

В. В. Майер, Ю. А. Сауров  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МЫШЛЕНИЕ:  
СМЫСЛЫ–ЦЕННОСТИ, ЧЕРТЫ,  
ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ

Памяти нашего учителя по жизни и науке —  
Василия Григорьевича Разумовского — посвящаем эту работу

Статья посвящена конкретизации деятельности экспериментирования в дидактике физики за счет введения и развертывания фундаментального понятия–категории экспериментальное мышление. Передача и присвоение экспериментального мышления является ядром экспериментирования как учебной деятельности. И только тогда эти процессы будут дидактически эффективны, когда они будут нормированы и их процессы методически обеспечены. Для успешного развертывания такой трудной научно–методической работы необходимо на основе методологического анализа выяснение смыслов, целей, ценностей, процедур и образцов экспериментирующего мышления. Основной результат статьи выражается в раскрытии дидактического потенциала новой учебной деятельности с экспериментом. Работа предназначена для методистов–физиков, исследователей и практиков в области дидактики физики.

*Ключевые слова:* методология деятельности, деятельность экспериментирования, деятельность моделирования, дидактика физики как теоретическая схема, экспериментальное мышление.

Мышление многомерно. И проблема сегодня состоит в том, чтобы перейти к многомерному мышлению и задать все его измерения.

*Г. П. Щедровицкий*<sup>1</sup>

Образование без души опустошает душу.

*В. П. Зинченко*<sup>2</sup>

### 1. Введение: цели и ценности

Для построения эффективного будущего физического образования и методики обучения физике необходимо новое поколение категориальных понятий. С одной стороны, они фиксируют–формируют новые потребности, с другой — сохраняют (и транслируют) накопленный опыт. В данном случае мы впервые обращаем внимание на определение и конструктивное использование фундаментального дидактического понятия *экспериментальное мышление*. Оно задается синтезом представлений, конструированием движения понятия. Последнее определяет его значение для практики физического образования.

---

<sup>1</sup>См. [30, с. 530].

<sup>2</sup>Зинченко В. П. Аффект и интеллект в образовании. М.: Триволта, 1995. С. 13.

Нет ни одного грамма теоретического и практического сомнения, что учебный физический эксперимент и экспериментирование как учебная деятельность востребованы при обучении физике. Это глубоко понимали наши великие предшественники. Назовем здесь лишь тех, кого мы хорошо знали и знаем: Л. И. Анциферов, В. А. Буров, Б. С. Зворыкин, О. Ф. Кабардин, Г. Г. Никифоров, А. А. Покровский, В. Г. Разумовский, С. А. Хорошавин, Т. Н. Шамало, Н. М. Шахмаев, В. Ф. Шилов... Все они стремились максимально встроить в ткань учебного процесса опыты и эксперименты, обрабатывали их технику и физику, особенности приемов учения и преподавания. Важно признать, что эти усилия были направлены на всех учеников и учителей, то есть носили массовый характер, характер государственных программ. В. Г. Разумовский необходимость этого хорошо понимал: «Повышение эффективности уроков за счет того, что его главной частью является изучение нового материала на основе демонстрационного и лабораторного эксперимента» [21, с. 68].

В целом статья направлена на разработку знаниевых и процессуальных (деятельностных) средств для реализации дидактического потенциала современного экспериментирования как фундаментальной (и ведущей) учебной деятельности. В этом контексте *экспериментирующее мышление* — важнейшая (ключевая) образованность экспериментальной деятельности, составная часть или аспект сложной структуры, которая называется *деятельность экспериментирования* [12, 23–26]. Хотя несколько странно, но мышление нередко интерпретируется как образовательная реальность. Например, Г. П. Щедровицкий жестко писал: «мышление существует реально — как субстанция, независимо от того, есть люди или нет людей» [31, с. 561], то есть это понятие приобретает субстанциональный смысл.

Признание экспериментирования как ведущей деятельности определяет значимость для современного человека новообразования–компетенции *экспериментальное мышление*. Именно оно инициирует творческую деятельность, сопровождается рефлексией и коммуникацией, приводит к пониманию и познанию нашего физического мира. Словом, интуитивно очевиден дидактический потенциал такой установки–категории. Дело за определением структуры и содержания научной категории.

## 2. Теоретические основы экспериментирующего мышления

Для эффективной методической деятельности в области экспериментального мышления сначала построим знаковое поле.

- Экспериментирование — *ведущая учебная деятельность*, определяющая в ходе учения основные новообразования в функ-

ционировании и развитии субъекта... *Экспериментальное* (наверное, точнее *экспериментирующее*) мышление — одна из самых высоких целей в обучении физике, которая во многом интегрирует все иные образовательные ресурсы (цели, процессы). Введение в научный оборот этой категории для построения соответствующих процедур учения — важнейшая дидактическая задача.

● Интеллектуальная деятельность расчленяется в педагогических целях на мышление, понимание, рефлексию (и др.), а они как естественно-искусственные образования в свою очередь нормируются и выступают как деятельность [33, с. 360, 377]. И мы уже видим, то есть фиксируем как эмпирический материал, результаты этой нормировки. Г. П. Щедровицкий утверждал установку: «Мышление не автономно, оно существует как паразитирующее на деятельности, частично — внутри и как обслуживающее ее» [33 с. 374].

● Э. В. Ильенков [10, 11] много писал о мышлении: «Лишь делая своим предметом теоретическое мышление, процесс познания, философия включает в свое рассмотрение и наиболее общие характеристики бытия, а не наоборот...» [11, с. 253]; специфика человеческого видения зависит «исключительно от общественно-исторической природы человека» (с. 279); «Мышление вообще, как особая деятельность, начинается лишь там, где эмпирически достигнутое знание обнаруживает себя как не соответствующее объекту» (с. 284); «Всеобщие закономерности открываются все вначале в форме гипотезы, а уж затем перед мышлением ставится задача — доказать что такому-то и такому-то знанию имеется аналог, модель в самой реальности» (с. 298); «Дело в диалектико-материалистическом понимании «тождества мышления и бытия», как тождества противоположностей, то есть перехода, как конкретной связи взаимопревращения» (с. 351).

Это тождество (некое единство) и противопоставление находит, по нашему мнению, выражение в категориальном понятии *экспериментальное мышление*.

● А. В. Ахутин пишет: «Но экспериментальное мышление учит нас, что все определения теоретического объекта могут быть сделаны определениями познающего...» [2, с. 558]. Словом, открываются смыслы и определяются объективные условия для научно-методического творчества. Итак, теоретическое мышление изобретает Природу, экспериментальное мышление изобретает субъекта-человека (с. 9 и др.). И «мышление как таковое можно понять как экспериментирование, а бытие человека, существа по сути и способу бытия, как экспериментальное бытие» [1, с. 14–15]. И еще важно: «Экспериментатор начинает с ана-

томирания природы... Эйдетический опыт тоже изолирует. Но его усилия подобны фокусировке, наведению на резкость. Изолировать — значит здесь собирать, формировать, индивидуализировать, обособлять... Как видим, и эксперимент, и эйдетический опыт завершаются в мысли» [2, с. 641, 642].

- Сложность, многоаспектность феномена мышления, логичность и «материальность» (знаковость) мыслительной деятельности показаны в [2, 4, 10, 26, 30–32]. Представление о мышлении как «образованности» деятельности, но которое настолько значимо и фундаментально, что обладает самостоятельностью и даже несет смысл некой субстанции (Г. П. Щедровицкий [33]).

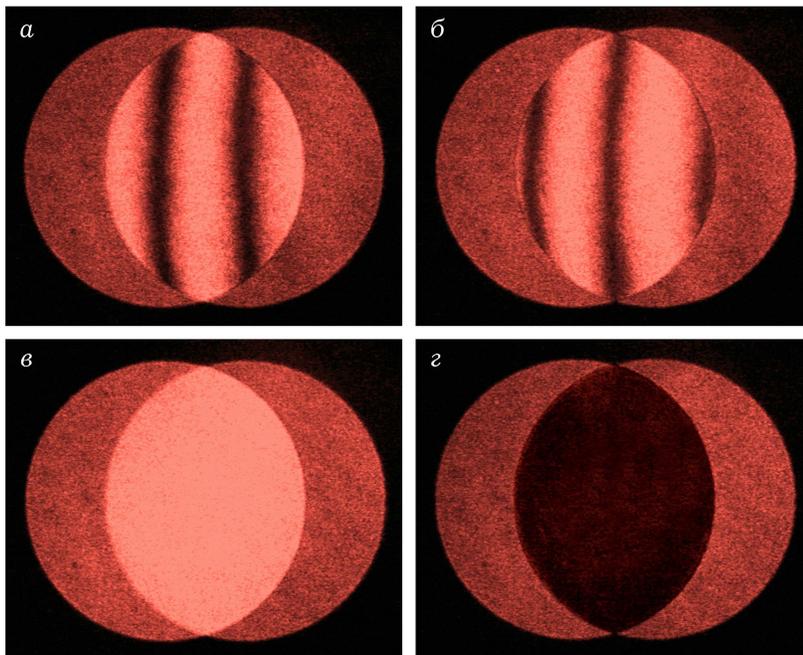
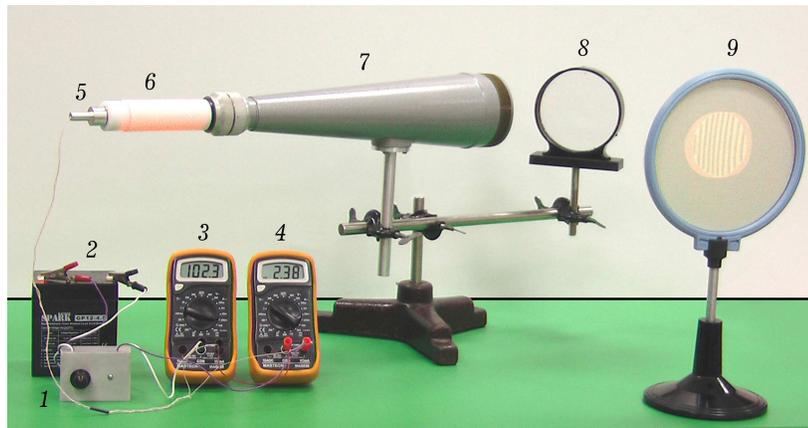
- В методике физики мы творим новый реально–предметный мир учебной физики; в создании все новых элементов *учебной физики* мы видим стремление обозначить и ограничить методический мир учебной физики, а это и есть научно–экспериментальное (предметное) мышление; на практике в обучении всегда только нормированная мыслительная деятельность. (Смотрите полнее об экспериментальном познании: [26, с. 86 и др.], [12].)

- Можно выделить *три мира экспериментирования*: а) онтологии экспериментирования, заданные знаниями–схемами о сущности и существовании; б) системы знаний о нормах деятельности экспериментирования, то есть в итоге методические проекты в форме принципов, характеристик, моделей, материала, ориентировок; в) системы знаний и процедуры исследования реальности экспериментирования. Эти три аспекта задают и особенности соответствующего экспериментирующего мышления.

- Нормативные представления об экспериментирующем мышлении — необходимый элемент его существования. Различение нормативных представлений (мыслительной деятельности) и реальности обучения (мышления) — принципиально. Зазор между ними в деятельности существует за счет не только разных онтологических представлений, но и их функций в познании за счет ситуативного творчества жизни. В познании без норм науки нет возможности задать реальность чего–либо, в том числе экспериментирующего мышления. Тогда дальше идет различение и специализация этой реальности от описаний, от условий, от следствий.

Предшествующий опыт вне зависимости от формы представления дает нам эмпирические и теоретические аргументы для конструктивного формулирования концепции экспериментального мышления [1–4, 9–12, 15, 16, 18, 21–24, 29–33]. Для начала движения мы конструируем *гипотетическое утверждение* о том, что *экспериментальное мышление является «клеточкой» учеб-*

**НОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ**



Экспериментирующее мышление в исследовании фундаментального явления волновой оптики — интерференционного усиления и гашения света в области наложения когерентных пучков [19]. В результате создан доступный вариант демонстрационного эксперимента, убедительно подтверждающий следствия теории интерференции [6].

ной (познавательной) деятельности, системообразующим понятием для выведения и понимания всех видов мышления в образовании.

### 3. Определение понятия экспериментального мышления

Первым шагом теоретического конструирования является *определение понятия экспериментального мышления* по целям и ценностям, по смыслам. Итак, экспериментальное (экспериментирующее) мышление — это:

- умственная деятельность для обеспечения познавательно-конструктивной деятельности с физическими объектами и явлениями; при этом материальные преобразования физических объектов и физических явлений сопровождаются «проверкой» на прочность понятий в их «притирке» для понимания реальности;

- теоретическое понимание реальности через ее идеально-реальное и таким образом критическое изменение; понимание реальности через создание (проектирование, изобретение) новой реальности;

- эксперимент с идеями (и их носителями) в форме внешних предметных, материальных и знаковых действий; кто здесь чего замещает: объект замещается субъектом, или новым объектом...?

- мысленный эксперимент, как особое знаковое, понятийное мышление по согласованию реального и идеального миров (если в методике экспериментирования нет различия реальности и описаний, то нет и экспериментального мышления...); мыслительная деятельность, организуемая по структуре-схеме *средства — процессы — продукт*, которая исторически усложняется; в ее рамках вовлекаются с обозначенными функциями разнородные объекты [32, с. 290 и др.]; приведем исторические примеры ориентировок учебной деятельности, которые могут быть распространены и на организацию экспериментирования и экспериментального мышления: а) *цель, задача — средства решения — процессы преобразования — результат* (В. В. Давыдов [9, с. 14, 37, 69, 155 и др.]); б) *условия — результат — анализ* (В. В. Майер [13, 22, 25]); в) некий синтез представлений: *условия (знания, мотивы, цели, средства, объекты) — процессы (методы, действия, измерения и др.) — результаты (новый продукт, рефлексия, интерпретации и др.)* [12].

Последующие шаги обоснования понятия идут при использовании известного метода научного познания — метода восхождения-развертывания понятия *от абстрактного к конкретному* (В. С. Библер, А. В. Зиновьев, Э. В. Ильенков, Г. П. Щедровицкий, В. В. Мултановский и др.). Заметим, что для методики обучения физике ориентир методологии (особенно ярко у Г. П. Щедровицкого) на конструирование новой реальности под гипотезу — плодотворный принцип. Ему активно следовали В. Г. Разумовский и

В.В. Мултановский [14, 15, 21]. И мы такое движение в построении науки и формировании реальности осознанно применяем. При построении научной концепции фундаментального понятия экспериментального мышления мы ориентируем себя на использование метода *от абстрактного к конкретному* (К. Маркс в политэкономии, Э. В. Ильенков в философии, В.В. Мултановский через структуру и содержание знаний в обучении физике, В.Г. Разумовский через логику научного метода познания).

#### 4. Связь с другими понятиями дидактики физики

Итак, второй шаг заключается в выяснении отношения с другими понятиями и представлениями дидактики физики. Сейчас мы этот шаг лишь кратко обозначаем, для его расшифровки необходимо специальное исследование.

• При выяснении отношения с другими видами мышления необходимо использовать принципы соответствия и дополнительности: логическое (репродуктивное) — это вырожденное состояние экспериментирующего мышления в случае простого дедуктивного вывода–описания; эмпирическое проявляется тогда, когда фиксируются и измеряются отдельные факты; творческое мышление центрировано на изменение как внешних (природных) объектов, так и внутренних (идеальных, духовных) образований; рефлексивное проявляется в выяснении грани возможного действия. С нашей точки зрения, экспериментирующее мышление — более общий случай теоретического мышления, последнее в прямом смысле имеет дело со знаковыми моделями. В.В. Мултановский различал в обучении теоретическое и эмпирическое мышление, причем первое считал ведущим [15, с. 10–16]; в концепции взаимодействий реализована при конструировании содержания школьного курса физики ведущая роль теоретических обобщений; эксперименту отводилась роль средства познания и критерия истины [15, с. 139]. С нашей точки зрения, необходимо различать функции эксперимента в зависимости от дидактической цели. В случае современного научно–теоретического мышления экспериментирование не просто добавка (элемент или аспект), а смыслы и логика познавательных действий.



Рис. 1. Логическая природа мышления



Рис. 2. Творческая природа мышления

- Если принять, что физическое мышление всегда выражается в освоении некой нормативной деятельности и реализации творческой, поисковой (ситуативной) деятельности [33], то следует признать, что в случае экспериментального мышления вторая, предметная, составляющая выражена (по характеру, разнообразию) богаче. И она тоже по итогам деятельности нормируема. Творческая природа мышления подчеркивается в категории «экспериментирующее мышление».

- С помощью экспериментального мышления понимание реальности происходит через создание (проектирование, изобретение) новой реальности, то есть через идеальное (знаковое) и материальное конструирование. Здесь методическая позиция состоит в поиске искусственных (технических) объектов (трубочек, зажимов, магнитов и др.), с помощью которых воссоздается для школьной физики известное (но новое по технике) физическое явление. Методическое творение ведет за собой техническое творение, и наоборот.

- Экспериментальное мышление — целесообразная мыслительная деятельность, по предмету направленная на его изменение под углом зрения понятий, средств, методов. Экспериментирующее мышление всегда различает, конкретизирует и, таким образом, определяют границы знаний и действий (А. В. Ахутин, Э. В. Ильенков и др.). В целом, смысл определения сближает это понятие с понятием творчества, подчеркивая научную рациональность экспериментирования.

- Пока следует признать, что задание структуры экспериментального мышления вызывает затруднения. По-видимому, рационально идти от разделения частей (и элементов), отбора минимального состава, сборки выделенного в некое элементарно целое, *содержательную клеточку*, желательно выраженную в модели. В первом приближении, знаковое понятийное мышление по структуре замещения *объект — модель* (по Г. П. Щедровицкому) соотнобразится с процессуальной формой экспериментирования как поиска, творения в условиях ситуации, всегда уникальной, изменчивой. На блок-схемах (рис. 1, 2, 3) представлены: а) связи

*реальное — идеальное* как стержень логики мышления, б) творческая полилогичность (по В. С. Библеру) мышления, в) дидактическая схема трансляции экспериментального мышления.

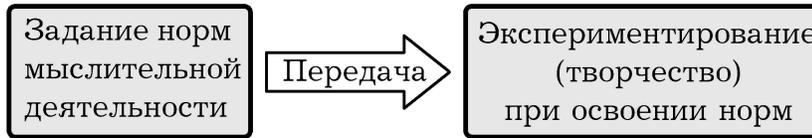


Рис. 3. Дидактическая трансляция мышления

- Главной чертой экспериментирующего мышления является одновременная работа с объектами реальности и объектами идеального мира; отсюда определяются и границы: с одной стороны, это опыт по выделению факта под задачу, с другой — эксперимент с идеями.

### 5. Организация экспериментального мышления в обучении физике

Третий шаг представляется в форме конкретных методических решений по организации экспериментального мышления в обучении физике. Раз мышление передается в обучении (В. В. Давыдов, В. В. Мултановский), то и экспериментальное мышление должно быть организовано, каким-то образом задано и транслируемо, хотя бы по образцу. На практике основной трудностью экспериментирующего мышления в узком смысле считаем согласование внешней (материальной, модельной) формы действий и действий с идеальными объектами (понятиями, моделями, образами, символами, принципами, идеями).

**1. Экспериментальное исследование физического явления.** Это часто встречающийся пример учебной деятельности, в том числе можно видеть за этим организацию физического мышления при решении задачи. В нашем случае примера из учебника (В. А. Орлов [18, с. 170]) рамка физического мышления может задаваться структурой научного метода познания.

*Задание.* Исследуйте зависимость силы сопротивления от скорости движения при свободном падении в воздухе бумажной воронки.

*Решение.* Особенность этого типа исследования заключается в том, что без прямого эксперимента выполнить его учащиеся не могут. В процессе обсуждения задания и постановки предварительных опытов школьники пришли к пониманию необходимости измерения установившейся скорости падения воронки. Мысленное экспериментирование привело к идее применения в исследовании пяти одинаковых бумажных воронок.

Используем известные знания как факты, на которых строятся две гипотезы: при малых скоростях движения тела сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости в первой степени, а при больших скоростях — скорости во второй степени. Проверим справедливость этих утверждений для случая конкретного тела — падения бумажной воронки в воздухе.

*Гипотеза 1. Сила сопротивления пропорциональна скорости:  $F \sim v$ .* Для экспериментальной проверки этой гипотезы одновременно отпускаем одну воронку с высоты 1 м и две воронки, вложенные друг в друга, с высоты 2 м. При принятии первой гипотезы воронки должны одновременно достичь пола. Действительно,

$$mg = \alpha v_1 \Rightarrow 2mg = \alpha v_2,$$

$$t_1 = \frac{h}{v_1} = \frac{h\alpha}{mg} \Rightarrow t_2 = \frac{2h}{v_2} = \frac{2h\alpha}{2mg} = \frac{h\alpha}{mg} \Rightarrow t_1 = t_2.$$

Опыт показывает, что воронки не достигают одновременно пола, следовательно, гипотеза  $F \sim v$  не верна!

*Гипотеза 2. Сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости:  $F \sim v^2$ .* Для экспериментальной проверки этой гипотезы одновременно отпускаем одну воронку с высоты 1 м и четыре воронки, вложенные друг в друга, с высоты 2 м. При принятии второй гипотезы воронки должны одновременно достичь пола. Действительно,

$$mg = \alpha v_1^2 \Rightarrow 4mg = \alpha v_2^2,$$

$$t_1 = \frac{h}{v_1} = \frac{h\sqrt{\alpha}}{\sqrt{mg}} \Rightarrow t_2 = \frac{2h}{v_2} = \frac{2h\sqrt{\alpha}}{\sqrt{4mg}} = \frac{h\sqrt{\alpha}}{\sqrt{mg}} \Rightarrow t_1 = t_2.$$

Опыт показывает, что в данном случае  $t_1 = t_2$ , следовательно, справедлива вторая гипотеза:  $F \sim v^2$ . Не поставив эксперимента, ответить на вопрос задачи нельзя!

Подчеркнем, что условием проведения экспериментов является быстрое установление сравнительно небольшой скорости падения воронки из-за большой площади ее поверхности соприкосновения с воздухом.

**2. Мысленное и реальное экспериментирование при решении задач на черный ящик.** Эти задачи хорошо моделируют (а в обучении готовят к этому) процесс познания неизвестных объектов или явлений.

*Задача.* Предложен черный ящик с четырьмя выводами. При подключении любых двух выводов в качестве элемента электрической цепи постоянного и переменного тока соответствующий амперметр и вольтметр дали нулевые показания. Определите устройство черного ящика.

*Решение.* Явление прямо задано — электрический ток, и это рассматривается как факт. При нашей постановке задачи решение начинается с гипотетических предположений.

*Вариант 1.* Предположим, что кроме источника тока, названных приборов неопределенных параметров иного оборудования нет. В каком случае ток на участке между клеммами не будет идти? Самый простой ответ — разрыв цепи. Для случая постоянного тока — наличие конденсатора, двух диодов, включенных противоположно; для переменного тока — ключа, двух диодов, включенных противоположно.

Нет, такой вариант не подходит, так как вольтметр будет показывать напряжение на источнике тока (ЭДС).

*Вариант 2.* Возможно, просто нет участка цепи, то есть клеммы не соединены через какие-то элементы электрической цепи.

Нет, такая гипотеза не подходит. Вновь вольтметр покажет ЭДС.

*Вариант 3.* А может быть вольтметр подключен последовательно? Тогда, действительно, при прочих равных условиях, он ничего не покажет. И формально требования задачи выполняются.

*Вариант 4.* Могут ли приборы ничего не показывать из-за их собственных параметров? Может ли быть такой вариант: сила тока малая, амперметр слишком грубый; сопротивление участка слишком малое, напряжение на нем малое, при грубом вольтметре показаний нет. Для проверки этой гипотезы надо изучать предложенные приборы.

*Методический вывод.* Возможны и иные варианты гипотез по выяснению структуры черного ящика, главное, необходимо ясное понимание, что мы выдвигаем гипотезы, затем ищем экспериментальные и теоретические аргументы для их проверки.

**3. Организация мышления при решении экспериментальной задачи.** Задачи, для решения которых необходим натуральный физический эксперимент, вначале решаются в уме ученика, поэтому эффективно способствуют развитию его экспериментального мышления.

*Задача.* В опыте определите процентное содержание воды в мокром снеге, если имеется оборудование: теплая вода в сосуде, термометр, мензурка, калориметр с мокрым снегом [18, с. 93].

*Мыслительные действия.* Центральное значение при решении большинства экспериментальных задач имеет теоретическая идея. Она определяет, что и как нужно будет делать, какие приборы брать, какие измерения проводить.

*Проблема 1.* Можно ли в нашем случае прямо измерить массу воды или снега в смеси? Надо ли для этого отделить их друг от друга? Как это практически сделать? (Вариант 1, вариант 2...) Вывод: надо искать косвенные методы решения.

*Проблема 2.* В какой-то степени для определения приема решения задачи может помочь приводимое оборудование и другие материалы. В частности: зачем предлагается теплая вода? Заметим, что тепловые процессы с водой и снегом идут по-разному при сообщении им количества теплоты: вода нагревается, лед при температуре нуль градусов тает. Значит надо организовать тепловые процессы — теплую воду подливать в сосуд с водой и снегом до полного таяния последнего. Из уравнения теплового баланса можно найти отношение масс, необходимые величины измерить. Что мы можем измерить? Массу и температуру теплой воды, общую массу воды и снега, после того как снег растает, окончательную температуру.

*Рефлексия.* Обсудить при анализе решения вопросы: достаточно ли для решения задачи наличие воды именно не нулевой температуры? Какой температуры воду следует практически взять? Можно ли решить задачу, если окончательная температура равна нулю, но снег полностью растаял? Как это практически сделать?

**4. Экспериментирующее мышление в научной статье.** В опубликованных научных работах нередко встречаются образцы экс-

периментирующего мышления одновременно над физическим объектом и его идеальной моделью.

Например, при решении проблемы: Выполняется ли закон Архимеда, если тело — сильный неоднородный магнит — погружается полностью или нет в разные жидкости? (См. подробнее [7, 8]). Характерен именно для экспериментирующего мышления стиль описаний автора: «А вот что может произойти, если объявится или даст о себе знать еще какая-нибудь сила, с одной стороны создаваемая жидкостью, а с другой — отличающаяся от гидростатической?»; «Другие способы и подходы к аппроксимации — дело вкуса и точности»; «Существует далеко идущее заблуждение, согласно которому обязательно надо потратить энергию, чтобы создать силу»... Хотя в статьях описаны конкретные эксперименты, но главным объектом присвоения является бьющаяся теоретическая мысль. Что сейчас актуально для обучения, правда, на примере самых простых экспериментов.

**5. Экспериментирующее мышление в совместной деятельности школьников и учителя.** В повседневных коммуникациях субъектов обучения обсуждается множество вопросов, относящихся к физической теории и физическому эксперименту.

Какова связь теории и опыта? Почему нужно учитывать взаимодействие прибора и объекта? Что означают интерпретация результатов эксперимента, их экстраполяция и интерполяция? В чем проблема точности экспериментальных данных? Для чего в научных исследованиях стараются повысить точность измерений? Какова природа погрешностей и как их можно определить? Почему при фиксации результатов измерений необходимо указывать и пределы их погрешностей? Каким требованиям должен удовлетворять научный эксперимент? (Воспроизводим, имеет цель, всегда является модельным, предполагает интерпретацию результатов, не дает абсолютных выводов.) Каковы особенности мысленного эксперимента? (Эксперимент с идеальными объектами или явлениями на основе системы теоретических правил или теории, эксперимент без погрешностей, теоретическое моделирование по логике (этапам) физического эксперимента, логический эксперимент над понятиями, законами, представлениями и т. п.). Эти и подобные вопросы в сочетании с предметной деятельностью и задают экспериментальное мышление.

**6. Экспериментирующее мышление при доказательстве существования и установлении сущности изучаемых в школьном курсе физических явлений.** Рассмотрим методическую проблему изучения и результат дидактического исследования явления самоиндукции [5].

Вначале процитируем современный учебник физики для 11 класса, соответствующий требованиям Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования.

**«Самоиндукция.** Если по катушке идет переменный ток, то магнитный поток, пронизывающий катушку, меняется. Поэтому в том же самом проводнике, по которому идет переменный ток, возникает ЭДС индукции.

**Запомни.** Самоиндукцией называют явление возникновения ЭДС индукции в самом проводнике, по которому идет переменный ток. Эта ЭДС называется ЭДС самоиндукции  $\mathcal{E}_{si}$ .

По правилу Ленца в момент нарастания тока ЭДС самоиндукции  $\mathcal{E}_{si}$  и соответственно электрическое поле препятствуют нарастанию тока. На-

оборот, в момент уменьшения тока возникающее поле поддерживает его» [17, с. 47].

Ничего больше в учебнике о самоиндукции не говорится, это понятие считается сформированным и при необходимости просто используется. Таким образом, цитируемый школьный учебник предлагает обучающимся *поверить*, что явление самоиндукции существует, *запомнить* соответствующее определение и *вывести* из него следствия, которые должны относиться к реальности. Такой метод обучения физике относится к классу догматических, и это должны понимать как учителя, так и школьники.

На рис. 4 приведена фотография установки для демонстрации явлений индукции и самоиндукции: 1 — батарея на 4,5 В; 2 — ключ; 3 — катушка универсального трансформатора на 12 В; 4 — реостат на 6–10 Ом; 5 — железный сердечник; 6 — катушка на 220 В; 7 — светодиодный индикатор направления тока; 8 — добавочный резистор. Сборка подобной установки вполне может составить содержание продуктивной проектной деятельности школьников.

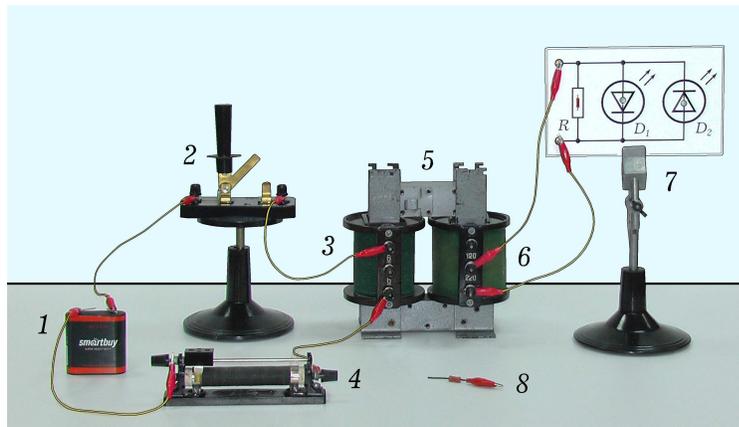


Рис. 4.

Установка обеспечивает выполнение демонстрационных экспериментов, *доказывающих*, что: 1) светодиодный индикатор действительно позволяет определить направление электрического тока и оценить силу тока; 2) существует явление электромагнитной индукции; 3) полярность ЭДС индукции и направление индукционного тока определяются правилом Ленца; 4) существует явление самоиндукции; 5) при подключении источника к катушке возникает ЭДС самоиндукции, которая направлена против ЭДС источника, при этом ток через катушку медленно возрастает до значения, определяемого сопротивлением провода катушки; 6) при отключении источника от катушки возникает ЭДС самоиндукции, направленная так же, как направлен исчезающий ток в катушке.

## 6. Обсуждения и выводы

В теории учебной деятельности (В.В. Давыдов) ставилась цель–программа развития школьников через присвоение норм культуры мышления [9]. На материале физики, на языке теоретических обобщений, эту программу наполнил содержанием,

подчеркивая стратегическое значение освоения в обучении мышления и миропонимания, В. В. Мултановский [14–16]. В обучении любой опыт становится экспериментом тогда, когда в нем изменяется само мышление ученика, то есть фактически происходит присвоение норм современного теоретического мышления. Эти новообразования и обеспечивают (представляют) развитие субъекта.

В методологии введение понятия *экспериментирующее мышление* подготовили, с нашей точки зрения, работы В. С. Библера и А. В. Ахутина. Первый писал: «маевтический» эксперимент Галилея осуществлялся над «внутренней речью»; «эксперимент осуществляется над теми исходными понятиями, в которых объект исследования воспроизведен в форме само собой разумеющихся аксиом и — логически это тождественно — в форме эмпирических данностей» [4, с. 287, 299]. Второй прямо формулировал: «Процесс предметного экспериментирования только потому может привести к изменению понятия, что он в то же самое время всегда уже есть и процесс экспериментирования над понятием, процесс мысленного экспериментирования»; «сам эксперимент, т. е. анализ предмета в различных условиях его существования, непосредственно оказывается экспериментом над понятием и движением в рамках понятия» [1, с. 15, 245]. Таким образом, это и есть экспериментальное понятийное мышление, соединяющее в себе логику норм, материальное и знаковое творчество.

Позднее А. В. Ахутин жестко и четко вводит понятия «экспериментирующая мысль», «экспериментальное мышление», «мысль как эксперимент» [2, с. 8 и др.]. Вот его позиция: «Экспериментальное мышление устремлено на себя, оно экспериментирует с собственными основаниями, оно поэтому всегда открыто не только для рефлексии метафизических оснований физики и космологии, но и к тому, что можно было бы назвать онтологическим экспериментом»; «когда мы говорим о разных возможностях и способах выявлять в опыте мир, которого еще нет, и испытывать пределы этого мира, — тогда открывается экспериментальный смысл мышления как такового» [2, с. 11, 14].

В практику российской дидактики физики понятие *экспериментирование как деятельность, как некая образовательная реальность* введено сравнительно недавно [23]. Но категориальное по значению дидактическое понятие *экспериментальное мышление* формулируется впервые. Исторически в методике обучения физике освоение физического мышления наиболее ярко представлено несколькими схемами:

а) у В. В. Мултановского это схема–концепция взаимодействия организации теоретического мышления через содержание образования по логике *от абстрактного к конкретному*, где начало движения задано фундаментальной моделью материи — материальная точка и квантово–релятивистской модели взаимодействия;

б) у В. Г. Разумовского схема организации творческого мышления представлена принципом цикличности (позднее в форме научного метода познания) по логике *факты — модель — следствия — эксперимент*; здесь акцент не только на построение содержания, но и на процесс учения по освоению некой логики этапов; и здесь впервые эксперимент присутствует как универсальный элемент единого процесса мышления;

в) у А. В. Усовой логика физического мышления выражена опорными схемами изучения знаний (понятий, законов и др.), в явном виде дается управление мыслительной деятельностью; в целом типично стремление с помощью различных схем упорядочить формирование мышления.

Отдавая приоритет в физическом мышлении научно–теоретическому мышлению, а отсюда определяя значение структуры и содержания физических знаний для передачи мышления, В. В. Мултановский дальновидно писал: «Что касается развертывания теории в школьном курсе, то здесь, в силу крайней ограниченности математических средств, эксперимент приобретает особо важное значение как средство получения конкретных выводов из теоретического обобщения. Эксперимент не является при этом исходным и окончательным критерием истинности и эмпирическая закономерность не возводится сама по себе в ранг закона; эксперимент включается в ткань теоретического обобщения и играет в ней хотя и важную, но в плане всего процесса познания не всеобъемлющую роль... Такое использование эксперимента соответствует научно–теоретическому, а не эмпирическому способу мышления» [14, с. 61–62].

## 7. Научная новизна исследования

Обобщая сказанное, мы видим *научную новизну* выполненной работы в следующем:

- Выделена и обоснована идея о том, что в современном процессе обучения физике экспериментирующее мышление, несомненно, по природе — теоретическое мышление. В дидактике физики это понятие шире теоретического мышления, прежде всего потому, что оно ключевое по дидактическим функциям (получение научных фактов, согласование теоретических схем, формирование практических умений, конструирование и др.), разнообразию и длительности процедур учебной деятельности в ходе развертывания мышления *от абстрактного к конкретному*. Отсюда на современном этапе теории и практики обучения физике усилия методистов–физиков и учителей должны быть на-

правлены на разработку методических приемов (в идеале технологий) передачи экспериментирующего мышления в процессах обучения.

- Определена *клеточка* экспериментального мышления, представленная несколькими векторами мыслительного движения: построение и работа с эмпирическими схемами, переход от объектов к моделям, творческое экспериментирование с реальными и идеальными предметами, различение в описаниях норм и реальностей, определение границ знаний и действий.

- Получена связь понятий о мышлении: научно–теоретическое, эмпирическое, творческое, диалогическое, формально–логическое, репродуктивное, рефлексивное, понятийное, научный метод познания... Доказано, что экспериментирующее мышление — это теоретическое обобщение, а не простое соединение каких–то черт. А отсюда оно прямо в *чистом виде* в эмпирии практики обучения не проявляется, но обнаруживается под задачу не столько в содержании образования, сколько собственно в процессах учения.

- Доказана возможность и эффективность организации учебной деятельности под задачи формирования экспериментирующего мышления в реальной практике физического образования.

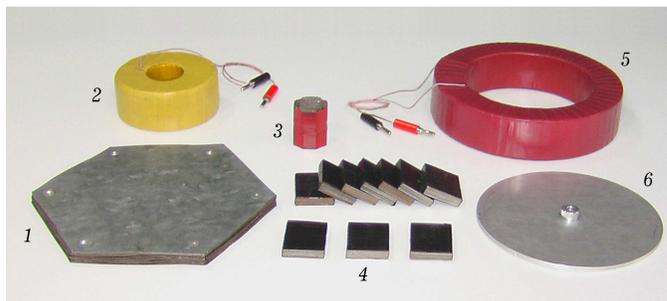
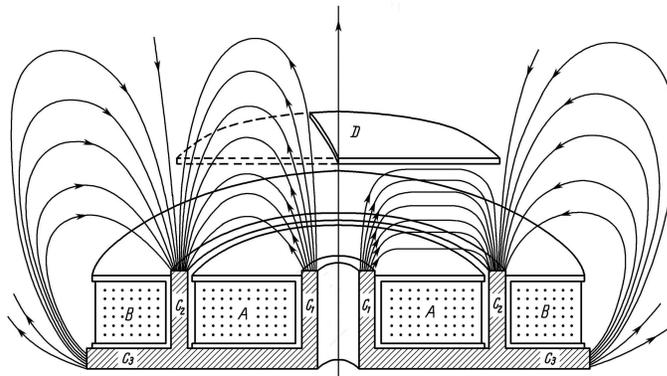
## 8. Заключение

В заключение выделим некие дидактические нормы экспериментирующего мышления. Раз в целом мышление общественно–историческое образование–феномен, то оно культурой нормируется. И это необходимый шаг для успеха и эффективности. Итак, можно выделить под углом зрения освоения *опыта рода* следующие *нормы*.

- В обучении физике как практике деятельность экспериментирования (по целям, мотивам, богатству осваиваемых деятельностей...) по природе всегда коллективная в формах как индивидуальной, так и коллективной работы, в итоге — ведущая учебная деятельность по присвоению *опыта рода*. Она может и должна играть роль ведущей. В дидактике физики экспериментирование — категориальное понятие, наряду с моделированием определяющее реальность (материальную онтологию) образовательного мира физики.

- В физике современное научно–теоретическое мышление равносильно экспериментирующему мышлению. Известные методологи (А. В. Ахутин, В. С. Библер, В. С. Степин) довольно убедительно показывают это.

**НОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ**



Уникальный эксперимент по электромагнитной левитации [20] должен быть доступен для воспроизведения в физической лаборатории педагогического вуза. Для достижения этой цели в совместной деятельности преподавателя и студентов выполнено экспериментальное исследование, продолжавшееся несколько лет.

Так В. С. Степин [27, 28] последовательно настойчив: «В реальной практике необходимые свойства объектов выделяются самим характером оперирования с ними». «Объекты оперирования, по определению, не тождественны «естественным» фрагментам природы». «Чтобы получить эмпирический факт, необходимо осуществить, по меньшей мере, два типа операций. Во-первых, рациональную обработку данных наблюдения и поиск в них устойчивого, инвариантного содержания... Во-вторых, для установления факта нужно истолковать выявленное в наблюдениях инвариантное содержание». Для «установления факта нужны теории, а они, как известно, должны проверяться фактами» [27, с. 150, 154, 156–158]. Позднее формулируется: «выявляется важная закономерность в построении теоретических схем: после того, как они введены как гипотезы, их адаптация в реальной — экспериментально-измерительной — практике, результаты которой схема должна объяснить и предсказать... Эмпирические схемы, замещая реальные эксперименты и измерения, фиксируют в форме особых абстракций (эмпирических объектов) реальные свойства и отношения предметов, взаимодействующих в опыте... все мыслительные операции совершаются с объектами эмпирических схем» [27, с. 122].

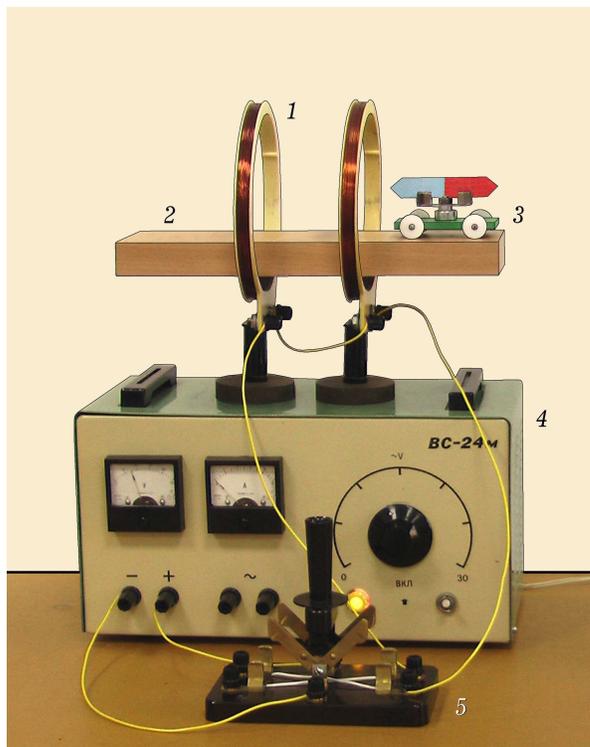
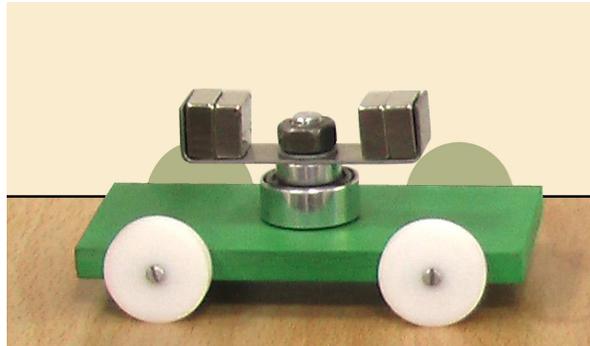
- Практика экспериментирования — это самая характерная для предмета учебная деятельность по освоению связи мира физической реальности и идеального мира описаний. На этой платформе выясняются все важные вопросы освоения физического мышления и физического миропонимания.

- Современное экспериментирование внешне уходит дальше от *чистой* природы в *человеческую* природу, в технику, одновременно смелее и глубже проникает в сущность явлений. Примером является ставший общедоступным полупроводниковый лазер: в учебной физике — это объект и средство экспериментального исследования.

- Экспериментирование — познавательная практика, техника познания, теоретическая форма понимания природы, метод... Словом, очень богатое по содержанию понятие.

Обобщение–синтез представлений, конструирование методических решений, сборка знаний об экспериментирующем мышлении — это поиск его норм. Эти нормы как схема–матрица дают возможность по–новому *увидеть* дидактические возможности формирования теоретического мышления в современной учебной деятельности. При их реализации естественным образом проявляется творчество, в итоге развиваются и наши представления. Повторим известную логику: накладывая нормы на практику, мы специфически строим процессы обучения, тем самым и проверяя

**НОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ**



*Экспериментирующее мышление проявляется в поиске условий, позволяющих доказать существование явления, предсказанного теорией. Так была создана экспериментальная установка для демонстрации пондеромоторных сил, действующих на магнитный диполь в однородном и неоднородном магнитном поле.*

эффективность освоения норм экспериментирующего мышления; но можно здесь усмотреть возможности исследования реальности, эмпирически фиксируя отклонения от норм и теоретически описывая эти результаты [30–33].

Для практики физического образования следует учесть, что индивидуально–стихийное освоение экспериментирующего мышления может идти неопределенно долго. А с точки зрения социально–педагогических (государственных) задач формирования современного мышления в массовой школе требует коллективных усилий. Для этого остается еще много нерешенных вопросов о структуре и содержании экспериментирующего мышления во многообразии процессов обучения физике.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ахутин А. В. История принципов физического эксперимента. — М.: Наука, 1976. — 292 с.
2. Ахутин А. В. Эксперимент и природа. — СПб.: Наука, 2012. — 660 с.
3. Библер В. С. Мышление как творчество: Введение в логику мысленного диалога. — М.: Политиздат, 1975. — 399 с.
4. Библер В. С. От наукоучения — к логике культуры. Два философских введения в двадцать первый век. — М.: Политиздат, 1991. — 413 с.
5. Вараксина Е. И., Майер В. В. Экспериментальное обоснование теоретического объяснения самоиндукции на качественном уровне // Настоящее и будущее физико–математического образования: материалы докладов V всероссийской научно–практической конференции. 26–27 октября 2018 г. / отв. ред. Ю. А. Сауров. — Киров: ООО «Издательство «Радуга–ПРЕСС», 2018. — С. 37–41.
6. Вараксина Е. И., Майер В. В. Повышение доступности учебного физического эксперимента как одно из направлений проектной деятельности обучающихся // Физическое образование в вузах. — 2016. — Т. 22. № 4. — С. 20–33.
7. Герасимов С. А. Сила Архимеда, гидродинамика и скейлинг // Учебная физика. — 2015. — № 5. — С. 35–39.
8. Герасимов С. А. Оптика и экспериментальная гидродинамика магнита в жидкости // Учебная физика. — 2017. — № 2. — С. 25–29.
9. Давыдов В. В. Теория развивающего обучения. — М.: ИНТОР, 1996. — 544 с.
10. Ильенков Э. В. Философия и культура. — М.: Изд–во Московского психолого–социального института, 2010. — 808 с.
11. Ильенков Э. В. От абстрактного к конкретному. Крутой маршрут. 1950–1980. — М.: Изд–во «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2017. — 384 с.
12. Коханов К. А., Сауров Ю. А. Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления: монография. — Киров: Изд–во ИРО Кировской области, 2013. — 232 с.
13. Майер В. В., Вараксина Е. И. Образовательные ресурсы проектной деятельности школьников по физике: монография. — М.: ФЛИНТА: Наука, 2015. — 228 с.
14. Мултановский В. В. Развитие мышления учащихся в курсе физики: учебное пособие. — Киров: Изд–во КГПИ, 1976. — 80 с.

15. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. — М.: Просвещение, 1977. — 168 с.
16. Мултановский В. В., Сауров Ю. А. Рассмотрение в школьном курсе роли физических взаимодействий при измерении // Физика в школе. — 1980. — № 1. — С. 30–33.
17. Мякишев Г. Я. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2016. — 432 с.
18. Орлов В. А., Сауров Ю. А. Практика решения физических задач. — М.: Вентана-Граф, 2015. — 272 с.
19. Прокопенко В. С., Сперантов В. В. Интерференционный опыт: «Гашение света светом» // Преподавание физики в высшей школе. Сборник научных трудов. № 3. — М.: Издательство МПГУ, 1995. — С. 86–88.
20. Понизовский В. М. Свободный подвес проводящего диска в переменном магнитном поле // Успехи физических наук. — 1969. — Т. 99. — Вып. 1. — С. 141–142.
21. Разумовский В. Г. Проблемы теории и практики школьного физического образования: Избранные научные статьи / составитель Ю. А. Сауров. — М.: ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО», 2016. — 196 с.
22. Разумовский В. Г., Майер В. В. Физика в школе. Научный метод познания и обучение. — М.: ВЛАДОС, 2004. — 463 с.
23. Разумовский В. Г., Сауров Ю. А. Методология деятельности экспериментирования как стратегического ресурса физического образования // Сибирский учитель. — 2012. — № 2. — С. 5–13.
24. Сауров Ю. А. Основы методологии методики обучения физике: монография. — Киров: Изд-во Кировского ИУУ, 2003. — 198 с.
25. Сауров Ю. А. Глазовская научная школа методистов-физиков: история и методология развития: монография. — Киров: Изд-во ИПК и ПРО, 2009. — 208 с.
26. Сауров Ю. А. Модели и моделирование в методике обучения физике: монография. — Киров: Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. — 216 с.
27. Степин В. С. Теоретическое знание. — М.: «Прогресс-Традиция», 2000. — 744 с.
28. Степин В. С. Философия и методология науки. — М.: Академический проект; Альма Матер, 2015. — 716 с.
29. Шамало Т. Н. Учебный эксперимент в процессе формирования физических понятий. — М.: Просвещение, 1986. — 96 с.
30. Щедровицкий Г. П. Избранные труды. — М.: Школа культурной политики, 1995. — 800 с.
31. Щедровицкий Г. П. Философия. Наука. Методология. — М.: Школа культурной политики, 1997. — 656 с.
32. Щедровицкий Г. П. Проблемы логики научного исследования. — М.: Путь, 2004. — 400 с.
33. Щедровицкий Г. П. Мышление. Понимание. Рефлексия. — М.: Наследие ММК, 2005. — 800 с.

Вятский государственный  
университет,  
Глазовский государственный  
педагогический институт

Поступила в редакцию 22.08.18.