



Ю. А. САУРОВ, М. П. УВАРОВА

Проблема диагностики физического мышления в обучении

Введение. Формирование физического мышления является современной и ключевой задачей обучения физике в школе. Но дальнейшее решение этой задачи, в частности, тормозится отсутствием диагностики соответствующих качеств школьников. В свою очередь это в сильной степени зависит от технологического представления физического мышления на основе всего накопленного знания.

Методология и методы. Объектом исследования являются научно-методические решения по выделению диагностируемых сторон физического мышления, по построению отдельных методических приемов его задания (и освоения) и в итоге – разработке диагностик. В эмпирическом исследовании приняло участие 56 учащихся 7 классов Лицея №21 г. Кирова и МОУ СОШ №5 г. Новый Уренгой (Российская Федерация).

Результаты. В ходе исследования проведен анализ и обобщение представлений о структурном подходе к рассмотрению феномена мышления, сконструированы задания, позволяющие диагностировать физическое мышление по проявлению в предметной деятельности.

Исследование показало, что в реальном учебном процессе некоторые структуры знаний и мыслительных процессов осваиваются неустойчиво. В частности, существуют проблемы с освоением таких структур как «физическое явление – выбор объектов» (например, умение подбирать объекты и материалы для организации эксперимента сформировано на должном уровне лишь у 40% учащихся). Наибольшее затруднение вызывает освоение структуры «объект/явление – знак/модель»: так в обычной школе учащиеся в подавляющем большинстве не приступают к заданиям, в которых информацию необходимо получить из рисунка и лишь 30% учащихся этой школы могут зафиксировать объекты и явления в изображении. Несколько лучше осваивается структура «теория – система понятий», но учащиеся могут работать с понятиями на достаточном уровне только в типичной учебной ситуации, в измененных условиях результаты выполнения заданий намного ниже. В итоге полученные данные все же дают основания считать, что заданные структуры отношений доступны для освоения, воспроизводимы: по большинству показателей учащиеся лицея показывают средний и выше среднего результат.

Перспективы развития исследования. Предложены направления продолжения исследования: построение батареи тестов или контрольных работ по разным направлениям и формам предметной деятельности, накопления по итогам экспериментальных исследований новых фактов формирования структур физического мышления, выяснения причин затруднений школьников.

Ключевые слова: методология деятельности, физическое мышление, теоретические обобщения, экспериментальное исследование.

Ссылка для цитирования:

Сауров Ю. А., Уварова М. П. Проблема диагностики физического мышления в обучении // Перспективы науки и образования. 2022. № 5 (59). С. 233-246. doi: 10.32744/pse.2022.5.14



YU. A. SAUROV, M. P. UVAROVA

The issue of physical thinking diagnostics in teaching

Introduction. The formation of physical thinking is a modern and key task of teaching physics at school. However, the further solution of this problem, in particular, is hampered by the lack of diagnostics of the corresponding qualities of schoolchildren. In turn, this depends to a large extent on the technological representation of physical thinking based on all the accumulated knowledge.

Methodology and methods. The object of the study involves scientific and methodological solutions for identifying the diagnosed aspects of physical thinking, for constructing separate methodological approaches for its setting (and mastering) and, as a result, for the development of diagnostics. The empirical study involved 56 students of the 7th grade of Lyceum No. 21 in Kirov and Secondary School No. 5 in Novy Urengoy (Russian Federation).

Results. In the course of the study, an analysis and generalization of ideas about the structural approach to the consideration of the phenomenon of thinking was carried out, tasks were designed that make possible the diagnosing of physical thinking by its manifestation in objective activity.

The study showed that some structures of knowledge and thought processes are mastered unstably in the actual educational process. In particular, there are problems with the development of such structures as "a physical phenomenon – the choice of objects" (for example, only 40% of students have the ability to select objects and materials for organizing an experiment at the proper level). Mastering the "object/phenomenon – sign/model" structure causes the greatest difficulty: in an ordinary school, students overwhelmingly do not start tasks in which information must be obtained from a drawing, and only 30% of students in this school can spot objects and phenomena in the image. The "theory-system of concepts" structure is somewhat better mastered, however, students can work with concepts at a sufficient level only in a typical learning situation, in changed conditions the results of completing assignments are much lower. As a result, the data obtained nevertheless give reason to suppose that the given structures of relations are accessible for mastering and reproducible: for most indicators, lyceum students show average and above average results.

Further studies. Directions for further studies are proposed: development of a battery of tests or control works in various areas and forms of objective activity, accumulating new facts of the formation of physical thinking structures based on the results of experimental studies, as well as determination of the causes of schoolchildren's difficulties.

Keywords: methodology of activity, physical thinking, theoretical generalizations, experimental research

For Reference:

Saurov, Yu. A., Uvarova, M. P. (2022). The issue of physical thinking diagnostics in teaching. *Perspektivy nauki i obrazovania – Perspectives of Science and Education*, 59 (5), 233-246. doi: 10.32744/pse.2022.5.14

Введение

Согласно инициативам ЮНЕСКО в области образования, необходимо, чтобы все учащиеся приобретали знания и навыки, необходимые для их устойчивого развития [1], что, по нашему мнению, невозможно без ориентира на развитие их мышления, в том числе и предметного.

Процессы формирования физического мышления интересуют методистов на протяжении многих десятилетий. Однако внимание к ним, то усиливается, а то – ослабевает. И если вопросам формирования физического мышления, прямо или косвенно, посвящается сравнительно много работ (например, формирование и развитие мыслительных операций, приемов умственной деятельности при обучении физике [2], формирование физических понятий и развитие логического мышления учащихся [3], раскрытие сути экспериментирующего мышления [4]), то вопросы диагностики формирования этого фундаментального качества остаются практически без внимания [5; 6].

Задача диагностики развития физического мышления, на наш взгляд, является социально значимой, многоаспектной, трудоемкой. И она должна решаться коллективами методистов и учителей на уровне государственного заказа. Пока индивидуальные усилия в лучшем случае показывают актуальность диагностики мышления, но не дают сравнительного простого и технологического методического продукта. По нашему мнению, это связано с недостаточно четкими представлениями о том, что такое физическое мышление, как подойти к изучению и диагностике этого феномена.

Как показывает анализ практики обучения, традиционный (с некоторой деформацией) подход к построению образовательного процесса строится согласно содержанию и специально подобранным заданиям (например, задачи классификации ЕГЭ). И тогда возникают типичные проблемы обучения: учащиеся хорошо знают «содержание» (учебник физики), но не могут применять свои знания. Если преподаватель ориентируется «на типичные тренировочные задания», то учащийся привыкает к решению определенного типа задач, но не может перенести мыслительную деятельность решения на другие задачи. При таком обучении освоение физического мышления происходит стихийно, неэффективно.

Отсюда следует и необходимость разработки нового подхода к построению методики формирования и диагностики физического мышления, фактически технологии, при которой главным ориентиром построения процесса обучения будут *результаты обучения в виде четко сформулированных критериев сформированности физического мышления*. Отметим, что подход проектирования учебных курсов, ориентированных на четко сформулированные результаты уже зарекомендовал себя в дистанционном обучении [7; 8], когда в ограниченных условиях важно эффективно сформировать те или иные навыки, развить качества слушателей.

Итак, наша позиция заключается в следующем: мышление – это сложное структурное образование интеллектуальных процессов (см. подробнее [18]). В зависимости от предметной деятельности структура и содержание могут быть уточнены и технологически представлены в виде определенных составляющих. Поэтому для практики обучения физике так важно выделить составляющие физического мышления, фактически «результаты обучения», и на их основе строить сначала методику диагностики, а затем и методику формирования физического мышления.

Целью настоящей статьи является анализ феномена физического мышления, выделение и формулировка его составляющих (например, в виде норм, умений, проявлений), построение диагностики освоения физического мышления и её апробация в практике обучения средней школы.

Материалы и методы

Объектом исследования являются научно-методические решения по выделению диагностируемых сторон физического мышления, по построению отдельных методических приемов его задания (и освоения) и в итоге – разработке измерительных материалов. Наше исследование основывается на гипотетической идее, что, во-первых, онтологически мышление относится к феноменам, а физическое мышление является его видом; во-вторых, по материальной (материализованной) форме оно выражается в мыслительной деятельности; в-третьих, мышление в учении существует как структура разнообразных предметных деятельностей; в-четвертых, в свою очередь любая предметная мыслительная деятельность тоже представляет структуру, ее ядро выражает отношение «реальность – описание реальности» или «объект – его знаковая модель». Предлагаемая гипотеза позволяет в следствиях получить: объяснение трудностей процессов диагностики физического мышления, новые диагностики предметного мышления и новые приемы оценивания физического мышления.

С учетом представлений о структурности мышления, о языке проявлений физического мышления нами были составлены экспериментальные диагностические тесты с целью контроля освоения физического мышления при изучении темы «Давление твердых тел, жидкостей и газов». Поисковое эмпирическое исследование было проведено в 7 классах Лицея №21 г. Кирова и МОУ СОШ №5 г. Новый Уренгой. Исследуемые группы детей были осознанно выбраны разного уровня предметной подготовки, класс лицея – «хорошисты» (24 школьника), класс типичной школы – «ниже среднего» (30 школьников). Это позволяет оценить готовность разных учащихся к восприятию такого рода заданий, а значит, – освоение мышления.

В качестве инструмента обработки данных был выбран метод поэлементного анализа каждой контрольной работы учащихся. Выделенный и зафиксированный элемент мы считали фактом освоения структур знаний и, отсюда, – мыслительных процессов.

Результаты теоретического исследования

Оценка реальности формирования физического мышления. В программных документах постоянно декларируется формирование физического мышления как одна из ведущих целей обучения физике в школе и вузе. Но отсутствие в методической науке сравнительно простых и полноценных технологичных представлений о физическом мышлении и как следствие отсутствие его диагностик существенно затрудняют в реальной практике достижение этой цели.

Очевидно, что образовательная значимость формирования физического мышления постоянно прямо и косвенно обращала внимание исследователей к этому вопросу. В целом было опубликовано большое количество работ (см. их обзор в [5]), но, во-первых, собственно проблеме диагностики уделялось сравнительно мало внима-

ния, во-вторых, на уровне практики физического образования вопрос так и не решен. Отметим основные достижения в этом направлении.

В работах философов показано, что индивидуальному сознанию предшествует общественное сознание [9]. Это фактически означает, что учащиеся в процессе обучения физике должны осваивать «опыт рода», перенимать от учителя и окружения нормы деятельности, нормы мышления. Подобная позиция широко развернута в работах В.В. Давыдова, который утверждал, что мыслительная деятельность присваивается в форме системы умений и знаний по логике предмета, а теоретическое мышление выражается в овладении структурой познавательной деятельности, и в обучении его формирование происходит через освоение норм учебной деятельности [10].

Мышление как деятельность тесно связано с другой деятельностью человека – внешней предметной, речевой, рефлексией, пониманием, при этом первым актом мысли является выделение того, о чем можно мыслить, то есть выделение области мысли [11]. Для методики обучения физике это важная позиция, которая показывает, что процессом мышления учащихся можно управлять: при решении любой задачи мы сначала всегда выделяем изучаемые объекты и явления, тем самым организуя и активизируя мышление учащихся.

Мышление может быть понято как деятельность со знаками [12]. Г.П. Щедровицкий трактует мышление как «замещение объектов знаками и действия со знаками» [18]. При этом для развития мышления учащихся необходимо организовать эту деятельность, в самом начале управлять ею, а также использовать моделирование как важнейший элемент учебного процесса.

Мышление является структурным и процессуальным, акты, этапы мышления протекают не мгновенно, а один за другим. Вопрос о числе и содержании этапов мышления остается открытым. Однако важно отметить, что каждый этап напрямую связан с той или иной деятельностью учащихся, следовательно, мышление может быть диагностировано по предметным действиям.

Для процессов деятельности обучения физике важно учесть взаимосвязь наглядно-образного и словесно-логического мышления. Психологи зафиксировали, что в случае недостаточной сформированности этой связи можно наблюдать, что учащиеся формально могут решить задачу по аналогии, но не могут воспроизвести логику ее решения вербально, не могут зафиксировать изучаемое явление в виде рисунка, знаков.

Итак, остановимся на твердой позиции: физическое мышление можно целенаправленно формировать в форме структур и процессов и диагностировать по их различным представлениям в конкретной деятельности.

Концепция формирования физического мышления в нашем исследовании. Для стратегически перспективного решения обозначенной научно-методической проблемы нам надо было первым шагом выработать концептуальную позицию. И только вторым шагом строить методики. Поскольку оказалось, что и то, и другое неопределенно сложны, то наши предложения поневоле носят гипотетико-исследовательский характер. И мы это осознаем. Итак, что же получилось в результате творческой рефлексивной деятельности.

Прежде всего, **первым шагом** важно было задать рамку теоретико-методологической позиции:

1. Для обучения физике важно учитывать историчность мышления: мы живем не вообще во времени и пространстве, а в данной фактически точке (историческом месте) и нас интересуют современные нормы мыслительной деятельности.

2. Мышление – **феномен, по построению сложная структура** (Г.П. Щедровицкий [18]). По-видимому, под задачу эта структура каждый раз при известной инвариантности ядра определяется заново, фактически уточняется. В рамках этой структуры вычлениваются и процессы. Важно, что структуры выражены схемами-моделями, они и задают «логическую жизнь» мыслительной деятельности.

3. На наш взгляд, можно представить **структуру мышления на трех уровнях:**

а) **надпредметный** уровень представлен структурами следующих аспектов видения: общей логики движения понятий «от абстрактного к конкретному», дидактического потенциала математики как языка физики, общей логики научного метода познания «факты, проблема – гипотеза, модель – следствия, дедуктивный вывод – эксперимент, опыт деятельности», связи деятельности мышления с деятельностью понимания, чувственно-эмоционального отношения, коммуникативно-кооперированных отношений и различий материального и духовного (идеального) миров;

б) **предметный** уровень для физического мышления задается следующими структурами деятельности: «объект – модель» или как вариант «физический объект (явление) – его описание»; «физический объект – свойства – физические величины характеристики – измерение – границы знаний» по логике различения реальности и описаний;

в) **по отдельным видам предметной учебной деятельности** (психолого-педагогический ракурс) задается следующими структурами-ориентировками: общей структурой-планом решения учебных физических задач «анализ текста и физического явления – идея, метод или план решения – математическая модель явления или решение – анализ процессов решения, выводы»; экспериментирования «условия – результат – анализ», моделирования «объекты – замещение моделями – исследование модели и выводы – практика объяснения и границы применимости – уточнение модели»...

4. Всегда необходимо задать в какой-либо форме **процессы** (в принципе разные для разных предметных деятельностей): построение научных фактов, гипотезирования, экспериментирования, моделирования, систематизации и обобщения, конкретизации, диалога по схеме логики научного метода познания в форме «факты, проблема – гипотеза, модель – следствия, дедуктивные выводы – эксперимент, практика». Сами эти процессы на практике тоже структурируются через систему понятий.

Вторым шагом (прикладным, конкретным), методом последовательных приближений, формулируются основные черты (нормы) предметного мышления, которые диагностируются, но сначала целенаправленно осваиваются в процессах обучения физике. Вот что в итоге удалось получить.

Для «**банка**» заданий для диагностики физического мышления имеем:

1) по ведущим видам учебной деятельности черты физического мышления можно представить на языке норм деятельности моделирования и деятельности экспериментирования;

2) по проявлению в предметной деятельности физическое мышление можно диагностировать: а) на языке понятий; б) на языке (логике) научного метода познания; в) на уровне деятельности моделирования; г) на уровне деятельности экспериментирования; д) на уровне деятельности по решению школьных физических задач;

3) какие-то черты физического мышления при должной интерпретации мы можем диагностировать с помощью тестовых заданий, однако большинство черт диагностируется при помощи заданий, требующих открытого ответа учащихся, проявлений их предметной деятельности.

Приведем **примеры конкретных заданий**, которые можно использовать для построения предметных диагностик.

Диагностика физического мышления на языке понятий. Мыслительная деятельность человека напрямую связана с языком, в формах которого мысль внешне выражается. И через понятия она «существует». При обучении физике мы говорим о физическом мышлении, значит, связываем его с освоением физических понятий. Поэтому для диагностики физического мышления можно использовать задания, направленные на диагностику умения использовать и понимать смысл физических понятий. Обратимся к процедурам.

1. Как правильно говорить: сила – это физическое явление, действие одного тела на другое, или сила – это физическая величина? Почему это так важно?

Комментарий. При ответе на вопрос учащиеся демонстрируют не только уровень освоения понятия «сила», но и понятия «физическая величина». По своей сути физическая величина – это характеристика явления или свойства объекта, при этом она имеет количественную оценку, единицы измерения. Тогда получается, что сила – это характеристика действия тела на тело, мера этого действия измеряется в ньютонах. Значит, сила – это физическая величина. Итак, для формирования «правильного» физического мышления важно связать реальность (физический объект или явление) со средством ее описания (в данном случае силой). И делается это через связь понятий разного статуса.

2. Что такое сообщающиеся сосуды: объект природы, модель, технический объект? Выделите главный признак, по которому можно установить, являются ли сосуды сообщающимися. На каких рисунках изображены сообщающиеся сосуды (далее следует рисунок)?

Диагностика физического мышления на языке (логике) научного метода познания. Научный метод познания является ориентировочной основой деятельности и дает учащимся инструмент для организации изучения явлений окружающего мира, организует логику их мыслительной и предметной деятельности. В процессе наблюдения за учащимися можно заметить, что ученики, овладевшие научным методом познания, экономят время и силы для поиска решений любых типов задач. Для диагностики мышления на языке научного метода познания необходимо выяснить, освоили ли учащиеся нормы, правила, приемы и способы научного познания в рамках этой логики. К этому типу можно отнести задания на знание самих методов познания, но главное – на применение научного метода в форме «факты, проблема – гипотеза, модель – следствия, выводы на основе модели – эксперимент, проверка практикой теоретических выводов, границы применимости и др.». Обратимся к процедурам.

1. Какая гипотеза (научное предположение) точнее позволяет объяснить явление диффузии? А) Все тела состоят из частиц. Б) Все тела состоят из молекул. В) Частицы, из которых состоят тела, хаотически движутся. Г) Частицы, из которых состоят тела, взаимодействуют между собой.

Здесь вновь выделяется ключевое отношение научного метода «реальность – ее знаковое описание». Современное физическое мышление требует внимательного обращения на следующую тонкость: явление диффузии – реальность (она выражается в проникновении одного вещества в другое), ее описание предполагает использование идей МКТ; тогда надо понимать, что тела (название группы физических объектов) только как модель состоят из частиц (может быть даже материальных точек). Такой взгляд труден, для его освоения нужна мыслительная воля, а жесткая структура действий дает опору физическому мышлению.

2. Каковы границы применимости (условия использования) второго закона Ньютона?

Если закон – только модель явления, то освоение научного метода познания требует выяснения границ применимости этой модели. Здесь: только для материальной точки как модели тела, только в ИСО, в школьном курсе физики форма закона $ma = F$ используется только для постоянных сил. Так выражается конкретность физического мышления.

Диагностика физического мышления на уровне деятельности экспериментирования. Физическое мышление при экспериментировании проявляется на всех уровнях: постановка задачи, подбор оборудования, выдвижение гипотезы, выделение объектов и явлений, проведение эксперимента, наблюдение за явлением, обработка результатов эксперимента, формулировка выводов [4; 13]. В зависимости от условий диагностики мышления (время, вид предметной деятельности и др.) мы подбираем различные задания для фиксации освоения тех или иных сторон физического мышления, например, для отдельных умений (измерять и др.) учащихся, умение проводить законченное (и развернутое) экспериментальное исследование. Обратимся к процедурам.

1. Семикласснику Вове нужно определить как можно точнее объем воды, налитой в стакан. Какой мерный цилиндр ему нужно взять? Определите цену деления этого прибора. (На предложенном рисунке изображены три мерных цилиндра с различной ценой деления и различной вместимости).

При решении задачи учащиеся должны выделить и проанализировать физическую реальность – вещество, определенную жидкость. Эта порция вещества имеет характеристику, определяемую физической величиной – объемом V . После первого этапа анализа, который в знакомой, доступной ситуации, у учащихся происходит «свернуто», происходит непосредственное решение задачи, фиксируются умственные действия по измерению данной физической величины: каким прибором можно измерить объем, каким прибором лучше это сделать под нашу задачу и почему.

Диагностика физического мышления на уровне деятельности моделирования. Умение моделировать реальные объекты или явления должно формироваться целенаправленно и систематически. Совершенствование представлений о моделях должно происходить постепенно, с учетом психологических особенностей учебного познания. Физическое мышление в форме деятельности моделирования выражается в следующих умениях: выделять свойства или процессы, подлежащие исследованию (моделированию); строить такую модель, которая бы позволяла изучить свойство или явление проще и доступнее; исследовать модель (теоретически или экспериментально); «переносить» знания с модели на оригинал, искать границы применимости моделей и знаний, полученных с их помощью; проводить мысленные эксперименты. При построении диагностики следует иметь в виду, что бывают разные модели, в том числе и знаковые (символические), поэтому видов заданий для диагностики физического мышления на этом уровне может быть много, важно составлять их под конкретную задачу. Мышление также проявляется в умении различать модели и реальные объекты по познавательному статусу. Если учащиеся их отождествляют, значит, мир природы и мир науки они уравнивают. А это грубая мировоззренческая ошибка. А от нее идут ошибочные действия, утверждения, построения мысли. Так, разве можно подержать материальную точку, подействовать на нее телом? Для физического мышления важно исследовать реальные свойства объекта, в том числе установить границы применимости известных знаний по отношению к нему. В частности, учесть погрешности измерений.

Приведем примеры заданий, направленных на диагностику умений строить модели, применять их и определять их границы применимости.

1. Выберите ответ, в котором представлены только модели физических объектов. А) Сила, реостат. Б) Ускорение, энергия. В) Взаимодействие тел, замкнутая система. Г) Идеальный газ, материальная точка.

2. Какая математическая модель верно описывает явление всемирного тяготения?

А) $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2$. Б) $F = -k$. В) $F = \mu N$. Г) $F = g \frac{mM}{R^2}$.

3. Брусок соскальзывает с шероховатой наклонной плоскости. Коэффициент трения равен μ , масса тела m . Изобразите модель явления в виде рисунка, постройте математическую модель явления.

Вновь подчеркнем, необходимость для физического мышления жесткого логического различения реальности и описаний (моделей). Физическое явление выделяется (всегда под задачу!) в нашем случае такое: прямолинейное равноускоренное движение тела (только одного тела!) под действием Земли и поверхности наклонной плоскости. Наклонная плоскость действует двояким образом: нормальная реакция и действие трения. Эти действия описываются двумя силами N и $F_{\text{тр}}$. При наличии данных задачи с динамическими характеристиками (μ , m) идея или метод решения выделяются просто – построение второго закона динамики в векторном виде. Это и будет наша математическая модель явления. При более подробном разворачивании получим типичную ситуацию формирования физического мышления при решении любой задачи.

Диагностика физического мышления в форме «правильной» деятельности по решению школьных учебных физических задач. Решение физических задач (качественных, расчетных, экспериментальных, графических и пр.) позволяет наилучшим образом диагностировать физическое мышление учащихся, поскольку в этой деятельности все знания и умения школьников проявляются наиболее ярко [5; 13–17]. Выделим основные диагностируемые умения: анализировать условие задачи, выделять объекты, явления, описывать характеристики объектов и явлений с помощью физических величин, строить знаковые и математические модели, анализировать полученные результаты, оценивать их достоверность.

Результаты эмпирического исследования

Представим часть данных по результатам освоения норм знаний и умений. Каждое задание проводимой диагностической работы позволяет выделить и проверить умения, за которыми стоят структуры интеллектуальных отношений. Все многообразие заданий в итоге было сгруппировано по умениям и представлено в виде табл. 1. Оценка результатов освоения нормы идет по шкале наименований «освоено – не освоено».

Интерпретация данных эмпирического исследования

Изначально мы опирались на предположение о том, что мышление структурно и в зависимости от характера предметной деятельности может быть представлено в виде отношений элементов. Для диагностической работы были составлены задания на ос-

воение следующих логических структур: а) явление – объекты; явление – объекты и их взаимодействия; б) объект – модель; явление – модель; в) теория – система понятий; г) физический объект – свойства – физические величины – измерение; е) знание – границы применимости знания.

Таблица 1

Факты освоения норм мыслительной деятельности учащимися 7 класса

№	Элементы умений и знаний	7 класс, Лицей №21	7 класс, СОШ №5
		Освоено, %	Освоено, %
1	Умение определять этапы (логику) проведения наблюдения за физическим явлением	92	64
2	Умение определять этапы (логику) проведения физического эксперимента	31	43
3	Умение понимать границы применимости закона Архимеда	13	13
4	Умение выделять из перечня физических понятий физические величины	88	77
5	Умение выделять физические объекты из описания физического явления, рисунка	65	31
6	Умение характеризовать смысл конкретной физической величины (давление)	54	50
7	Понимание предназначения физических величин	62	57
8	Умение выделять условия для применения понятия при описании явлений	42	75
9	Умение зафиксировать объекты и явления в изображении	55	29
10	Умение подобрать объекты и материалы для организации эксперимента под цель, гипотезу	41	40
11	Умение подбирать прибор с нужной шкалой под цель измерения	38	33
12	Умение понимать рисунки как модели и решать по полученным данными задачу	58	3
13	Умение анализировать явление по графику	64	50
14	Умение выдвигать гипотезы для объяснения описанного явления	88	20
15	Умение переводить единицы измерения физических величин (при решении физической расчетной задачи)	40	20

Анализ результатов показывает, что некоторые структуры отношений осваиваются учащимися сравнительно легко, другие – достаточно трудно. Расшифруем результаты.

А) Структуры типа «явление – объекты / объекты и их взаимодействия». Фактически данные логические отношения, так или иначе, прослеживаются при решении большинства задач. Однако в диагностической работе нами были предложены и специальные задания, в частности, о сообщающихся сосудах (см. выше). При их решении видим: учащиеся дают определение сообщающимся сосудам, однако не могут правильно выбрать все иллюстрации, на которых они изображены (элемент № 5). То есть отношение (умение) освоено формально: словесное определение не связывается с предметом (изображением сообщающихся сосудов). В целом мыслительная деятельность при решении разных заданий на освоение отношения «физическое явление – выбор объектов» в должной мере не сформирована (элементы № 9, 10, элемент № 14 для учащихся обычной школы).

Б) Логические структуры типа «объект / явление – модель». Как показали результаты контрольной работы, у учащихся возникают большие трудности при освоении умений строить и использовать модели объектов и явлений (элементы № 9, 12). В обычной школе учащиеся даже не приступают к выполнению такого рода заданий. Это свидетельствует о том, что такая характеристика мышления как его знаковость развита слабо, отношения «объект/явление – знак/модель» не освоены. В ходе беседы с учителем было установлено, что учащиеся данного класса плохо умеют переводить информацию с одного языка представления на другой, и подобного рода задания даются учащимся с трудом.

Стоит отметить, что и у учащихся лица в подавляющем большинстве случаев есть проблемы с построением модельного рисунка. Даже если учащиеся правильно определяют, какие тела действуют на рассматриваемое тело, какими силами это взаимодействие характеризуется, то все равно рисунок выполнен со многими огрехами. Так, силы не имеют точки приложения, а «висят» в плоскости рядом с рисунком, не соблюдается масштаб сил, например, тело всплыло, но длина вектора силы тяжести на порядок больше длины вектора силы Архимеда. И школьники «не видят» в этом ошибок, что говорит о проблемах освоения всей группы отношений «реальность – описание».

В) Структура типа «теория – система понятий». При анализе выполнения заданий, направленных на диагностику освоения этой структуры, можно наблюдать некоторые противоречия. С одной стороны, умения учащихся работать с понятиями в типичной ситуации (элементы № 4, 6, 8) находятся на достаточном уровне, но с другой стороны, мы наблюдаем абсолютно низкие показатели по умению переводить единицы измерения физических величин (элемент № 15). Эта проблема характерна: при решении физической задачи о необходимости расчета давления тела на поверхность, учащиеся в верную формулу подставляют площадь опоры в кв. см или неверно переводят полученное значение в кв. м. И так, учащиеся не понимают физического смысла единицы измерения давления, у учащихся недостаточно хорошо освоены математический аппарат. Школьники могут иметь фрагментарно хорошие знания, однако структурные отношения между ними не осознаны, плохо конкретизируются, и при решении задач приводят к недостаткам.

Г) Логические структуры типа «физический объект – свойства – физические величины – измерение», «знание – границы применимости знания» объективно сложные. Наибольшие затруднения у учащихся обеих групп вызывают задания, связанные с умением определять логику проведения физического эксперимента, умением подобрать объекты и материалы для организации эксперимента под цель (элементы № 2, 10), с определением границ применимости закона Архимеда (элемент № 3). Первое задание напрямую не связано со знаниями, для его выполнения необходимо осуществить более сложную мыслительную деятельность по указанной логике, что бывает семиклассникам трудно сделать. Данная черта мышления формируется постепенно, в ходе экспериментальной деятельности.

Второе задание практически невозможно выполнить, если на уроках границы применимости закона не рассматривались, о чем и свидетельствуют факты. Сложное мировоззренческое отношение «знание – границы знания» у школьников не формируется, и это явный недостаток в формировании современного мышления. Подобные выводы о проблемах практики освоения границ применимости знаний мы фиксировали и ранее [19].

Обсуждение результатов

Поскольку феномен мышления, в том числе и предметного, неопределенно трудный, многогранный, эффективным с точки зрения его изучения и последующего методического задания и освоения, является структурный подход. Разработанная нами концепция согласуется с мнениями других авторов о продуктивности структурирования мышления в зависимости от вида мышления, целей его изучения. Так, структурный подход оправдал себя в изучении творческого мышления, дизайн-мышления [20; 21], научного мышления в естественнонаучном образовании [22], в выделении умений при рассмотрении критического мышления [23], системного мышления [24]. В статье показано, что с точки зрения методики формирования физического мышления важным является создание специальных заданий, которые имеют не только диагностирующую, но и формирующую функцию. Эффективность данного методического решения также подтверждена в работе [25]. Таким образом, перспективность и значимость разработанной нами концепции структурного рассмотрения физического мышления доказывается не только эмпирическими фактами, но и исследователями других типов мышления.

Касаемо проведенного эмпирического исследования, можно сделать следующие выводы: диагностическая контрольная работа согласуется с результатами решения типичных физических задач. Лицеисты выполнили задачи достаточно успешно, школьники – в основном на отметку «удовлетворительно». Однако для учителя типовые контрольные работы не дают знаний о недостатках и достижениях учащихся в области освоения норм мыслительной деятельности. Только структурное представление физического мышления позволяет на практике достаточно определенно выявлять все проблемы предметной деятельности учащихся. У учителя появляются объективные данные, которые он может использовать для коррекции учебного процесса – подбора заданий для отработки умений, систематизации знаний учащихся, их представлений о логике выполнения определенных мыслительных и предметных действий.

На основе эмпирических фактов можно сделать выводы: а) в реальном учебном процессе освоение фундаментальных отношений структур знаний неустойчиво, с большим разбросом, б) данные все же дают основания считать, что заданные структуры отношений доступны для освоения, воспроизводимы. И таким образом наша гипотеза оказывается продуктивной.

Заключение

Мы предлагаем для методики обучения физике сделать сравнительно радикальный шаг вперед: ведущей формой задания физического мышления считать структуру, выраженную в схеме-модели, наполненную соответствующим физическим содержанием. В рамках этой структуры и «живет» физическое мышление, в такой форме и надо искать возможности его задания и диагностики. А далее следует конкретизация. В частности, каждый элемент структуры должен нести смысловую расшифровку. В перспективе необходимо строить диагностические работы по всем разделам физики, чтобы своевременно выделять и устранять недостатки в процессах освоения физического мышления. Подчеркнем, что ключевым структурным отношением в этих процессах является отношение «объекты, явления реальности – их модельное замещение-описание».

ЛИТЕРАТУРА

1. Перспективы образования UNESCO [Электронный ресурс]: <https://ru.unesco.org/futuresofeducation/iniciativa> (дата обращения: 30.06.2022)
2. Зверева Н.М. Формирование естественнонаучного мышления школьников в процессе обучения физике: автореф. дис. ... д-ра. пед. наук. Ленинград, 1986. 31 с.
3. Решанова В.И. Развитие логического мышления учащихся при обучении физике: кн. для учителя. М.: Просвещение, 1985. 94 с.
4. Майер В.В., Сауров Ю.А. Экспериментирующее мышление в методике обучения физике // Физика в школе. 2018. № 7. С. 3–11.
5. Коханов К.А., Сауров Ю.А. Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления: монография. Киров: Изд-во ИРО Кировской области, 2013. 232 с.
6. Сауров Ю.А. О программе формирования и исследования физического мышления // Формирование мышления в процессе обучения естественнонаучным технологиям и математическим дисциплинам. Екатеринбург: УГПУ, 2019. С. 6–11.
7. Understanding by Design [Электронный ресурс]: http://eduspace.pro/model_ubd (дата обращения: 30.06.2022)
8. Позолотина М.П., Сауров Ю.А. О концепции формирования физического мышления при дистанционном обучении в основной школе // Вестник ВятГГУ. 2015. № 11. С. 142–144.
9. Ильенков Э.В. Философия и культура. М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2010. 808 с.
10. Давыдов В.В. Теория развивающего обучения. М.: ИНТОР, 1996. 544 с.
11. Мамардашвили М. Эстетика мышления. М.: Московская школа политических исследований, 2000. 416 с.
12. Розин В.М. Мышление: сущность и развитие. М.: ЛЕНАНД, 2015. 368 с.
13. Сорокин А.П., Сауров Ю.А. О границах применимости эмпирического метода познания // Физика в школе. 2019. № 2. С. 21–26.
14. Сауров Ю.А. Модели и моделирование в методике обучения физике: монография. Киров: Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. 216 с.
15. Сауров Ю.А. О границах применимости принципов, понятий, законов при изучении механики // Физика в школе. 2018. № 3. С. 14–19.
16. Сауров Ю.А. Вопросы и примеры рассмотрения границ применимости знаний при изучении электродинамики // Физика в школе. 2019. № 4. С. 13–21.
17. Сауров Ю.А., Коханов К.А. Освоение границ применимости знаний при изучении квантовой физики // Физика в школе. 2019. № 6. С. 19–27.
18. Щедровицкий Г.П. Мышление – Понимание – Рефлексия. М.: Наследие ММК, 2005. 800 с.
19. Сауров Ю.А., Уварова М.П., Перевошиков Д.В. Об исследовании освоения границ применимости физических понятий, принципов, моделей и законов // Перспективы науки и образования. 2019. № 6 (42). С. 128–141. DOI: 10.32744/pse.2019.6.11.
20. Horikami A., Takahashi K. The Tripartite Thinking Model of Creativity. *Thinking Skills and Creativity*. 2022. Vol. 44. DOI: 10.1016/j.tsc.2022.101026.
21. Pande M., Bharathi S. V. Theoretical foundations of design thinking – A constructivism learning approach to design thinking. *Thinking Skills and Creativity*. 2020. Vol. 36. DOI: 10.1016/j.tsc.2020.100637.
22. Sun H., Xie Y., Lavonen J. Exploring the structure of students' scientific higher order thinking in science education. *Thinking Skills and Creativity*. 2022. Vol. 43. DOI: 10.1016/j.tsc.2022.100999.
23. Bellaera L, Weinstein-Jones Y., Ilie S., Baker S. Critical thinking in practice: The priorities and practices of instructors teaching in higher education. *Thinking Skills and Creativity*. 2021. Vol. 41. DOI: 10.1016/j.tsc.2021.100856.
24. Vachliotis T., Salta K., Tzougraki C. Developing Basic Systems Thinking Skills for Deeper Understanding of Chemistry Concepts in High School Students. *Thinking Skills and Creativity*. 2021. Vol. 41. DOI: 10.1016/j.tsc.2021.100881.
25. Salmon A., Barrera M. Intentional questioning to promote thinking and learning. *Thinking Skills and Creativity*. 2021. Vol. 40. DOI: 10.1016/j.tsc.2021.100822.

REFERENCES

1. Prospects of Education of UNESCO. Available at: <https://ru.unesco.org/futuresofeducation/iniciativa> (accessed 30 June 2022) (in Russ.)
2. Zvereva N.M. Formation of natural-science thinking of schoolchildren in the process of teaching physics. Abstract Diss. Cand. Sci. Educ., Leningrad, 1986. 31 p. (in Russ.)
3. Reshanova V. I. The Development of Logical Thinking in Teaching Physics: a Book for the Teacher. Moscow, Prosveshcheniye Publ., 1985. 94 p. (in Russ.)
4. Mayer V.V., Saurov Y.A. Experimental thinking in the methodology of teaching physics. *Physics at school*, 2018, no. 7, pp. 3-11. (in Russ.)
5. Kokhanov K.A., Saurov Y.A. The problem of setting and forming a modern culture of physical thinking: monograph. Kirov, Izd-vo IRO Kirov region, 2013. 232 p. (in Russ.)
6. Saurov Y. A. On the Program of Formation and Research of Physical Thinking. Formation of Thinking in the Learning of Natural Science Technologies and Mathematical Disciplines. Yekaterinburg, UGPU Publ., 2019, pp. 6-11. (in Russ.)

7. Understanding by Design. Available at: http://eduspace.pro/model_ubd (accessed 30 June 2022) (in Russ.)
8. Pozolotina M.P., Saurov Y.A. On the concept of forming physical thinking in distance learning in the basic school. *Vyatka State University Vestnik*, 2015, no. 11, pp. 142-144. (in Russ.)
9. Ilyenkov E.V. Philosophy and Culture. Moscow: Publishing house of the Moscow Psychological-Social Institute, 2010. 808 p. (in Russ.)
10. Davidov V.V. Theory of developmental learning. MOSCOW, INTOR Publ., 1996. 544 p. (in Russ.)
11. M. Mamardashvili, M. The aesthetics of thinking. Moscow, Moscow School of Political research, 2000. 416 p.
12. Rozin V.M. Thinking: Essence and Development. MOSCOW, LENAND Publ., 2015. 368 p. (in Russ.)
13. Sorokin A.P., Saurov Y.A. On the limits of applicability of the empirical method of cognition. *Physics at school*, 2019, no. 2, pp. 21-26. (in Russ.)
14. Saurov Y.A. Models and modeling in the methodology of teaching physics: monograph. Kirov, Publishing house "Raduga-press", 2016. 216 p. (in Russ.)
15. Saurov Y. A. On the limits of applicability of principles, concepts, laws in the study of mechanics. *Physics in school*. 2018, no. 3, pp. 14-19. (in Russ.)
16. Saurov Y.A. Issues and examples of consideration of the applicability boundaries of knowledge in the study of electrodynamics. *Physics in school*, 2019, no. 4, pp. 13-21. (in Russ.)
17. Saurov Y. A., Kokhanov K. A. Mastering the boundaries of applicability of knowledge in the study of quantum physics // *Physics at school*. 2019. № 6. С. 19-27. (in Russ.)
18. Shchedrovitsky G.P. Thinking - Understanding - Reflexion. Moscow, Legacy of MMK Publ., 2005. 800 p.
19. Saurov Y.A., Uvarova M.P., Perevoschikov D.V. On the study of learning the applicability boundaries of physical concepts, principles, models and laws. *Perspectives of Science and Education*, 2019, no. 6 (42), pp. 128-141. DOI: 10.32744/pse.2019.6.11.
20. Horikami A., Takahashi K. The Tripartite Thinking Model of Creativity. *Thinking Skills and Creativity*, 2022, vol. 44. DOI: 10.1016/j.tsc.2022.101026.
21. Pande M., Bharathi S. V. Theoretical foundations of design thinking – A constructivism learning approach to design thinking. *Thinking Skills and Creativity*. 2020. Vol. 36. DOI: 10.1016/j.tsc.2020.100637.
22. Sun H., Xie Y., Lavonen J. Exploring the structure of students' scientific higher order thinking in science education. *Thinking Skills and Creativity*, 2022, vol. 43. DOI: 10.1016/j.tsc.2022.100999.
23. Bellaera L, Weinstein-Jones Y., Ilie S., Baker S. Critical thinking in practice: The priorities and practices of instructors teaching in higher education. *Thinking Skills and Creativity*, 2021, vol. 41. DOI: 10.1016/j.tsc.2021.100856.
24. Vachliotis T., Salta K., Tzougraki C. Developing Basic Systems Thinking Skills for Deeper Understanding of Chemistry Concepts in High School Students. *Thinking Skills and Creativity*, 2021, vol. 41. DOI: 10.1016/j.tsc.2021.100881.
25. Salmon A., Barrera M. Intentional questioning to promote thinking and learning. *Thinking Skills and Creativity*. 2021, vol. 40. DOI: 10.1016/j.tsc.2021.100822.

Информация об авторах

Сауров Юрий Аркадьевич
(Россия, г. Киров)

Профессор, доктор педагогических наук, член-корреспондент РАО, профессор кафедры физики и методики обучения физике
Вятский государственный университет
E-mail: saurov-ya@yandex.ru
ORCID ID: 0000-0002-8756-8103

Уварова Марина Павловна
(Россия, г. Киров)

Кандидат педагогических наук, доцент кафедры физики и методики обучения физике
Вятский государственный университет
mpozolotina@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-0058-8313

Information about the authors

Yuri A. Saurov
(Russia, Kirov)

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Dr. Sci. (Educ.), Professor of the Department of Physics and Methods of Teaching Physics
Vyatka State University
E-mail: saurov-ya@yandex.ru
ORCID ID: 0000-0002-8756-8103

Marina P. Uvarova
(Russia, Kirov)

Cand. Sci. (Educ.), Associate Professor of the Department of Physics and Methods of Teaching Physics
Vyatka State University
mpozolotina@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-0058-8313