

Особенности освоения моделирования в квазизучебной ситуации поиска решения задачи

Высоцкая Е.В.

ФГБНУ «Психологический институт Российской академии образования»
(ФГБНУ «ПИ РАО»), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2692-9531>, e-mail: h_vysotskaya@mail.ru

Лобанова А.Д.

ФГБНУ «Психологический институт Российской академии образования»
(ФГБНУ «ПИ РАО»), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0843-7162>, e-mail: andelobanova@yandex.ru

Янишевская М.А.

ФГБНУ «Психологический институт Российской академии образования»
(ФГБНУ «ПИ РАО»), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2036-2052>, e-mail: y_maria@mail.ru

Представлены результаты работы, целью которой было установление факторов, определяющих эффективность принятия знаковой модели в решении задачи поискового характера (уравновешивание равноплечего рычага). Проведенный авторами экспериментальный урок в четвертом классе показал различия в характере ориентировки детей на заданный обобщенный способ оценки равновесия. Обращается внимание на то, что по результатам выполнения проверочных заданий учащиеся (22 человека) были разделены на две группы в соответствии с успешностью использования заданной и опробованной ими на уроке модели в решении новых задач. Полученные в обеих группах по методике «Перестановки» (А.З. Зак), предназначенной для определения подхода учащихся к решению поисковых проблем («эмпирического» и «теоретического»), результаты показали значимые различия выявленного уровня рефлексии, анализа и планирования (по критерию Манна-Уитни $p < 0,01$). Делается вывод о том, что эти данные позволяют связывать успешность освоения модельных средств на уроке с преобладанием «эмпирического» или «теоретического» отношения к освоению способа решения новой задачи.

Ключевые слова: метапредметные образовательные результаты четвероклассников, «теоретический» и «эмпирический» подход к решению задач, задача уравновешивания рычага, знаковое моделирование в формировании понятий.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-14171.

Для цитаты: Высоцкая Е.В., Лобанова А.Д., Янишевская М.А. Особенности освоения моделирования в квазизучебной ситуации поиска решения задачи // Психологическая наука и образование. 2022. Том 27. № 1. С. 27—36. DOI: <https://doi.org/10.17759/pse.2022270103>

Mastering Models in a Quasi-learning Situation of Problem-solving

Elena V. Vysotskaya

Psychological Institute of the Russian Academy of Education,
Moscow, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2692-9531>, e-mail: h_vysotskaya@mail.ru

Anastasia D. Lobanova

Psychological Institute of the Russian Academy of Education,
Moscow, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0843-7162>, e-mail: nastya-lobanova@yandex.ru

Maria A. Yanishevskaya

Psychological Institute of the Russian Academy of Education,
Moscow, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2036-2052>, e-mail: y_maria@mail.ru

The purpose of our work was to study the factors that determine the effectiveness of model acquisition in solving inquiry-based problems (balance scale problem). An experimental lesson, which we conducted in the 4th grade, revealed the differences in the way children refer to a general method of assessing equilibrium provided by the teacher. At the end of the lesson a test was conducted. Its results allowed us to divide the participants (22 students) into two groups according to their success, which depended on whether they applied the model, that they had tried out during the lesson. The performance of students in the «Transpositions» test (A.Z. Zak), which was designed to identify students' approach to solving inquiry-based problems («empirical» or «theoretical»), showed significant differences in the level of reflection, analysis, and planning between the two groups (according to the Mann-Whitney criterion $p < 0.01$). These results and data analysis allow us to connect the success of the modeling means' acquisition to the predominance of either an «empirical» or a «theoretical» approach to mastering ways of solving a new problem.

Keywords: meta-subject results of primary school graduates, «theoretical» and «empirical» approaches to problem-solving, the balance-scale problem, symbolic means in concepts' formation.

Funding. The reported study was funded by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR), project number 19-29-14171

For citation: Vysotskaya E.V., Lobanova A.D., Yanishevskaya M.A. Mastering Models in a Quasi-learning Situation of Problem-solving. *Psikhologicheskaya nauka i obrazovanie = Psychological Science and Education*, 2022. Vol. 27, no. 1, pp. 27—36. DOI: <https://doi.org/10.17759/pse.2022270103>

Введение

В стандартах школьного образования «использование знаково-символических средств представления информации для создания мо-

делей изучаемых объектов и процессов, схем решения учебных и практических задач» [12, с. 6] выделяется среди важнейших составляющих метапредметных образовательных

результатов. Модельное опосредствование учебно-предметных действий в рамках реализации общепсихологического деятельностного подхода к разработке технологии обучения рассматривается как одно из главных условий приобретения учащимися понятийного мышления. Именно в моделях учащегося представляется содержание будущего понятия, которое задает качество формирования новых действий, востребованных при решении предметных задач [3; 8]. Актуальной поэтому является проблема оценки возможностей учащихся в работе с моделями в учебной ситуации, в частности, вопрос о функциях задаваемых учителем новых средств представления знаний. Во многих случаях учащиеся не обращаются ни к каким средствам организации собственного действия, безуспешно манипулируя найденными в условии задач данными, и проблема принятия ими «понятийного» способа решения задачи выводит работу с моделями, как инструментами представления действия, на первый план. Модели не должны рассматриваться учащимися как простые «наглядные» иллюстрации содержания задачи, к которым они должны обращаться исключительно по требованию учителя, используя знаково-символические средства «формально», а не «содержательно» [2; 5; 10].

Соответственно, анализ факторов, определяющих эффективность использования учащимися заданных модельных средств, должен отражать критерии содержательности их использования. Выбор задач, решение которых будет напрямую зависеть от обращения учащихся к модельным средствам, играет здесь важнейшую роль.

Нами было предпринято экспериментальное исследование характера действий учащихся с моделью, демонстрирующей общий способ поиска решения задачи. В нем приняли участие четвероклассники московской общеобразовательной школы (22 человека). Задачами исследования стали:

— создание на уроке квазиучебной ситуации освоения модели, фиксирующей существенные предметные отношения класса задач, и оценка результатов, достигаемых учащимися в их решении;

— сопоставление успешности решения таких задач с уровнем сформированности ряда составляющих когнитивных метапредметных результатов, содержательно связанных с поведением учащихся в ситуации поиска способа решения новой задачи.

Процедуры исследования и полученные результаты

Материалом для создания экспериментальной ситуации на уроке послужила задача уравнивания равноплечего рычага, объективная сложность которой определяется одновременной оценкой двух параметров, отвечающих равновесию — веса каждого груза и удаленности их от опоры коромысла. Особенности стратегий поиска способа уравнивания испытываемыми различного возраста в ситуациях практической работы с динамической моделью или анализа распределения грузов по чертежу подробно исследованы в многочисленных работах [9; 13; 15; 18]. Результаты этих и многих других исследований [14; 16; 17] позволяют считать возраст наших испытуемых (10-11 лет) достаточным для того, чтобы дети сами или с некоторой помощью взрослого могли установить «правило рычага» в простейшей форме и применять его к задаче поиска равновесия. Большинство детей знакомо с бытовыми ситуациями такого рода и возможностями действия в них (качели-балансир, сооружение простейших весов и т.п.). Однако обычные стратегии уравнивания, вырабатываемые детьми в самостоятельном поиске способа решения такой задачи, главным образом состоят в последовательном сравнении величин, характеризующих «вес» и «удаленность» грузов от середины коромысла, с учетом возможности компенсировать недостаток или избыток веса соответствующими перемещениями [6; 19]. Выводимое таким образом «правило рычага» позволяет решать «простые» задачи на определение равновесия, но, как правило, не дает возможности вывести общее правило оценки ситуации уравнивания грузов, распределенных по нескольким точкам подвеса.

Задачи с «распределенными» грузами и были выбраны нами для создания квазиу-

чебной ситуации. Учащимся предлагалось, работая со школьной динамической моделью равноплечего рычага, освоить общий способ и средство оценки равновесия для произвольного размещения грузов. Вводная проблемная ситуация задавалась детям как необходимость уравновесить три гири, закрепленные на одной стороне «весов», двумя гирями с противоположной стороны с практической проверкой результата возможных проб (рис. 1).

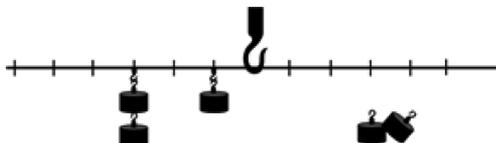


Рис. 1. Уравновешивание неравного количества грузов

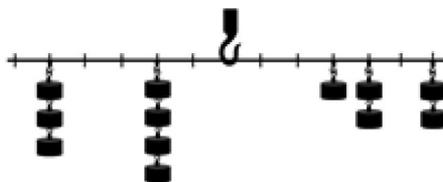
Экспериментальная ситуация решения квазиучебной задачи организовывалась следующим образом. На уроке воспроизводились типовые элементы учебной ситуации: знакомство с практической проблемой, обнаружение недостаточности предполагаемых способов размещения грузов, опробование заданного общего способа (оценка «вклада» каждого груза в равновесие) в решении нескольких задач с практической проверкой, далее — использование опробованной модели равновесия при решении проверочных задач. Данная тема не входит в учебные программы четвертого класса, и дети, участвовавшие в эксперименте, не были знакомы ранее со способом уравновешивания распределенных грузов, предлагавшимся на уроке. Выдвигаемые детьми «идеи» решения вводной задачи подтвердили случайность размещения ими двух гирь для уравновешивания трех.

Учащимся был предложен общий способ оценки (прогноза) равновесия, позволяющий проверить каждое решение: подсчет «нагрузки», создаваемой каждым грузом в зависимости от точки подвеса, и проверка равенства суммарных значений «нагрузки» обеих сторон рычага. Детям было объяснено правило моделирования «нагрузки»: выкладывание по одной «монетке» за каждый «шаг», удаляющий груз на одно деление от опоры. Постро-

ение такой модели позволяло оценить имеющуюся конфигурацию и варианты возможных изменений. Требуемые расчеты (пересчитать «шаги» для каждого груза, выложить «монетки» и сравнить получившиеся значения суммарной «нагрузки» для каждой стороны) для учащихся проблемы не составляли.

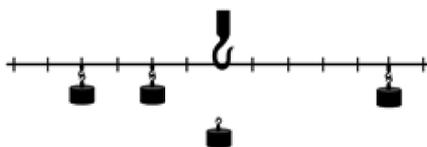
Предложенные для опробования предложенной модели расчета равновесия учебно-тренировочные задачи (восемь заданий: примеры даны на рис. 2 и 3) включали в себя следующие:

- оценка равновесия при заданной конфигурации равных грузов — «Уравновешены ли весы? Какая сторона перевешивает?»;
- восстановление равновесия путем добавления одного такого же груза;
- уравновешивание неравного количества грузов на разных сторонах разными способами.



Уравновешено? _____

Рис. 2. Оценка заданного расположения грузов



Уравновешены ли весы? _____

Если нет, добавьте один такой же груз для получения равновесия.

Рис. 3. Уравновешивание добавлением груза

В течение урока учитель организовывал совместную (фронтальную) работу класса, следя за тем, чтобы каждый, участвуя в коллективном решении задач, имел возможность проверить на динамической модели рычага свои предположения о перемещении грузов и выкладывании «монеток». Любой предла-

гаемый и обсуждаемый вариант размещения грузов должен был сопровождаться обязательным построением модели.

В конце урока ученики самостоятельно выполняли три задания с условиями, аналогичными тренировочным, но без каких бы то ни было проб на динамической модели. Успешность выполнения заданий оценивалась количеством правильно решенных задач. Результаты работы представлены в табл. 1.

Качественный анализ представленных детьми решений показал следующее. В соответствии с результатами самостоятельной работы (верное и неверное решение задач, моделирование «нагрузки» опробованным способом или отсутствие обращения к модели) учащиеся разделились на две группы:

— I группу (10 человек) составили учащиеся, не решившие ни одной задачи из проверочных, и те, кто справился только с оценкой готовой конфигурации грузов. При решении проверочных задач они изображали грузы в случайных местах, не обращаясь к способу подсчета «нагрузки», который задавался учителем и был опробован в решении тренировочных задач в коллективной работе в классе;

— ко II группе (12 человек) были отнесены учащиеся, успешно справившиеся с двумя и тремя проверочными заданиями, явным образом продельвая существенную часть работы по оценке «нагрузки» сторон рычага. На листе решений они изображали конфигурацию «монеток», использовавшихся при подсчетах, или указывали числовые значения, в целом отражающие ход их рассуждений при решении каждой задачи.

Методика «Перестановки», разработанная А.З. Заком [4; 7], позволила нам сопоставить различия поведения наших испытуемых в экспериментальной квазиучебной ситуации с уровнем сформированности составляющих когнитивных метапредметных результатов, содержательно связанных с общим подходом

учащегося к решению проблем поискового характера, а именно:

— анализ как умение выделять действия, определяющие решение задачи,

— рефлексия как осознание общего (понятийного) способа решения,

— планирование, определяющее правильность последовательного выполнения объективно требуемых действий [7, с. 27].

Выполнение заданий этой методики требует переставить фигуры в клетках игрового поля так, чтобы расположение одинаковых фигур соответствовало расположению одинаковых цифр на соседнем поле-образце. В зависимости от уровня сложности задача решается соответственно в две-три-четыре перестановки фигур. Все задачи имеют несколько способов решения. Рефлексия, как аналитический показатель, оценивается как умение учащегося верно выделить общий способ решения задач первого блока, выполняемых при решении в два действия. Этот способ может быть применен далее при решении второго блока задач, требующих трех действий (показатель выполнения испытуемым содержательного анализа изменения условий), и третьего блока (задачи в четыре действия, требующие от испытуемого планирования последовательности перестановок).

Результаты выполнения заданий методики «Перестановки» приведены в табл. 2.

Наличие значимой корреляции успешности решения заданий на уравнивание рычага и задач методики «Перестановки» (коэффициент ранговой корреляции Спирмена $r_s=0,633$, $p<0,01$) позволило нам интерпретировать различия между двумя группами как качественные, а не только количественные.

Дополнительная обработка результатов — определение подхода к решению задач для каждого учащегося как «эмпирического» (присваивался ранг=1) и «теоретического»

Таблица 1

Выполнение самостоятельной работы

Решили правильно	0 задач	1 задачу	2 задачи	3 задачи
Количество учащихся (чел.)	4	6	8	4

Таблица 2

**Успешность выполнения заданий методики «Перестановки»
 (среднее число решенных задач, %)**

Группы	Все задачи методики	Аналитические показатели		
		рефлексия	анализ	планирование
Испытуемые обеих групп	65,8	79,4	86,3	36,8
I группа	47,7	65,6	70,8	12,5
II группа	81,8	91,7	100,0	58,3

(ранг=2) — позволяет качественно охарактеризовать каждую группу с точки зрения преобладания тех или иных способов решения [11, с. 197-198]. Представленные диаграммой (рис. 4) различия в подходах, продемонстрированных учащимися первой и второй группы в отношении всех трех аналитических показателей, значимы по критерию Манна-Уитни ($U_{\text{рефл}}=20, p<0,01, U_{\text{анализ}}=12, p<0,01, U_{\text{планир}}=25, p<0,05$).

Результаты сопоставления полученных данных позволили нам сделать некоторые предположения относительно возможных причин различия действий учащихся в квазиучебной ситуации освоения модельных средств решения задач. Так, большинство учащихся, отнесенных нами к первой группе, продемонстрировали «эмпирический» подход к решению задачи, а учащиеся второй группы — «теоретический», позволив-

ший им успешно справляться с последовательностью задач, используя выявленный общий способ.

Обсуждение

Анализ результатов, получаемых при выполнении заданий этой методики, позволяет квалифицировать выявляемый у учащихся подход к решению задач как «эмпирический» (набор формальных, «расчленяющих» условие на отдельные данные процедур) или «теоретический» (содержательный, «выясняющий» анализ условий и действий, связанных с решением).

Это дает возможность прояснить некоторые особенности решения различными детьми задачи поискового характера в построенной нами квазиучебной ситуации. Судя по полученным результатам и диагностированному уровню действий, связанных

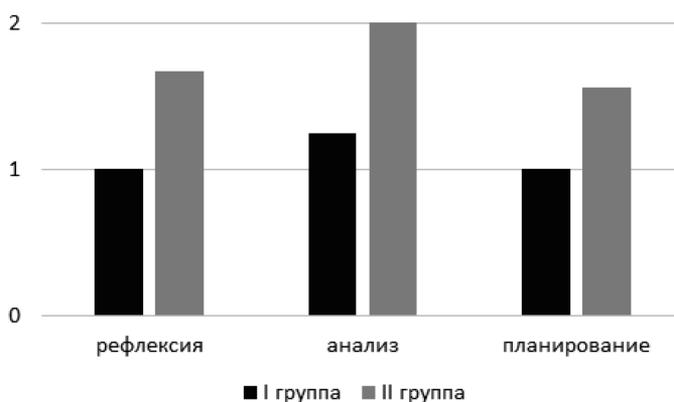


Рис. 4. Распределение «эмпирического» и «теоретического» подхода к решению задач методики «Перестановки» среди учащихся I и II групп, различающихся успешностью освоения принципов уравновешивания рычага

с рефлексией, анализом и планированием, в решениях задач на уравнивание с использованием заданных модельных средств проявились «эмпирический» и «теоретический» подходы, выявленные методикой «Перестановки». Наглядное, «практическое» решение обычно опирается на учет веса грузов и их удаленности от центра или края коромысла рычага, а не на анализ существенных условий уравнивания. Результат теоретического расчета «нагрузки», создаваемой всеми грузами с каждой стороны, явно противоречит простой оценке веса всех грузов. Действуя «понятно», учащиеся должны были сопровождать каждое перемещение грузов выкладыванием «монеток», ориентируясь на модель требуемой нагрузки. Такой способ решения заставляет учащихся отказываться от привычных «проб и ошибок», выполняемых на основании наглядных признаков предметной ситуации.

«Эмпирический» подход, соответственно, может проявиться в поиске решения задач на уравнивание как игнорирование специальных действий по моделированию равновесия особыми средствами. В представлении учащихся такие действия могут выглядеть «посторонними», лишь формально сопровождающими решение, даже если на уроке они участвовали в построении этой модели в каждой новой задаче и наблюдали прямое соответствие рассчитанной «общей нагрузки» достигаемому равновесию. Построение модели в этом случае не воспринимается ими как средство анализа «скрытого» отношения грузов и расстояний до них, отвечающего равновесию, которое делает его явным и позволяет использовать в решении следующих задач. Такой подход, по всей видимости, не давал некоторым детям оснований для применения моделирования этих неявных отношений в самостоятельном решении задач проверочной работы. Понимание «работы модели» только как требуемой учителем формы фиксации имеющегося состояния объекта, а не понятийного основания планирования будущего действия иногда позволяло им справиться с простейшей задачей, например, требующей оценки уже

готовой конфигурации грузов, но не давало возможности решить следующие. Соответственно, на первый план у этих учащихся выходили частные «правила», известные как «эмпирические стратегии» [18], напрямую связанные с раздельным, иногда поочередным учетом «фактора веса» и «фактора расстояния» [6; 9; 17], которые в заданных условиях «распределенных» грузов заведомо приводили к ошибкам в их самостоятельной работе.

Такого же рода различия, очевидно, являются и при решении тех простых задач методики «Перестановки», где следовало бы выделить некий принцип их решения и выдерживать его при решении следующих задач. Это дает основания рассмотреть характер поведения детей в созданной нами «модельной» квазиучебной ситуации в качестве индикатора преимущественно «эмпирического» или же «теоретического» подхода и в других случаях освоения задаваемых учителем средств понятийного анализа.

Заключение

Выявленные нами в экспериментальной (квазиучебной) ситуации решения практических задач «на уравнивание» различия в принятии детьми «модели равновесия» в качестве носителя понятийных ориентиров были квалифицированы как признаки «формального» и «содержательного» отношения учащихся к заданному им общему способу решения задач данного класса. Часть испытуемых, в том числе активно участвовавших в совместном решении задач на уроке, где расчет равновесия заданным способом каждый раз сопровождался практическими пробами результата, даже и не пытались воспользоваться им при индивидуальном решении аналогичных задач итоговой серии. Парадоксальность такого поведения, однако, может быть содержательно интерпретирована, если рассмотреть реальное противоречие «наглядно-действенной» и понятийной ориентировки, скрытое за опробованием общего способа достижения равновесия перемещениями грузов «вручную». Очевидно, что ученики, не справившиеся с индивидуальными заданиями,

рассматривали предыдущие действия не как опробование общего понятия о равновесии, а как некий формальный «прием», сопровождающий «настоящее» решение (оперирование грузами).

Формальное усвоение школьных знаний является традиционной проблемой педагогической психологии. В свое время Л.И. Божович, точно определяя ученический «формализм», указывала: «Отношение к школьным знаниям у этих учащихся характеризуется полным равнодушием к сути того, что они изучают. Часто они относятся к ним как к чему-то чуждому жизни, навязанному извне, а не как к результату обобщения явлений и фактов действительности»; их «...трудно поставить перед теоретической познавательной задачей» [1, с. 308-309]. Верное решение задач, требующих понятийного (опосредствованного моделью равновесия) действия вопреки наглядно представленным условиям (возможностям манипулировать грузами), может служить, на наш взгляд, уместным индикатором присвоения учащимися особых «теоретических» функций предлагаемого учителем общего способа действия в практической ситуации.

Значимая корреляция между принятием «модели равновесия» учениками и незави-

симо диагностированным «теоретическим» или «эмпирическим» уровнем анализа, рефлексии и планирования в индивидуальном решении аналогичной задачи обращает нас к вопросу об источниках соответствующих познавательных установок, определяющих подход учащихся к задаваемым в школе средствам понятийного анализа предметного содержания. Станет ли очередное новое задание собственной учебной задачей ученика, задачей на освоение общего способа действия, или оно будет восприниматься как частный случай, ограниченный конкретными условиями, требующий лишь «подходящего» набора операций? Решение этого вопроса с необходимостью предполагает анализ психолого-педагогических условий формирования и проявления различных подходов к принятию учеником заданных учителем средств моделирования существенных предметных отношений. Разработка диагностических задач особого рода, позволяющих оценку и прогноз эффективности учебного продвижения учащегося в конкретной ситуации урока, особенно включающего в себя различные формы собственного экспериментирования, становится, на наш взгляд, все более важной исследовательской задачей.

Литература

1. Божович Л.И. Личность и ее формирование в детском возрасте. М.: Просвещение, 1968.
2. Давыдов В.В. Виды обобщения в обучении: Логико-психологические проблемы построения учебных предметов. М.: Психологическое общество России, 2000.
3. Давыдов В.В. Теория развивающего обучения. М.: ИНТОР, 1996.
4. Зака А.З. Условия формирования познавательных метапредметных результатов у младших школьников [Электронный ресурс] // Психолого-педагогические исследования. 2018. Том 10. № 2. С. 11—20. DOI:10.17759/psyedu.2018100202
5. Коммуникативно-ориентированные образовательные среды. Психология проектирования / Под ред. В.В. Рубцова. М.: Психологический ин-т РАО, 1996.
6. Конокотин А.В. Применение компьютерных средств в оценке развития учебных взаимодействий младших школьников // Психологическая наука и образование. 2021. Том 26. № 4. С. 5—19. DOI:10.17759/pse.2021260401
7. Оценка метапредметных компетенций выпускников начальной школы / Под ред. И.М. Улановской. М.: ГБОУ ВПО «МГППУ», 2015.
8. Развитие основ рефлексивного мышления школьников в процессе учебной деятельности / Под ред. В.В. Давыдова, В.В. Рубцова. М.: Психологический институт, Российская академия образования, 1995.
9. Рубцов В.В. Ориентация детей в условиях совместного решения учебных задач (на примере исследования понимания детьми мультипликативных отношений) // Социально-генетическая психология развивающего образования: деятельностный подход. М.: МГППУ, 2008. С. 98—109.
10. Совместная учебная деятельность и развитие детей / Под ред. В.В. Рубцова, И.М. Улановской. М.: ФГБОУ ВО МГППУ, 2021.
11. Технология оценки образовательной среды школы: учебно-методическое пособие для школьных психологов / Под ред. В.В. Рубцова, И.М. Улановской. М.; Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2010.

12. Федеральный государственный образовательный стандарт начального общего образования. М.: Просвещение, 2018.
13. Boom J., Hoijtink H., Kunnen S. Rules in the balance: Classes, strategies, or rules for the balance scale task? // *Cognitive Development*. 2001. Vol. 16. № 2. P. 717—735. DOI:10.1016/S0885-2014(01)00056-9
14. Hofman A.D., Visser I., Jansen B.R., and van der Maas H.L. The balance-scale task revisited: a comparison of statistical models for rule-based and information-integration theories of proportional reasoning // *PLoS ONE* 10(10): e0136449. 2015. DOI:10.1371/journal.pone.0136449
15. Inhelder B., Piaget J. The growth of logical thinking from childhood to adolescence. New York: Basic Books, 1958. DOI:10.1037/10034-000

References

1. Bozhovich L.I. Lichnost' i ee formirovanie v detskom vozraste [Personality and its formation in childhood]. Moscow: Prosveshchenie, 1968. (In Russ.).
2. Davydov V.V. Vidy obobshcheniya v obuchenii: Logiko-psihologicheskie problemy postroeniya uchebnyh predmetov [Types of generalization in instruction: Logical and psychological problems in the structuring of school curricula]. Moscow: Psihologicheskoe obshchestvo Rossii, 2000. (In Russ.).
3. Davydov V.V. Teoriya razvivayushchego obucheniya [Theory of Developmental Instruction]. Moscow: INTOR, 1996. (In Russ.).
4. Zak A.Z. Conditions of Formation of Cognitive Meta-Subject Results in Younger Schoolchildren. *Psikhologopedagogicheskie issledovaniya = Psychological-Educational Studies*, 2018. Vol. 10, no. 2, pp. 11—20. DOI:10.17759/psyedu.2018100202 (In Russ.).
5. Kommunikativno-orientirovannye obrazovatel'nye sredy. Psihologiya proektirovaniya [Communication-oriented educational environments]. In Rubtsov V.V. (ed.). Moscow: Psihologicheskij in-t RAO, 1996. (In Russ.).
6. Konokotin A.V. The Use of Computer Tools in Assessing the Development of Learning Interactions in Primary Schoolchildren. *Psikhologicheskaya nauka i obrazovanie = Psychological Science and Education*, 2021. Vol. 26, no. 4, pp. 5—19. DOI:10.17759/psyedu.2021260401 (In Russ.).
7. Ocenka metapredmetnyh kompetencij vypusnikov nachal'noj shkoly [Assessment of metasubject competences of primary school graduates]. In Ulanovskaia I.M. (ed.). Moscow: GBOU VPO «MGPPU», 2015. (In Russ.).
8. Razvitie osnov refleksivnogo myshleniya shkol'nikov v processe uchebnoj deyatel'nosti [The development of the foundations of the reflective thinking of schoolchildren in learning activity]. In Davydov V.V., Rubtsov V.V. (ed.). Moscow: Psihologicheskij institut, Rossijskaya akademiya obrazovaniya, 1995. (In Russ.).
9. Rubtsov V.V. Orientaciya detej v usloviyah sovmejnogo resheniya uchebnyh zadach (na primere issledovaniya ponimaniya det'mi mul'tiplikativnyh otноshenij) [Orientation of children in the conditions of joint solving of learning tasks (the example of the study of children's understanding of multiplicative relations)]. *Social'no-geneticheskaya psixologiya razvivayushhego obrazovaniya: deyatel'nost'nyj podxod [Socio-genetic psychology of development education: the activity approach]*. Moscow: MGPPU, 2008, pp. 98—109. (In Russ.).
10. Sovmestnaya uchebnaya deyatel'nost' i razvitie detej [Joint learning activity and children's development]. In Rubtsov V.V., Ulanovskaia I.M. (ed.). Moscow: FGBOU VO MGPPU, 2021. (In Russ.).
11. Tekhnologiya ocenki obrazovatel'noj sredy shkoly: Uchebno-metodicheskoe posobie dlya shkol'nyh psihologov [Technology for assessing the educational environment of the school: Teaching aid for school psychologists]. In Rubtsov V.V., Ulanovskaia I.M. (ed.). Moscow, Obninsk: IG-SOCIN, 2010. (In Russ.).
12. Federal'nyj gosudarstvennyj obrazovatel'nyj standart nachal'nogo obshchego obrazovaniya [Federal State Educational Standard for Primary Education]. Moscow: Prosveshchenie, 2018. (In Russ.).
13. Boom J., Hoijtink H., Kunnen S. Rules in the balance: Classes, strategies, or rules for the balance scale task? *Cognitive Development*, 2001. Vol. 16, no. 2, pp. 717—735. DOI:10.1016/S0885-2014(01)00056-9
14. Hofman A.D., Visser I., Jansen B.R., and van der Maas H.L. The balance-scale task revisited: a comparison of statistical models for rule-based and information-integration theories of proportional reasoning. *PLoS ONE* 10(10): e0136449, 2015. DOI:10.1371/journal.pone.0136449
15. Inhelder B., Piaget J. The growth of logical thinking from childhood to adolescence. New York: Basic Books, 1958. DOI:10.1037/10034-000

16. Jansen B.R.J., van der Maas H.L.J. The development of children's rule use on the balance scale task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2002. Vol. 81, pp. 383—416. DOI:10.1006/jecp.2002.2664
17. Li F., Xie L., Yang X., Cao B. The Effect of Feedback and Operational Experience on Children's Rule Learning. *Frontiers in Psychology*, 2017. Vol. 8, p. 534. DOI:10.3389/fpsyg.2017.00534
18. Siegler R. *Children's thinking: what develops?* Hillsdale, NJ: Psychology Press, 2013.
19. van der Graaf Joep. Inquiry-Based Learning and Conceptual Change in Balance Beam Understanding. *Frontiers in Psychology*, 2020. Vol. 11, p. 1621. DOI:10.3389/fpsyg.2020.01621

Информация об авторах

Высоцкая Елена Викторовна, кандидат психологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Психологический институт Российской академии образования» (ФГБНУ «ПИ РАО»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2692-9531>, e-mail: h_vysotskaya@mail.ru

Лобанова Анастасия Денисовна, научный сотрудник, ФГБНУ «Психологический институт Российской академии образования» (ФГБНУ «ПИ РАО»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0843-7162>, e-mail: andelobanova@yandex.ru

Янишевская Мария Алексеевна, кандидат психологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Психологический институт Российской академии образования» (ФГБНУ «ПИ РАО»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2036-2052>, e-mail: y_maria@mail.ru

Information about the authors

Elena V. Vysotskaya, PhD in Psychology, Leading Researcher, Psychological Institute of the Russian Academy of Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2692-9531>, e-mail: h_vysotskaya@mail.ru

Anastasia D. Lobanova, Research fellow, Psychological Institute of the Russian Academy of Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0843-7162>, e-mail: andelobanova@yandex.ru

Maria A. Yanishevskaya, PhD in Psychology, Leading Researcher, Psychological Institute of the Russian Academy of Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2036-2052>, e-mail: y_maria@mail.ru

Получена 10.11.2021

Принята в печать 25.11.2021

Received 10.11.2021

Accepted 25.11.2021