



## Исследовательское обучение в системе уроков физики

*О. В. Лебедева<sup>\*</sup>, И. В. Гребенев<sup>1</sup>, Е. О. Морозова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского»,  
г. Нижний Новгород, Россия,

*\*lebedeva@phys.unn.ru*

<sup>2</sup> Университет штата Индиана, г. Блумингтон, США

**Введение:** рассматриваются дидактические и методические проблемы внедрения исследовательского обучения (inquiry-based learning) в практику работы российских школ, приобретающее особую значимость в связи с введением новых образовательных стандартов. Литературный обзор показал, что в процессе интеграции основ исследовательского обучения в школах различных стран встречаются односторонние трудности, связанные, в том числе с уровнем профессиональной компетентности преподавателя. Целью статьи является разработка теоретических основ исследовательского обучения в виде закономерностей и модели организации учебного процесса, а также алгоритма моделирующей деятельности учителя.

**Материалы и методы:** в ходе исследования был проведен анализ нормативных документов в сфере школьного образования, научно-методической литературы по проблеме исследовательского обучения, выполнено моделирование организации учебно-исследовательской деятельности при обучении физике в школе. Были проведены констатирующий, поисковый и формирующий педагогические эксперименты, в процессе которых применялись анкетирование и интервьюирование учителей физики, наблюдение за деятельностью учителя и учащихся на уроках физики, тестирование учащихся школ г. Н. Новгорода и студентов первых курсов Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского.

**Результаты исследования:** результатом исследования являются дидактические основы теории конструирования исследовательского обучения физике в виде закономерностей организации учебного процесса, алгоритма деятельности преподавателей и обобщенной модели урока ученического исследования. Педагогический эксперимент по внедрению полученной модели показал статистически достоверное повышение требуемых стандартом исследовательских умений учащихся.

**Обсуждение и заключения:** доказана эффективность предложенной модели организации исследовательской деятельности учащихся. Разработанный алгоритм конструирования учебно-исследовательской деятельности может быть положен в основу повышения методической компетентности учителя в части организации исследовательского обучения на основе интеграции образовательных систем школы и вуза, что составляет практическую ценность работы.

**Ключевые слова:** исследовательское обучение, проектирование урока физики, формирование исследовательских умений учащихся, подготовка учителя к организации исследовательского обучения, интеграция образовательных систем школы и вуза

**Благодарности:** статья подготовлена в ходе выполнения проекта 27.5530.2017/БЧ в рамках базовой части государственного задания Министерства образования и науки РФ.

**Для цитирования:** Лебедева О. В., Гребенев И. В., Морозова Е. О. Исследовательское обучение в системе уроков физики // Интеграция образования. 2017. Т. 21, № 4. С. 736–750. DOI: 10.15507/1991-9468.089.021.201704.736-750

## Inquiry-Based Learning for Physics Courses within the Russian Schooling System

O. V. Lebedeva<sup>a\*</sup>, I. V. Grebenev<sup>a</sup>, E. O. Morozova<sup>b</sup>

<sup>a</sup> National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod,  
Nizhny Novgorod, Russia,

\* lebedeva@phys.unn.ru

<sup>b</sup> Indiana University, Bloomington, USA

**Introduction:** this article discusses the didactic and methodological problems of implementing inquiry-based learning into Russian schools. It is especially relevant now as new educational standards were introduced. Literature review showed that while implementing inquiry-based learning schools in different countries face the same difficulties, some of which are related to teachers' professional competence. The goal of the research is to develop a theoretical framework for inquiry-based learning which includes patterns, educational process design, as well as an algorithm for teachers' work.

**Materials and Methods:** the research analyzed normative documents for school education, research and methodological literature on research-based education. We also designed the process of research-based education for the school course of physics. Summative, research and formative teaching experiments were carried out, as well as questionnaire survey and interviews for physics teachers. We also tested the students of Nizhny Novgorod schools and first-year students of Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod.

**Results:** the result of the research is the didactic basis for the theory of modelling inquiry-based learning in physics. We stated the patterns of learning process, algorithm for teachers and a generic model of a research class. Pedagogical experiment (implementing this model) showed a statistically reliable increase in the required standard of students' research skills.

**Discussion and Conclusions:** the study proved the efficiency of the proposed models for inquiry-based learning. The practical value of the work is a developed algorithm of educational process that can be used to increase teachers' competence in inquiry-based teaching based on the integration of school and college level education.

*Keywords:* inquiry-based learning, modelling a physics lesson, forming the research skills of students, training teachers to facilitate inquiry-based learning, integration of educational systems schools and University

*Acknowledgements:* the article was written as part of the project 27.5530.2017/БЧ in the framework of the basic part of the national project for the Ministry of Education and Science, Russian Federation.

*For citation:* Lebedeva O. V., Grebenev I. V., Morozova E. O. Inquiry-based learning for physics courses within the Russian schooling system. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2017; 21(4):736-750. DOI: 10.15507/1991-9468.089.021.201704.736-750

### Введение

Для успешной подготовки специалистов-исследователей в ведущих вузах России требуются сформированные уже в средней школе исследовательские умения учащихся [1, с. 12]. В работах, посвященных исследовательскому обучению, отмечается, что его внедрение в практику школ позволит решить ряд актуальных для российского образования задач: формирование исследовательских умений, освоение способов познания; повышение эффективности применения учащимися образовательных программ; становление и развитие психических функций, мотивационных установок. Эта новая педагогическая задача требует методического обеспечения и соответствующей подготовки преподавателей.

По сравнению с опытом европейских и американских школ эта задача обладает значительной новизной, требует разработки новых теоретических подходов, моделей и алгоритмов проектирования учебного процесса, в том числе на основе учета конкретики содержания изучаемого предмета.

В целях развития исследовательского обучения – Inquiry-Based Learning (IBL) – в США в 1996 г. были приняты национальные стандарты «The National Science Education Standards», что привело к активному обсуждению методических и психолого-педагогических проблем их реализации. При внедрении стандартов выяснилось, что учитель нуждается в описанных обобщенных моделях его деятельности и организуемой им дея-



тельности учащихся<sup>1</sup>. Описание готовых моделей уроков исследовательской деятельности учащихся соответствует логике педагогического конструирования, широко распространенной концепции в современной педагогике. Однако специфика российской образовательной среды, научно-педагогической школы и методических традиций состоит в обязательном включении дидактических элементов конструкции урока и, соответственно, дидактического этапа проектирования, чего практически нет в европейской и американской методической литературе [2]. Противопоставление общей дидактики и педагогического конструирования [3] мы считаем излишне категоричным для практики работы учителей, поскольку такой подход сужает возможность собственной творческой деятельности учителя. Наша концепция предусматривает включение норм и принципов общей дидактики на важнейших этапах деятельности преподавателя по конструированию учебного процесса, в том числе для организации исследовательского обучения. Разумеется, для получения обоснованного варианта конструируемого урока требуется перевод этих норм и принципов в контекст конкретного учебного предмета с учетом специфики изучаемых основ наук, поэтому актуальной является разработка системной педагогической теории организации исследовательского обучения в контексте конкретного учебного предмета.

Выбор темы нашего исследования связан со значимостью исследовательских умений для учащихся, продолжающих получение высшего образования в ведущих исследовательских университетах. Сам запрос на исследовательское обучение во многом связан с потребностями высшей школы как потребителя и заказчика школьного образования. Поэтому вузы в наибольшей степени заинтересованы в повышении уровня подготовки преподавателей школ в части

организации исследовательского обучения, что диктует необходимость интеграции научных и методических структур вуза в систему повышения квалификации преподавателей.

Цель статьи – анализ разработки и апробации в практике российских школ теоретических основ и модели исследовательского обучения в системе уроков физики с учетом традиций российского образования, экспериментальная проверка эффективности предложенных методик обучения.

### Обзор литературы

Российское образование в настоящее время активно разрабатывает аналог ИВЛ в связи с введением в школу новых образовательных стандартов (ФГОС), составленных на основе системно-деятельностного подхода. Согласно ФГОС школьного образования, при получении основного среднего образования должно быть обеспечено «формирование у обучающихся системных представлений и опыта применения методов, технологий и форм организации проектной и учебно-исследовательской деятельности»<sup>2</sup>.

Если на уровне психологических основ алгоритмы организации исследовательского обучения выглядят более или менее согласованно [4–6], то практики, исследователи и методисты в различных предметных областях по-разному трактуют дидактическую основу разрабатываемых ими новых способов обучения. Это видно по используемым терминам – «исследовательское поведение» (*exploratory behaviour*), «исследовательское обучение» (*inquiry learning, exploratory education*) и «исследовательские (продуктивные) методы обучения» [7; 8]. В российской педагогической науке в настоящее время также широко распространяются различные варианты описания методических основ исследовательского обучения различным предметам [9–13], построение системы развития исследовательской

<sup>1</sup> Learning and teaching resources branch. Focus on inquiry: a teacher's guide to implementing inquiry-based learning. Edmonton, Alberta, Canada. 2004. URL: [http://www.learning.gov.ab.ca/k\\_12/curriculum/bySubject/focusoninquiry.pdf](http://www.learning.gov.ab.ca/k_12/curriculum/bySubject/focusoninquiry.pdf) (дата обращения: 14.03.2017).

<sup>2</sup> Федеральный государственный стандарт среднего (полного) общего образования [Электронный ресурс]. URL: <http://минобрнауки.рф/документы/2365> (дата обращения: 14.03.2017).

и проектной деятельности с учетом специфики учебного заведения [14]. Однако все они преимущественно разрабатывают внеурочные, проектные виды деятельности. Завершенных работ по организации исследовательского обучения в ходе урочной формы не представлено.

Обобщим собственный опыт внедрения исследовательского обучения с учетом мнения американских коллег [15]. Существует точка зрения об исследовательском методе как некотором наборе элементарных приемов, например, необходимость менять местами эксперимент и рассказ учителя. Огромный барьер представляют собой проблемы учителей в подготовке по основам базовых наук и психологическая инертность. Существенной трудностью является необходимость мотивации учеников на новый для них вариант деятельности, в целом достаточно напряженный вид учебной работы, в ходе которой нельзя ограничиться простым восприятием слов учителя. Наконец, исследовательское обучение означает перевод деятельности учителя на новый уровень с неизвестным результатом, поскольку направление познавательной деятельности учащихся нельзя предсказать однозначно.

Таким образом, возникает проблема – как сделать исследовательское обучение востребованным и продуктивным.

### **Материалы и методы**

Материалы исследования были получены в ходе изучения процессов и результатов обучения учащихся школ г. Нижнего Новгорода и студентов первых курсов Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского (далее – ННГУ) в части формирования исследовательских умений. Объектом исследования послужила сравнительная эффективность указанных результатов в зависимости от выбранной методики формирования исследовательских умений учащихся. В соответствии с поставленной целью были подобраны методы исследования. Прежде всего требовалось установить, достаточен ли имеющийся методический арсенал учителей физики для получения результатов

формирования исследовательских умений на уровне, требуемом ФГОС. Наша гипотеза состояла в том, что принципиально новая методическая задача требует и нового теоретического основания для ее решения. После подтверждения гипотезы на этапе поискового эксперимента решалась главная задача – разработка теоретических основ организации исследовательского обучения на уроках физики средней школы. Методами ее решения послужил поиск основных закономерностей, которым подчиняется рационально организованное исследовательское обучение. Дидактическое основание разрабатываемой теории исследовательского обучения традиционно должно содержать систему взаимосвязанных принципов и закономерностей обучения. Принципы описывают обязательные требования к учебному процессу, закономерности определяют условия, при которых учебный процесс будет удовлетворять заданным критериям, в нашем случае – эффективному использованию исследовательского обучения и максимальному положительному влиянию его на развитие учащихся. Взаимосвязь заключается в том, что закономерности выполняются при условии соблюдения задаваемых принципов [16]. Далее был разработан соответствующий алгоритм и определены структура эффективного урока с элементами исследовательского обучения и обобщенная модель организации исследовательского обучения физике. Разработанную теорию организации исследовательского обучения необходимо было довести до преподавателей физики на уровне их способности самостоятельно конструировать завершённый учебный процесс. Это потребовало создания специальной структуры повышения квалификации учителей в рамках имеющейся на базе ННГУ системы трансфера педагогических знаний и технологий. В заключение проводился педагогический эксперимент, который установил влияние применения разработанной нами и усвоенной преподавателями теории конструирования исследовательского обучения физике.



Результаты повышения методической компетентности педагогов изложены нами в ранее опубликованных работах [16; 17]. Методика организации и результаты в целом соответствуют тому, что получено в мировой практике подготовки учителей [18; 19].

### Результаты исследования

Дидактические основы теории конструирования исследовательского обучения физике в виде принципов организации учебно-исследовательской деятельности в процессе обучения физике, закономерностей исследовательского обучения физике (выполняющихся при условии соблюдения указанных принципов в учебном процессе) были опубликованы в статье «Проектирование и организация исследовательской деятельности учащихся в учебном процессе» [16]. В качестве важного результата проведенной работы представлены алгоритм деятельности преподавателей и обобщенная модель урока ученического исследования.

Для реализации предложенных принципов, носящих нормативный характер, преподаватель нуждается в конструктивном методическом аппарате, в качестве которого нами разработан алгоритм конструктивной деятельности учителя, включающий следующие этапы:

- анализ научных основ предметного содержания изучаемого материала и определение перспектив формирования исследовательских умений;

- выделение исследовательских умений, развиваемых на данном предметном содержании;

- определение возможной (максимальной) степени самостоятельности учащихся при выполнении проектируемой исследовательской деятельности;

- определение цели урока, соединяющей обязательное усвоение научных основ предмета с формированием и развитием в этом процессе исследовательских умений учащихся;

- проектирование методической основы урока путем обоснованного выбора способов обучения, позволяющих реализовать исследовательскую деятельность

учащихся на отобранном содержании. Метод (способ достижения цели) и его выбор определяется соотношением содержания обучения и цели обучения;

- выбор форм организации обучения учащихся для построения исследовательской деятельности на каждом этапе урока при их логичном чередовании и сочетании;

- для каждого этапа урока и решения конкретных методических задач целесообразно подобрать средства обучения (лабораторный и демонстрационный эксперимент, последовательность задач и заданий и др.), реализующие выбранный метод обучения и обеспечивающие запланированный уровень исследовательской деятельности;

- диагностика уровней сформированности исследовательских умений и внесение корректив в учебный процесс на ее основе.

Подчеркнем принципиальную важность вынесения на первое место способности к анализу научных основ изучаемого содержания. Мировой опыт убедительно доказывает значимость предметной, научной компетентности учителя. Начиная с работ Л. Шульмана, принято выделять:

- general pedagogical knowledge (GPK) – общие педагогические знания, общую педагогическую компетентность;

- content knowledge (СК) – знание научных основ преподаваемого предмета, предметную компетентность;

- teachers' pedagogical content knowledge (PCK) – в свободном переводе на русский язык «знания о способах преподавания предмета или методическую компетентность преподавателя» [20].

Мы склонны отождествлять термин pedagogical content knowledge именно с методической компетентностью преподавателя. В настоящее время общепринято, что именно эта категория отличает содержание знаний и умений специалиста-учителя, описывает уникальную интеграцию знаний учителями содержания изучаемого предмета и их общих педагогических знаний, определяет «... умения логически обоснованно конструировать и реализовывать учебный процесс для

конкретной дидактической ситуации с учетом психологических механизмов усвоения» [21, с. 1305]. РСК охватывает способность учителей адаптировать содержание тем и вопросов учебного предмета, делая их пригодными для усвоения группами учащихся с различными способностями, интересами, а также способность и умение преподавателя представить темы предмета в удобном для усвоения виде [22].

Поэтому для преподавателя, желающего развивать исследовательское обучение, так важен компонент предметных, научных знаний и умений (СК), образующий фундамент обучающей и развивающей функций преподавателя. Актуальность этой проблемы считаем нужным подчеркнуть в связи с эмпирически доказанным влиянием предметной подготовленности учителя на уровень учебных достижений учащихся [23; 24]. Вывод всех этих исследований однозначен: только учителя с высокой степенью предметной и научной подготовки способны заниматься реализацией педагогических инновационных задач, не снижая реального уровня успешности учебного процесса.

Уточним, что значит «провести анализ содержания изучаемого материала». Для физики как для учебного предмета, наиболее близкой в своем содержании к копиям соответствующих научных теорий, в структуре учебного содержания можно выделить основание, ядро и следствия. В зависимости от положения содержания урока в этой структуре определяется степень возможных самостоятельных исследовательских действий учащихся и ведущие методы обучения.

Мы отделяем исследовательское обучение, которое может осуществляться в зависимости от содержания учебного материала, различными методами (табл. 1), от собственно исследовательских методов обучения (по М. Н. Скаткину), которые подразумевают организацию познавательной деятельности на самом высоком творческом уровне усвоения содержания

и самую высокую степень самостоятельности учащихся: «сущность исследовательского метода следует определить как способ организации поисковой, творческой деятельности учащихся по решению новых для них проблем»<sup>3</sup>.

При изучении содержания, относящегося к ядру теории, полноценная исследовательская деятельность на уроке невозможна. Это объясняется отсутствием у учащихся содержательного компонента основы. Однако следует отметить, что многие сторонники так называемых конструктивистских теорий обучения именно индуктивный этап самостоятельного открытия эмпирических связей и соотношений, обобщаемых далее в законы, считают в наибольшей степени соответствующим логике учебного процесса [24]. На основании нашего опыта работы мы придерживаемся иного взгляда. Можно требовать от учащихся, чтобы они самостоятельно открыли законы Ома, правило Ленца, но на это необходимо много времени и неизбежного детального руководства учителя. На данном этапе целесообразно применять проблемный, объяснительно-иллюстративный методы с включением элементов исследовательской деятельности.

После изучения основ теории (при использовании изученных законов), учитель может применять такие методы обучения, которые допускают высокую степень самостоятельности (эвристический, исследовательский), поэтому на этом этапе возможен полноценный цикл исследовательской деятельности учащихся в ходе обучения физике.

Правильно определенное содержание обучения позволяет установить степень самостоятельности учащихся при его освоении, сопоставить с уровнем организуемой на уроке исследовательской деятельности и выбрать формы и методы обучения, что представлено в таблице 1 в качестве обобщенной модели при организации исследовательского обучения физике.

<sup>3</sup> Дидактика средней школы: Некоторые проблемы современной дидактики : учеб. пособие / под ред. М. Н. Скаткина. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Просвещение, 1982. С. 203.



Т а б л и ц а 1. Модель организации исследовательского обучения физике  
 T a b l e 1. Model for designing inquiry-based learning of physics

Содержание и цели обучения / Course content and learning goals	Этапы учебного исследования / Stages of Research	Под руководством учителя / Led by teacher	Самостоятельно / Individual	Метод обучения / Learning method
1. Переход в новую понятийную область / Shifting to a new conceptual field	Постановка исследовательской задачи / Setting the research task	+		Проблемный / Problem-Based
	Выдвижение гипотез / Making hypotheses	+		
	Планирование решения задачи / Designing the problem solving	+		
	Реализация разработанного плана / Implementing the designed plan		+	
2. Получение эмпирических законов, применение теории / Acquiring empirical laws, applying the theory	Постановка исследовательской задачи / Setting the research task	+		Эвристический / Heuristic
	Выдвижение гипотез / Making hypotheses	+		
	Планирование решения задачи / Designing the problem solving		+	
	Реализация разработанного плана / Implementing the designed plan		+	
3. Формирование новых способов деятельности, применение теории / Forming new ways of acting, applying the theory	Постановка исследовательской задачи / Setting the research task	+		Исследовательский / Inquiry-Based
	Выдвижение гипотез / Making hypotheses		+	
	Планирование решения задачи / Designing the problem solving		+	
	Реализация разработанного плана / Implementing the designed plan		+	
4. Перенос знаний и умений в новую ситуацию / Shifting the knowledge and skills to a new situation	Постановка исследовательской задачи / Setting the research task		+	Исследовательский / Inquiry-Based
	Выдвижение гипотез / Making hypotheses		+	
	Планирование решения задачи / Designing the problem solving		+	
	Реализация разработанного плана / Implementing the designed plan		+	
	Анализ и оценка результатов, построение обобщений / Analysing and evaluating results, making generalisation	+		

Для IBL X. Банки и Р. Беллом были выделены четыре уровня исследовательского обучения [25]:

– confirmation inquiry: обучение студентов (учеников) соблюдению процедур, сбору и регистрации данных, а также подтверждению и углублению понимания изучаемого материала;

– structured inquiry: учитель формулирует вопрос и задает схему процедуры, ученики должны предложить объяснения своих результатов путем оценки и анализа собираемых ими данных;

– guided inquiry: учитель формулирует исследовательский вопрос, ученики разрабатывают план исследования, во-

площают его и сообщают о результатах исследования, делают итоговые выводы;

– open/true inquiry: ученики самостоятельно формулируют свои собственные исследовательские вопросы, разрабатывают и осуществляют процедуру, получают результаты и делают выводы.

Таким образом, выделенные нами уровни и уровни, предложенные Х. Банки и Р. Беллом, совпадают в степени самостоятельности учащихся, которая возрастает от первого уровня (минимальная степень самостоятельности, максимальная руководящая роль учителя) к четвертому (максимальная степень самостоятельности, открытое исследование). Однако существует и отличие: мы считаем, что в условиях урока построение обобщений и формулировка итоговых выводов происходит совместно с учителем, под его руководством. Однако мы полностью согласны с разработчиками IBL в том, что самый высокий уровень (открытое исследование) может быть эффективным только в случае, «если студенты мотивированы внутренними интересами, и если они обладают навыками, необходимыми для проведения собственного исследования» [25].

Разработанная модель исследовательского обучения в системе уроков физики была реализована в 15 школах г. Нижнего Новгорода. Предварительно на базе физического факультета ННГУ была организована подготовка учителей физики к реализации предложенной модели. Экспериментальная работа по реализации исследовательского обучения на уроках физики продолжается уже 10 лет, в течение которых учителя физики получают непрерывное методическое сопровождение со стороны ученых, специалистов, оказывающих постоянную методическую, методологическую, психологическую поддержку.

Разработанная модель позволила определить содержательные и процессуальные аспекты подготовки учителя к реализации исследовательского обучения. Ранее нами определено содержание подготовки учителя физики к организации учебно-исследовательской деятельности в учебном процессе путем

конкретизации структуры профессиональной компетентности по каждой ее составляющей, а также методика подготовки [26]. Психолого-педагогическими условиями организации подготовки учителей является системность, непрерывность, взаимосвязь теоретической подготовки и практической деятельности.

Покажем влияние разработанной нами модели организации исследовательского обучения на уровень сформированности основных исследовательских умений учащихся, поскольку в этом состоит конечная цель нашей деятельности. В современной психолого-педагогической литературе под исследовательскими умениями понимают способность к действиям, необходимым для выполнения исследовательской деятельности. В настоящей работе мы приведем результаты, касающиеся собственно исследовательских экспериментальных умений учащихся как основного компонента требуемых стандартом новых видов деятельности. В связи с этим были проанализированы результаты выполнения экспериментальных исследовательских заданий учащимися 7–9 классов, чьи учителя прошли систематическую подготовку и реализуют предложенную методику исследовательского обучения. Для сравнения результатов был проведен анализ сформированности исследовательских умений выпускников школ, обучавшихся по традиционной методике и ставших студентами первого курса физического факультета. Всего в тестировании приняли участие 194 учащихся 7-х классов, 159 – 8-х, 251 – 9-х классов, обученных по экспериментальной методике, и 84 выпускника средних школ (контрольная группа). Проверялись следующие умения, составляющие основные этапы завершеного ученического экспериментального исследования:

1) определять и точно формулировать цель предстоящей работы;

2) строить математическую модель исследования (определять формулу для определения искомой величины в данной работе / вид зависимости одних величин от других);





3) планировать эксперимент (определять последовательность измерений, количество измерений, интервалы и др.);

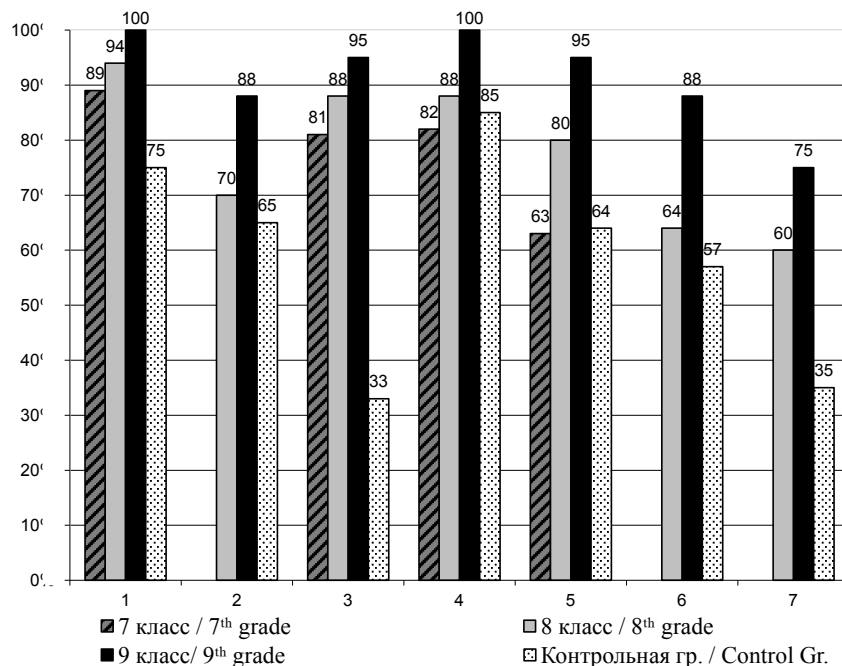
4) отбирать оборудование для осуществления экспериментальной деятельности;

5) определять цену деления шкалы и снимать показания измерительного прибора;

6) определять погрешности прямых измерений;

7) анализировать полученный результат, делать выводы, обобщения, формулировать полученное новое физическое знание.

Итоги эксперимента представлены на рис. 1.



Р и с. 1. Результаты выполнения экспериментального исследовательского задания, %

F i g. 1. Results of high school students' completing an experimental research task (percentage of students who showed the corresponding skills), %

Примечание: цифры по горизонтальной оси от 1 до 7 соответствуют описанным выше умениям, по вертикальной оси – процент учащихся, овладевших соответствующим умением.

Note: the numbers on the horizontal axis from 1 to 7 correspond to the skills described above, the numbers on the vertical axis indicate the percentage of students who mastered the corresponding skill.

Сравнивая результаты учащихся 7–9 классов и студентов первого курса, нужно иметь в виду, что уровень сложности заданий растет, оставаясь адекватным содержанию обучения и возрасту, что позволяет сопоставлять результаты разных групп учащихся. Поэтому считаем допустимым сравнение результатов выполнения учащимися различных возрастных групп одних и тех же этапов исследовательских заданий. Фактически оценивалась и сравнивалась мера выполнения учащимися нормативных требований

для каждой возрастной группы в части исследовательских умений. У учащихся 7 классов не оценивались некоторые умения (определять цель исследования, рассчитывать погрешности, формулировать выводы), так как эти стадии они выполняют с помощью учителя.

Статистический анализ различий между результатами сформированности основных исследовательских умений контрольной и экспериментальной групп проводился по критерию углового преобразования Фишера ( $\phi^*$ )<sup>4</sup> (табл. 2).

<sup>4</sup> Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологии. СПб. : Речь, 2003.



Т а б л и ц а 2. Результаты педагогического эксперимента по критерию  $\varphi^*$   
 T a b l e 2. Results of the Pedagogical Experiment ( $\varphi^*$ -Test)

Исследуемые умения / Evaluated skills	Сравниваемые группы учащихся / Student groups compared			
	7–8 классы / 7–8 grade	8–9 классы / 8–9 grade	9 класс – I курс / 9 grade – 1 <sup>st</sup> year college students	7(8) класс – I курс / 7 (8) grade – 1 <sup>st</sup> year university students
Определять цену деления шкалы и снимать показания измерительного прибора / Defining the scale division value for measurement tools, taking the values and reading the scale	3,51	4,63	<b>-6,63</b>	-0,15
Отбирать оборудование для осуществления экспериментальной деятельности / Selecting the equipment for the experimental work	1,57	6,93	<b>-6,31</b>	-0,61
Определять и точно формулировать цель предстоящей работы / Setting the goal of work precisely	1,68	4,87	<b>-8,30</b>	<b>-2,84</b>
Анализировать полученный результат, делать выводы, обобщения, формулировать полученное новое физическое знание / Analysing the results, drawing a conclusion, making generalisation, wording the new knowledge	–	2,15	<b>-6,57</b>	<b>-6,14</b>

При качественном анализе полученных результатов следует обратить внимание на следующие моменты: выявлены очень низкие показатели наиболее сложных элементов исследовательской деятельности для учащихся 7 класса контрольной группы и студентов I курсов – планировать эксперимент и анализировать полученный результат, делать выводы.

При вычислении критерия  $\varphi^*$  происходит преобразование «сырых» данных  $P$ , выраженных в процентах на рисунке 1, в угловую величину  $\varphi$ :

$$\varphi = 2 \arcsin(\sqrt{P}) .$$

Далее для двух значений  $P$  вычисляются  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  и формируется значение критерия  $\varphi^*$  в таблице 2:

$$\varphi^* = (\varphi_1 - \varphi_2) \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}},$$

где  $n_1$  и  $n_2$  – объемы соответствующих выборок.

Мы привели алгоритм расчета для того, чтобы пояснить, что знак числа критерия  $\varphi^*$  в таблице 2 показывает направление сдвига: возрастание уровня сформированности признака при положительном числе и снижение уровня сформированности при отрицательном.

Критическое значение параметра  $\varphi^*$  для уровня достоверности  $p \leq 0,05$  равно 1,64. При  $\varphi^* < \varphi_{кр}^*$  констатируем отсутствие статистически достоверного различия в уровне сформированности признаков. Превышение критического значения говорит о статистически достоверном сдвиге в исследуемом признаке.

Сравнение полученных значений критерия  $\varphi^*$  в части уровней исследовательских умений студентов – выпускников массовых школ, составивших контрольную группу, и учащихся 7 и 9 классов экспериментальной группы (на типичном для каждого уровня обучения содержании учебного материала и требуемых умениях) дает неожиданные результаты. Мы не только не можем зафиксиро-



вать рост требуемых умений (выделено в таблице курсивом), но для ряда качеств у студентов наблюдается заметное падение их уровня (выделено полужирным шрифтом). Причем чем сложнее умение, тем хуже выглядят наши первокурсники по сравнению с семиклассниками. Это следует связать с тем, что ранее обе группы учащихся не вовлекались преподавателями в реальную исследовательскую, экспериментальную работу. Если для учащихся 7 классов это допустимо, то результат первокурсников свидетельствует об игнорировании учителями массовых школ требований стандартов обучения в части развития исследовательских умений.

Влияние разработанного нами методического инструментария на успешность формирования исследовательских умений выявляется при сравнении результатов экспериментальных групп по мере их продвижения от 7 к 9 классу. Обучение на основе разработанной нами модели приводит к статистически достоверному возрастанию уровня сформированности исследовательских умений от 7 к 9 классу. В 9 классе практически все обучаемые вышли на требуемый стандартом уровень владения основными экспериментальными исследовательскими умениями. Поэтому можно утверждать, что разработанная теория организации исследовательского обучения и ее реализация учителями позволила сформировать умения и навыки исследовательской деятельности учащихся, превышающие результаты выпускников средней школы.

#### **Обсуждение и заключения**

Проведенное исследование позволило установить, что современный уровень обучения физике в средней школе не позволяет сформировать к началу обучения в вузе достаточный уровень исследовательских умений учащихся. Это существенно ограничивает возможности применения активных методов и форм профессиональной подготовки. Проведенный педагогический эксперимент показал, что без специально

организованной учебной деятельности по формированию исследовательских умений в школе студенты первых курсов недостаточно подготовлены к получению высшего профессионального образования. Одна из причин такого положения – выявленное нами отсутствие теории организации исследовательского обучения в школе, которое ведет за собой недостаточную компетентность преподавателей школ для решения этой новой методической задачи. Поэтому для полноценной реализации требований ФГОС и успешного обучения выпускников школы в вузе потребовалась разработка и реализация учителями новых методических инструментов, в частности теории организации исследовательского обучения в школе. Подобная теория представлена в методической литературе впервые; основное ее содержание описано в данной работе.

Предложенные в статье алгоритм и модель конструирования урока исследовательского обучения также впервые представлены в методической литературе и ориентированы на самостоятельное конструирование учителями уроков физики в соответствии с содержанием и целями конкретных уроков физики. В этом состоит важное практическое значение результатов проведенного исследования.

Как показали результаты эксперимента, реализация разработанной нами модели исследовательского обучения в системе уроков физики позволяет в условиях российской школы сформировать необходимый уровень профессиональной компетентности преподавателей, что влечет за собой и достаточный уровень исследовательских умений учащихся, необходимый для получения высшего профессионального образования. Таким образом, достигается выполнение целей среднего образования, заявленных во ФГОС, и обеспечивается деятельность основа обучения студентов в вузе.

В дальнейшей работе по проблеме исследования предполагается более широкое использование результатов нашей

работы в практике преподавания, в частности разработка подробных методических рекомендаций для учителей физики по реализации исследовательского обучения отдельных разделов физики с учетом возрастных особенностей учащихся.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Особенности подготовки студентов национальных исследовательских университетов к инновационной инженерной деятельности / Н. И. Наумкин [и др.] // Интеграция образования. 2013. № 4. С. 4–14. URL: <http://edumag.mrsu.ru/content/pdf/13-4.pdf> (дата обращения: 10.03.2017).
2. *Kansanen P.* Didactics and its relations to educational psychology: problems in translating a key concept across research communities // *International Review of Education*. 2002. Vol. 48, no. 6. Pp. 427–441.
3. *Zierer K., Seel N. M.* General didactics and instructional design: eyes like twins. A transatlantic dialogue about similarities and differences, about the past and the future of two sciences of learning and teaching // *SpringerPlus*. 2012. No. 1. P. 15. DOI: 10.1186/2193-1801-1-15
4. *Савенков А. И.* Диагностика способностей школьников к исследованию и проектированию как педагогическая задача // *Вестник Московского городского педагогического университета. Сер.: Педагогика и психология*. 2015. № 3 (33). С. 76–82. URL: [https://mgpu.ru/uploads/adv\\_documents/2843/1485949425-VestnikPedagogikaIpsihologiya3\(33\)2015.Pdf](https://mgpu.ru/uploads/adv_documents/2843/1485949425-VestnikPedagogikaIpsihologiya3(33)2015.Pdf) (дата обращения: 14.03.2017).
5. *Обухов А. С., Магомедова Н. Г.* Особенности исследовательского метода обучения как фактора становления субъектности ученика и учителя // *Вестник Дагестанского государственного университета. Сер. 2: Гуманитарные науки*. 2015. № 4. С. 199–204. URL: <https://e.lanbook.com/reader/journalArticle/227826/#1> (дата обращения: 14.03.2017).
6. *Поддьяков А. Н.* Развитие интеллекта и креативности детей // *Вопросы психологии*. 2011. № 2. С. 158–160. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=18867712> (дата обращения 14.03.2017).
7. *Voet M., De Wever B.* History teachers' conceptions of inquiry-based learning, beliefs about the nature of history, and their relation to the classroom context // *Teaching and Teacher Education*. 2016. Vol. 55. Pp. 57–67. DOI: 10.1016/j.tate.2015.12.008
8. Developing students' critical thinking, problem solving, and analysis skills in an inquiry-based synthetic organic laboratory course / M. G. Weaver [et al.] // *Journal of Chemical Education*. 2016. Vol. 93, no. 5. Pp. 847–851. DOI: 10.1021/acs.jchemed.5b00678
9. *Хлебосолова О. А.* Навыки XXI века и школьная география // *География в школе*. 2016. № 4. С. 34–38. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=27222479> (дата обращения: 14.03.2017).
10. *Еремеева Е. В.* Психолого-педагогические особенности младших школьников и их учет при организации учебно-исследовательской деятельности с целью формирования метапредметных компетенций // *Мир науки*. 2016. Т. 4, № 5. С. 38. URL: <https://mir-nauki.com/PDF/38PDMN516.pdf> (дата обращения: 14.03.2017).
11. *Peltekova E. V., Stefanova E. P.* Ориентированное на вопросы обучение “вне” класса с использованием устройств виртуальной реальности // *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. 2016. Т. 12, № 3-2. С. 112–116. URL: <http://sitito.cs.msu.ru/index.php/SITITO/article/view/125> (дата обращения: 14.03.2017).
12. *Мактрова Г. В.* Дидактические принципы развития исследовательского потенциала школьников // *Вестник Саратовского областного института развития образования*. 2015. № 1. С. 67–75. URL: [http://soiro.ru/sites/default/files/vestnik\\_oglavlenie\\_1.pdf](http://soiro.ru/sites/default/files/vestnik_oglavlenie_1.pdf) (дата обращения: 14.03.2017).
13. *Ефимова Т. М.* Формирование исследовательских умений у учащихся на уроках биологии с включением биологического эксперимента // *Педагогическое образование и наука*. 2015. № 1. С. 20–23. URL: [http://www.manpo.ru/manpo/publications/ped\\_obraz/n2015\\_01.pdf](http://www.manpo.ru/manpo/publications/ped_obraz/n2015_01.pdf) (дата обращения: 14.03.2017).
14. *Ивлев В. И., Силаев П. Б., Сырцова С. В.* Проектирование основ образовательной программы для естественно-технического лицея // *Интеграция образования*. 2014. № 3. С. 58–64. DOI: 10.15507/Inted.076.018.201403.058
15. *Sadaghiani H. R.* Physics by inquiry: Addressing student learning and attitude // *Physics Education Research Conference. Part of the PER Conference series Edmonton, Canada (July 23–24)*. 2008. Vol. 1064. Pp. 191–194. DOI: 10.1063/1.3021251
16. *Лебедева О. В., Гребнев И. В.* Проектирование и организация исследовательской деятельности учащихся в учебном процессе // *Педагогика*. 2013. № 8. С. 52–58. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=20879331> (дата обращения: 14.03.2017).



17. Гребенев И. В., Лебедева О. В. Реализация требований ФГОС и методическое мастерство учителя // Педагогика. 2016. № 6. С. 72–79. URL: <http://pedagogika-rao.ru/journals/2016/08> (дата обращения: 14.03.2017).
18. Avalos B. Teacher professional development in teaching and teacher education over ten years // Teaching and Teacher Education. 2011. Vol. 27, issue 1. Pp. 10–20. DOI: 10.1016/j.tate.2010.08.007
19. Cochran-Smith M. Studying teacher education: What we know and need to know // Journal of Teacher Education. 2005. Vol. 56. Pp. 301–306. URL: <https://www.questia.com/library/journal/1G1-135842426> (дата обращения: 14.03.2017).
20. Shulman L. Those who understand: Knowledge growth in teaching // Educational Researcher. 1986. Vol. 15, no. 2. Pp. 4–14. URL: [http://www.fisica.uniud.it/URDF/masterDidSciUD/materiali/pdf/Shulman\\_1986.pdf](http://www.fisica.uniud.it/URDF/masterDidSciUD/materiali/pdf/Shulman_1986.pdf) (дата обращения: 14.03.2017).
21. Nilsson P. Teaching for understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in preservice education // International Journal of Science Education. 2008. Vol. 30, issue 10. Pp. 1301–1320. DOI: 10.1080/09500690802186993
22. Kind V. Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress // Studies in Science Education. 2009. Vol. 45, issue 2. Pp. 169–204. DOI: 10.1080/03057260903142285
23. The influence of teachers' knowledge on student learning in middle school physical science classrooms / P. M. Sadler [et al.] // American Educational Research Journal. 2013. Vol. 50, no. 5. Pp. 1020–1049. DOI: 10.3102/0002831213477680
24. Darling-Hammond L. Teacher learning. That supports student learning: What teachers need to know // Educational Leadership. 1998. Vol. 55, no. 5. Pp. 6–11. URL: <http://www.ascd.org/publications/educational-leadership/feb98/vol55/num05/Teacher-Learning-That-Supports-Student-Learning.aspx> (дата обращения: 14.03.2017).
25. Banchi H., Bell R. The many levels of inquiry // Science and Children. 2008. Vol. 46, no. 2. Pp. 26–29. URL: <https://engage.intel.com/docs/DOC-30979> (дата обращения: 14.03.2017).
26. Лебедева О. В., Гребенев И. В. Профессиональная подготовка учителя к реализации исследовательского обучения в школе // Педагогика. 2015. № 4. С. 51–58. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23648688> (дата обращения: 14.03.2017).

Поступила 07.04.2017; принята к публикации 25.05.2017; опубликована онлайн 29.12.2017.

*Об авторах:*

**Лебедева Ольга Васильевна**, доцент кафедры кристаллографии и экспериментальной физики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (603950, Россия, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23), кандидат педагогических наук, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6535-5636>**, [lebedeva@phys.unn.ru](mailto:lebedeva@phys.unn.ru)

**Гребенев Игорь Васильевич**, профессор кафедры кристаллографии и экспериментальной физики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (603950, Россия, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23), доктор педагогических наук, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2900-6364>**, [grebenev@phys.unn.ru](mailto:grebenev@phys.unn.ru)

**Морозова Екатерина Олеговна**, ассистент департамента физики Университета штата Индиана, (47405, США, г. Блумингтон, Третья западная ул., д. 727Е), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9131-7756>**, [emorozova@umail.iu.edu](mailto:emorozova@umail.iu.edu)

*Заявленный вклад авторов:*

Лебедева Ольга Васильевна – разработка теории исследовательского обучения и методических рекомендаций; подготовка учителей к реализации разработанной методики исследовательского обучения; проведение формирующего педагогического эксперимента.

Гребенев Игорь Васильевич – общее теоретическое руководство исследованием; анализ литературы по проблеме исследования; обработка результатов эксперимента.

Морозова Екатерина Олеговна – анализ иностранной литературы и практики преподавания; составление обзора.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

REFERENCES

1. Naumkin N.I., Grosheva E.P., Shekshayeva N.N., Kupryashkin V.F. Special aspects of training the students of national research universities in innovative engineering activities. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2013; 4:4-14. URL: <http://edumag.mrsu.ru/content/pdf/13-4.pdf> (accessed 10.03.2017). (In Russ.)
2. Kansanen P. Didactics and its relations to educational psychology: problems in translating a key concept across research communities. *International Review of Education*. 2002; 48(6):427-441.
3. Zierer K., Seel N.M. General didactics and instructional design: eyes like twins. A transatlantic dialogue about similarities and differences, about the past and the future of two sciences of learning and teaching. *SpringerPlus*. 2012; 1:15. DOI: 10.1186/2193-1801-1-15
4. Savenkov A.I. Diagnosis of students' abilities to research and design as a pedagogical task. *Vestnik Moskovskogo gorodskogo pedagogicheskogo universiteta: Pedagogika i psikhologiya* = Moscow City Pedagogical University Bulletin: Pedagogy and Psychology. 2015; 3(33):76-82. Available at: [https://mgpu.ru/uploads/adv\\_documents/2843/1485949425-VestnikPedagogikaIPsihologiya3\(33\)2015.Pdf](https://mgpu.ru/uploads/adv_documents/2843/1485949425-VestnikPedagogikaIPsihologiya3(33)2015.Pdf) (accessed 14.03.2017). (In Russ.)
5. Obukhov A.S., Magomedova N.G. The peculiarities of the research method of education as a factor of teacher's and the student's subjectivisation. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta: Gumanitarnyye nauki* = Bulletin of Dagestan State University: Humanities. 2015; 4:199-204. Available at: <https://e.lanbook.com/reader/journalArticle/227826/#1> (accessed 14.03.2017). (In Russ.)
6. Poddyakov A.N. Development of intelligence and creativity of children. *Voprosy psikhologii* = Issues of Psychology. 2011; 2:158-160. Available at: <http://elibrary.ru/item.asp?id=18867712> (accessed 14.03.2017). (In Russ.)
7. Voet M., De Wever B. History teachers' conceptions of inquiry-based learning, beliefs about the nature of history, and their relation to the classroom context. *Teaching and Teacher Education*. 2016; 55:57-67. DOI: 10.1016/j.tate.2015.12.008
8. Weaver M.G., Samoshin A.V., Lewis R.B., Gainer M.J. Developing students' critical thinking, problem solving, and analysis skills in an inquiry-based synthetic organic laboratory course. *Journal of Chemical Education*. 2016; 93(5):847-851. DOI: 10.1021/acs.jchemed.5b00678
9. Khlebosolova O.A. The skills of the 21<sup>st</sup> century and school geography. *Geografiya v shkole* = Geography in School. 2016; 4:34-38. Available at: <http://elibrary.ru/item.asp?id=27222479> (accessed 14.03.2017). (In Russ.)
10. Ereemeeva E.V. Psychological and didactic features of primary school students while organizing inquiry-based teaching and learning process aimed at forming meta-subject competencies. *Mir nauki* = World of Science. 2016; 4(5):38. Available at: <https://mir-nauki.com/PDF/38PDMN516.pdf> (accessed 14.03.2017). (In Russ.)
11. Peltekova E.V., Stefanova E.P. Inquiry-based learning "outside" the classroom with virtual reality devices. *Sovremennye informatsionnye tekhnologii i IT-obrazovaniye* = Modern Information Technologies and IT Education. 2016; 12(3-2):112-116. Available at: <http://sitito.cs.msu.ru/index.php/SITITO/article/view/125> (accessed 14.03.2017). (In Russ.)
12. Makotrova G.V. Didactic principles of schoolchildren's research potential development. *Vestnik Saratovskogo oblastnogo instituta razvitiya obrazovaniya* = Saratov Regional Institute of Education Development Bulletin. 2015; 1:67-75. Available at: [http://soiro.ru/sites/default/files/vestnik\\_oglavlenie\\_1.pdf](http://soiro.ru/sites/default/files/vestnik_oglavlenie_1.pdf) (accessed 14.03.2017). (In Russ.)
13. Efimova T.M. Formation by pupils of the research skills at lessons in biology with inclusion of a biological experiment. *Pedagogicheskoye obrazovaniye i nauka* = Pedagogical Education and Science. 2015; 1:20-23. Available at: [http://www.manpo.ru/manpo/publications/ped\\_obraz/n2015\\_01.pdf](http://www.manpo.ru/manpo/publications/ped_obraz/n2015_01.pdf) (accessed 14.03.2017). (In Russ.)
14. Ivlev V.I., Silayev P.B., Syrtsova S.V. Designing fundamentals of educational programme at a natural science technical high school. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2014; 3:58-64. DOI: 10.15507/Inted.076.018.201403.058
15. Sadaghiani H.R. Physics by inquiry: Addressing student learning and attitude. *Physics Education Research Conference. Part of the PER Conference series Edmonton, Canada (July 23-24)*. 2008; 1064:191-194. DOI: 10.1063/1.3021251
16. Lebedeva O.V., Grebenev I.V. The design and organisation of the students' research activities in the learning process. *Pedagogika* = Pedagogy. 2013; 8:52-58. Available at: <http://elibrary.ru/item.asp?id=20879331> (accessed 14.03.2017). (In Russ.)



17. Grebenev I.V., Lebedeva O.V. Implementation of FGOS requirements and methodical skill of a teacher. *Pedagogika = Pedagogy*. 2016; 6:72-79. Available at: <http://pedagogika-rao.ru/journals/2016/08> (accessed 14.03.2017). (In Russ.)
18. Avalos B. Teacher professional development in teaching and teacher education over ten years. *Teaching and Teacher Education*. 2011; 27(1):10-20. DOI: 10.1016/j.tate.2010.08.007
19. Cochran-Smith M. Studying teacher education: What we know and need to know. *Journal of Teacher Education*. 2005; 56:301-306. Available at: <https://www.questia.com/library/journal/1G1-135842426> (accessed 14.03.2017). (In Russ.)
20. Shulman L. Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*. 1986; 15(2):4-14. Available at: [http://www.fisica.uniud.it/URDF/masterDidSciUD/materiali/pdf/Shulman\\_1986.pdf](http://www.fisica.uniud.it/URDF/masterDidSciUD/materiali/pdf/Shulman_1986.pdf) (accessed 14.03.2017).
21. Nilsson P. Teaching for understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in preservice education. *International Journal of Science Education*. 2008; 30(10):1301-1320. DOI: 10.1080/09500690802186993
22. Kind V. Pedagogical content knowledge in science education: Perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*. 2009; 45(2):169-204. DOI: 10.1080/03057260903142285
23. Sadler P.M., Sonnert G., Coyle H.P., Cook-Smith N., Miller J.L. The influence of teachers' knowledge on student learning in middle school physical science classrooms. *American Educational Research Journal*. 2013; 50(5):1020-1049. DOI: 10.3102/0002831213477680
24. Darling-Hammond L. Teacher learning. That supports student learning: What teachers need to know. *Educational Leadership*. 1998; 55(5):6-11. Available at: <http://www.ascd.org/publications/educational-leadership/feb98/vol55/num05/Teacher-Learning-That-Supports-Student-Learning.aspx> (accessed 14.03.2017).
25. Banchi H., Bell R. The many levels of inquiry. *Science and Children*. 2008; 46(2):26-29. Available at: <https://engage.intel.com/docs/DOC-30979> (accessed 14.03.2017).
26. Lebedeva O.V., Grebenev I.V. Vocational training of the teacher to realization of research tutoring at school. *Pedagogika = Pedagogy*. 2015; 4:51-58 Available at: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23648688> (accessed 14.03.2017). (In Russ.)

Submitted 07.04.2017; revised 25.05.2017; published online 29.12.2017.

*About the authors:*

**Olga V. Lebedeva**, Associate Professor, Chair of Crystallography and Experimental Physics, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (23 Prospekt Gagarina, Nizhny Novgorod 603950, Russia), Ph.D. (Pedagogy), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6535-5636>**, [lebedeva@phys.unn.ru](mailto:lebedeva@phys.unn.ru)

**Igor V. Grebenev**, Professor, Chair of Crystallography and Experimental Physics, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (23 Prospekt Gagarina, Nizhny Novgorod 603950, Russia), Dr.Sci. (Pedagogy), **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2900-6364>**, [grebenev@phys.unn.ru](mailto:grebenev@phys.unn.ru)

**Ekaterina O. Morozova**, PhD candidate, Department of Physics, Indiana University (727E. Third St., Bloomington 47405, USA), [emorozova@uemail.iu.edu](mailto:emorozova@uemail.iu.edu)

*Contribution of the authors:*

Olga V. Lebedeva – developed the theory of inquiry-based learning for Russian schooling system and created methodological guidelines for school teachers; instructed teachers on how to implement the developed inquiry-based teaching practices and held the formative pedagogical experiment.

Igor V. Grebenev – performed the general theoretical guidance; analyzed the literature on the research problem; processed the results of the experiment.

Ekaterina O. Morozova – compiled the review analysing the relevant literature and teaching practices.

*All authors have read and approved the final manuscript.*