирован через расположение на модели холма (длина — 40 см) двух реальных объектов (легкий — 27 грамм, тяжелый — 170 грамм) и виртуального объекта, с которым дети предварительно осуществляли действие «поднятие на полку» на экране планшетного компьютера. 92,5% детей указали определенное место расположения для виртуального объекта, то есть приписывали ему наличие веса. У 70,4% детей расположение виртуального объекта ($M_e=40$ см) значимо не отличается ($T_{3МП}=13,5$, $p=0,933$) от расположения реального легкого объекта ($M_e=40$ см), у 18,2% дошкольников расположение виртуального объекта ($M_e=14,5$ см) значимо не отличается ($T_{3МП}=11,5$, $p=0,673$) от расположения реального тяжелого объекта ($M_e=12,25$ см). Отмечается, что необходима проверка дополнительных гипотез о факторах, влияющих на представление дошкольников о весе виртуальных объектов.

Ключевые слова: восприятие веса, тачскрин, виртуальный объект, приписывание, дошкольники.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в рамках научного проекта № 20-013-00308 А.

Благодарности. Авторы благодарят за помощь в разработке компьютерных приложений А.И. Газейкину.

Для цитаты: Крылова С.Г., Водяха Ю.Е. Приписывание веса виртуальным объектам детьми дошкольного возраста // Психологическая наука и образование. 2022. Том 27. № 4. С. 36—45. DOI: <https://doi.org/10.17759/pse.2022270404>

Attributing Weight to Virtual Objects in Preschoolers

Svetlana G. Krylova

Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2089-7885>, e-mail: s_g_krylova@mail.ru

Yuliya E. Vodyakha

Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6795-9174>, e-mail: jullyaa@ya.ru

Modern education is undergoing a process of digital transformation at all levels, including preschool. The psychologically founded use of digital technologies makes it relevant to study the child's ideas about the objects of the digital environment (virtual objects). This empirical study is aimed to test two hypotheses: 1) Preschoolers attribute the quality of weight to virtual objects; 2) Preschoolers perceive virtual objects as light-weighted. 53 children, 3.5 to 5 years old, participated in this study ($M=4.3$; $SD=0.41$). The study includes experimental technique (H. Kloos, E.L. Amazeen), assessed children's perception of weight based on their interaction with these objects without verbal self-report. The weight was operationalized through the location on a hill model (slope length — 40 cm) of two real objects (lightweight — 27 g, heavy — 170 g) and a virtual object, which was previously "lifted on the shelf" on a tablet PC screen. 92.5% of participants designated a specific place on the hill for the virtual object, suggesting they attributed weight to it. For 70.4% of children, the placement of a virtual object ($Me=40$ cm) does not significantly differ ($T_{emp}=13.5$ $p=0.933$) from the placement of a light real object ($Me=40$ cm). For 18.2% of children, the placement of a virtual object ($Me=14.5$ cm) does not significantly differ ($T_{emp}=11.5$ $p=0.673$) from the placement of a heavy real object ($Me=12.25$ cm). Further research is necessary to better understand factors contributing to preschoolers' perception of virtual objects weight.

Keywords: weight perception, touchscreen, virtual object, attribution, preschoolers.

Funding. The reported study was funded by Russian Foundation for Basic Research (RFBR), project number 20-013-00308 A.

Acknowledgements. The authors are grateful to A.I. Gazeikina for the design of computer applications.

For citation: Krylova S.G., Vodyaha Ju.E. Attributing Weight to Virtual Objects in Preschoolers. *Psikhologicheskaya nauka i obrazovanie = Psychological Science and Education*, 2022. Vol. 27, no. 4, pp. 36—45. DOI: <https://doi.org/10.17759/pse.2022270404> (In Russ.).

Введение

Задача использования новых информационных технологий как одного из важных

условий обновления системы дошкольного образования была обозначена еще 20 лет назад в письме Министерства образования

Российской Федерации. В настоящее время вопросы, касающиеся перспектив дошкольного образования в эпоху цифровизации, продолжают оставаться актуальными и широко обсуждаются представителями научного сообщества [3; 5]. Психологически обособленное использование цифровых устройств требует понимания педагогами особенностей восприятия детьми объектов цифровой среды (виртуальных объектов) и их возможного отличия от восприятия реальных объектов.

Учитывая, что многие игровые компьютерные приложения анонсируются как развивающие, предполагается, что сформированные в процессе их использования знания, умения, навыки могут быть перенесены в область действий с реальными объектами. Поэтому представляет интерес вопрос, в какой степени различия в восприятии виртуальных и реальных объектов могут повлиять на качество переноса, являющегося важной частью любого процесса обучения [4; 16].

Ранее нами было проведено исследование, направленное на проверку гипотезы о восприятии детьми виртуальных объектов на экране планшетного компьютера как трехмерных, несмотря на то, что перемещение этих объектов осуществляется движениями пальцев по двумерной поверхности экрана [10]. Согласно полученным нами результатам 91% детей в возрасте 4—6 лет воспринимают виртуальные объекты как трехмерные. При этом дети значимо чаще по сравнению с восприятием визуально и визуально-гаптически предъявленных реальных объектов упускают из виду отдельные детали формы виртуальных объектов.

В качестве следующей характеристики, предположительно отражаемой при восприятии детьми виртуальных объектов, был выбран вес. В отличие от формы/размерности вес не может быть воспринят непосредственно на основе визуальной информации. Это определяет интерес к исследованию восприятия веса виртуальных объектов, поскольку осязательная информация об этих объектах недоступна, если это специально не организовано, например, с помощью тактильных устройств обратной связи [8].

Исследование формирования понятия «вес» у детей было начато Э. Гибсон [6] и Ж. Пиаже [13]. Обобщение результатов исследований, представленных в научных публикациях, позволяет сделать следующие выводы: 1) дети до определенного возраста не дифференцируют размер и вес [6; 13]; 2) в процессе возрастного развития происходит дифференциация понятий «размер», «вес» и «плотность» [15]; 3) в основе понятия о весе у детей вплоть до 7 лет лежит ощущаемый вес [15]; 4) в суждениях детей в возрасте 8—9 лет вес выступает как фундаментальное свойство материи, не зависящее от ощущений [15]; 5) возраст 3—4 года является нижней возрастной границей для сформированности представления о весе [1; 15], однако использовать информацию об относительном весе объектов в своих действиях дети могут уже в младенчестве [7].

Отмечаются методические сложности в изучении восприятия веса детьми раннего и дошкольного возраста, связанные с трудностями детей вплоть до седьмого года жизни в словесном обозначении свойства предмета, ощущаемого как «тяжесть» [1]. Для исключения лексических ограничений был предложен ряд приемов, позволяющих исключить словесный самоотчет [9; 15]. Один из таких приемов был назван «невербальными задачами веса». Суть невербальных задач заключается в создании игровой ситуации, в которой ребенка просят представить, к каким наблюдаемым последствиям приведет взаимодействие объектов различного веса с другими игровыми предметами. Преимущество этого приема заключается в перемещении фокуса внимания с визуальное непосредственно не воспринимаемого свойства (веса) на явно наблюдаемые изменения, а также в том, что ребенку при ответе не обязательно использовать само слово «тяжесть» (вес, масса), которое может отсутствовать в его активном лексиконе [9; 15].

В представленных в научной литературе исследованиях виртуальные объекты чаще выступают как модели реальных объектов, нежели как самостоятельный класс объектов, обладающих особыми свойствами. Поэтому наше исследование носило эксплораторный

характер и было направлено на проверку двух гипотез: 1) дошкольники приписывают виртуальным объектам такое качество, как вес; 2) дошкольники идентифицируют виртуальные объекты как легкие.

При формулировке первой гипотезы мы исходили из положений такого подхода, как обучение на основе опыта, согласно которому предшествующий опыт взаимодействия с объектами приводит к формированию ассоциаций между различными характеристиками этих объектов (размер, материал, плотность, вес, категория). Эти ассоциации лежат в основе ожиданий, которые позволяют предвидеть вес незнакомого объекта, опираясь на одну или несколько известных характеристик. Визуальное сходство виртуальных объектов с реальными прототипами может формировать ожидания относительно веса виртуальных объектов на основе воспринимаемого размера и формы по аналогии с восприятием связанного с этими характеристиками веса реальных объектов. Вторая гипотеза основана на представлении о связи оценок веса объектов с динамическими характеристиками действий с этими объектами: объекты, для перемещения которых требуется меньше усилий, оцениваются как более легкие. Перемещения виртуальных объектов

по экрану планшетного компьютера осуществляются посредством скользящих движений пальцами, что ассоциируется с легким весом. Поскольку сформулированные нами гипотезы содержательно относятся к типу гипотез о наличии явления, план исследования не включал контроль движений по перемещению виртуального объекта. Проверка причинной гипотезы о характеристиках перемещения как факторе восприятия веса виртуального объекта является одной из перспективных исследовательских задач.

Выборка и программа исследования

В исследовании приняли участие 53 ребенка (27 мальчиков и 26 девочек) в возрасте от 3,5 до 5 лет ($M=4,3$; $SD=0,41$). При разработке исследовательской процедуры был использован методический прием, разработанный для изучения иллюзии «размер-вес» у дошкольников [9]. Для реализации процедуры исследования был изготовлен схематичный рисунок холма («горки») с домиком на его вершине (рис. 1).

Также было разработано компьютерное приложение, моделирующее действие «поднятия» кубика на полку, как наиболее информативное для оценки веса объекта по сравнению с другими действиями (рис. 2). Приложение



Рис. 1. Рисунок холма для определения расположения объектов разного веса (флажком отмечено указанное ребенком положение)

ние работает под управлением операционной системы Android. Все модели были созданы с помощью редактора трехмерной компьютерной графики Blender и импортированы в приложение, написанное на языке Java с использованием фреймворка LibGDX. Приложение было установлено на планшетный компьютер Huawei (модель AGS2-L09).



Рис. 2. Фото экрана планшетного компьютера с начальным расположением виртуального куба относительно полки

Исследование проводилось в форме индивидуальных игровых занятий в присутствии психолога ДОУ. Процедура исследования включала 4 этапа.

1. Объяснение и демонстрация. Психолог рассказывает ребенку сказку про живущую в домике на высокой горке мышку, которая делает запасы на зиму (несет яблочки в домик на горке). Для эксперимента были изготовлены из полимерной глины три шарика («яблочки») диаметром 3,5 см и весом 6, 40 и 83 грамма (легкое, среднее и тяжелое). Далее психолог дает ребенку в руки «тяжелый» шар и сообщает, что если яблоко было очень тяжелым, то мышке было трудно его нести по высокой горке и приходилось отдыхать. В качестве места остановки психолог указывает на точку у основания холма (5 см). Аналогичным образом, для яблочка среднего веса указывалось место в середине холма (20 см), а для легкого — вершина (40 см).

2. Проверка понимания информации о весе. Психолог дает ребенку в руки последо-

вательно тяжелое и легкое «яблоко» и просит показать, где остановится отдохнуть мышка.

3. Основной этап с реальными объектами. Психолог рассказывает новый сюжет сказки (мышка несет три кусочка сыра к себе в домик). В качестве «кусочков сыра» использовались изготовленные из полимерной глины кубики с длиной грани 4 см, различающиеся весом: легкий (27 грамм), средний (80 грамм) и тяжелый (170 грамм). В начале этого и следующего экспериментальных этапов психолог дает ребенку в руки кубик среднего веса и показывает, что с ним персонаж остановится отдохнуть в середине холма (20 см). Далее ребенку даются в руки последовательно кубики разного веса (тяжелый и легкий), психолог просит указать место на горке, где мышка будет отдыхать. Для контроля эффекта последовательности половине детей (27 детям) сначала предъявлялся «легкий», а затем «тяжелый» кубик, а другой половине (26 детям) — сначала «тяжелый», а потом — «легкий».

4. Основной этап с виртуальным объектом. Психолог показывает ребенку кубик и полочку на экране планшетного компьютера и говорит, что этот «кусочек сыра» (кубик с длиной грани 1,7 см) прислали мышке по почте. Психолог предлагает ребенку поставить кубик на полочку, перемещая его по экрану планшетного компьютера. Ребенок выполняет действие перемещения кубика на полку 2—3 раза. Далее психолог просит ребенка указать место на горке, где остановится отдохнуть мышка, когда она будет нести домой эту «посылку с сыром».

Результаты выполнения детьми инструкции третьего и четвертого основных этапов были представлены тремя показателями: положение тяжелого и легкого реальных кубиков и положение виртуального кубика (расстояние от основания холма, в см). Положение тяжелого и легкого реальных кубиков рассматривались как корреляты оценок ребенком веса этих объектов: тяжелые объекты располагались ближе к основанию холма, а легкие — ближе к вершине холма. Показатели положения легкого и тяжелого реальных кубиков мы использовали как реперные точки для

получения информации об оценке ребенком веса виртуального кубика. Статистический анализ данных производился в Statistica 6.0.

Результаты

На этапе обработки результатов из массива данных (53 ребенка) были исключены результаты 5 детей, у которых положения легкого и тяжелого реальных кубиков незначительно различались, а также результаты 4 детей, которые не смогли ответить на вопрос о расположении виртуального объекта («не знаю»).

Результаты остальных детей были разделены на три группы в зависимости от расположения виртуального кубика относительно реальных кубиков: 1 группа («легкий») — ближе к легкому кубику (31 человек), 2 груп-

па («тяжелый») — ближе к тяжелому кубику (8 человек), 3 группа («неопределенный») — между легким и тяжелым кубиками (5 человек) (табл., рис. 3). Для отнесения значения положения виртуального кубика к той или иной группе использовалась не объективная шкала (0—40 см), а субъективные шкалы, определяемые индивидуальными значениями положений легкого и тяжелого реальных кубиков для каждого ребенка.

Анализ полученных результатов позволяет сделать заключения относительно выдвинутых гипотез.

Выполнение ребенком инструкции по выбору определенного положения на холме для предъявленного объекта невозможно без представления об этом объекте как имеющем вес. 49 (92,5%) детей из 53 выполнили эту

Таблица

Расположение реальных и виртуального кубиков как показатели оценок веса

Группа	Количество детей	Идентификация виртуального кубика по весу	Реальные кубики				Виртуальный кубик (V)	
			тяжелый (RH)		легкий (RL)		Разброс (см)	Медиана (см)
			Разброс (см)	Медиана (см)	Разброс (см)	Медиана (см)		
1	31 (70,4%)	легкий	0—30	9	21—40	40	33—40	40
2	8 (18,2%)	тяжелый	4—30	12,25	40—40	40	5—28	14,5
3	5 (11,4%)	неопределенный	0—14	9	40—40	40	22—27	23

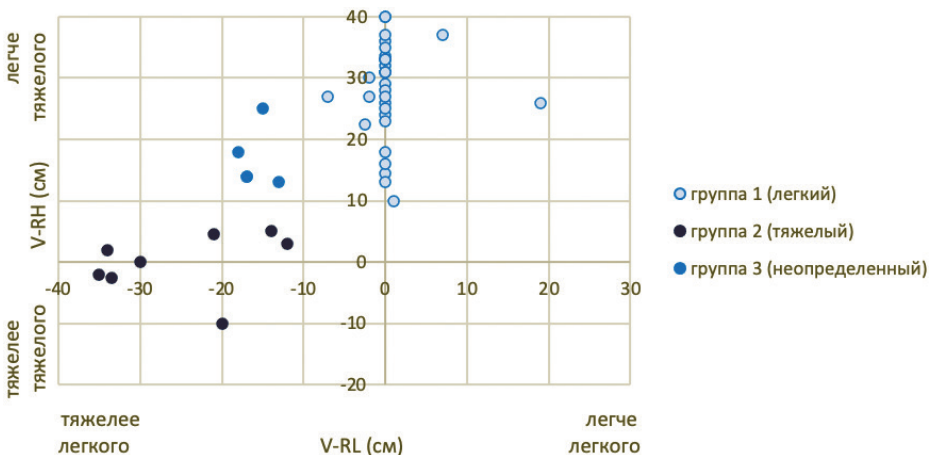


Рис. 3. Индивидуальные показатели размещения виртуального кубика относительно реальных легкого и тяжелого кубиков

инструкцию, что может свидетельствовать о приписывании детьми виртуальным объектам такого свойства, как вес.

Для проверки второй гипотезы было проведено сравнение распределения частоты выбора положений для виртуального кубика с равномерным распределением с использованием χ^2 -критерия Пирсона. Полученное значение $\chi^2_{\text{эмп}}=27,59$ ($p<0,001$) свидетельствует о статистически достоверных расхождениях между распределениями. Таким образом, выбор преобладающим количеством детей положения для виртуального кубика, близкого к положению легкого реального кубика, является неслучайным и свидетельствует об идентификации виртуального кубика с легким кубиком.

Для групп 1 («легкий») и 2 («тяжелый») также была проведена оценка достоверности сдвига значения положения виртуального кубика по отношению к положению реальных кубиков с использованием Т-критерия Вилкоксона. У 70,4% детей (группа 1) расположение виртуального куба ($Me=40$ см) значительно не отличается ($T_{\text{эмп}}=13,5$ при $p=0,933$) от расположения реального легкого куба ($Me=40$ см), у 18,2% дошкольников (группа 2) расположение виртуального куба ($Me=14,5$ см) значительно не отличается ($T_{\text{эмп}}=11,5$ при $p=0,673$) от расположения реального тяжелого куба ($Me=12,25$ см).

Обсуждение результатов

Исследовательский прием распознавания веса реального предмета без словесного самоотчета, предложенный Н. Kloos и E.L. Amazeen [9], позволяет изучить способность дошкольников сравнивать разные весовые градации как при восприятии реальных, так и виртуальных объектов.

Несмотря на отмечаемое исследователями отсутствие реалистичной тактильной обратной связи при манипулировании виртуальными объектами [8], дети дошкольного возраста склонны приписывать виртуальным объектам те свойства реальных предметов, которые могут быть непосредственно восприняты только на основе осязательной информации. Возможно, перенос свойств реальных объектов на виртуальные облегча-

ет процесс познания ребенком виртуального мира. Результаты, касающиеся приписывания виртуальным объектам веса, соответствуют результатам исследования личных «теорий» детей 4—6 лет о массе: дети рассуждали о массе нарисованных объектов [12].

Полученные результаты также согласуются с выводами отечественных [1; 2] и зарубежных психологов [11; 14] о значимости активных сенсомоторных действий с реальными предметами для формирования перцептивных способностей ребенка, а также для умения предсказывать физические характеристики визуально воспринимаемых объектов. Нами также показано, что опыт, полученный ребенком в ходе взаимодействия с предметами реального мира (представления памяти о свойствах предметов), впоследствии может быть перенесен на восприятие виртуальных объектов.

Основной результат исследования состоит в выявлении особенностей приписывания веса виртуальным объектам детьми дошкольного возраста. Опираясь на полученные результаты и данные предыдущих исследований [10], можно предположить, что дети воспринимают виртуальные объекты как трехмерные (частично упуская детали формы) и имеющие вес (чаще воспринимаемые как легкие).

Ограничения исследования, наряду с небольшим объемом выборки, связаны с такими различиями в условиях предъявления реальных и виртуального объектов, как характер движений при взаимодействии с объектами и размер объектов. Хотя процедура эксперимента не предполагает точного количественного соотнесения положений реальных и виртуального объектов, а задает общее правило (нижняя часть холма — для тяжелых объектов, а верхняя — для легких), тем не менее отмеченные различия могут являться источником снижения валидности.

Учитывая ассоциации между весом и другими сенсорными признаками [18], дальнейшие исследования будут направлены на изучение факторов, определяющих оценку веса виртуальных объектов: характера движений при взаимодействии с этими объектами (без усилия/с усилием) и визуально воспринимаемых характеристик (размер, плотность).

Заключение

1. Результаты проведенного исследования дают аргументы в пользу подтверждения предположения о том, что дети дошкольного возраста приписывают вес виртуальным объектам. Приписывание веса может осуществляться на основе опыта взаимодействия с реальными объектами, в результате которого формируются ассоциации между различными визуально воспринимаемыми характеристиками этих объектов и их весом, а также вследствие визуального сходства виртуальных объектов с их реальными прототипами, что облегчает перенос свойств реальных объектов в область виртуальных объектов.

2. Дети дошкольного возраста значимо чаще идентифицируют виртуальные объекты

с объектами легкого веса, чем с тяжелыми. Мы предполагаем, что одним из факторов, определяющих оценку веса виртуального объекта, может быть характер движений, осуществляемых при взаимодействии с этим объектом. Проверка этого предположения требует включения в план исследования фиксации кинематических характеристик, а также варьирования воспринимаемого веса виртуального объекта (например, с помощью приема визуальной задержки [17]).

3. Проведенное исследование относится к области познания виртуальных объектов как особого класса объектов, и его результаты позволяют говорить о необходимости расширения сферы интересов когнитивной психологии за пределы физической реальности.

Литература

1. Белоус Н.Г. Характер действия детей дошкольного возраста при сопоставлении предметов по их тяжести // Теория и методика развития элементарных математических представлений у дошкольников: В 6 ч. Ч. 4. / Под ред. З.А. Михайловой, Р.Л. Непомнящей. СПб.: ЛНПК «АРК», 1994. С. 40—44.
2. Запорожец А.В. Психология действия. М.: Изд-во Московского психолого-социального института; Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2000. 736 с.
3. Комарова И.И. Будущее дошкольного образования в эпоху цифровизации // Современное дошкольное образование. 2018. № 8. С. 16—25. DOI:10.24411/1997-9657-2018-10032
4. Смирнова Е.О., Матушкина Н.Ю., Смирнова С.Ю. Виртуальная реальность в раннем и дошкольном детстве // Психологическая наука и образование. 2018. Том 23. № 3. С. 42—53. DOI:10.17759/pse.2018230304
5. Смирнова С.Ю., Клопотова Е.Е., Рубцова О.В., Сорокова М.Г. Особенности использования цифровых устройств детьми дошкольного возраста: новый социокультурный контекст // Социальная психология и общество. 2022. Том 13. № 2. С. 177—193. DOI:10.17759/sps.2022130212
6. Gibson E.J. Principles of perceptual learning and development. New York: Appleton Century Crofts, 1969. 537 p. DOI:10.1126/science.168.3934.958
7. Hauf P., Paulus M., Baillargeon R. Infants Use Compression Information to Infer Objects' Weights: Examining Cognition, Exploration, and Prospective Action in a Preferential-Reaching Task // Child Development. 2012. Vol. 83. № 6. P. 1978—1995. DOI:10.1111/j.1467-8624.2012.01824.x
8. Huang Y., Yao K., Li J., Li D., Jia H., Liu Y., Yiu C.K., Park W., Yu X. Recent advances in multi-mode haptic

- feedback technologies towards wearable interfaces // Materials Today Physics. 2022. Vol. 2. 100602. DOI:10.1016/j.mtphys.2021.100602
9. Kloos H., Amazeen E.L. Perceiving heaviness by dynamic touch: An investigation of the size-weight illusion in preschoolers // British Journal of Developmental Psychology. 2002. Vol. 20(2). P. 171—183. DOI:10.1348/026151002166398
10. Krylova S.G., Vodyaha Yu.E. An Experimental Study of Perception by Preschoolers: The Computer Models of Real Objects as Three-Dimensional on the Screens of Touchscreen Devices // Proceedings of the International Scientific Conference «Digitalization of Education: History, Trends and Prospects» (DETP 2020): Atlantis Press, 2020. P. 424—431. DOI:10.2991/assehr.k.200509.077
11. Lozada M., Carro N. Embodied Action Improves Cognition in Children: Evidence from a Study Based on Piagetian Conservation Tasks // Frontiers in Psychology. 2016. Vol. 7. DOI:10.3389/fpsyg.2016.00393
12. MacDonald A. Heavy Thinking: Young Children's Theorising About Mass analyses young children's thinking about the concept of mass // Australian Primary Mathematics Classroom. 2010. Vol. 15. № 4. P. 4—8. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ906679.pdf> (дата обращения: 12.11.2021).
13. Piaget J., Inhelder B. The child's construction of quantities: Conservation and atomism. London: Routledge and Kegan Paul, 1974. 285 p.
14. Rosenbaum D.A., Chapman K.M., Weigelt M., Weiss D.J., van der Wel R. Cognition, action, and object manipulation // Psychological Bulletin. 2012. Vol. 138. № 5. P. 924—946. DOI:10.1037/a0027839
15. Smith C., Carey S., Wiser M. On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density // Cognition. 1985.

- Vol. 21. № 3. P. 177—237. DOI:10.1016/0010-0277(85)90025-3
16. Troseth G.L., Flores I., Stuckelman Z.D. When representation becomes reality: Interactive digital media and symbolic development // *Advances in child development and behavior* / In J.B. Benson (ed.). Cambridge, Massachusetts: Elsevier Academic Press, 2019. P. 65—108. DOI:10.1016/bs.acdb.2018.12.001
17. van Polanen V., Tibold R., Nuruki A., Davare M. Visual delay affects force scaling and weight perception during object lifting in virtual reality // *Journal of Neurophysiology*, 2019. Vol. 121. № 4. P. 1398—1409. DOI:10.1152/jn.00396.2018
18. Walker P., Scallan G., Francis B. Cross-Sensory Correspondences: Heaviness is Dark and Low-Pitched // *Perception*, 2016. Vol. 46. № 7. P. 772—792. DOI:10.1177/0301006616684369
- Materials Today Physics, 2022. Vol. 2. 100602. DOI:10.1016/j.mphys.2021.100602
9. Kloos H., Amazeen E.L. Perceiving heaviness by dynamic touch: An investigation of the size-weight illusion in preschoolers. *British Journal of Developmental Psychology*, 2002. Vol. 20, no. 2, pp. 171—183. DOI:10.1348/026151002166398
10. Krylova S.G., Vodyaha Yu.E. An Experimental Study of Perception by Preschoolers: The Computer Models of Real Objects as Three-Dimensional on the Screens of Touchscreen Devices. *Proceedings of the International Scientific Conference «Digitalization of Education: History, Trends and Prospects»* (DETP 2020): Atlantis Science Press, 2020, pp. 424—431. DOI:10.2991/assehr.k.200509.077
11. Lozada M., Carro N. Embodied Action Improves Cognition in Children: Evidence from a Study Based on Piagetian Conservation Tasks. *Frontiers in Psychology*, 2016. Vol. 7. DOI:10.3389/fpsyg.2016.00393
12. MacDonald A. Heavy Thinking: Young Children's Theorising About Mass analyses young children's thinking about the concept of mass. *Australian Primary Mathematics Classroom*, 2010. Vol. 15, no. 4, pp. 4—8. Available at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ906679.pdf> (Accessed 12.11.2021).
13. Piaget J., Inhelder B. The child's construction of quantities: conservation and atomism. London: Routledge and Kegan Paul Publ., 1974. 285 p.
14. Rosenbaum D.A., Chapman K.M., Weigelt M., Weiss D.J., van der Wel R. Cognition, action, and object manipulation. *Psychological Bulletin*, 2012. Vol. 138, no. 5, pp. 924—946. DOI:10.1037/a0027839
15. Smith C., Carey S., Wiser M. On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, 1985. Vol. 21, no. 3, pp. 177—237. DOI:10.1016/0010-0277(85)90025-3
16. Troseth G.L., Flores I., Stuckelman Z.D. When representation becomes reality: Interactive digital media and symbolic development. In J.B. Benson (ed.). *Advances in child development and behavior*. Cambridge, Massachusetts: Elsevier Academic Press, 2019, pp. 65—108. DOI:10.1016/bs.acdb.2018.12.001
17. van Polanen V., Tibold R., Nuruki A., Davare M. Visual delay affects force scaling and weight perception during object lifting in virtual reality. *Journal of Neurophysiology*, 2019. Vol. 121, no. 4, pp. 1398—1409. DOI:10.1152/jn.00396.2018

18. Walker P., Scallon G., Francis B. Cross-Sensory *Perception*, 2016. Vol. 46, no. 7, pp. 772—792.
Correspondences: Heaviness is Dark and Low-Pitched. DOI:10.1177/0301006616684369

Информация об авторах

Крылова Светлана Геннадьевна, кандидат психологических наук, доцент кафедры общей психологии и конфликтологии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет» (ФГБОУ ВО УрГПУ), г. Екатеринбург, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2089-7885>, e-mail: s_g_krylova@mail.ru

Водяха Юлия Евгеньевна, кандидат психологических наук, доцент кафедры общей психологии и конфликтологии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет» (ФГБОУ ВО УрГПУ), г. Екатеринбург, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6795-9174>, e-mail: jullyaa@ya.ru

Information about the authors

Svetlana G. Krylova, PhD in Psychology, Associate Professor, Chair of General Psychology and Conflictology, Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2089-7885>, e-mail: s_g_krylova@mail.ru

Yuliya E. Vodyakha, PhD in Psychology, Associate Professor, Chair of General Psychology and Conflictology, Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6795-9174>, e-mail: jullyaa@ya.ru

Получена 26.11.2021

Received 26.11.2021

Принята в печать 30.06.2022

Accepted 30.06.2022