

МЕТОДИКА. ОБМЕН ОПЫТОМ

ЭКСПЕРИМЕНТИРУЮЩЕЕ МЫШЛЕНИЕ В МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

В.В. Майер , д.п.н., профессор, заведующий кафедрой физики и дидактики физики Глазовского государственного педагогического института имени В.Г. Короленко, Удмуртская Республика, г. Глазов; varaksina_ei@list.ru	V.V. Mayer , DrSci (Pedagogy), professor, the head of the chair of physics and didactics of physics of the Glazov Korolenko State Pedagogical Institute, the Udmurt Republic, Glazov; varaksina_ei@list.ru
Ю.А. Сауров , д.п.н., член-корреспондент РАО, профессор кафедры физики и методики обучения физике Вятского государственного университета, г. Киров; saurov-ya@yandex.ru	Y.A. Saurov , DrSci (Pedagogy), corresponding member of RAO, professor of physics and physics teaching of the Vyatka State University, Kirov; saurov-ya@yandex.ru
Ключевые слова: методология деятельности, деятельность экспериментирования, деятельность моделирования, экспериментирующее мышление	Keywords: the methodology of the activities, the activities of experimentation, modeling activities, experimental thinking
Статья посвящена конкретизации деятельности экспериментирования в дидактике физики за счет введения и развертывания фундаментального понятия-категории «экспериментальное мышление»	The article is devoted to fleshing out the activities of experimentation in Didactics of physics due to the introduction and deployment of basic concepts and categories: experimental thinking

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

Г.П. Щедровицкий (см. [14, с. 530]).

Введение

Представим, что в беседе со школьниками, интересующимися физикой, мы хотим рассказать о законах сохранения энергии, импульса и момента импульса, связанных с симметрией пространства и времени. Наш рассказ будет убедителен, если его удастся подтвердить доказательными экспериментами.

Школьники знают, что импульс характеризует тело, движущееся поступательно, и по модулю равен произведению массы тела на его скорость. Если небольшое тело массой m движется по окружности радиуса r с постоянной скоростью v , то произведение импульса тела $p = mv$ на радиус окружно-

сти r по аналогии с моментом силы логично назвать *моментом импульса*: $M = pr = mvr$. Понятно, что моментом импульса обладает любое вращающееся тело. Чтобы его определить, достаточно просуммировать моменты импульса материальных точек, из которых, как нам удобно считать, состоит тело.

Для вращающихся тел справедлив *закон сохранения момента импульса*: в замкнутой системе момент импульса остается неизменным. Это фундаментальный закон природы, имеющий такую же общность, как законы сохранения энергии и импульса.

Опыты по сохранению энергии и импульса хорошо известны. А как быстро и убедительно показать закон сохранения момента

импульса, если, например, скамьи Жуковского нет под руками?

Размышляя над этой проблемой, мы приходим к выводу, что может подойти опыт с униполярным электродвигателем [17]. Установка для выполнения этого опыта показана на рисунке 1.1. Столбик из пяти неодимовых магнитов 1 примагничен к одному полюсу гальванического элемента 2, ко второму полюсу которого примагничен небольшой неодимовый магнитик 3. Через изолирующую прокладку 4 этот магнитик притягивается к стальному шарiku 5, который в свою очередь притягивается к стальному стержню 6. К шарiku припаяна рамка 7 из медной изолированной проволоки, оголенные концы которой касаются проводящей электрический ток боковой поверхности неодимовых магнитов 1. На рамке укреплены разноцветные флажки 8 из изолянт.

При демонстрации опытов изолирующую прокладку убирают, и проволоочную рамку придерживают рукой. При этом школьники видят, что ротор униполярного электродвигателя, состоящий из гальванического элемента и цилиндрических неодимовых магнитов, вращается (рис. 1.2). Затем рукой останавливают ротор и показывают, что рамка, которая была неподвижной в предыдущем опыте, вращается в противоположную сторону (рис. 1.3). Наконец, убирают руку вообще, и обучающиеся наблюдают, что ротор крутится в одну сторону, а рамка, имеющая меньшую массу, вращается в противоположную сторону с большей скоростью (рис. 1.4). В последнем случае можно считать, что униполярный электродвигатель образует замкнутую механическую систему, так как трение в точке подвеса двигателя мало и им допустимо пренебречь. Вместе с

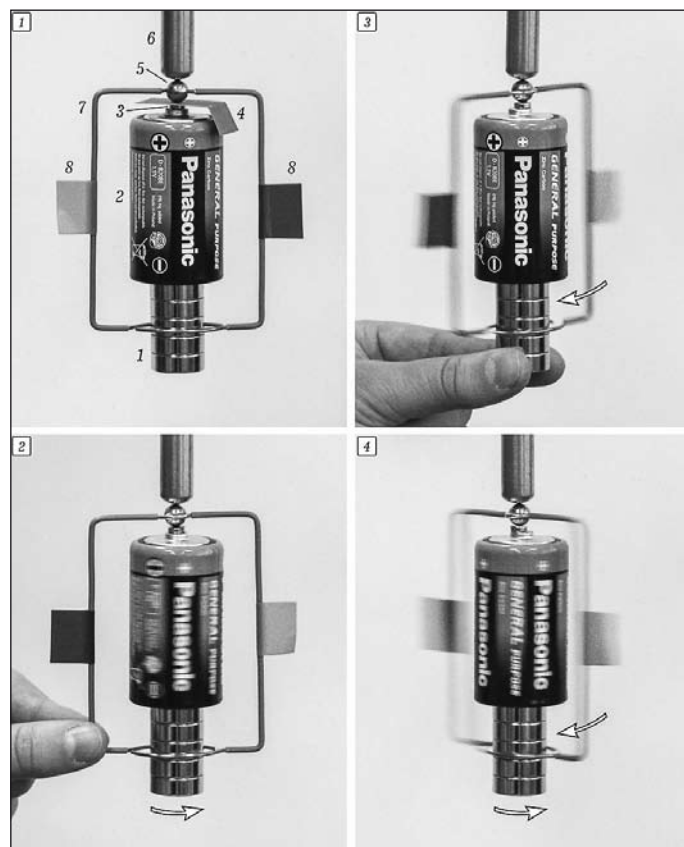


Рис. 1

тем эта система является и электрически замкнутой, поскольку источник тока находится внутри нее, а электромагнитным взаимодействием двигателя с внешней средой можно пренебречь.

Таким образом, опыт на качественном уровне показывает, что в замкнутой системе, состоящей из подвешенного с пренебрежимо малым трением униполярного электродвигателя с источником тока, выполняется закон сохранения момента импульса: он остается равным нулю независимо от того, работает электродвигатель или нет.

Анализируя деятельность по созданию нового учебного эксперимента, мы приходим к выводу, что идея описанного опыта, конструкция экспериментальной установки, порядок действий экспериментатора, перечень наблюдаемых физических явлений, их объяснения и интерпретация есть результат целенаправленной мыслительной деятельности, которая качественно отличается от чисто теоретического и чисто эмпирического мышления, но в единстве включает эти и другие компоненты. Это особое мышление, которое можно назвать *экспериментирующим*. Такое мышление в теории и методике обучения физике активно и приводит к творческому созданию новых элементов учебной физики. Об экспериментирующем мышлении в научно-методической и учебной деятельности и идет речь в данной статье.

Цели и ценности экспериментирования

Напомним, что социальное по эффекту развитие образования возможно только в условиях реформирования на основе достижений науки. В.Г. Разумовский убеждал в необходимости государственных программ для естественнонаучного образования [11], В.В. Мултановский предлагал радикальные изменения структуры и содержания обучения физике для эффективной «передачи» современного мышления и мировоззрения [8, 9].

Одним из инструментов построения ближайшего будущего физического образования и методики обучения физики является построение нового поколения 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.

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: А.А. Покровский и Б.И. Зворыкин, В.А. Буров, Н.М. Шахмаев, В.Ф. Шилов, С.А. Хорошавин, В.Г. Разумовский, Л.И. Анциферов, О.Ф. Кабардин, Г.Г. Никифоров, Т.Н. Шамало... Все они стремились максимально встроить в ткань учебного процесса опыты и эксперименты, отбатывали их технику и физику, особенности приемов учения и преподавания. Важно признать, что эти усилия были направлены на всех учеников и учителей, т.е. носили массовый характер, характер государственных программ. В.Г. Разумовский так понимал необходимость таких решений: «Повышение эффективности уроков за счет того, что его главной частью является изучение нового материала на основе демонстрационного и лабораторного эксперимента» [11, с. 68].

В целом, по цели данная 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 деятельностью экспериментирования [7–12]. 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» [14, с. 561], т.е. это понятие приобретает субстанциональный смысл. И в любом случае оно фундаментально.

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, ставит задачи о границах применимости знаний. Словом, уже интуитивно очевиден дидактический потенциал такой установки-категории. Дело за определением структуры и содержания этой научной категории.

Предшествующий опыт вне зависимости от формы представления дает нам эмпирические и теоретические аргументы для конструктивного формулирования понятия об экспериментирующем мышлении [1–13, 16]. Для начала движения понятия мы предлагаем **гипотетическое утверждение** о том, что *экспериментальное мышление является «клеточкой» учебной (познавательной) деятельности, т.е. ядром из которого «получаются» все методические решения, системообразующим понятием для выведения и понимания всех видов мышления в образовании.*

Теоретические установки

Обратимся к теоретическим ориентирам методической деятельности по органи-

зации экспериментального (экспериментирующего с объектами и моделями) мышления.

Первая идея-установка об экспериментировании как деятельности. Экспериментирование — *ведущая учебная деятельность*, определяющая в ходе учения основные новообразования в функционировании 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). В практику российской дидактики физики понятие «экспериментирование как деятельность, как некая образовательная реальность» введено сравнительно недавно.

Введение в научный оборот этой категории для построения соответствующих процедур учения — важнейшая дидактическая задача.

Можно выделить *три относительно самостоятельных мира экспериментирования*:

- а) онтологии экспериментирования (реальность), заданные знаниями-схемами о сущности и существовании;
- б) системы знаний о нормах деятельности экспериментирования, т.е. в итоге методические проекты в форме принципов, характеристик, моделей, материала, ориентировок;
- в) системы знаний и процедуры исследования реальности экспериментирования.

Эти три аспекта на практике задают и особенности представлений экспериментирующего мышления.

Важно понять, что в целом интеллектуальная деятельность расчленяется в педагогических целях на мышление, понимание, рефлексия, а они, как естественно-искусственные образования, в свою очередь нормируются и выступают в процессе реализации как особые деятельности [16, с. 360, 377]. Нам надо научиться организовывать эти деятельности разными ме-

тодическими средствами. Опыт и образцы таких приемов уже есть [7, 9, 10, 12].

Вторая идея-установка о физическом мышлении. Философы и методологи обращают внимание на идеальную (и коллективную) природу мышления, его предметный характер, т.е. связи с конкретной реальностью, в нашем случае — с физическим миром в лице объектов и явлений, и моделей, и знаков. Приведем несколько аргументов.

Вот как писал Э.В. Ильенков о мышлении: «Мышление вообще, как особая деятельность, начинается лишь там, где эмпирически достигнутое знание обнаруживает себя как не соответствующее объекту» [6, 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, т.е. перехода, как конкретной связи взаимопревращения» (с. 351). Это тождество (некое единство) и противопоставление находит, по нашему мнению, выражение в категориальном понятии экспериментального мышления.

В методологии введение понятия «экспериментирующее мышление» подготовили, с нашей точки зрения, работы В.С. Библера и А.В. Ахутина [1–3]. А.В. Ахутин, в частности, пишет: «Сам эксперимент, т.е. анализ предмета в различных условиях его существования, непосредственно оказывается экспериментом над понятием и движением в рамках понятия» и «мышление как такое можно понять как экспериментирование, а бытие человека, существа по сути и способу бытия, как экспериментальное бытие» [1, с. 14–15, 245]. А, таким образом, это и есть экспериментальное понятийное мышление, соединяющее в себе логику норм, материальное и знаковое творчество. Автор убеждает: «Экспериментальное мышление учит нас, что все определения теоретического объ-

екта могут быть сделаны определениями познающего...» [2, с. 558]. Здесь открываются смыслы и определяются объективные условия для организации научно-методического творчества в методике обучения физике. Итак, теоретическое мышление изобретает Природу, экспериментальное мышление изобретает субъекта-человека (с. 9 и др.). И еще важно: «Экспериментатор начинает с анатомирования природы... Эйдетический (формирующий идею бытия Природы — вставка наша, В. Майер, Ю. Сауров) 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].

Третья идея-установка о чертах (знаниях, нормах) экспериментирующего мышления. Нормативные представления об экспериментирующем мышлении — необходимый элемент его «существования» в образовании. 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, т.е. разнообразия образовательной жизни. В познании без норм науки нет возможности задать реальность чего-либо, в том числе экспериментального мышления. А тогда дальше идет различение и специализация этой реальности от описаний, от условий, от следствий.

В методике физики мы творим новый реально-предметный мир учебной физики. В создании все новых элементов «учебной физики» мы видим стремление обозначить и оградить 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 [7, 12].)

Для движения понятия **сначала выделим принципиальные черты** экспериментального (экспериментирующего) мышления.

- 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 [7, 10].
- Это теоретическое понимание реальности через ее идеально-реальное (экспериментальное) и, таким образом, критическое изменение; понимание реальности через создание (проектирование, изобретение) новой реальности.
- Мысленный эксперимент — это 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», всегда исторически усложняется; в ее рамках вовлекаются с обозначенными функциями разнородные объекты [15, 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* [4, с. 14, 37, 69, 155 и др.]; б) *условия — результат — анализ* [12]; в) *условия (знания, мотивы, цели, средства, объекты) — процессы (методы, действия, измерения и др.) — результаты (новый продукт, рефлексия, интерпретации и др.)* [7].

Последующие шаги обоснования понятия идут при использовании известного метода научного познания — метода восхождения-развертывания понятия «от

абстрактного к конкретному» (В.С. Библер, Э.В. Ильенков, Г.П. Щедровицкий, В.В. Мултановский и др.). Заметим, что для методики обучения физике ориентир методологии на конструирование новой реальности под гипотезу — плодотворный принцип. Ему активно следовал В.Г. Разумовский [11].

При выяснении отношения с другими видами мышления необходимо использовать принципы соответствия и дополнительно: 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; рефлексизирующее проявляется в выяснении границ возможного действия. С нашей точки зрения, в обучении физике экспериментирующее мышление системно объясняет и формирует эффективную образовательную практику.

Отдавая приоритет в физическом мышлении научно-теоретическому мышлению, а отсюда определяя значение структуры и содержания физических знаний для передачи такого 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 эмпирическо-

му способу мышления» [8, с. 61–62]. В случае современного научно-теоретического мышления экспериментирование не просто добавка (элемент или аспект), а смыслы и логика познавательных действий.

Если принять, что физическое мышление всегда выражается в освоении некой нормативной деятельности и реализации творческой, поисковой (ситуативной) деятельности [16], то следует признать, что в случае экспериментального мышления вторая, предметная, составляющая выражена (по характеру, разнообразию) богаче. И она тоже по итогам деятельности нормируема. Итак, творческая природа мышления подчеркивается в категории «экспериментирующее мышление».

С помощью экспериментального мышления понимание реальности происходит через создание (проектирование, изобретение) новой реальности, т.е. 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, обозначает границы знаний и действий. 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. 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.

Заключение

Обобщая сказанное, выделим в «сухом остатке» главные ориентиры для методического обеспечения освоения экспериментирующего мышления.

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

2. Раз в целом мышление — общественно-исторический образование-феномен, то оно культурой и нормируется. И это конкретная задача-программа для методики обучения физике. Для ее решения можно выделить

под углом зрения освоения «опыта рода» следующие, пока общие, нормы.

- В обучении физике как практике деятельности экспериментирования (по целям, мотивам, богатству осваиваемых деятельностей), по природе всегда коллективная и является ведущей учебной деятельностью по присвоению «опыта рода» в разных формах как индивидуальной, так и коллективной работы. 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. Так, В.С. Степин последовательно настойчив: «В реальной практике необходимые свойства объектов выделяются самым характером оперирования с ними»; «объекты оперирования, по определению, не тождественны «естественным» фрагментам природы» [13, с. 342, 346]. «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» (с. 354–355). Для «установления факта нужны теории, а они, как известно, должны проверяться фактами» (с. 356). В итоге В.С. Степин пишет: «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... Эм-

пирические 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» [13, с. 122].

- Практика экспериментирования — это самая характерная для предмета «физика» 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. Экспериментирование — познавательная практика, техника познания, теоретическая форма понимания природы, метод... Много эффективных примеров дает опыт Глазовских методистов-физиков [12, 17].

С точки зрения социально-педагогических задач (по широте и уровню государственных) освоение экспериментирующего мышления — ключ для решения многих накопившихся проблем физического образования. Назовем здесь одну: интерес к физическому познанию природы.

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. От наукоучения — к логике культуры. Два философских введения в двадцать первый век. М.: Политиздат, 1991. 413 с.
4. Давыдов В.В. Теория развивающего обучения. М.: ИНТОР, 1996. 544 с.
5. Ильенков Э.В. Философия и культура. М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2010. 808 с.

6. Ильенков Э.В. От абстрактного к конкретному. Крутой маршрут. 1950–1980. М.: Изд-во «Канон⁺» РООИ «Реабилитация», 2017. 384 с.

7. Коханов К.А., Сауров Ю.А. Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления: монография. Киров: Изд-во ИРО Кировской области, 2013. 232 с.

8. Мултановский В.В. Развитие мышления учащихся в курсе физики: учебное пособие. Киров: Изд-во КГПИ, 1976. 80 с.

9. Мултановский В.В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. М.: Просвещение, 1977. 168 с.

10. Орлов В.А., Сауров Ю.А. Практика решения физических задач. М.: Вентана-Граф, 2015. 272 с.

11. 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.

12. Разумовский В.Г., Майер В.В. Физика в школе. Научный метод познания и обучение. М.: ВЛАДОС, 2004. 463 с.

13. Степин В.С. Философия и методология науки. М.: Академический проект; Альма Матер, 2015. 716 с.

14. Щедровицкий Г.П. Философия. Наука. Методология. М.: Школа культурной политики, 1997. 656 с.

15. Щедровицкий Г.П. Проблемы логики научного исследования. М.: Путь, 2004. 400 с.

16. Щедровицкий Г.П. Мышление. Понимание. Рефлексия. М.: Наследие ММК, 2005. 800 с.

17. Mayer V.V., Varaksina E.I. Unipolar motor and angular momentum conservation law // Physics Education 52 (Number 4, July 2017) 043004 (3pp).

Содержание электронного периодического издания «Физика в школе» № 2, 2018

I. Рабочие программы

- I.1. Смирнова А.А., Смирнов Д.С. Рабочая программа внеурочной деятельности по направлению: общеинтеллектуальное развитие «Решение текстовых задач с физическим содержанием» для 7 класса

II. Педагогические технологии

- II.1. Милявская Е.И. Урок физики «Электризация тел. Два рода зарядов. Взаимодействие заряженных тел».
- II.2. Королева Л.Б., Рябова Е.С. Изучение темы «Закон Ома для участка цепи. Сопrotивление» на основе научного метода познания и самостоятельных исследований учащихся.
- II.3. Пчелкина М.А. Самостоятельные экспериментальные исследования учащихся 8 класса при изучении темы «Работа и мощность электрического тока» на основе закона сохранения энергии.
- II.4. Андреева Н.В. Использование «черных ящиков» при изучении электрических явлений в 8 классе.

III. Уроки астрономии

- III.1. Кузьмичева Т.Ю. Урок «Типы и эволюция звезд».

IV. Дополнительные материалы к урокам

- IV.1. Петрова Е.Б. Имена физиков в названиях улиц Парижа.
- IV.2. Петрова Е.Б. Маятник Фуко.
- IV.3. Петрова Е.Б. Маятник Фуко (видеофрагмент)