

ПЕДАГОГИКА

УДК 37.022

Ю.А. Сауров, Д.В. Перевоицков, М.П. Уварова

ЯЗЫК ИНВАРИАНТОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОСТРОЕНИЯ МЕТОДИКИ В ДИДАКТИКЕ ФИЗИКИ

Рассматривается решение проблемы устойчивости процессов и результатов научно-методической деятельности. Обосновывается эффективность ее теоретического осмысления и практического решения на языке инвариантов. Идея инвариантности позволяет объединить разные по содержанию методические средства (модель урока, схемы научного метода познания и др.) для организации устойчивой образовательной системы. Приводятся примеры проявления языка инвариантов в задании и описании деятельности.

Ключевые слова: методология; инварианты; дидактика физики; методические модели; экспериментирование; моделирование; учебная деятельность.

Постановка проблемы. В современном развивающемся обществе постоянно меняется «мода» на образовательные технологии, методы обучения. Зачастую методические работы обладают лишь «словесной новизной», что тормозит развитие теории и практики обучения. Для поддержания академической устойчивости систем знаний и процедур деятельности требуется развитие инструментария дидактики физики. Поэтому актуальность исследования обусловлена необходимостью решения проблемы устойчивости опыта и устойчивости изменений в современной предметной дидактике.

С нашей точки зрения, теоретическое осмысление и практическое решение обозначенной проблемы эффективно на языке инвариантов. Смысл принципа инвариантности заключается в фиксировании свойств, средств описания, в том числе законов, относительно определенных изменений.

Для человеческого познания характерно структурирование всего под задачу симметрии и инвариантности. В профессиональной деятельности, в научных описаниях это становится правилом. С давних времен инвариантностью любой познавательной деятельности является такое методологическое правило-запрет, как Бритва Оккама «Не изобретай сущности сверх меры».

Несомненно, инварианты относятся к описаниям. В физике, например, это сохранение уравнения второго закона динамики материальной точки при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую. В дидактике физики речь должна идти об инвариантности образований деятельности при ее некотором изменении.

В рамках деятельностной парадигмы (Л.С. Рубинштейн [1], А.Н. Леонтьев [2], В.В. Давыдов [3], Г.П. Щедровицкий [4], В.А. Лекторский [5] и др.) единственным и универсальным объектом является деятельность. Ее фундаментальным свойством является воспроизводимость. Г.П. Щедровицкий писал: «В “массовой деятельности” основным процессом, определяющим характер всех ее структур, является воспроизводство. В него входят все другие социальные процессы, в том числе трансляция и обучение» [6. С. 199]. Воспроизводимость с точки зрения описания – это инвариантность, в смысле «мягкой» модели или

первого приближения в описании. При этом остаются неизменными ценности, цели, функции, структуры, но изменяется материал.

Стихия практики обучения физике не позволяет быстро и устойчиво достигать качественных результатов обучения, воспитания и развития. В иерархически содержательно и процессуально сложной практике постоянно размывается вектор инвариантных методических действий, если в противовес не создается практика постоянного воспроизводства норм физического и методического познания, деятельности. В методике физики как науке возникают разрывы в создании системы теоретического, экспериментального и практического производства инвариантных решений.

В настоящее время доминирующую долю учебников физики занимают издания, вышедшие в свет пятьдесят и более лет назад, например учебники А.В. Перышкина [7], претерпевающие многократные переиздания. Изменения лишь разрушают их стиль, усложняют добавками. Словом, нет методологического единства по многим аспектам в реальной практике обучения. И вместо современных норм деятельности формально усваивается набор информации. Инвариантность как принцип в состоянии упростить сами теоретические решения и их освоение в учении.

Ключевым является вопрос: что не меняется в деятельности? Во-первых, не изменяется структура деятельности. Во-вторых, основное свойство деятельности – воспроизводимость. В-третьих, не изменяется коммуникация, она фундаментальна для деятельности и является инвариантом. А вот мышление, по-видимому, не инвариант, вот почему Г.П. Щедровицкий приложил усилия в построении обобщения –мыследеятельности [4]. Вряд ли факты в дидактике физики являются инвариантными. При изменении цели интерпретации факты меняются, многие из них могут получать противоположный смысл. Таким образом, выделение инвариантов в дидактике физики требует жесткого определения условий преобразования. Многофакторность и рукотворность дидактических событий являются сильным ограничителем для этого языка описания.

Таким образом, научную проблему исследования мы видим в формулировании и конкретизации дидак-

тического потенциала инвариантов учебной деятельности для оптимизации конструирования содержания и процессов обучения физике.

Методология исследования. Статья носит теоретический и аналитический характер, разработана на стыке нескольких наук: дидактики, методики обучения физике, методологии. Представлены результаты педагогического эксперимента, подтверждающие актуальность поиска инвариантов в методике обучения физике и доказывающие эффективность их использования в практике обучения физике.

Результаты теоретического исследования проблемы: виды методологических инвариантов образовательной деятельности, их теоретические и практические возможности. Наша гипотеза исходит из того, что инвариантные методические решения во все времена определяли стратегию развития самой науки «дидактики физики» и реальной практики физического образования. При выполнении работы мы ориентировались на доказательство предположения, что разработка и внедрение в практику инвариантных методических решений организации деятельности учащихся (а) способствует реализации принципов обучения при осуществлении любой педагогической технологии, (б) может служить основанием для создания непротиворечивой и понятной учителям технологии освоения базовых норм учебной деятельности, (в) способствует осмысленной и структурированной организации учебного процесса, а следовательно, приводит к пониманию и активной деятельности учащихся при обучении.

За последние пять лет в известных базах данных (Scopus, Web of science) практически отсутствуют значимые публикации по теме статьи. Но все же мы считаем, что косвенно подкрепляющими наши поиски являются работы, посвященные истории развития дидактики физики за рубежом, анализу проблем их практики [8]; анализу проблем обучения учителей физики с точки зрения соответствия поставленных целей обучения и реалий практики [9–11]; поискам эффективных методов обучения, основанных на методе научного познания [12–16]; конкретным эффективным методическим решениям [17–20]; способам формирования мышления и мировоззрения при опоре на современные исследования ученых-физиков [21].

Авторский подход в выделении методологических инвариантов следует логике: деятельность – виды образовательной деятельности – виды описаний – виды инвариантов – образцы использования. Результативность теоретического поиска определяется как по чистоте интеллектуальных построений, так и по практической эффективности. К методологическим инвариантам мы относим инварианты знаний и деятельности уровня мегаобобщения: парадигмы, картины мира, языков описания, принципы, фундаментальные модели, законы, системы, взаимодействия, движения. В целом идея инвариантности позволяет объединить разные по содержанию методические средства (модель урока, схемы научного метода познания и др.) для организации устойчивой образовательной системы, а значит, для процессов трансляции и воспроизводства деятельности.

В дидактике физики в содержании опыта выделяют эпистемологические единицы (факт, проблема, гипотеза, модель, «онтологическая картинка», метод), виды знаний (естественно-научные, методические, управленческие), интеллектуальные операции (мышление, понимание, рефлексия, коммуникация, предметная деятельность) и виды теоретических обобщений (понятия, законы, теории, физическая картина мира). На содержание опыта накладываются условия и процессы трансляции и усвоения опыта. Принципиально для целей массового обучения все эти стороны аспекты нормировать [22]. И уже в этом процессе используется инвариантность как общий принцип. Далее постоянно происходит конкретизация: принцип инвариантности находит выражение в видах инвариантности. Обратимся к устойчивым и продуктивным дидактическим решениям.

Во-первых, язык инвариантности реализуется в выделении *принципов образовательной деятельности*. Более того, всегда было стремление построить системы принципов (И.Я. Лернер [23], В.В. Краевский [24] и др.). Ниже описано, на наш взгляд, построение постнеклассической системы принципов образовательной деятельности.

Дидактика физики в отношении принципов обучения всегда занимала подчиненное положение по отношению к педагогике, она их заимствовала и уточняла под область деятельности. Единственным оригинальным и инструментальным принципом дидактики физики является принцип цикличности [25, 26]. Опыт его построения и использования говорит об эффективности «специализированных» принципов. Не случайно сейчас этот принцип активно востребован в конструировании содержания курса физики, учебного процесса [27].

Отсюда следует проблема: чтобы принципы работали, необходимо знать, для чего они построены, как их инструментально использовать, что и в какой области деятельности они дают. Немаловажной с теоретической точки зрения является замкнутость системы принципов. Наконец, сами принципы играют роли методологических ориентировок деятельности, хотя, конечно, имеют только относительную устойчивость. Изменение социальной, культурной и научной практики приводит к изменению системы принципов. Фактически от видения классической парадигмы мы переходим к видению и описаниям неклассической парадигмы. Здесь субъекты или объекты – саморазвивающиеся системы, погруженные не просто в предметную область, а в культуру. Они только относительно и кратковременно статичны и, очевидно, незамкнуты. Все в большей степени мы вынуждены учитывать изменения самих средств, методов, форм, принципов и познания, и обучения. Известный методолог В.С. Степин обращает наше внимание фактически на новые инварианты познавательной деятельности, значение которых при историческом переходе от классической к постнеклассической науке только возрастает. В современном познании необходим более глубокий «уровень рефлексии над деятельностью»; субъект и объект выступают как две необходимые стороны деятельности, где посредником между ними оказываются «сред-

ства и операции деятельности». Субъект не отделяется от мира природы, а находится в нём, и отсюда следуют все особенности описания познания. Расширяется представление о предметах: факт связывается с инвариантным содержанием, теоретические схемы играют роль инвариантов и в целом поиск «устойчивого содержания» особо значим [28. С. 35–45, 157–163, 236, 565]. Все принципы в итоге познавательной практики формулируются исторически на площадке научно-образовательных программ. Принцип – всегда правило-норма, некий инвариант построения деятельности. Формой представления принципа может быть запрет.

Система **общих принципов** задает некую онтологию образовательной реальности, на основе которой можно строить технологии. Очевидно, онтология по определению и предназначению в рамках научной программы – устойчивое образование, всегда инвариант. С нашей точки зрения, такая система принципов может иметь следующий вид:

- Принцип универсума деятельности как парадигма деятельностного видения образовательного мира.
- Принцип единства и генерализации образовательной деятельности (обучения, воспитания, развития).
- Принцип гуманитаризации деятельности [29].
- Принцип ограничения присвоения «опыта рода» в образовании в зависимости от условий его трансляции в коммуникации (принцип доступности).
- Принцип инвариантности содержания образования: а) знания о природе и опыте деятельности, б) опыт репродуктивной деятельности, в) опыт творческой деятельности, г) опыт эмоционально-ценностной деятельности (В.В. Краевский и др.).
- Принцип ведущей роли коллективной образовательной деятельности в обучении.
- Принцип разнообразия и смены видов образовательной деятельности.
- Принцип дополнительности и соответствия в задании и описаниях деятельности.

Частные принципы-правила могут быть заданы следующей системой:

- Принцип ведущих учебных деятельностей в дидактике физики – экспериментирования и моделирования.
- Принцип цикличности для организации освоения научного метода познания «факты, проблема – гипотеза, модель – следствия – эксперимент, практика».
- Принцип различения деятельности с предметами реальности и предметами-описаниями.
- Принцип взаимосогласованности коллективных, групповых и индивидуальных форм обучения.
- Принцип связи теории с практикой.
- Принцип согласования предметных, межпредметных и надпредметных связей.

Система образовательных принципов не может быть закрытой, прежде всего из-за естественно-искусственной природы образовательной деятельности. Отсюда любое историческое изменение требует новых инвариантов деятельности. Но система принципов – устойчивый регулятор образовательной деятельности, инвариант описаний образовательной реальности. Важно и то, что принципы как инварианты деятельности могут регулировать разные аспекты: онтологические представления, структуру и содержание, процессы. В целом поиск

и выбор принципов оправдан теоретической и практической полезностью их использования.

Во-вторых, язык инвариантности реализуется в различных моделях, несущих функции ориентировок деятельности. Итак, теоретически достаточно убедительно раскрывается фундаментальный характер дидактического потенциала языка инвариантности для описания и управления образовательными процессами. И этот язык естественно понятен и технологичен. Приведем четыре примера фундаментальных решений для дидактики физики.

Типичный и важный для понимания процесса познания **первый пример** – методологическая модель мышления (рис. 1, см. подробнее: [26. С. 56 и др.]). В ней инвариантность мыслительной деятельности получает знаковое выражение. Причем норма «объекты – знаки» выделена жестко, универсально для любой мыслительной деятельности. Эта модель в дидактику физики «пришла» из методологии как некое теоретическое обобщение. Ее фундаментальность влияет на многие методические поиски.

Второй пример – дидактическая модель учебной деятельности по освоению научного метода познания в форме «факты – модель – следствия – эксперимент» (В.Г. Разумовский, 1972, 2016 [30]). Вот уже пятьдесят лет в дидактике физики устойчиво существует эта методическая норма. В разное время она успешно использовалась: а) для структурирования содержания физического образования, в частности для задания теории физического явления; б) решения в учебном процессе проблем научной грамотности школьников; в) управления деятельностью по решению школьных учебных задач и др. Наиболее последовательно эта модель учебной деятельности была реализована в учебнике физики нового поколения под редакцией В.Г. Разумовского и В.А. Орлова [31].

Третий пример. В.В. Мултановский, занимаясь проблемой теоретических обобщений, формулирует несколько инвариантов для дидактики физики. Во-первых, на основе историко-логического анализа он предлагает структуру учебной физической теории как системы знаний в форме «основание – ядро – следствия». Во-вторых, выделяет иерархию-систему теоретических обобщений в обучении: понятия, законы, теории, физическая картина мира. В-третьих, разрабатывает глобальное обобщение знаний в так называемой концепции взаимодействий со следующей логической схемой синтеза знаний: а) структурные уровни деления материи (мегамир, макромир, микромир); б) модель пространства (евклидово, однородно, изотропно), времени (однородно, непрерывно, однонаправлено), материи (материальная точка); в) взаимодействие как причина всех явлений и модель взаимодействия (фундаментальная – квантово-релятивистская, как следствие – полевая и дальное действие); г) универсальные физические величины как характеристики свойств физического объекта (импульс, энергия, момент импульса, заряд); д) иерархия расстояний, формы движения материи в рассматриваемой пространственной области, их описание фундаментальными физическими теориями. Несомненно, эта схема задает для дидактики физи-

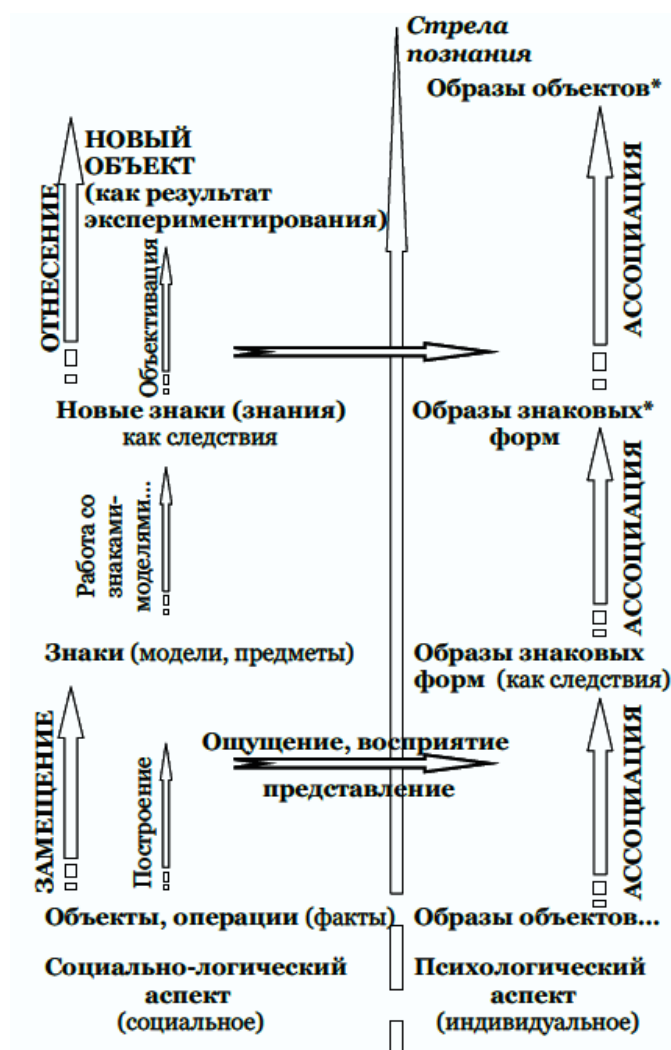


Рис. 1. Методологическая модель мышления

Согласно концепции взаимодействий вся система физических знаний излагается как знания о гравитационном, электромагнитном, сильном и слабом взаимодействиях. Фактически выделяются, задаются фундаментальные явления, а далее строятся их теории. Такая систематизация физических знаний для целей обучения остается во многом революционной, она прямо и косвенно оказывает влияние на учителей, преподавателей, методистов, а также сохраняет новизну и сегодня, что довольно редко для методического знания.

Итак, содержание современной ФКМ предстает следующей структурой:

– **Методы исследования в физике.** Объекты и явления физического мира. Модели физических объектов и явлений.

– **Фундаментальные категории.** Пространство и время. Системы отсчета. Симметрия и инвариантность. Взаимодействие. Универсальные физические величины. Симметрия и законы сохранения.

– **Картины физики.** Механизм взаимодействия на уровне элементарных частиц. Механика Ньютона. Поле на макро- и микроуровне. Гравитационное поле. Движение в микромире. Статистические системы.

Симметрия в мире элементарных частиц. Кварковая модель адронов.

– **Мировоззренческие выводы.** Материальное единство мира. Единство и многообразие в физике. Физика и техника.

Четвертый пример представляет собой методологическую ориентировку учебной деятельности при решении учебных физических задач, причем одинаковую для базовой и старшей школы (Д.В. Перевошиков [32–34], М.П. Уварова (Позолотина) [35, 36], Ю.А. Сауров [39]): двухэтапная логика решения всех физических задач (выделение физического явления – > описание физического явления). Приведем варианты реализации схемы на конкретных задачах.

Задача 1. Планета видна на Земле в полночь. Ближе или дальше от Солнца, чем Земля, находится эта планета? Постройте модель события и обоснуйте ответ.

Решение

Выделение объектов и явлений. В задаче названы три астрономических объекта: Земля, Солнце и неизвестная планета. Можно выделить такие физические явления, как гравитационное взаимодействие, движе-

ние по окружности, а также астрономическое явление – движение планет по эллиптическим орбитам.

Описание явления (построение модели явления). Рассмотрим местоположение наблюдателя, находящегося на Земле в полночь (рис. 2). Он видит ту часть Солнечной системы, которая находится за пределами орбиты Земли. Следовательно, неизвестная планета должна находиться дальше от Солнца, чем Земля. Примером реального астрономического объекта в рамках построенной модели может являться планета Марс.

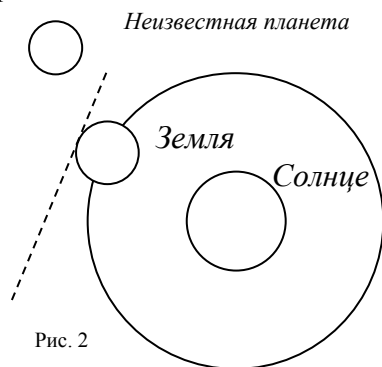


Рис. 2

Рассуждение, согласно данной логике, эффективно также для решения качественных и экспериментальных задач. Приведем пример решения демонстрационной

экспериментальной задачи, с помощью которой учащимся можно показать значение действий по выделению взаимодействующих объектов и задать логику работы с физической задачей.

Задача 2. Расположите пластиковую бутылку горизонтально, поместите в горлышко бумажный шарик, диаметр которого меньше диаметра горлышка, попробуйте задуть шарик в бутылку. Сможете ли вы это сделать? Объясните наблюдаемое явление.

Решение

Выделение объектов и явлений. Предварительно учитель демонстрирует, что шарик свободно проникает в бутылку – он не приклеен, ни к чему не привязан. Так ученики приходят к формулировке предположения о том, что бумажный шарик в бутылку задуть несложно. Учащиеся проводят эксперимент по проверке своих предположений. В результате наблюдается факт, противоречащий прогнозу: как при резком, так и при медленном вдувании воздуха в бутылку, «втягивании» воздуха из бутылки шарик все равно выскакивает наружу. Таким образом, фиксируется новое знание – попаданию шарика в бутылку что-то препятствует. В рамках первоначальных представлений этот факт необъясним. Для понимания явления необходимо выделить взаимодействующие объекты. И на этом этапе ученики догадываются, что есть еще один «невидимый» объект – воздух в бутылке. В итоге учащиеся с помощью учителя приходят к выводу, что в данном явлении взаимодействуют не два, а пять объектов: бутылка, бумажный шарик, воздух наружный и в бутылке, Земля.

Описание (объяснение) явления. Оговариваем, что действие Земли проявляется в создании однородного гравитационного поля, оно в данном случае постоянно, поэтому нас интересует поведение других объектов. После этого ученики с легкостью формулируют верное объяснение наблюдаемого явления и переходят к решению возникшей задачи: как преодолеть

сопротивление имеющегося в бутылке воздуха и задуть шарик вовнутрь (предлагается использовать дополнительное оборудование). Один из способов решения – сузить поток вдуваемого воздуха с помощью трубки (корпус от ручки, бумажная трубочка и др.) и направить его на шарик.

В результате организованной таким образом мыслительной деятельности с объектами мы задаем ее логику от выделения физических объектов и явлений к их описанию, а также обосновываем необходимость выполнения данных этапов.

Инвариантность структуры и логики решения задачи в довольно широком возрастном и содержательном поле деятельности говорит об устойчивости методического решения. Остается задача исследования (корреляции) инвариантности теоретических норм и инвариантности (устойчивости) практики их реализации.

Обобщение: конструктивное решение различных вопросов методики обучения в разное историческое время связано с поиском инвариантных решений на основе ценностных, целевых, структурных и содержательных подходов.

Результаты. Экспериментально-дидактическое исследование успешности методологических ориентировок учебной деятельности и деятельности преподавания.

Нормирование учебной деятельности. Проблема задания, формирования или освоения и диагностики физического мышления – давняя, известная и достаточно острая проблема теории и практики обучения (К.А. Коханов, 2013 [27]). В наших поисках эффективных методических решений сначала выбрано знаковое физическое мышление, затем оно представлено мыслительной деятельностью, которая нормируется на языке умений (М.П. Уварова (Позолотина), 2014 [38]). Это позволяет задавать конкретные цели обучения, например сформировать умение описывать физическое явление понятиями и законами. Упрощается и построение диагностики результатов обучения – по уровню сформированности мыслительных умений можно судить о результате освоения феномена мышления.

В итоге методом последовательного приближения были сконструированы следующие формулировки устойчивых норм мыслительной деятельности на языке умений – фактически методологические ориентировки учебной деятельности.

Блок «Деятельность моделирования»

Умение выделять изучаемое физическое тело (объект).

Умение выделять изучаемое физическое явление в различных видах деятельности.

Умение выделять и определять физическое явление по рисунку, графику, таблице и другим средствам описания.

Умение строить (выбирать) гипотезы для объяснения физических явлений.

Умение строить (выбирать) модель физического объекта или явления.

Умение переходить от одних средств описания физических явлений к другим.

Блок «Деятельность экспериментирования»

Умение выделять свойства объектов и их описывать физическими величинами.

Умение зафиксировать объекты и явления в изображении – выполнение рисунка-модели, схемы.

Умение реально (или мысленно) подобрать объекты и материалы для организации эксперимента под идею, цель, гипотезу.

Умение проводить и описывать экспериментирование по логике научного метода познания (полно или свернуто).

Построенная на этой основе методика была несколько лет апробирована в ограниченных условиях дистанционного образования в седьмых и девярых классах (2013–2017, Кировская обл.). В целом на абсолютных показателях устойчиво фиксируется освоение норм физического мышления (табл. 1). А в сравнительном педагогическом эксперименте устойчивость факта формирования подтверждается статистически (критерий хи-квадрат): в экспериментальных группах (Э) показатели выше, чем в контрольных (К). Инвариантность языка – умений при решении разных задач – согласуется с устойчивостью усвоения в реальности норм.

Таблица 1

Освоение норм мышления в учебной деятельности

№	Поверяемые знания и умения	Э		К		χ^2	$\chi^2_{кр}$	Значимость различия
		Число	%	Число	%			
1	Умеют выделять физические тела	16	74	68	58	1,19	3,84	–
2	Умеют критически анализировать условие задачи	15	68	41	35	7,96	3,84	+
3	Умеют выделять физические объекты и явления и описывать их физическими величинами	14	64	47	40	5,72	3,84	+
4	Знают, от каких величин зависят гидростатическое давление и сила Архимеда	15	68	47	40	4,94	3,84	+
5	Умеют определять цену деления измерительного прибора и погрешность измерения	11	50	45	38	0,64	3,84	–
6	Умеют работать с графиками	14	64	41	35	5,27	3,84	+
7	Умеют выделять по рисунку физическое явление и описывать его в знаковой форме	10	45	20	15	8,07	3,84	+

Устойчивость нормирования деятельности преподавания экспериментально исследовалось на большом массиве учителей по освоению структуры и содержания методических решений в форме «моделей уроков» (Ю.А. Сауров, [42, 43] и др.). В Кировской области Программа нормирования деятельности преподавания в форме моделей уроков физики была разработана для всех уроков всех классов. И в период дидактического экспериментирования (1985–1995) была реализована в десятках школ. И до настоящего времени уже в реальном процессе практики обучения модели уроков востребованы и сравнительно широко используются при проектировании уроков. Считаем, что устойчивость этих методических решений определяется их инвариантностью относительно учебника, учителя, класса; во-первых, из-за «грубости» модели деятельности преподавания, во-вторых, из-за потенциала и ориентира на творческое изменение модели урока. Интересно, что в эмпирической реальности преподавания методическая рекомендация фактически понимается как социальная норма. В нашем случае, модели уроков теоретически не задавались как жесткие нормы, наоборот, подчеркивалось творческое к ним отношение. И все же, построение деятельности преподавания довольно твердо следовало рекомендации как инвариантной норме (см. табл. 2).

Изменение нормы по разным темам фиксируется в диапазоне 10–25%. Тенденция следования норме, которая в дидактике физике интерпретируется как зако-

номерность, может рассматриваться как проявление инвариантности деятельности. При этом остаются возможности оценивания факторов отклонения как погрешностей изменения, рассмотрения высоких корреляций, например, между знаниями учителей и школьников, так инвариантности реальной деятельности [28].

Обсуждение результатов. В целом, с учетом обзора достижений отечественных и зарубежных специалистов по дидактике физики, научную новизну исследования мы видим в том, что

- сформулирована научная проблема инвариантов как описаний образовательной деятельности и определено ее содержание в дидактике физики;

- выделены теоретические процедуры для определения инвариантов образовательной деятельности при построении системы принципов, моделей-ориентировок для освоения мышления, научного метода познания, физической картины мира, нормирования учебной деятельности экспериментирования и моделирования;

- изучены возможности эмпирического выделения инвариантов по результатам учебной деятельности.

Последовательное использование языка инвариантов как инструмента построения методик, понимания и моделирования реальности с необходимостью ставит вопрос о границах применимости. Универсальных описаний здесь нет. Но для практики обучения инвариантность такой нормы-знания сильно ограничивает консервативные традиции.

Оценка учителями-экспериментаторами структур уроков по электродинамике

Тема	Всего проверено уроков	Нет оценки плана урока	Изменена структура урока	Изменено время этапов урока	Время этапов соответствует модели урока
Электрическое поле	374	50 13%	20 5%	51 14%	243 65%
Законы постоянного тока	242	64 25%	10 4%	15 6%	153 63%
Магнитное поле	204	53 26%	11 5%	39 19%	101 50%
Ток в средах	323	76 24%	33 10%	43 13%	171 53%
Электромагнитная индукция	126	7 6%	6 5%	13 10%	100 80%
Итого	1269	250 19%	80 6%	161 13%	768 61%

Заключение. В построениях теоретического языка описания образовательных явлений деятельность по выделению закономерностей осуществляется плохо, искусственно [7], отсюда и актуальность поиска альтернативных методов. Такие эмпирически фиксируемые и теоретически воспроизводимые качества образовательной деятельности, как устойчивость, известный консерватизм и прагматизм, обосновывают использование соответствующего языка описания – языка инвариантов.

В ходе рефлексивных поисков сформулирован новый метод исследования в дидактике физики, заключающийся в выделении инвариантов в эмпирическом материале образовательной деятельности, в теоретическом построении инвариантов деятельности в форме принципов, моделей, ориентировок, знаний.

Практика раскрывает дидактический потенциал метода инвариантов в понимании эмпирической реальности, в эффективном конструировании новой образовательной реальности. Во-первых, удастся найти инвариантные формы содержания образования, например, в виде следующих логических структур: «основание – ядро – следствия», «факты – модель – следствия». Во-вторых, формулируются ориентировки учебной деятельности, например, для успешного решения учебных физических задач: выделение и анализ физического явления – идея или план решения – математическое решение – анализ итогов решения. В-третьих, для успешного освоения мыслительной деятельности (в принципе и иной) инварианты выступают в форме нормирования опыта знаний и умений. И поле такой рациональной работы в дидактике физики велико.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубинштейн Л.С. Основы общей психологии. СПб., 1999. 720 с.
2. Леонтьев А.Н. Философия психологии М., 1994. 228 с.
3. Давыдов В.В. Теория развивающего обучения. М., 1996. 544 с.
4. Щедровицкий Г.П. Мышление – Понимание – Рефлексия. М., 2005. 800 с.
5. Лекторский В.А. Эпистемология классическая и неклассическая. М., 2001. 256 с.
6. Щедровицкий Г.П. Философия. Наука. Методология. М., 1997. С. 199.
7. Перышкин А.В. Физика. 7 кл. : учеб. для общеобразоват. учреждений. 2-е изд., стереотип. М. : Дрофа, 2013. 221 с.
8. Otero V.K., Meltzer D.E. 100 years of attempts to transform physics education // Phys. Teach. 2016. Т. 54, № 9. P. 523–527. DOI: <http://dx.doi.org/10.1119/1.4967888>
9. Babenko O., Larionov V., Khanchich O. Problem-based learning for technical students on the base TRIZ (theory of inventive problem solving) // SHS Web of Conferences. – EDP Sciences. 2016. Т. 29. DOI: 10.1051/shsconf/20162902001
10. Gess-Newsome J. et al. Teacher pedagogical content knowledge, practice, and student achievement // International Journal of Science Education. 2017. С. 1–20. DOI: 10.1080/09500693.2016.1265158
11. Shershneva V.A. et al. Contemporary Didactics in Higher Education in Russia // European journal of contemporary education. 2016. Т. 17, № 3. P. 357–367. DOI: 10.13187/ejced.2016.17.357
12. Concarri S. et al. Didactic strategies using simulations for physics teaching // Current Developments in Technology-Assisted Education. 2006. Т. 3. P. 2042–2046. URL: https://www.researchgate.net/profile/Sonia_Concarri/publication/237308516_Didactic_strategies_using_simulations_for_Physics_teaching/links/00b4952c70d976b046000000/Didactic-strategies-using-simulations-for-Physics-teaching.pdf
13. Corni F., Michelini M. A didactic proposal about Rutherford backscattering spectrometry with theoretic, experimental, simulation and application activities // European Journal of Physics. 2017. Т. 39, № 1. URL: <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aa9053>
14. Leonard W.J., Dufresne R.J., Mestre J.P. Using qualitative problem-solving strategies to highlight the role of conceptual knowledge in solving problems // American Journal of Physics. 1996. Т. 64. P. 1495–1503. DOI: <https://doi.org/10.1119/1.18409>
15. Michelini M., Santi L., Stefanel A. Teaching modern physics in secondary school // PoS. 2015. P. 231. URL: [http://inspirehep.net/record/1487216/files/PoS\(FFP14\)231.pdf](http://inspirehep.net/record/1487216/files/PoS(FFP14)231.pdf)
16. Sadler P.M., Sonnert G. Understanding Misconceptions: Teaching and Learning in Middle School Physical Science // American Educator. 2016. Т. 40, № 1. P. 26–32. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1094278.pdf>
17. Mayer V., Varaksina E. A simple demonstration when studying the equivalence principle // American Journal of Physics. 2016. Vol. 84, № 6. P. 482–486. DOI: <https://doi.org/10.1119/1.4945606>
18. Mayer V.V., Varaksina E.I. A simple demonstration of Einstein's lift: a body thrown upwards moves rectilinearly and uniformly relative to a free-falling model of the lift // European Journal of Physics. 2015. Vol. 36. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0143-0807/36/5/055020/meta>
19. Mayer V.V., Varaksina E.I. Lecture demonstrations of relativity of electric and magnetic fields // European Journal of Physics. 2016. Vol. 37, № 4. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/49/6/689/meta#artAbst>
20. Mayer V.V., Varaksina E.I. Modern analogue of Ohm's historical experiment // Physics Education. 2014. Vol. 50, № 6. P. 689–692. DOI: <https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/6/689>

21. Micheline M., Santi L., Stefanel A. Research based proposals to build modern physics way of thinking in secondary students // Kiraly A., Tel T. (eds) *Teaching Physics Innovatively* (Budapest: University of Budapest). 2016. P. 331–350. URL: http://parrise.elte.hu/tpi-15/papers/MichelineM_p.pdf
22. Щедровицкий Г.П. Избранные труды. М., 1995. 800 с.
23. Лернер И.Я. Процесс обучения и его закономерности. М., 1980. 96 с.
24. Краевский В.В. Проблемы научного обоснования обучения: методологический анализ. М., 1977. 264 с.
25. Коханов К.А., Сауров Ю.А. Методология функционирования и развития школьного физического образования. Киров : Радуга-ПРЕСС, 2012. 326 с. URL: http://www.saurov-ya.ru/Nauka/Mono/Metodol_razv_fiz_obraz_compressed.pdf
26. Коханов К.А., Сауров Ю.А. Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления. Киров : Тип. «Старая Вятка», 2013. 232 с. URL: http://www.saurov-ya.ru/Nauka/Mono/Sovr_kult_mishl_compressed.pdf
27. Сауров Ю.А. Принцип цикличности в методике обучения физике. Киров : Изд-во КИПК и ИПО, 2008. 224 с. URL: http://www.saurov-ya.ru/Nauka/Mono/Princip_cycl_compressed.pdf
28. Степин В.С. Теоретическое знание. М. : Прогресс-Традиция, 2000. 744 с.
29. Человек в мире знания: к 80-летию Владислава Александровича Лекторского. М., 2012. С. 104.
30. Разумовский В.Г. Проблемы теории и практики школьного физического образования: избранные научные статьи / сост. Ю.А. Сауров. М., 2016. 196 с.
31. Разумовский В.Г., Орлов В.А., Никифоров Г.Г., Майер В.В., Сауров Ю.А. Физика : учеб. для учащихся 10 кл. общеобразов. учреждений в 2 ч. М., 2010.
32. Перовищиков Д.В. Методические особенности решения физических задач с астрономическим содержанием // Модели и моделирование в методике обучения физике : материалы докл. VII Всерос. науч.-теоретической конф. Киров : Радуга-ПРЕСС, 2016. С. 85–88. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27585692>
33. Перовищиков Д.В., Сауров Ю.А. О методике организации познавательной деятельности при изучении астрономии в курсе физики // Вестник ВятГГУ. 2015. № 3. С. 126–131. URL: http://www.saurov-ya.ru/Nauka/Svejie_public/saurov-perevoshnikov-metod-astro.pdf
34. Ковязин Е.И., Перовищиков Д.В., Сауров Ю.А. Освоение идей ФГОС при изучении астрономии в школьном курсе физики // Физика в школе. 2015. № 6. С. 26–30. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24398180>
35. Позолотина М.П. Приемы освоения физического мышления в системе дополнительного дистанционного обучения // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2017. № 9. С. 49–58. URL: <http://e-koncept.ru/2017/170212.htm>
36. Позолотина М.П. Выделение и трансляция норм физического мышления как способ его формирования при обучении школьников // История исследований научной лаборатории «Модели и моделирование в методике обучения физике» : сб. ст. / сост. К.А. Коханов. Киров : Кировская областная типография, 2017. С. 48–50.
37. Сауров Ю.А., Перовищиков Д.В. Методология познания как инструмент межпредметных связей физики и астрономии // Сибирский учитель. 2016. № 3. С. 26–30. URL: <http://www.sibuch.ru/node/1817>
38. Позолотина М.П. Проблема задания норм физического мышления при дистанционном обучении физике // Вестник ВятГГУ: Педагогика и психология : научный журнал. 2014. № 11. С. 246–250. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22921817>
39. Сауров Ю.А. Физика в 10 классе: Модели уроков : кн. для учителя. М. : Просвещение, 2005. 256 с.
40. Сауров Ю.А. Физика в 11 классе: Модели уроков : кн. для учителя. М. : Просвещение, 2005. 271 с.

Статья представлена научной редакцией «Педагогика» 16 октября 2019 г.

The Language of Invariants as a Tool for Constructing Methods in the Didactics of Physics

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal, 2020, 451, 170–178.

DOI: 10.17223/15617793/451/23

Yury A. Saurov, Vyatka State University (Kirov, Russian Federation). E-mail: saurov-ya@yandex.ru,

Denis V. Perevoshchikov, Vyatka State University (Kirov, Russian Federation). E-mail: pdv31415@gmail.com

Marina P. Uvarova, Vyatka State University (Kirov, Russian Federation). E-mail: mpozolotina@mail.ru

Keywords: methodology; invariants; physics didactics; methodical model; modeling; educational activity.

The article presents the results of a search for ways to rationalize the activities of both creators and consumers of scientific and methodological knowledge. The key task of scientific practice is outlined: the solution of the problem of stability and reproducibility of processes and results of scientific and methodological activities. The authors propose to conceptualize and practically solve it in the language of invariants. The research methods are the historical and methodological analysis of scientific and educational activity, obtaining empirical data and their analysis, theoretical design (modeling) of methodical decisions. It is shown that, in the didactics of physics, in distinguishing methodological invariants, it is effective to use the following logic: activity–types of educational activity–types of descriptions–types of invariants–patterns of use. It is emphasized that the idea of invariance allows combining methodological tools of different content (lesson model, schemes of the scientific method of cognition, structure of solution to an educational physical problem) to organize a stable educational system, and, therefore, to transmit and reproduce activity. The authors prove that the development and implementation of invariant methodological solutions for organizing the activities of students (a) contributes to the implementation of the principles of training in the implementation of any pedagogical technology, (b) can serve as the basis for the creation of a consistent and understandable technology for teachers to master the basic norms of educational activity, (c) contributes to a sensible and structured organization of the educational process and, consequently, leads to students' understanding and activity in training. Examples of the manifestation of the language of invariants are given: the principles of educational activity in the didactics of physics, the didactic model of activity for the development of the scientific method of cognition, typical methodological solutions, etc. In particular, the logic of the implementation of a two-stage logic for solving physical problems is presented. The efficiency of student learning activity and teaching activity standardization has been experimentally proved. The results of the study may be useful to post-graduate students and practicing educators.

REFERENCES

1. Rubinshteyn, L.S. (1999) *Osnovy obshchey psikhologii* [Fundamentals of General Psychology]. St. Petersburg: Piter.
2. Leont'ev, A.N. (1994) *Filosofiya psikhologii* [Philosophy of Psychology]. Moscow: Moscow State University.
3. Davydov, V.V. (1996) *Teoriya razvivayushchego obucheniya* [Theory of Developmental Learning]. Moscow: Intor.
4. Shchedrovitskiy, G.P. (2005) *Myshlenie – Ponimanie – Refleksiya* [Thinking – Understanding – Reflection]. Moscow: Nasledie MMK.
5. Lektorskiy, V.A. (2001) *Epistemologiya klassicheskaya i neklassicheskaya* [Epistemology: Classical and Non-Classical]. Moscow: Editorial URSS.
6. Shchedrovitskiy, G.P. (1997) *Filosofiya. Nauka. Metodologiya* [Philosophy. Science. Methodology]. Moscow: Shkola kul'turnoy politiki.

7. Peryshkin, A.V. (2013) *Fizika. 7 kl.* [Physics. Grade 7]. 2nd ed. Moscow: Drofa.
8. Otero, V.K. & Meltzer, D.E. (2016) 100 Years of Attempts to Transform Physics Education. *Phys. Teach.* 54 (9). pp. 523–527. DOI: 10.1119/1.4967888
9. Babenko, O., Larionov, V. & Khanchich, O. (2016) Problem-Based Learning for Technical Students on the Base TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving). *SHS Web of Conferences*. 29. DOI: 10.1051/shsconf/20162902001
10. Gess-Newsome, J. et al. (2017) Teacher Pedagogical Content Knowledge, Practice, and Student Achievement. *International Journal of Science Education*. January. pp. 1–20. DOI: 10.1080/09500693.2016.1265158
11. Shershneva, V.A. et al. (2016) Contemporary Didactics in Higher Education in Russia. *European Journal of Contemporary Education*. 17 (3). pp. 357–367. DOI: 10.13187/ejced.2016.17.357
12. Concari, S. et al. (2006) Didactic Strategies Using Simulations for Physics Teaching. *Current Developments in Technology-Assisted Education*. 3. pp. 2042–2046. [Online] Available from: https://www.researchgate.net/profile/Sonia_Concari/publication/237308516_Didactic_strategies_using_simulations_for_Physics_teaching/links/00b4952c70d976b046000000/Didactic-strategies-using-simulations-for-Physics-teaching.pdf.
13. Corni, F. & Michelini, M. (2017) A Didactic Proposal About Rutherford Backscattering Spectrometry With Theoretic, Experimental, Simulation and Application Activities. *European Journal of Physics*. 39 (1). DOI: 10.1088/1361-6404/aa9053
14. Leonard, W.J., Dufresne, R.J. & Mestre, J.P. (1996) Using Qualitative Problem-Solving Strategies to Highlight the Role of Conceptual Knowledge in Solving Problems. *American Journal of Physics*. 64. pp. 1495–1503. DOI: 10.1119/1.18409
15. Michelini, M., Santi, L. & Stefanel, A. (2015) Teaching Modern Physics in Secondary School. *PoS*. [Online] Available from: [http://inspirehep.net/record/1487216/files/PoS\(FFP14\)231.pdf](http://inspirehep.net/record/1487216/files/PoS(FFP14)231.pdf).
16. Sadler, P.M. & Sonnert, G. (2016) Understanding Misconceptions: Teaching and Learning in Middle School Physical Science. *American Educator*. 40 (1). pp. 26–32. [Online] Available from: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1094278.pdf>.
17. Mayer, V. & Varaksina, E. (2016) A Simple Demonstration When Studying the Equivalence Principle. *American Journal of Physics*. 84 (6). pp. 482–486. DOI: 10.1119/1.4945606
18. Mayer, V.V. & Varaksina, E.I. (2015) A Simple Demonstration of Einstein's Lift: A Body Thrown Upwards Moves Rectilinearly and Uniformly Relative to a Free-Falling Model of the Lift. *European Journal of Physics*. 36. [Online] Available from: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0143-0807/36/5/055020/meta>.
19. Mayer, V.V. & Varaksina, E.I. (2016) Lecture Demonstrations of Relativity of Electric and Magnetic Fields. *European Journal of Physics*. 37 (4). [Online] Available from: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/49/6/689/meta#artAbst>.
20. Mayer, V.V. & Varaksina, E.I. (2014) Modern Analogue of Ohm's Historical Experiment. *Physics Education*. 50 (6). pp. 689–692. DOI: 10.1088/0031-9120/49/6/689
21. Michelini, M., Santi, L. & Stefanel, A. (2016) Research Based Proposals to Build Modern Physics Way of Thinking in Secondary Students. *Teaching Physics Innovatively*. Conference Proceedings. Budapest: University of Budapest. pp. 331–350. [Online] Available from: http://parrise.elte.hu/tpi-15/papers/MicheliniM_p.pdf.
22. Shchedrovitskiy, G.P. (1995) *Izbrannye trudy* [Selected Works]. Moscow: Shkola kul'turnoy politiki.
23. Lerner, I.Ya. (1980) *Protsess obucheniya i ego zakonomernosti* [The Learning Process and Its Laws]. Moscow: Znanie.
24. Kraevskiy, V.V. (1977) *Problemy nauchnogo obosnovaniya obucheniya: metodologicheskii analiz* [Problems of the Scientific Substantiation of Learning: A Methodological Analysis]. Moscow: Pedagogika.
25. Kokhanov, K.A. & Saurov, Yu.A. (2012) *Metodologiya funktsionirovaniya i razvitiya shkol'nogo fizicheskogo obrazovaniya* [Methodology of the Functioning and Development of School Education in Physics]. Kirov: Raduga-PRESS. [Online] Available from: http://www.saurov-ya.ru/Nauka/Mono/Metodol_ravz_fiz_obraz_compressed.pdf.
26. Kokhanov, K.A. & Saurov, Yu.A. (2013) *Problema zadaniya i formirovaniya sovremennoy kul'tury fizicheskogo myshleniya* [The Problem of the Task and the Formation of a Modern Culture of Physical Thinking]. Kirov: Tipografiya "Staraya Vyatka". [Online] Available from: http://www.saurov-ya.ru/Nauka/Mono/Sovr_kult_mishl_compressed.pdf.
27. Saurov, Yu.A. (2008) *Printsip tsiklichnosti v metodike obucheniya fizike* [The Principle of Cyclicity in the Methodology of Teaching Physics]. Kirov: Izd-vo KIPK i PRO. [Online] Available from: http://www.saurov-ya.ru/Nauka/Mono/Princip_cycl_compressed.pdf.
28. Stepin, V.S. (2000) *Teoreticheskoe znanie* [Theoretical Knowledge]. Moscow: Progress-Traditsiya.
29. Skvortsov, L.V. (ed.) (2012) *Chelovek v mire znaniya: k 80-letiyu Vladislava Aleksandrovicha Lektorskogo* [Man in the World of Knowledge: On the 80th Anniversary of Vladislav Lektorsky]. Moscow: ROSSPEN.
30. Razumovskiy, V.G. (2016) *Problemy teorii i praktiki shkol'nogo fizicheskogo obrazovaniya: izbrannye nauchnye stat'i* [Problems of the Theory and Practice of School Physical Education: Selected Scientific Articles]. Moscow: Institute for Strategy of Education Development of the Russian Academy of Education.
31. Razumovskiy, V.G. et al. (2010) *Fizika* [Physics]. In 2 Parts. Moscow: Vlados.
32. Perevoshchikov, D.V. (2016) [Methodological Features of Solving Physical Problems With Astronomical Content]. *Modeli i modelirovanie v metodike obucheniya fizike* [Models and Modeling in the Methods of Teaching Physics]. Proceedings of the VII All-Russian Conference. Kirov: Raduga-PRESS. pp. 85–88. [Online] Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27585692>. (In Russian).
33. Perevoshchikov, D.V. & Saurov, Yu.A. (2015) On the Methodology of Organization of Cognitive Activity in Studying Astronomy Within the Course of Physics. *Vestnik VyatGGU – Herald of Vyatka State University*. 3. pp. 126–131. [Online] Available from: http://www.saurov-ya.ru/Nauka/Svejie_public/saurov-perevoshchikov-metod-astro.pdf. (In Russian).
34. Kovyazin, E.I., Perevoshchikov, D.V. & Saurov, Yu.A. (2015) Familiarization With the Ideas of the Federal State Educational Standard When Studying Astronomy in the Physics School Course. *Fizika v shkole*. 6. pp. 26–30. [Online] Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24398180>. (In Russian).
35. Pozolotina, M.P. (2017) Methods of Physical Thinking Development in Remote Learning System. *Kontsept*. 9. pp. 49–58. [Online] Available from: <http://e-koncept.ru/2017/170212.htm>. (In Russian).
36. Pozolotina, M.P. (2017) Vydelenie i translyatsiya norm fizicheskogo myshleniya kak sposob ego formirovaniya pri obuchenii shkol'nikov [Detection and Translation of the Norms of Physical Thinking as a Way of Its Formation When Teaching Schoolchildren]. In: Kokhanov, K.A. *Istoriya issledovaniy nauchnoy laboratorii "Modeli i modelirovanie v metodike obucheniya fizike"* [History of Research at the Scientific Laboratory "Models and Modeling in the Methods of Teaching Physics"]. Kirov: Kirovskaya oblastnaya tipografiya. pp. 48–50.
37. Saurov, Yu.A. & Perevoshchikov, D.V. (2016) Metodologiya poznaniya kak instrument mezhpredmetnykh svyazey fiziki i astronomii [The Methodology of Cognition as a Tool of Inter-subject Connections of Physics and Astronomy]. *Sibirskiy uchitel'*. 3. pp. 26–30. [Online] Available from: <http://www.sibuch.ru/node/1817>.
38. Pozolotina, M.P. (2014) The Problem of Setting Norms for Physical Thinking in Distance Education Physics. *Vestnik VyatGGU – Herald of Vyatka State University*. 11. pp. 246–250. [Online] Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22921817>. (In Russian).
39. Saurov, Yu.A. (2005) *Fizika v 10 klasse: Modeli urokov: kn. dlya uchitelya* [Physics in Grade 10: Lesson Models: Teacher Book]. Moscow: Prosveshchenie.
40. Saurov, Yu.A. (2005) *Fizika v 11 klasse: Modeli urokov: kn. dlya uchitelya* [Physics in Grade 11: Lesson Models: Teacher Book]. Moscow: Prosveshchenie.

Received: 16 October 2019