

На правах рукописи

Рыжиков Сергей Борисович

**РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
СПОСОБНОСТЕЙ ОДАРЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ
ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ**

Специальность – 13.00.02 – Теория и методика
обучения и воспитания (физика)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора педагогических наук

Москва – 2014

Работа выполнена на кафедре теории и методики обучения физике
факультета физики и информационных технологий
ФГБОУ ВПО «Московский педагогический государственный университет»

Научный консультант: доктор педагогических наук, профессор
Смирнов Александр Викторович

Официальные оппоненты: **Шомполов Игорь Григорьевич**,
доктор педагогических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Московский физико-технический институт (государственный университет)»,
Межвузовский центр воспитания и развития
талантливой молодежи в области естественно-
математических наук «Физтех-центр», директор
центра

Иродова Ирина Алексеевна,
доктор педагогических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Ярославский государственный
педагогический университет имени К.Д. Ушинского», кафедра Физики и информационных
технологий, заведующая кафедрой
Бунчук Алексей Васильевич,
доктор физико-математических наук,
ГБОУ СОШ г. Москвы с углубленным изучением
физики и математики № 2007, директор

Ведущая организация: **ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный
университет имени С.А. Есенина»**

Защита состоится 15 декабря 2014 г. в 17-30 на заседании диссертационного
совета Д 212.154.05 при ФГБОУ ВПО «Московский педагогический
государственный университет» по адресу: 119435, Москва, ул. Малая
Пироговская, д. 29, ауд. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО
«Московский педагогический государственный университет» по адресу:
119991, Москва, ул. Малая Пироговская, д. 1, и на официальном сайте
университета по адресу: www.mpgu.edu.

Автореферат разослан «_____» _____ 2014 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Прояненкова Лидия Алексеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы исследования

Происходящее сейчас стремительное развитие науки и техники приводит к возникновению проблем при обучении физике – науке, лежащей в основе развития новых технологий. Все сложнее становится освещать достижения современной науки и техники в процессе обучения школьников. Количество научной информации постоянно растет, а и в без того насыщенный школьный курс физики нельзя постоянно добавлять неограниченный объем нового материала. Кроме того, при обучении физике в школе мало внимания уделяется знакомству с современными методами исследования в физической науке, в частности, широко применяемому компьютерному моделированию на основе численных методов.

Особенно остро эта проблема стоит при обучении школьников, одаренных в области физики. При определении одаренности в соответствии с «Рабочей концепцией одаренности», разработанной группой российских ученых под руководством Д.Б. Богоявленской и В.Д. Шадрикова, будем считать одаренными в области физики детей, которые проявляют повышенный интерес к физике и достигают существенно более высоких результатов при обучении физике по сравнению со сверстниками. Впоследствии они могут получить высшее образование в классических естественнонаучных и технических университетах (МГУ им. М.В. Ломоносова, МФТИ, МИФИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана и др.).

Одаренным школьникам присуща большая познавательная потребность. Школьникам, одаренным в области физики, интересно все, что у них ассоциируется с научно-техническим прогрессом, поэтому недостаток информации о достижениях науки и техники может не позволить сделать им осознанный выбор направления своей будущей профессиональной деятельности.

При обучении одаренных школьников – будущих ученых и инженеров, возникает еще проблема, связанная с тем, что развитие науки и техники идет столь быстро, что полученные школьниками знания о передовом крае науки и техники быстро устаревают, и будущим молодым исследователям придется самостоятельно ориентироваться в окружающем их мире.

Указанные проблемы требуют новых подходов к обучению одаренных школьников. В настоящее время происходит смена образовательной парадигмы – переход от процесса обучения, ориентированного на передачу определенного объема знаний, к направлению, которое можно выразить кратким тезисом «учить учиться». Необходимость такого перехода обсуждалась в многочисленных психолого-педагогических трудах А.О. Карпова, М.В. Кларина, А.В. Леонтовича, А.Н. Поддьякова, А.В. Хуторского и др. Изменения ориентации образовательного процесса нашли отражение в Национальной доктрине образования в Российской Федерации, Государственной программе РФ «Развитие образования на 2013-2020 годы» и в новом Федеральном государственном образовательном

стандарте среднего (полного) общего образования (ФГОС)¹. Как указано в ФГОС: «Методологической основой Стандарта является системно-деятельностный подход, который обеспечивает... формирование готовности обучающихся к саморазвитию и непрерывному образованию; ... активную учебно-познавательную деятельность обучающихся»¹.

Важную роль новый ФГОС среднего образования придает развитию творческих и исследовательских способностей школьников. Так, «портрет выпускника школы» включает «владение основами научных методов познания окружающего мира; мотивированность на творчество и инновационную деятельность...; способность осуществлять учебно-исследовательскую, проектную и информационно-познавательную деятельность...»¹.

Требования к результатам освоения обучающимися основной образовательной программы включают «владение навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности, навыками разрешения проблем; способность и готовность к самостоятельному поиску методов решения практических задач...»¹.

Конкретизируя требования к результатам освоения образовательной программы по физике (углубленный уровень), ФГОС устанавливает, что к результатам обучения относятся: «сформированность умения исследовать и анализировать разнообразные физические явления...; владение умениями выдвигать гипотезы...; проверять их экспериментальными средствами...; владение методами самостоятельного планирования и проведения физических экспериментов...»¹.

Из сказанного следует, что обучение школьников самостоятельному освоению материала, вовлечение их в исследовательскую деятельность является важнейшим направлением обучения школьников.

Следуя работам А.В. Леонтовича, А.И. Савенкова и др., и применяя их к обучению физике, мы будем понимать под исследовательской деятельностью творческую деятельность, инициируемую поисковой активностью, направленную на разрешение нестандартной ситуации – изучение нового объекта (в нашем случае – технического устройства, природного явления и пр.) или решение нетипичной задачи, с использованием конвергентного и дивергентного мышления (в терминологии Дж. Гилфорда). Соответственно, под исследовательскими способностями мы будем понимать способности личности, являющиеся субъективными условиями успешного осуществления исследовательской деятельности.

Таким образом, исследовательские способности можно охарактеризовать степенью проявления поисковой активности и развитием конвергентного и дивергентного мышления. Исследовательские способности проявляются при ов-

¹ Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования. Утвержден приказом Министерства образования и науки РФ 17 мая 2012 г. № 413. <http://минобрнауки.рф/документы/2365>.

ладении способами и приемами, необходимыми в исследовательской деятельности. К ним можно отнести умения видеть проблемы, выдвигать гипотезы, планировать и проводить эксперименты; анализировать полученные данные, готовить презентацию и выступать с докладом.

Учитывая сказанное выше, можно считать, что исследовательские способности не сводятся к умению получать информацию. Кроме оценки стремления и умения получать информацию важно оценивать способности к восприятию и переработке поступающей в ходе исследования информации, а также готовность использовать накопленный в ходе исследовательского поведения опыт при развитии ситуации. Применительно к обучению физике это значит, что исследовательские способности целесообразно определять не потому, каким объемом информации владеет ученик (число выученных законов, математических формул и пр.), а по тому, насколько успешно он применяет свои знания для решения физических задач повышенной сложности (теоретических и экспериментальных).

Проведенные психологами исследования (А.Н. Поддьяков, Д.Б. Богоявленская и др.) показали, что развитие исследовательских способностей требует продуктивных форм обучения: проблемной, частично-поисковой и исследовательской. Применяя предлагаемые в этих работах методы оценки развития исследовательских способностей школьников, обучающихся физике, будем оценивать развитие исследовательских способностей по умению решать физические задачи повышенной сложности, в том числе дивергентного типа, и проводить исследовательские работы углубленного уровня по физике.

Предлагаемые ранее подходы к обучению физике одаренных школьников (О.Ю. Овчинников, И.Г. Шомполов) были в основном посвящены обучению решению задач (теоретических и экспериментальных), в том числе олимпиадных. Однако большинство предлагаемых на олимпиадах задач позволяют развивать, в основном, конвергентное мышление. Указанные авторы не ставили главной задачей развитие исследовательских способностей школьников, и не создавали методик проведения школьниками исследовательских работ углубленного уровня.

С начала 1990-х годов в нашей стране стали проходить конференции (конкурсы) проектно-исследовательских работ школьников: Интел-Авангард (<http://conference-avangard.ru>), Интел-Юниор (<http://junior-fair.org>), Балтийский научно-инженерный конкурс (<http://baltkonkurs.ru>) и др. Организаторы конкурсов тратили много сил для отбора и оценивания представленных работ, лучшие работы публиковались в специальных сборниках. На конференциях проходили встречи с руководителями работ, которым давались практические рекомендации по проведению исследовательских работ. Однако эти рекомендации носили общий характер, систематическая работа по выявлению одаренных детей с последующей организацией их исследовательской деятельности не проводилась, специальная методическая литература,

посвященная методике проведения исследовательских работ, не издавалась.

Проведенные в ходе констатирующего этапа эксперимента опросы учителей показали, что многие учителя, желающие проводить с одаренными учениками исследовательские работы, не занимаются исследовательской деятельностью, в том числе, из-за недостатка учебно-методических материалов по данной проблеме.

Нельзя сказать, что не существует работ, посвященных развитию исследовательских способностей школьников при обучении физике. Этой проблеме посвящены, в том числе диссертации следующих авторов: Альникова Т.В., Байзулаева О.Л., Бледных И.Г., Бойкова А.Е., Кудрова И.А., Плащевая Е.В., Проказова О.Г., Слепцов А.И., Старовиков М.И. и др. Однако уровень рассматриваемых в этих работах задач, как теоретических, так и экспериментальных, почти не отличается от стандартных школьных задач, поэтому предложенные методы не подходят для обучения одаренных школьников, которые обладают высокой познавательной потребностью, и успешность в решении сложных проблем является для них одной из важнейших мотиваций к изучению предмета.

Таким образом, существует необходимость разработки методики привлечения одаренных школьников к исследованию проблем, уровень сложности (и соответственно уровень новизны ожидаемых результатов) которых существенно превышает уровень стандартных школьных задач. Анализ практики привлечения школьников к решению научных задач в научных лабораториях показывает, что зачастую школьники просто выполняют задания в помощь исследователям, не всегда понимая задачи исследования и физические принципы работы используемых приборов. Для развития исследовательских способностей школьников необходимо «провести» их через этапы профессиональных научных исследований (видение проблемы, постановка задачи, выдвижение гипотез, планирование эксперимента, проведение эксперимента (натурного или вычислительного), анализ полученных данных, презентация результатов).

Такие работы предложено назвать *исследовательскими работами углубленного уровня*. Обычно школьники выполняют подобные работы вне основных уроков – на факультативных или элективных занятиях в физико-математических школах, кружках при вузах или учебных центрах, в летних школах и пр.

При проведении со школьниками исследовательских работ углубленного уровня сразу возникают две проблемы: несформированность необходимого математического аппарата (особенно в 7-м классе) и отсутствие опыта работы с современным экспериментальным оборудованием (в том числе ввиду отсутствия такого оборудования в школе). Первая проблема может быть решена обучением школьников, начиная с 7-го класса, компьютерному моделированию на основе численных методов, включающих численное интегрирование (в том числе уравнений движения), численное нахождение экстремумов функций и решение уравнений (в том числе трансцендентных) и расчет статистических

распределений (Максвелла, Больцмана и др.).

В современной науке широко применяется компьютерное моделирование на основе численных методов, но методики применения численных методов, адаптированной к школьному уровню, не существует, в то время, как именно применение этих методов в исследовательской деятельности учащихся способно обеспечить высокий уровень субъективной новизны и успешность выполнения исследовательской работы углубленного уровня.

Вторая проблема может быть решена с помощью цифровых фото- или видеокамер, которые сочетают общедоступность и высокую точность. Несмотря на то, что фото и видео техника достаточно широко применяется в учебном процессе, включая использование видеозадач, методической системы применения цифровых камер в качестве измерительных приборов при выполнении исследовательских работ углубленного уровня создано не было.

Таким образом, анализ литературы, обобщение педагогического опыта и результаты констатирующего исследования позволяют сделать вывод о существовании **противоречий**:

- 1) между требованиями к уровню сформированности исследовательских способностей учащихся, в том числе одаренных в области физики, и невозможностью обеспечить необходимый уровень сформированности этих способностей с помощью существующих методик;
- 2) между целесообразностью реализации системного подхода в решении проблемы развития исследовательских способностей школьников, одаренных в области физики, и недостаточной разработанностью основ такого подхода в педагогической теории;
- 3) между той ролью, которую играют современные методы исследования в физической науке, в частности, широко применяемое компьютерное моделирование на основе численных методов, в организации исследовательской деятельности одаренных школьников и невозможностью эту роль реализовать с применением существующих методик работы с учащимися.

Указанные противоречия обуславливают **актуальность** исследования на тему **«Развитие исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике»**. Проблема исследования состоит в поиске ответа на вопрос, какой должна быть методическая система развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике.

Объект исследования – процесс обучения физике одаренных школьников.

Предмет исследования – методическая система развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике.

Цель исследования – обоснование, разработка и реализация методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике.

Гипотеза исследования формулируется следующим образом.

Развитие исследовательских способностей одаренных школьников будет результативным при реализации методической системы, включающей:

- выявление школьников, обладающих повышенной поисковой активностью, мотивированных к решению задач повышенной сложности, дивергентных задач и проведению самостоятельных исследовательских работ;
- обучение этих школьников решению проблемных задач по физике как традиционными методами (алгебраическими, геометрическими), так и инновационной методике – компьютерному моделированию на основе численных методов;
- обучение их основам техники физического натурального и вычислительного эксперимента (в том числе планирование эксперимента, работа с измерительными физическими приборами, расчет погрешностей и пр.);
- выполнение исследовательских работ углубленного уровня с учетом интересов школьников, включающих основные этапы профессиональных научных исследований (видение проблемы, постановка задачи, выдвижение гипотез, планирование эксперимента, проведение эксперимента (натурного или вычислительного), анализ полученных данных, презентация результатов), дающих неочевидные для школьника результаты и позволяющие приобрести ему углубленные знания по физике.

Результативность методики развития исследовательских способностей школьников при обучении физике можно оценивать по развитию их конвергентного и дивергентного мышления и поисковой активности.

В соответствии со сказанным определены **задачи исследования:**

- 1) выявить состояние проблемы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике в педагогической теории и практике;
- 2) определить вид исследовательских работ по физике, в наибольшей мере способствующих развитию исследовательских способностей одаренных школьников;
- 3) разработать концепцию методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике;
- 4) разработать модель методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике;
- 5) создать методическую систему развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике, обеспечивающую выявление одаренных в области физики школьников, вовлечение их в исследовательскую деятельность и создание условий для развития их исследовательских способностей, с применением, в том числе, компьютерного моделирования на основе численных методов;
- 6) создать комплекс средств реализации разработанной методической системы;
- 7) определить критерии оценки развития исследовательских способностей школьников при обучении физике;
- 8) провести педагогический эксперимент с целью проверки гипотезы исследования.

В работе применялись следующие **методы и виды деятельности**.

Теоретические – анализ психолого-педагогической и учебно-методической литературы, государственных документов в области образования, моделирование и проектирование процесса обучения.

Практические – систематизация и обобщение опыта работы учителей, личного педагогического опыта и литературных источников, опросы, беседы, экспертная оценка и анализ исследовательских работ школьников, анкетирование, педагогическое наблюдение и педагогический эксперимент.

Методологической основой исследования явились системный, деятельностный и личностный подходы, на основе которых был проведен анализ предмета исследования, путем восхождения к абстрактному созданы концепция развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике и соответствующая ей модель, которая затем при восхождении к конкретному была наполнена конкретным содержанием, в том числе на основе результатов педагогического эксперимента.

Теоретическую основу исследования составили:

- деятельностный подход в исследовании творчества и одаренности (Л.С. Выготский, В.В. Давыдов, И.А. Зимняя, М.В. Кларин, А.Н. Леонтьев, С.Л. Рубинштейн, А.В. Хуторской и др.);
- системный подход (В.Г. Афанасьев, В.П. Беспалько, И.В. Блауберг, В.В. Краевский, В.А. Сластенин и др.);
- личностно-ориентированный подход (Н.А. Алексеев, В.И. Андреев, Е.В. Бондаревская, В.В. Давыдов, А.С. Косонова, А.В. Леонтович, А.Н. Леонтьев, А.С. Обухов, Л.С. Рубинштейн, В.В. Сериков, В.И. Слободчиков, И.С. Якиманская и др.);
- результаты исследований проблемы детской одаренности, в том числе при обучении физике (Д.Б. Богоявленская, А.В. Леонтович, О.Ю. Овчинников, А.И. Савенков, И.Г. Шомполов);
- использование продуктивных форм обучения (Л.С. Выготский, В.В. Давыдов, Дж. Дьюи, И.А. Зимняя, Л.А. Казанцева, И.Я. Лернер, Р.И. Малафеев, А. Маслоу, А.М. Матюшкин, П.И. Пидкасистый, А.Н. Поддьяков, В.Г. Разумовский, К. Роджерс, Д.Б. Эльконин и др.).

Этапы исследования

Исследование может быть разделено на следующие основные этапы.

Первый этап (1996 – 2001). Анализировалась психолого-педагогическая, научно-методическая литература по данной проблеме, проводились опросы и анкетирования школьников и педагогов. Проводилось обучение школьников, мотивированных к изучению физики, в Вечерней физической школе при физическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова (ВФШ). Читались научно-популярные лекции по физике, проводилась подготовка школьников к Московской городской олимпиаде школьников по физике (МФО), осуществлялось руководство проектно-исследовательскими работами школьников. Был проведен

констатирующий эксперимент, выявивший причины, препятствующие вовлечению школьников в исследовательскую деятельность.

Второй этап (2001 – 2011). Проводился систематический поиск путей развития исследовательских способностей одаренных школьников, обучающихся в ВФШ, ГБОУ лицее «Вторая школа», Московском городском дворце детского (юношеского) творчества (МГДД(Ю)Т) и в летних школах, осуществлялось руководство исследовательскими работами школьников, проводились занятия по подготовке школьников к МФО и Всероссийской олимпиаде по физике (ВФО), анализировалась педагогическая, научно-методическая литература по данной проблеме, учитывался опыт педагогов, проводивших со школьниками проектно-исследовательские работы. Разрабатывались концепция и модель методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников как теоретическая база создания методической системы, были подготовлены учебно-методические пособия и сформулированы методические указания для реализации на практике созданной методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике.

Третий этап (2011–2013). Была апробирована созданная методическая система, экспериментально проверена гипотеза исследования, оценена результативность развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике в рамках реализации созданной методической системы.

Научная новизна результатов исследования

1. Обоснована идея о целесообразности и возможности выполнения учениками среднего и старшего школьного возраста исследовательских работ углубленного уровня по физике с использованием компьютерного моделирования на основе численных методов, являющегося современным методом профессиональных исследований в области физики и позволяющего обеспечить высокий уровень субъективной новизны при выполнении школьниками этих работ.

2. Разработана концепция методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике как совокупность положений, обосновывающих:

- существенную роль продуктивных форм обучения и выполнения школьниками, одаренными в области физики, самостоятельных исследовательских работ углубленного уровня в развитии их исследовательских способностей;
- целесообразность проведения особого пропедевтического курса, на занятиях которого школьники обучаются методам, необходимым для выполнения исследовательских работ углубленного уровня, выбирают темы исследований в результате совместных усилий обучающего и обучаемых;
- включение в содержательный компонент пропедевтического курса количественных задач повышенной сложности, которые школьники могли бы решать как в общем виде (аналитически), так и численными методами;
- существенную роль компьютерного моделирования на основе численных ме-

тодов для обеспечения высокого уровня субъективной новизны исследовательских работ углубленного уровня и успешности ее проведения школьниками на всех этапах, воспроизводящих основные этапы профессионального исследования;

– необходимость создания специальных условий для презентации итогов исследования учащимися в различных формах (произносимые или стендовые доклады и др.), дающих возможность получить внешнюю оценку со стороны жюри и сверстников, приобрести опыт подготовки публичного выступления, научной дискуссии, получить новую информацию, которую учащийся может впоследствии использовать для продолжения работы, что особенно важно для одаренных школьников, обладающих высокой надситуативной активностью;

– существенную роль электронных таблиц и языков программирования для реализации компьютерного моделирования на основе численных методов, позволяющего преодолеть слабость математического аппарата школьников при решении задач повышенной сложности, проведении вычислительного эксперимента, планировании натурального эксперимента и при анализе полученных результатов;

– существенную роль современных цифровых фото- или видеокамер, сочетающих доступность, простоту в эксплуатации и высокую точность измерений, при проведении школьниками экспериментальных исследовательских работ углубленного уровня;

– оценку развития конвергентного мышления, дивергентного мышления и устойчивой поисковой активности школьников как диагностических критериев сформированности их исследовательских способностей.

3. Разработана модель методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике, включающая цели, содержание обучения, формы, методы и средства подготовки к исследовательским работам углубленного уровня, их выполнения и оценки успешности. Ядром разработанной модели является пропедевтический курс, на занятиях которого происходит выявление одаренных школьников, обучение их необходимым для выполнения исследовательских работ методикам, включая компьютерное моделирование на основе численных методов, а также выбор тем (направлений) исследований в результате совместных усилий обучаемых и обучающего.

4. Создана методическая система развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике, позволяющая эффективно выявлять одаренных школьников, вовлекать их в исследовательскую деятельность и привлекать их к выполнению исследовательских работ по физике углубленного уровня, включающих основные этапы профессиональных научных исследований, а именно:

- разработаны программы пропедевтического курса, позволяющего выявить одаренных в области физики школьников и вовлечь их в исследовательскую

деятельность, указанный курс содержит как мотивационную составляющую, относящуюся не только к исследовательской работе, так и подготовительно-ориентационную составляющую, направленную на обучение школьников необходимым для выполнения исследовательских работ методикам, включая компьютерное моделирование на основе численных методов, и помогающую в выборе тем (направлений) исследований в результате совместных усилий обучаемых и обучающего;

- разработаны варианты содержания и методики проведения занятий курса в зависимости от возраста школьников и условий проведения занятий (факультативный или элективный курс в физико-математической школе, кружок при вузе или учебном центре, летняя школа и др.);
- создана методика обучения школьников компьютерному моделированию на основе численных методов, позволяющая развивать исследовательские способности одаренных школьников при обучении физике на этапах решения задач повышенной сложности, планирования, анализа натуральных и проведения вычислительных экспериментов. Численные методы включают неявное численное интегрирование (в том числе уравнений движения), численное нахождение экстремумов функций и решение уравнений (в том числе трансцендентных) и численный расчет статистических характеристик системы многих тел в процессе ее эволюции;
- создана система шаблонов электронных таблиц как средства реализации алгоритмов расчетов при компьютерном моделировании на основе численных методов;
- создана система экспериментальных исследовательских работ углубленного уровня по механике, молекулярной физике, геометрической и волновой оптике на основе применения современных цифровых фото- и видеокамер в качестве измерительных инструментов и численных методов для планирования экспериментов и анализа полученных данных.

5. Экспериментально подтверждена возможность успешного развития исследовательских способностей школьников, одаренных в области физики, при выполнении исследовательских работ углубленного уровня с применением компьютерного моделирования на основе численных методов.

Теоретическая значимость результатов исследования определяется тем, что они вносят вклад в развитие теоретических основ работы с детьми, одаренных в области физики, в частности:

– расширены представления о способах вовлечения школьников в исследовательскую деятельность (формирование учебных групп, выявление одаренных школьников внутри этих групп на основе педагогического наблюдения и выбор тем исследования в результате совместных усилий обучающего и обучаемого с учетом дифференцированного подхода к учащимся, проведение исследовательских работ углубленного уровня);

- расширены представления об организации деятельности одаренных в области физики школьников (проведение исследовательских работ углубленного уровня с применением компьютерного моделирования на основе численных методов и в соответствии с закономерностями и этапами профессионального физического исследования);
- расширены представления о способах создания мотивации школьников, одаренных в области физики, (проведение специального пропедевтического курса, сочетающего мотивацию учащихся к участию в исследовательской деятельности, способствующего выбору тем (направлений) исследовательских работ и обучающего методикам, необходимым для их выполнения, включая компьютерное моделирование на основе численных методов).

Практическая значимость результатов исследования заключается в создании учебно-методического обеспечения методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике, включающего:

- методику обучения школьников компьютерному моделированию на основе численных методов для решения задач повышенной сложности, планирования, анализа натуральных и проведения вычислительных экспериментов;
- несколько вариантов программ пропедевтического курса в зависимости от возраста и условий обучения школьников, способствующего выявлению одаренных школьников и привлечению их к выполнению исследовательских работ по физике углубленного уровня;
- систему шаблонов электронных таблиц, реализующих алгоритмы численных методов для решения задач повышенной сложности и выполнения исследовательских работ углубленного уровня;
- систему экспериментальных исследовательских работ по механике, молекулярной физике, геометрической и волновой оптике с использованием цифровых фото- или видеокамер в качестве основных измерительных инструментов и численных методов для планирования экспериментов и анализа полученных данных;
- методические пособия для учеников и педагогов по проведению исследовательских работ углубленного уровня по физике с использованием численных методов и экспериментов с применением современных цифровых фото– или видеокамер.

Применение разработанных в ходе исследования учебно-методических материалов позволяет развивать исследовательские способности одаренных школьников при обучении физике.

Апробация и внедрение результатов исследования

Основные положения диссертационного исследования неоднократно обсуждались на конференциях, в том числе:

- Международная научно-методическая конференция «Физическое образование: проблемы и перспективы развития», МПГУ, Москва (2007, 2008, 2009,

2010, 2011, 2012, 2013, 2014);

– Международная конференция «Физика в системе современного образования» ФССО (С.–Петербург – 2003, 2005, 2009, Волгоград – 2011);

– Международная учебно-методическая конференция «Современный физический практикум» (Москва – 2004, Волгоград – 2006, Астрахань – 2008, Москва – 2012);

– Научная конференция «Ломоносовские чтения. Секция физики», Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова (2004, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2013);

– Всероссийский съезд учителей физики в МГУ, Москва – 2011;

– Всероссийская конференция «Необратимые процессы в природе и технике», секция «Методика преподавания физики», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва (2011, 2013);

– Конференция учителей школ и преподавателей МГУ «Новые образовательные программы МГУ и школьное образование», Москва (2012, 2013);

– Научно-практическая конференция «Наша новая школа: грани совершенствования», МИОО, Москва – 2011;

– Всероссийская научно-практическая конференция «Физика и ее преподавание в школе и в вузе» (Емельяновские чтения), Марийский государственный университет, Йошкар-Ола (2011, 2012, 2013);

– Всероссийская научно-практическая конференция «Физическое образование: педагогические исследования и инновации», Иркутск–2011;

– Международная научно-практическая конференция «Модернизация российского образования: проблемы и перспективы», Краснодар – 2012;

– Международная научно-практическая конференция «Наука и современность», Новосибирск – 2012;

– Международная научно-практическая конференция «Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения», Новосибирск – 2012.

Кроме этого, результаты исследования были доложены и обсуждены:

– на методических семинарах кафедры Общей физики физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова в 2011, 2012 и 2013 гг.;

– на ежегодной конференции учителей – победителей конкурса фонда «Династия»² в 2012 г.;

– в Летней школе для учителей физики на физическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова – 2013 г.;

– в Летней олимпиадной физико-математической школе в 2013 г.³

Результаты исследования **внедрены** в Вечерней физической школе при физическом факультете МГУ, ГБОУ лицее «Вторая школа», Московском городском дворце детского (юношеского) творчества (МГДД(Ю)Т); Летней олимпиадной физико-математической школе, проводимой ГБОУ «Центр педа-

² <http://www.dynastyfdn.com/news/876>; http://video.elementy.ru/dynasty/Lectors_2012.pdf

³ <http://olphys.ru>

гогического мастерства» департамента образования г. Москвы.

На защиту выносятся следующие положения.

1. Развитие исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике возможно на основе включения их в исследовательскую деятельность и выполнения ими исследовательских работ в соответствии с логикой научного исследования в области физики, при активном применении компьютерного моделирования на основе численных методов. Особая роль компьютерного моделирования на основе численных методов в адаптированном для общего среднего образования виде определяется привнесением с его помощью высокого уровня субъективной новизны результатов исследования, осознаваемой самими школьниками, и созданием ситуации успеха в исследовательской деятельности как важнейших условий формирования устойчивой поисковой активности одаренных школьников.

2. Для успешного развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике целесообразно сочетание подготовки к исследовательской деятельности и учебных занятий мотивационного характера в специальном пропедевтическом курсе, на занятиях которого происходит выявление одаренных школьников, осуществляется обучение методам, необходимым для выполнения исследовательских работ углубленного уровня, включая компьютерное моделирование на основе численных методов, и выбор темы работ с последующим их выполнением. Данный курс решает в единстве задачи формирования мотивации к изучению физики в целом, подготовки учащихся к интеллектуальным соревнованиям разного уровня и вовлечения их в собственно исследовательскую деятельность.

3. Развитие исследовательских способностей одаренных в области физики школьников целесообразно осуществлять поэтапно в следующей последовательности:

- ознакомительный этап – направленный на выявление одаренных школьников с помощью решения физических задач проблемного характера (в соответствии с возрастными особенностями учащихся) и позволяющий предварительно определить группу учащихся, мотивированных к выполнению исследовательских работ углубленного уровня;
- ориентировочный этап, проходящий в форме занятий пропедевтического курса с решением проблемных задач дивергентного типа и завершающийся выбором темы исследования с учетом индивидуальных особенностей школьников;
- исследовательский этап, сочетающий продолжение занятий пропедевтического курса с выполнением исследовательских работ углубленного уровня индивидуально или небольшими группами школьников;
- итоговый этап – завершение исследовательских работ и их презентация.

В рамках методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников целесообразно применение цифровых фото- или видеокамер в качестве основных измерительных инструментов при проведении

натурных экспериментов и компьютерного моделирования на основе численных методов для вычислительных экспериментов, планирования и анализа натурных.

4. Комплекс средств развития исследовательских способностей одаренных школьников в области физики может включать алгоритмы расчетов на компьютерах на основе численных методов, реализованные на базе электронных таблиц (*MS Excel, Open Office.org Calc* и др.), языков программирования (*Basic, Pascal, Matlab* и др.), а также цифровые фото- и видеокамеры, используемые в качестве основных измерительных инструментов при проведении натурных экспериментов.

5. Для диагностики успешности развития исследовательских способностей школьников, одаренных в области физики, целесообразно контролировать развитие конвергентного мышления, оцениваемого по успешности решения олимпиадных задач (задач повышенной трудности), дивергентного мышления, оцениваемого по стремлению решать задачи дивергентного типа и успешности их решения, а также устойчивую поисковую активность, оцениваемую по участию школьника в исследовательской деятельности, включая выполнение исследовательских работ углубленного уровня.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и 28 приложений, содержит 111 рисунков и 88 таблиц. Библиографический список состоит из 499 ссылок на отечественные и иностранные источники. Общий объем диссертации – 470 страниц, в том числе основного текста – 361 страница.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность проблемы развития исследовательских способностей школьников при обучении физике, определены объект, предмет, цель, гипотеза и задачи диссертационного исследования, раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, приведены сведения о публикациях по теме исследования.

В первой главе «Состояние проблемы развития исследовательских способностей одаренных школьников» проанализированы и конкретизированы применительно к обучению физике понятия «исследовательские способности», «исследовательская деятельность», «детская одаренность» и др., которые часто употребляются в педагогической и психологической литературе, но понимаются неоднозначно.

Исследовательская деятельность является особым видом интеллектуально-творческой деятельности, порождаемой поисковой активностью и включающей в качестве основного инструмента взаимодействие дивергентного и конвергентного мышления.

Исследовательские способности как способности, необходимые для исследовательской деятельности, являются интегративным свойством психики,

их оценка требует применения нескольких показателей, включая уровень поисковой активности, развитость конвергентного и дивергентного мышления. Учитывая неоднозначность получаемых оценок при определении исследовательских способностей, следует ориентироваться не на однократный тест, а на долговременные наблюдения за деятельностью школьников.

На занятиях по физике можно ожидать проявления таких качеств учеников, свидетельствующих об исследовательских способностях, как любознательность, высокий уровень развития логического мышления и повышенный интерес к «дивергентным» задачам.

Структура исследовательской работы школьника должна быть подобна структуре профессиональной научной работы и включать следующие основные этапы:

- осознание проблемы на основе наблюдения и логического анализа фактов;
- постановка проблемы, формулировка гипотез, их априорная проверка;
- планирование и проведение экспериментов;
- анализ полученных данных, установление истинности гипотезы;
- представление полученных результатов в виде презентаций;
- планирование дальнейших исследований с учетом полученных результатов.

В главе отражены история развития взглядов на проблему одаренности и современное состояние этого вопроса. В качестве основы для разработки методической системы развития исследовательских способностей учащихся, одаренных в области физики, принята «Рабочая концепция одаренности», разработанная группой отечественных ученых под руководством Д.Б. Богоявленской и В.Д. Шадрикова.

Детская одаренность – это системное качество психики, которое определяет возможность достижения человеком более высоких, незаурядных результатов в одном или нескольких видах деятельности по сравнению со сверстниками. Одаренность – это не статическая, а динамическая характеристика, которая существует только в развитии. Одаренный школьник выделяется яркими, иногда выдающимися достижениями в том или ином виде деятельности, в контексте данного исследования – в области физики.

Одаренность является интегральным проявлением разных способностей в целях конкретной деятельности. Ход и результаты деятельности зависят от целей и мотивов ее выполнения. Для одаренных детей цели деятельности лежат внутри самой деятельности и не связаны с внешней оценкой деятельности. Выявление одаренных детей невозможно с помощью какого-либо одноразового тестирования и требует продолжительного наблюдения за развитием конкретного ученика.

Рассмотрены возможные формы организации учебной работы с одаренными детьми. Сделан вывод о том, что наиболее рациональной формой организации является следующая последовательность занятий: лекции (репродуктивная форма обучения) – семинары (продуктивная форма обучения) – самостоя-

тельная исследовательская работа (исследовательская форма обучения).

Далее в первой главе проанализированы существующие теоретические и практические подходы к проблеме развития исследовательских способностей одаренных школьников. Анализ показал, что существующие методики выполнения исследовательских работ ориентированы, в основном, на средний уровень учеников и не отвечают в полной мере запросам одаренных школьников. Таким образом, проведенный анализ литературы позволяет сделать вывод о том, в настоящее время существует потребность разработки методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников.

Во второй главе «Теоретические основы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике» на основе проведенного анализа психолого-педагогической литературы определен тип работ, в наибольшей степени способствующий развитию исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике – «исследовательских работ углубленного уровня по физике».

В работе обоснована необходимость поэтапного вовлечения школьников в исследовательскую деятельность. Показано, что успешному вовлечению одаренных школьников в исследовательскую деятельность способствует проведение пропедевтического курса, который решает одновременно две задачи:

- подготовить школьников к выполнению самостоятельных исследовательских работ углубленного уровня и помочь выбрать тему исследовательской работы;
- дать школьникам определенные знания и умения (которые напрямую могут быть не связаны с исследовательской работой), которые были бы интересны и полезны школьникам, даже в случае если они не смогут выбрать тему для самостоятельной исследовательской работы.

Решение второй задачи имеет мотивационное значение, поскольку школьники, скорее всего, не проводили исследовательских работ и им сложно сразу выбрать тему и начать работу без представления о методах исследования и их трудоемкости. В зависимости от условий обучения, мотивационная составляющая методической системы может быть посвящена:

- подготовке к олимпиадам – решению теоретических задач повышенной сложности, в том числе задач, требующего частично-поискового метода обучения;
- обучению на углубленном уровне выполнению экспериментальных работ (физический практикум), в том числе подготовка к решению задач экспериментального тура ВФО, подготовка к Турниру юных физиков (ТЮФ) и др.;
- занятиям в стиле «занимательная физика»;
- знакомству с современными достижениями науки и техники (научно-популярные лекции и доклады, сделанные учеными, студентами, аспирантами или самими школьниками).

Обучение школьников может быть разделено на следующие этапы:

1) начально – ознакомительный этап, где происходит знакомство школьников с

курсом, и даются начальные знания, необходимые для дальнейшей работы, при этом занятия могут быть, как продуктивного, так и репродуктивного (лекционного) типа;

2) ориентировочный этап, на котором проходят занятия в рамках объявленной цели курса с применением, в основном, продуктивных форм обучения (семинары) и начинается выбор темы исследовательской работы;

3) исследовательский этап, начинающийся после выбора темы (направления) исследовательской работы, на котором школьник может продолжить обучение на курсе и одновременно выполнять исследовательскую работу, а может полностью переключиться на исследовательскую работу;

4) итоговый – завершение исследовательской работы и ее презентация, обычно в виде произносимого или стендового доклада на конференциях (конкурсах) проектно-исследовательских работ школьников, подведение итогов и обсуждение возможности продолжения исследовательской деятельности.

Важно заметить, что выбор темы исследовательской работы должен произойти в результате совместной работы учителя и ученика.

Далее в диссертации рассмотрены основные этапы выполнения исследовательской работы углубленного уровня, обсуждены возникающие при этом проблемы и обрисовываются пути их решения.

Особое внимание при этом уделено обоснованию важности обучения школьников адаптированному на школьном уровне компьютерному моделированию на основе численных методов, позволяющего обеспечить высокий уровень субъективной новизны и успешности при выполнении исследовательских работ углубленного уровня.

На основании проведенного теоретического анализа в работе формулируется **концепция** методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике.

1. Развитие исследовательских способностей школьников, одаренных в области физики, включает развитие их конвергентного и дивергентного мышления и поисковой активности, и может происходить при применении продуктивных форм и методов обучения, причем наиболее действенным является выполнение учащимися самостоятельных исследовательских работ углубленного уровня.

2. Для выявления школьников, одаренных в области физики, и вовлечения их в исследовательскую деятельность целесообразно проведение специального пропедевтического курса, содержание и мотивационная составляющая которого зависят от условий обучения, на занятиях которого школьники обучаются методам, необходимым для выполнения исследовательских работ углубленного уровня, включая использование цифровых фото- или видеокамер в качестве измерительных инструментов и компьютерное моделирование на основе численных методов, выбирают темы (направления) исследований в результате совместных усилий обучающего и обучаемых с учетом личностных психолого-

педагогических особенностей обучаемых.

3. Содержательный компонент пропедевтического курса должен включать количественные задачи повышенной сложности, которые школьники могли бы решать как в общем виде (аналитически), так и численными методами. Оптимально, чтобы полученные решения могли быть проверены экспериментально.

4. Для обеспечения высокого уровня субъективной новизны исследовательских работ углубленного уровня и успешности ее проведения школьниками на всех этапах, воспроизводящих основные этапы профессионального исследования (видение проблемы – постановка задачи – выдвижение гипотез – планирование эксперимента – проведение эксперимента – анализ полученных данных – презентация результатов) целесообразно применение компьютерного моделирования на основе численных методов.

5. Исследовательские работы углубленного уровня должны завершаться презентациями учащимися итогов исследования (устные или стендовые доклады и др.), являющихся важнейшими составляющими исследовательской деятельности, дающие возможность получить внешнюю оценку со стороны жюри и сверстников, приобрести опыт подготовки доклада, ответов на вопросы, научной дискуссии и, кроме того, позволяющие получить новую информацию, в том числе, в виде замечаний и пожеланий к своей работе, которую учащийся может впоследствии использовать для продолжения работы, что особенно важно для одаренных школьников, обладающих высокой надситуативной активностью.

6. Компьютерное моделирование на основе численных методов является эффективным инструментом, позволяющим преодолеть слабость математического аппарата школьников при решении задач повышенной сложности, проведении вычислительного эксперимента, на этапе планирования натурального эксперимента и при анализе полученных результатов. Компьютерное моделирование может осуществляться с помощью языков программирования или с помощью электронных таблиц, если школьники не владеют языками программирования.

7. Для преодоления проблем, связанных с отсутствием у школьников возможности работы с современными физическими приборами, при проведении экспериментальных исследовательских работ углубленного уровня целесообразно использовать цифровые фото- или видеокамеры, сочетающую доступность, простоту в эксплуатации и высокую точность измерений.

8. Успешность развития исследовательских способностей одаренных школьников можно диагностировать по развитию их конвергентного мышления (оцениваемого по успешности решения олимпиадных задач (задач повышенной сложности)), дивергентного мышления (оцениваемого по стремлению решать задачи дивергентного типа и успешности их решения) и устойчивой поисковой активности, оцениваемой по активности исследовательской деятельности школьника, включая выполнение исследовательских работ углубленного уров-

ня.

Далее в работе на основе выстроенной концепции создана **модель** методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике, представленная на рис. 1.

В основе модели методической системы лежат содержательный и процессуальный компоненты. Ядром методической системы является пропедевтический курс, который, как описано выше, выполняет двойную задачу:

- мотивационную – привлечь одаренных школьников к исследовательской деятельности;
- подготовительно-ориентационную – подготовить школьников к выполнению исследовательских работ углубленного уровня по физике и помочь им в выборе темы (направления) исследования.

Содержание мотивационной составляющей является вариативной частью методической системы и определяется возрастом школьников, а также условиями проведения пропедевтического курса: факультативный или элективный курс в физико-математической школе, кружок при вузе или учебном центре, летняя школа и др. На первом этапе обучения целесообразно использование репродуктивных форм обучения (лекции), но в основном в курсе должны применяться продуктивные формы обучения.

Особое внимание в модели методической системы уделено процессу выбора темы (направления) исследовательской работы по физике, который является результатом совместных усилий обучаемого и обучающего. Если школьники имели устойчивую познавательную потребность решения определенной проблемы еще до начала занятий пропедевтического курса, то выбор может произойти уже на начальном этапе. Однако более естественно, если выбор темы (направления) происходит в процессе обучения школьников на занятиях пропедевтического курса.

После выбора темы и начала выполнения самостоятельной исследовательской работы школьник может выполнять работу и продолжать обучение на занятиях пропедевтического курса, а может полностью переключиться на исследовательскую работу. В таблице 1 представлены задачи каждого этапа обучения на занятиях пропедевтического курса. Каждая исследовательская работа должна завершаться презентацией. Обычно это устный или стендовый доклад на конференции (конкурсе) школьных проектно-исследовательских работ. Сделанный доклад нужно проанализировать, после чего подвести итоги исследовательской работы.

Поскольку одаренные школьники обладают надситуативной активностью, то, если они учатся еще не в выпускном классе, имеет смысл обсудить с ними возможность продолжения исследовательской деятельности по данной теме или иному направлению по выбору школьников.

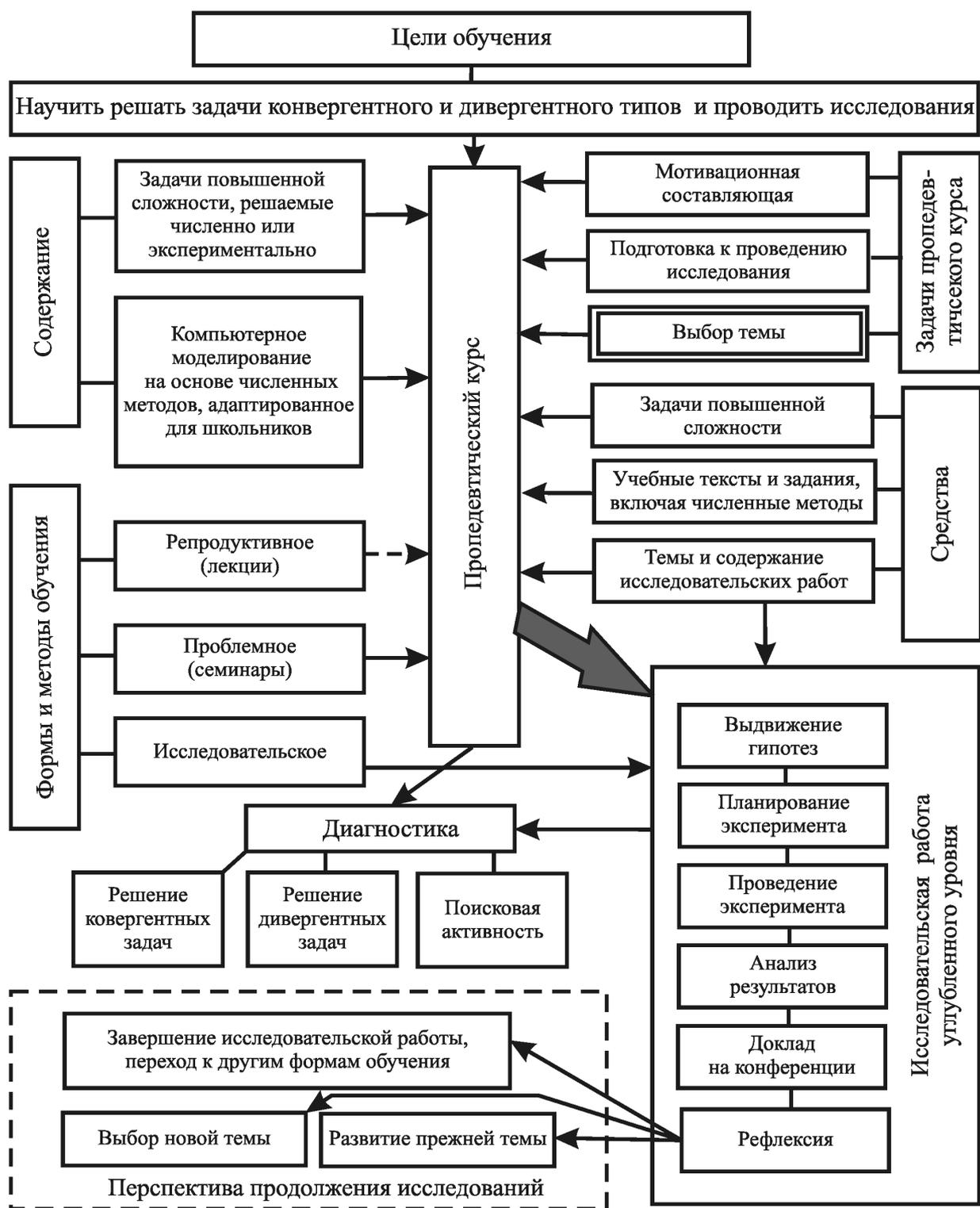


Рис. 1. Модель методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике

Таким образом, модель методической системы охватывает все этапы развития исследовательских способностей одаренных школьников от их выявле-

ния до завершения исследовательской деятельности в выпускном классе.

Особое внимание уделяется *компьютерному моделированию на основе численных методов* – новаторской методике обучения школьников, с помощью которой школьники получают возможность решать задачи повышенной сложности, проводить вычислительный эксперимент, планировать натурный эксперимент и анализировать его результаты. Методика обучения численным методам в диссертации разделена на два уровня:

Таблица 1

Этапы пропедевтического курса

Этап	Формы обучения	Основные задачи
1. Начально – ознакомительный	Лекции и семинары. Сочетание репродуктивных и продуктивных форм	Выявление школьников, склонных к исследовательской деятельности, помощь в определении тем исследовательских работ школьникам, у которых уже до начала курса был интерес к определенным физическим проблемам
2. Ориентировочный	Семинары. В основном продуктивное обучение	Развитие поисковой активности, конвергентного и дивергентного мышления, наблюдение за школьниками, выявление одаренных школьников, склонных к исследовательской деятельности, помощь в выборе тем исследовательских работ
3. Выполнение исследовательских работ	Научное руководство. Исследовательское обучение	Развитие исследовательских способностей в процессе выполнения самостоятельной исследовательской работы углубленного уровня

– минимальный, ориентированный только на использование электронных таблиц (*MS Excel, Open Office.org Calc* и аналоги), если школьники не умеют программировать;

– расширенный, если школьники уже знают какой-либо язык программирования или готовы его освоить.

Методика обучения школьников компьютерному моделированию на основе численных методов включает следующие этапы.

1) Создание проблемной ситуации (теоретической или экспериментальной задачи), которые учащиеся не могут сразу разрешить.

2) Построение шаблона электронной таблицы (ядра программы, если школьники владеют языками программирования) или предложение воспользоваться шаблонами, рассмотренными на предыдущих занятиях.

3) Самостоятельное заполнение школьниками электронных таблиц по шаблону (составление компьютерных программ), анализ полученного ответа при варьировании начальных условий, проверка сходимости и т.п.

4) Решение задачи аналитическими методами с учетом полученного численного решения (численное решение – подсказка для аналитического), или, если возможно, проведение экспериментальной проверки.

5) Сравнение и анализ полученных численных, аналитических и экспериментальных результатов.

б) Для закрепления материала школьникам предлагается самостоятельно численно и аналитически решить несколько подобных задач.

Схема методики обучения школьников компьютерному моделированию на основе численных методов представлена на рис. 2.

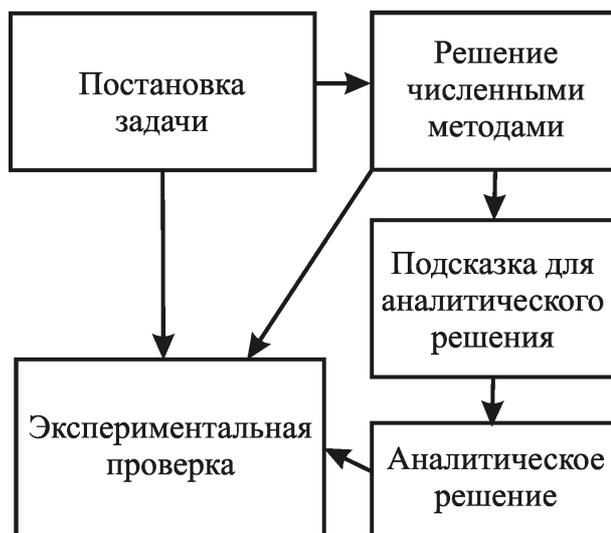


Рис. 2

Схема методики обучения компьютерному моделированию на основе численных методов

В третьей главе «Методическая система развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике» рассматривается созданная методическая система развития исследовательских способностей одаренных школьников.

Вначале рассмотрен целевой компонент методической системы. Основной целью является развитие исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике.

Для достижения указанной цели необходимо выявить одаренных школьников, склонных к исследовательской деятельности, вовлечь их в исследовательскую деятельность с помощью специального пропедевтического курса, помочь выбрать тему (направление) исследования, дать им знания и умения, необходимые для выполнения исследовательских работ углубленного уровня, включая компьютерное моделирование на основе численных методов.

В соответствии с указанной целью рассмотрены возможные способы наполнения **содержательного** компонента методической системы в зависимости от возраста учеников и условий проведения занятий:

– факультативные или элективные занятия в физико-математической школе для 7, 8 и 9 классов, отдельно рассмотрена программа при повышенном интересе

- слушателей к астрономии (небесной механике);
- кружок при вузе или учебном центре, 8 и 9 классы;
 - летние школы, 8 и 9 классы.

Ученики 10-11-х классов могут заниматься по программе для 9-го класса.

Поскольку пропедевтический курс рассчитан на продуктивные формы обучения, представленное в работе содержание курса не является строго регламентированным и может варьировать в зависимости от способностей, интересов обучаемых и условий обучения. При отборе задач педагогу следует руководствоваться следующими критериями:

- задачи должны быть неочевидны для школьников 9–11 классов;
- они могут быть решены численными методами;
- численное решение должно быть подтверждено аналитически (алгебраически или геометрически), либо проверено экспериментально, либо и тем и другим.

Исследование показало, что курс целесообразно начинать с кинематики, поскольку именно кинематика содержит большое число количественных задач повышенной сложности, которые школьники могут решать, как в общем виде (аналитически), так и численно. Кроме того, изучение кинематики позволяет школьникам овладеть методиками расчета положения тел, необходимыми для аналитического и численного решения задач по механике, включая статику, колебания, движение в вязкой среде, динамику вращательного движения, небесную механику и др.

Курс для 7-го класса целесообразно начинать с задач повышенной сложности по кинематике прямолинейного движения, включая расчет неравномерного движения при известных зависимостях скорости от времени и координаты. При успешном освоении школьниками курса, им можно предложить задачи движения на плоскости, в том числе задачи на преследование. Во втором полугодии ученикам 7-го класса целесообразно предлагать задачи на правило рычага, в т.ч. нахождение центра масс сложных фигур.

Курс для 8-го класса целесообразно начинать, как и для 7-го класса, с кинематики, включая расчет неравномерного движения на плоскости при известных зависимостях скорости от времени и координаты. Во втором полугодии ученикам 8-го класса можно предлагать задачи повышенной сложности по геометрической оптике, поскольку к этому времени большое число школьников уже изучили или изучают геометрическую оптику на основных занятиях, а эта тема позволяет провести много красивых экспериментов. Целесообразно рассмотреть преломление света в призме, в сфере, формирование изображения в сложных оптических системах.

В содержание курса для 9-го класса целесообразно включать задачи повышенной сложности по механике, в том числе колебания математического маятника при произвольных (а не только при малых) углах отклонения и более сложные виды колебательных движений, включая систему связанных маятников. Кроме того, можно рассмотреть движение тел с учетом сопротивления

среды: вертикальное падение тел в воздухе, глицерине, полет тел, брошенных под углом к горизонту (баллистические траектории), затухающие колебания и др.

Если школьники проявляют интерес к вращательному движению, то можно включить в курс задачи динамики вращательного движения: расчеты моментов инерций простейших тел, классический эксперимент Галилея скатывания шара по наклонной плоскости, маятники Максвелла, Обербека, маятник на трифилярном подвесе и др.

При наличии у учащихся интереса к **астрономии** можно включить в пропедевтический курс элементы небесной механики: закон всемирного тяготения, законы Кеплера, задачу движения трех тел и др.

Далее рассмотрен **процессуальный** компонент методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников в зависимости от возраста и условий обучения.

Если пропедевтический курс проводится как факультативный (элективный) курс в школе, где есть физико-математические классы, и учитель либо сам ведет основные занятия у школьников, либо может следить за изучением материала школьниками у своих коллег, то мотивационную составляющую пропедевтического курса целесообразно анонсировать либо как решение олимпиадных задач, либо как подготовку к турниру юных физиков (ТЮФ), либо как работу в углубленном физическом практикуме (при наличии оборудования).

Если пропедевтический курс проводится в форме кружка в школе или при вузе, или учебном центре, или в летней школе, то учитель не всегда может отследить, какой материал изучили школьники, пришедшие из разных школ, что затрудняет проведение занятий курса по обучению решению олимпиадных задач. Поэтому мотивационную составляющую пропедевтического курса можно анонсировать как занятия в стиле «занимательная физика».

Известно, что одаренные школьники более склонны к продуктивным видам обучения. Поэтому первая (лекционная) часть курса (репродуктивное обучение) должна быть по возможности короче и может состоять только из одной лекции, посвященной методам решения задач повышенной сложности, после чего следует переходить к проблемному обучению. В качестве первой проблемы в кинематике школьникам можно предложить апории Зенона, вскрывающие сложность описания движения. В ходе обсуждения нужно подвести школьников к необходимости определения понятия мгновенной скорости, которую можно корректно ввести в 7-м классе через касательную к графику зависимости пути от времени.

Процесс обучения школьников решению олимпиадных задач по кинематике предусматривает использование численных методов. При этом численные решения служат подсказкой для решения задач аналитически.

Примером подобных задач может быть преследование на плоскости, когда цель движется с постоянной скоростью по прямой или окружности (или

иной траектории), а преследователь все время движется точно на цель.

Недостатком задач кинематики является сложность их экспериментальной проверки. Поэтому во втором полугодии целесообразно перейти к задачам, которые можно проверить экспериментально. При обучении учеников 7-го класса – это задачи на правило рычага и нахождение центра масс, при обучении учеников 8-го класса можно также предлагать задачи по геометрической оптике. Приведены примеры задач, которые могут быть решены аналитически, численно и экспериментально – нахождение центра масс полукруга, фигуры, ограниченной параболой.

Обучение школьников решению олимпиадных задач по геометрической оптике предусматривает численные расчеты сложных функций, включая обратные тригонометрические функции, и анализ получившихся зависимостей. Поскольку эксперименты по геометрической оптике очень красивы, то целесообразно задачи по оптике подбирать так, чтобы численные решения могли быть проверены экспериментально. В качестве примеров рассмотрено изучения преломления света в призме, нахождение угловых размеров колец радуги и гало.

Задачи по динамике для 9-го класса целесообразно подбирать так, чтобы численные расчеты можно было проверить экспериментально. В работе приведена методика экспериментальной проверки расчетов для указанных задач. Особо отметим, что задачи подобраны так, что для экспериментальной проверки не требуется дорогостоящее специализированное оборудование – достаточно обычной цифровой камеры. В качестве примеров рассмотрено изучение движения тел в вязкой среде, негармонических колебаний математического маятника, затухающих колебаний, сложных колебательных систем, включая нахождение собственных мод колебаний системы из 2-х и более связанных маятников.

Задачи по небесной механике ввиду продолжительности наблюдаемых явлений нельзя проверить экспериментально. Поэтому результаты численных расчетов нужно сопоставлять с литературными данными. В качестве примеров рассмотрены следующие задачи: вывод законов Кеплера из закона всемирного тяготения, проверка справедливости II-го закона Кеплера для параболических и гиперболических орбит.

При проведении занятий для 8–9-х классов в летней школе мотивационную составляющую курса можно анонсировать как занятия в стиле «занимательная физика». Учитывая кратковременность курсов в летней школе, их целесообразно начинать с экспериментов по изучению колебательных движений или полета тел с учетом силы сопротивления воздуха. Полученные экспериментальные результаты следует проанализировать численными методами, некоторые результаты можно проверить аналитически. Из-за недостатка времени исследовательские работы углубленного уровня в летних школах провести сложно, но школьники могут выбрать темы и начать работы, которые будут продолжены в течение учебного года.

Во время обучения на занятиях пропедевтического курса необходимо педагогическое наблюдение за школьниками, проявляющими интерес к проведению экспериментов и к решению задач численными методами. Этим школьникам можно предложить более сложные частично-поисковые задачи, которые могут стать темой самостоятельных исследовательских работ углубленного уровня. В диссертации предложены возможные направления самостоятельных исследовательских работ углубленного уровня по механике, молекулярной физике, электродинамике, геометрической и волновой оптике.

В диссертации рассмотрены дополнительные возможности реализации методической системы развития исследовательских способностей школьников, знающих или желающих изучать языки программирования. Применение языков программирования в качестве средства для решения задач позволяет предложить школьникам большой круг частично-поисковых и исследовательских задач в зависимости от интересов школьников.

При наличии интереса школьников к оптимизации временных или пространственных характеристик систем, им можно предложить исследовательские задачи, требующие знания численных методов нахождения экстремумов функций и решения трансцендентных уравнений. Рассмотрены примеры исследовательских работ, посвященных решению классической задачи «брахистохронос», определению форм мыльных пленок и поверхности жидкости.

Если обучающиеся проявляют интерес к статистической физике, то можно предложить исследовательские задачи, требующие знания численных методов расчета статистических закономерностей. Рассмотрены примеры исследовательских работ по изучению распределений Максвелла-Больцмана.

Если обучающиеся проявляют интерес к волновой оптике, то можно предложить исследовательские задачи расчета дифракционных картин. Приведены алгоритмы численных расчетов дифракционных картин и методики экспериментальной проверки правильности проведенных расчетов.

Далее в работе рассмотрены **средства** решения указанных выше задач.

В качестве основного средства для решения теоретических задач повышенной сложности используются электронные таблицы (*MS Excel* или ее аналог *Open Office.org Calc*). При решении задач кинематики в электронных таблицах реализуется простейший численный метод – разностная схема Эйлера. При решении задач динамики (в т.ч. небесной механики) реализуется модифицированная схема Эйлера, позволяющая рассчитывать движение при известной зависимости силы от времени, координат и скорости.

Приведены примеры составления электронных таблиц для решения задач следующих разделов физики:

- кинематики (расчет неравномерных движений, включая преследование на плоскости);
- динамики (движение с учетом силы вязкого трения, колебания математического маятника при произвольных углах отклонения и более сложные виды ко-

- лебательных движений, включая систему связанных маятников),
- небесной механики (расчеты эллиптических, параболических и гиперболических орбит в Кеплеровском приближении, определение их эксцентриситетов, проверка справедливости II-го закона Кеплера для указанных орбит и III-го закона Кеплера для эллиптических орбит, вычисления II-ой и III-ей космических скоростей);
- геометрической оптики (расчеты зависимостей угла отклонения от угла падения для призмы и шара (задача Декарта));
- волновой оптики (расчет дифракции на щели и двух щелях).

Приведены средства реализации методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников при проведении натуральных экспериментов. Рассмотрены преимущества применения цифровых камер в качестве измерительных приборов, сочетающих общедоступность, простоту в эксплуатации и высокую точность измерений. Приведена система экспериментальных исследовательских работ углубленного уровня по механике, молекулярной физике, геометрической и волновой и оптике с использованием цифровых фото- или видеокамер в качестве измерительных инструментов и численных методов для планирования экспериментов и анализа полученных данных.

Далее предложены **диагностические** средства оценки результативности развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике, которая может оцениваться по развитию конвергентного мышления (успешность решения задач повышенной трудности), дивергентного мышления (стремление решать задачи дивергентного типа и успешность их решения) и наличие устойчивой поисковой активности (активность исследовательской деятельности, включая выполнение исследовательских работ углубленного уровня).

В четвертой главе «Педагогический эксперимент» анализируются результаты проведенного педагогического эксперимента.

В начале главы описана организация педагогического эксперимента. Экспериментальными площадками стали Вечерняя физическая школа при МГУ им. М.В. Ломоносова (ВФШ), ГБОУ лицей «Вторая школа», кружок при Московском городском дворце детского (юношеского) творчества (МГДД(Ю)Т), СОШ № 179, Московская городская олимпиада по физике (МФО) и многочисленные летние школы, проводимые Московским институтом открытого образования (МИОО), ГБОУ «Центр педагогического мастерства», лицеем «Вторая школа» и др., проходившие в разных регионах России и Белоруссии, в которых обучались школьники из Белоруссии, Казахстана и более чем из 40 регионов РФ.

Педагогический эксперимент проходил в три этапа: констатирующий поисковый и обучающий. В диссертации подробно описаны этапы педагогического эксперимента и особенности экспериментальных площадок. В таблице 2 представлена общая характеристика педагогического эксперимента.

Констатирующий эксперимент (1999–2003, 2010, 2011 гг.) проводился в

виде бесед, опросов, анкетирований школьников, обучающихся в ВФШ и летних школах, опросов школьников и сопровождающих их учителей, участвовавших в МФО, опросов школьников и научных руководителей, участвующих в конференциях проектно-исследовательских работ школьников, бесед со студентами, аспирантами и сотрудниками физического факультета МГУ, ведущих занятия со школьниками в ВФШ.

Опрос 114 научных руководителей школьников, участвующих в конференциях проектно-исследовательских работ в 1999–2003 гг. позволил выявить, что основными проблемами при проведении работ являются низкая мотивированность школьников к выполнению исследовательских работ углубленного уровня и слабое методическое обеспечение исследовательской деятельности школьников. Опрос 2000 школьников, пришедших в ВФШ и на МФО в 1999–2003 гг., показал, что большинство школьников даже не знает, что такое исследовательская работа, а многие, хотя и знают о подобных работах, не имеют возможности их проводить. В связи с этим возникло понимание важности и актуальности разработки методической системы развития исследовательских способностей школьников при обучении физике.

Таблица 2

Организация педагогического эксперимента

Этап	Годы	Экспериментальные площадки	Участники	Методы
Констатирующий	1999 – 2003, 2010, 2011	ВФШ, МФО, турнир Ломоносова, конкурсы проектно-исследовательских работ, летние школы, Всероссийский съезд учителей физики в МГУ	Около 2500 школьников, 100 студентов, 700 учителей и преподавателей вузов	Беседы, опросы, анкетирования школьников, школьных учителей и научных руководителей проектно-исследовательских работ школьников
Поисковый	2001–2011	ВФШ, МФО, ВФО, лицей «Вторая школа», МГДД(Ю)Т, СОШ № 179, конкурсы проектно-исследовательских работ, педагогические конференции, летние школы	Около 2000 школьников, 100 студентов, 200 учителей и преподавателей вузов	Беседы, опросы, анкетирования, обучение школьников, обучение преподавателей ВФШ, руководство исследовательскими работами, работа в жюри конкурсов исследовательских работ
Обучающий	2011–2013	ВФШ, лицей «Вторая школа», МГДД(Ю)Т, Летняя олимпиадная физико-математическая школа	Около 550 школьников, 50 студентов. 150 учителей и преподавателей вузов	Опросы, анкетирования, обучение школьников, обучение учителей и студентов – преподавателей ВФШ, руководство исследовательскими работами

Учитывая, что основные результаты констатирующего этапа педагогического эксперимента были получены более 10 назад, были проведены два новых опроса: в 2010 г среди школьников г. Москвы – участников многопредметного Турнира Ломоносова (350 анкет) и в 2011 г среди 600 учителей, прибывших из разных регионов РФ на Всероссийский съезд учителей физики в МГУ им. М.В. Ломоносова.

Поисковый эксперимент по созданию методической системы развития исследовательских способностей школьников при обучении физики проходил с 2001 по 2011 г.

Проводились беседы, опросы, анкетирования, обучение и педагогические наблюдения за школьниками в ВФШ, в лицее «Вторая школа», в кружке МГДД(Ю)Т, на профильном семинаре в СОШ № 179 и в летних школах, опросы школьников и сопровождающих их учителей, участвовавших в МФО и ВФО, опросы школьников и научных руководителей, участвующих в конференциях проектно-исследовательских работ школьников, беседы с учителями на педагогических конференциях, обучение студентов, ведущих занятия со школьниками в ВФШ, руководство исследовательскими работами, работа в жюри конкурсов исследовательских работ, анализ опыта работы жюри конкурсов исследовательских работ школьников, оценивалась эффективность развития исследовательских способностей школьников.

Под руководством автора было выполнено несколько десятков исследовательских работ углубленного уровня, более 20-ти из них удостоились наград московских городских и всероссийских конкурсов проектно-исследовательских работ. Были разработаны новаторские подходы – использование численных методов, реализуемых в электронных таблицах, при решении задач повышенной сложности, на этапах планирования и анализа натурального и проведения вычислительного эксперимента, а также использование общедоступных цифровых видео– или фотокамер в качестве основного измерительного прибора.

К 2011 г методическая система развития исследовательских способностей школьников при обучении физике была разработана, и ее основные моменты были опубликованы в материалах конференций, статьях в периодических журналах, в учебных пособиях по проведению исследовательских работ со школьниками и монографиях.

В 2011–2013 гг. автор провел **обучающий эксперимент**, показавший результативность разработанной методической системы. Обучающий эксперимент проводился на следующих площадках: ВФШ, ГБОУ лицей «Вторая школа», кружок МГДД(Ю)Т, Летняя олимпиадная физико-математическая школа, Летняя школа для учителей физики на физическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова.

Обучающий эксперимент в ВФШ

В ВФШ обучались школьники 8-го и 9-го классов из разных школ Моск-

вы и Подмосковья по предложенной методической системе развития исследовательских способностей одаренных школьников. Занятия проводили студенты физического факультета МГУ под общим руководством автора.

Развитие поисковой активности и дивергентного мышления оценивалось по наличию у школьников стремления решать задачи дивергентного типа и по тому, насколько успешно они эти задачи решают.

При поступлении в ВФШ школьникам предлагался тест из 4-х задач. Традиционно, в ВФШ принимаются все пришедшие на тестирование, но школьникам об этом не сообщается с тем, чтобы у них оставался стимул решать задачи. Поскольку все пришедшие были зачислены, то школьникам оценки за первое тестирование не сообщались (чтобы их не травмировать), на занятиях разбирались решения задач, и школьники могли сами оценить свои работы.

Первая задача была на построение графика пути от времени, вторая была стандартной школьной задачей, третья задача была дивергентного типа, четвертая – конвергентного типа повышенной сложности.

В апреле проводилось второе тестирование, где обучающимся в ВФШ школьникам предлагалось решить тоже 4 задачи: на построение графика, стандартную задачу, задачу дивергентного типа и задачу конвергентного типа повышенной сложности. Рассмотрим результаты тестов, полученные в 2012/13 учебном году. Для 2011/12 учебного года были получены аналогичные результаты.

В 2012/13 гг. в ВФШ поступило 124 ученика. К концу второго полугодия осталось 45 школьников, среди которых и было проведено второе тестирование. Результаты представлены на рис. 3. На нем отображены:

- процент выполнивших первое задание (оценки по обычной школьной 5-ти бальной шкале);
- «фильтр» – процент выполнивших первое задание среди тех, кто дошел до второго тестирования,
- процент выполнивших второе тестирование.

Видно, что на стартовом тестировании с первой задачей справились менее пятой части школьников. После обучения в ВФШ графическое представление движения уже не представляло проблему. Вторая задача была стандартной школьной задачей, поэтому результаты ее решения распределились практически по принципу: 5 или 2. Третья задача была дивергентного типа. Решение, где выдвигались разумные гипотезы, было лишь в 12% работ. Больше трети учеников к решению этой задачи либо вообще не приступили, либо дали совершенно не обоснованные ответы. Последняя задача была взята из сборника Всесоюзных олимпиад, чтобы одаренные школьники, решив первые две задачи, не сидели без дела, кроме того, эту задачу в дальнейшем планировалось использовать на занятиях. Поскольку ее решение требует длительного обсуждения, то она подходит для частично-поискового метода обучения.

Проанализируем, как решали дивергентную задачу те, кто занимался до

апреля и те, кто прекратил обучение на полпути. Из 45 учеников, не приступивших к решению дивергентной задачи, дошло до конца учебного года три человека, из 15 решивших эту задачу на «5» и 21 решивших ее на «4», до конца доучились 14 и 17 человек, соответственно. Таким образом, обучение в ВФШ с использованием продуктивных методов оказалось интересным, прежде всего, для школьников, склонных к решению дивергентных задач.

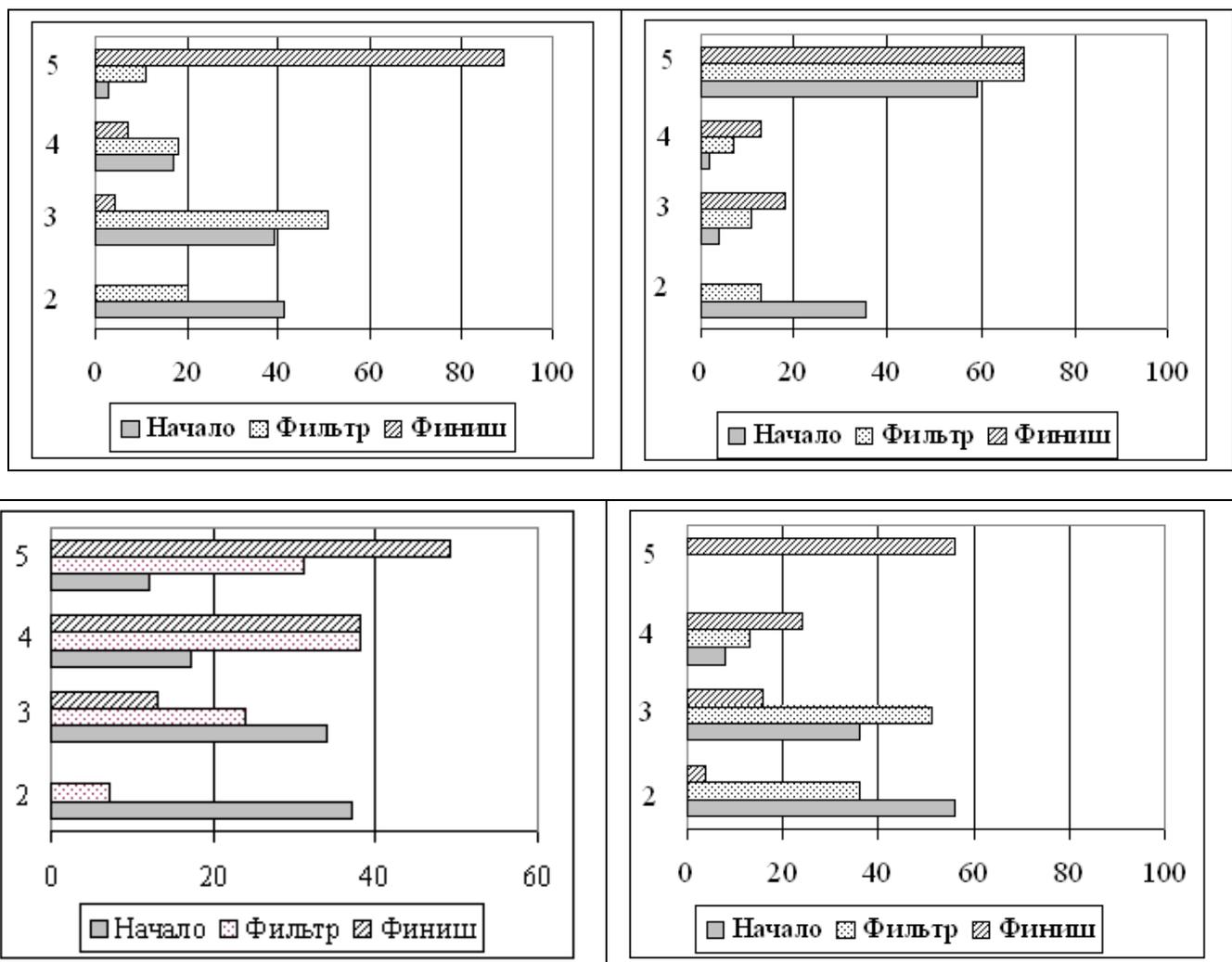


Рис. 3. Результаты эксперимента в 2012/13 году. Распределения отметок за задачи №1 (вверху слева), №2 (вверху справа), №3 (внизу слева), №4 (внизу справа)

Анализ данных показывает, что вначале дивергентную задачу успешно (т.е. на «4» и «5») решило 29% школьников, из числа писавших второе тестирование – 69%, а на втором тестировании успешно дивергентную задачу 87% учеников. Более 10-ти школьников начали исследовательские работы, две из которых были доложены на конференции «Потенциал».

Таким образом, эксперимент показал, что в результате обучения в ВФШ произошло как существенное увеличение поисковой активности школьников,

так и развитие их конвергентного и дивергентного мышления, что свидетельствует об успешном развитии их исследовательских способностей.

Обучающий эксперимент в МГДД(Ю)Т

Обучающий эксперимент в МГДД(Ю)Т прошел в 2011/12 году и был похож на эксперимент в ВФШ, за исключением того, что занятия в двух учебных группах (всего 28 учеников) вел лично автор, а не студенты. Поступающим также предлагался тест с теми же задачами, что и в ВФШ, при этом также не ставилась цель кого-то отсеять. В конце учебного года также был проведен тест для контроля эффективности обучения. Результаты теста представлены на рис. 4. Поскольку обучение закончили 25 из 28 человек, то проводить фильтрацию не имело смысла.

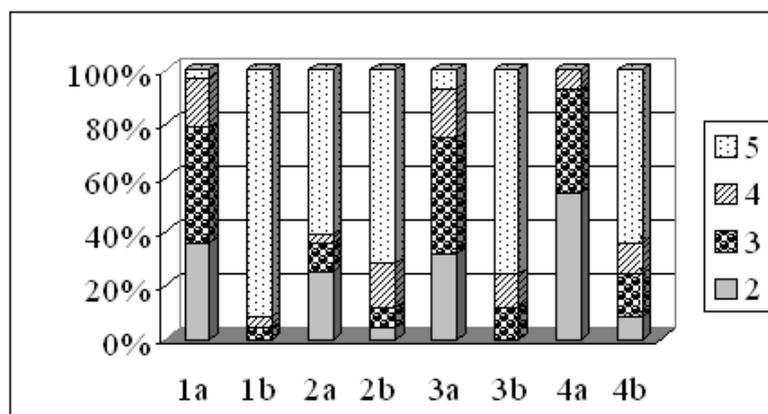


Рис. 4. Распределения оценок за задачи №1–4 в начале (индекс «a») и в конце обучения (индекс «b»)

Видно, что уровень знаний школьников, поступающих в МГДД(Ю)Т, не отличается от уровня знаний поступающих сверстников в ВФШ. Уровень интереса к дивергентным задачам у учеников кружка МГДД(Ю)Т существенно возрос и оказался в конце года даже выше, чем в ВФШ. Большая поисковая активность школьников проявилась в том, что одиннадцать учеников провели исследовательские работы углубленного уровня. Работа одной из учениц 2011/12 года получила диплом II степени на Всероссийской конференции Интел-Династия-Авангард. Таким образом, эксперимент и на этой площадке показал, что в результате обучения школьников по предложенной методической системе произошло существенное увеличение поисковой активности и развитие их конвергентного и дивергентного мышления, что свидетельствует об успешном развитии их исследовательских способностей.

Обучающий эксперимент в лицее «Вторая школа»

Обучающий эксперимент в лицее «Вторая школа» имел свои особенности. Поскольку уровень конвергентного мышления учеников лицея традиционно высок, то основное внимание уделялось развитию их дивергентного мышления и поисковой активности. Успешность развития исследовательских способ-

ностей оценивалось по выполнению школьниками исследовательских работ. С целью выяснения зависимости уровня познавательной потребности и исследовательской деятельности в зависимости от класса обучающихся, в 2011/12 г автор вел факультативный курс – для 7–8 и для 10 классов в 2012/13 г автор вел два факультативных курса – для 7–8 и для 10 классов. Результаты обучения представлены в таблице 3.

Видно, что хотя на факультативный курс ходили ученики 10-го класса, их в основном интересовали олимпиадные задачи. При этом они добились успехов – более половины стали призерами МФО, а три ученика участвовали в заключительном этапе ВФО. Большого интереса к исследовательской деятельности они не проявили и, исследовательских работ не проводили, несмотря на такую возможность, что, скорее всего, связано с ориентиром на подготовку к олимпиадам и ЕГЭ. Только одна школьница закончила в 10-м классе работу, которую она начала в 9-м и получила за нее диплом II степени на московской городской конференции «Потенциал».

Таблица 3

Результаты обучающего эксперимента в лицее «Вторая школа»

Год	2011/12	2012/13	2012/13
Класс	9	10	7–8
Число школьников, постоянно ходивших на факультативный курс	17	16	14
Продолжили работы	41%	6%	7%
Начали работы	53%	---	64%
Полностью выполнили работы	47%	6%	43%
Сделали доклады на конференциях	35%	6%	36%
Участвовали на заключительном этапе Всероссийской олимпиады по физике	18%	19%	нет для 8-го класса
Призеры заключительного этапа Всероссийской олимпиады по физике	18%	12%	нет для 8-го класса
Вошли в команду ТЮФ школы в 8-х классах	---	---	36% (83% команды)

Школьники 8-го и 9-го класса, напротив, проявили большую поисковую активность, больше половины начали проводить исследовательские работы, пять работ были доложены на конференции школьных работ, одна получила диплом на конференции «Чтения Вернадского». Высокая активность школьников проявилась также в том, что некоторые школьники 8-го класса, посещавшие факультативный курс, приняли активное участие в проведении ТЮФ.

Таким образом, эксперимент на этой площадке показал, что в результате обучения на пропедевтическом курсе у школьников проявлялась высокая поисковая активность, выраженная как в виде интереса к экспериментальным задачам ТЮФ, так и к исследовательским работам, что свидетельствует об успешном развитии их исследовательских способностей.

Обучающий эксперимент в летней школе

Летом 2013 г был проведен обучающий эксперимент в Летней олимпиадной физико-математической школе (ЛОФМШ), которая проходила в Витебской обл. (Белоруссия) и которой приняло участие более 230 школьников из Белоруссии, Казахстана и из 45 городов РФ, в том числе из Калининграда, Набережных челнов, Новосибирска, Омска, Петропавловска-Камчатского, Самары, Сыктывкара, Чебоксар и др.

Занятия в школе проводили педагоги из Москвы, Калининграда, Самары и др., а также студенты и аспиранты физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и МФТИ. Поскольку основной целью школы было анонсировано подготовка к олимпиадам, в том числе к экспериментальному туру, то пропедевтический курс включал решение задач повышенной сложности и проведение лабораторных работ похожих на задачи экспериментального тура ВФО.

С целью выяснить уровень дивергентного мышления в начале и в конце школы были проведены тестирования. Для этого предлагалось несколько задач, в том числе дивергентного типа. Несмотря на то, что школьники в целом успешно написали тестирование, к решению дивергентной задачи приступили только 28% школьников, а успешно ее решили 21%. На заключительном тестировании к решению дивергентной задачи приступили 92% школьников, а успешно с ней справились 63%.

Таким образом, проведенный педагогический эксперимент на всех площадках подтвердил гипотезу исследования.

Основные результаты и выводы

1. Анализ состояния проблемы развития исследовательских способностей школьников при обучении физике показал, что существующие в настоящее время методики развития исследовательских способностей школьников ориентированы, в основном, на средний уровень развития учеников и не отвечают в полной мере познавательной потребности одаренных школьников. На этой основе был сделан вывод о необходимости разработки методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике.

2. Установлена целесообразность введения понятия «исследовательской работы по физике углубленного уровня (по физике)» как работы, отличающейся от обычных учебных исследовательских работ тем, что:

- уровень сложности рассматриваемых проблем (и соответственно уровень новизны ожидаемых результатов) существенно превышает уровень стандартных школьных задач;
- работа включает основные этапы профессиональных научных исследований (видение проблемы – выдвижение гипотез – планирование эксперимента – проведение натурального или вычислительного эксперимента – анализ полученных результатов – презентация результатов, которая обычно проходит в виде доклада на конференции (конкурсе) школьных проектно-исследовательских работ).

Показано, что для выполнения исследовательской работы углубленного уровня школьникам необходимы исследовательские способности, а именно наличие высокого уровня развития дивергентного мышления, конвергентного мышления, поисковой активности и устойчивой внутренней мотивации к исследовательской деятельности.

3. Разработана концепция методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике на основе деятельностного и личностного подходов, предусматривающая:

- поэтапное вовлечение школьников в исследовательскую деятельность в рамках пропедевтического курса, позволяющего ученику выбрать тему исследования в результате совместных усилий обучающего и обучаемого, и подготавливающего к выполнению исследовательских работ углубленного уровня с использованием традиционных и инновационных методик, включая компьютерное моделирование на основе численных методов;
- организацию исследовательской деятельности в соответствии с основными этапами профессионального исследования.

4. Разработана модель методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике, включающая содержательные и процессуальные компоненты и отражающая особую роль пропедевтического курса как возможного варианта создания мотивации и привлечения школьников к исследовательской деятельности.

5. Создана методическая система развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике, включающая выявление одаренных школьников, обучение их на пропедевтическом курсе методикам, необходимым для выполнения исследовательских работ, в том числе компьютерному моделированию на основе численных методов, помощь в выборе темы (направления) самостоятельной исследовательской работы, организацию выполнения исследовательской работы углубленного уровня, презентации результатов и выяснение возможности продолжения дальнейших исследований по прежнему или новому направлению.

6. Создан комплекс средств выполнения исследовательских работ углубленного уровня на основе проведения вычислительных экспериментов, планирования, проведения и анализа натуральных экспериментов, включающий использование цифровых фото- и видеокамер в качестве основных измерительных инструментов и компьютерного моделирования на основе численных методов, включая:

- неявное численное интегрирование (в том числе уравнений движения);
- численное нахождение экстремумов функций и решение уравнений (в том числе трансцендентных);
- численный расчет статистических характеристик системы многих тел в процессе ее эволюции.

7. Показано, что достигнутый уровень исследовательских способностей

школьников может быть диагностирован по развитию конвергентного мышления, оцениваемого по успешности решения олимпиадных задач (задач повышенной трудности), дивергентного мышления, оцениваемого по стремлению решать задачи дивергентного типа и успешности их решения, а также устойчивой поисковой активности, оцениваемой по активности исследовательской деятельности школьника, включая выполнение исследовательских работ углубленного уровня.

8. В ходе педагогического эксперимента подтверждена результативность предложенной методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике, оцениваемая по предложенным в ходе исследования критериям и показателям, характеризующим поисковую активность, уровень развития конвергентного и дивергентного мышления, успешность выполнения исследовательских работ углубленного уровня.

Разработанная методическая система развития исследовательских способностей школьников при обучении физике может быть применена в различных регионах нашей страны. Этому способствуют следующие обстоятельства. Во-первых, при разработке методической системы не использовалось специализированное дорогостоящее оборудование, поэтому она может быть реализована практически в любой школе, где есть ученики, одаренные в области физики. Во-вторых, методическая система имеет большую гибкость и может быть реализована на факультативных или элективных занятиях в школах, в кружках при вузах или учебных центрах, в летних школах. Высокий уровень исследовательских способностей школьников позволит им получить больше знаний о передовом крае современной науки и техники, более обдуманно подойти к выбору своей будущей профессии, более уверенно ориентироваться в современном динамически меняющемся мире и в дальнейшем внести свою лепту в развитие научно – технического прогресса.

Продолжение исследования возможно в направлении введения в методическую систему нового содержания из области волновой оптики, статистической физики, нанотехнологий и других направлений современной науки и техники.

Содержание диссертации отражено в 87 публикациях общим объемом 95,5 п.л. (авторских – 93,5 п.л.), из которых основными являются следующие.

Монографии

1. Рыжиков, С.Б. Развитие исследовательских компетенций школьников при выполнении исследовательских работ по физике с использованием численного моделирования: **Монография** [Текст] / С.Б. Рыжиков. – М.: Школа будущего. – 2012. – 232 с. (14,5 п.л.)
2. Рыжиков, С.Б. Развитие исследовательских способностей одаренных школьников при выполнении исследовательских работ по физике с проведением экспериментов на базе фото– и видео техники: **Монография** [Текст] / С.Б. Рыжиков – М.: Школа будущего. – 2012. – 160 с. (9,2 п.л.)

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ

3. Рыжиков, С.Б. Реализация классического эксперимента «Опыт Галилея» с помощью техники «фотофиниша» [Текст] / С.Б. Рыжиков, Ю.В. Старокуров // Физическое образование в вузах. – 2002. – Т. 8. – №3. – С. 70-74. (0,4 п.л., авторских 0,2 п.л. – 50%)
4. Рыжиков, С.Б. Компьютерное моделирование движения кельтского камня [Текст] / С.Б. Рыжиков, Д.А. Григорьев, М.А. Тихонов // Физическое образование в вузах. – 2005. – Т. 11. – №1. – С. 82–89. (0,6 п.л., авторских 0,2 п.л. – 33%)
5. Рыжиков, С.Б. Использование табличного процессора *MS Excel* для решения физических задач повышенной сложности [Текст]/С.Б. Рыжиков // Информатика и образование. – 2007. – №10. – С. 73–78. (0,65 п.л.)
6. Рыжиков, С.Б. Измерение силы сопротивления воздуха [Текст] / С.Б. Рыжиков // Физика в школе. – 2008. – №3. – С. 37–40. (0,4 п.л.)
7. Рыжиков, С.Б. Использование электронных таблиц для проверки законов Кеплера [Текст] / С.Б. Рыжиков // Информатика и образование. – 2008. – №8. – С. 71–76. (0,65 п.л.)
8. Рыжиков, С.Б. Навыки исследователя формируются на школьной скамье (из опыта работы Вечерней физической школы при физическом факультете МГУ) [Текст] / С.Б. Рыжиков // Вестник Московского университета. Серия 20: педагогическое образование. – 2008. – №2. – С. 65–71. (0,5 п.л.)
9. Рыжиков, С.Б. Развитие представлений о статистическом характере физических законов у школьников 7–11 классов в процессе выполнения проектно–исследовательских работ с использованием компьютерного моделирования [Текст] / С.Б. Рыжиков // Школа будущего. – 2011. – №1. – С. 46–52. (0,4 п.л.)
10. Рыжиков, С.Б. Развитие исследовательских компетенций школьников на примере решения классической задачи «брахистохронос» [Текст] / С.Б. Рыжиков // Школа будущего. – 2011. – №4. – С. 76–80. (0,3 п.л.)
11. Рыжиков, С.Б. В каком классе можно рассказывать школьникам о проблемах нанотехнологий [Текст] / С.Б. Рыжиков // Вестник Московского университета. Серия 20: педагогическое образование. – 2011. – №3. – С. 20–23. (0,3 п.л.)
12. Рыжиков, С.Б. Использование электронных таблиц для изучения движения математического маятника [Текст] / С.Б. Рыжиков // Информатика и образование. – 2011. – №6. – С. 80–84. (0,55 п.л.)
13. Рыжиков, С.Б. Проектно–исследовательские работы по физике и отношение к ним школьников (по результатам социологического опроса) [Текст]/С.Б. Рыжиков// Школа будущего. – 2012.–№2.–С. 93–98. (0,3 п.л.)
14. Рыжиков, С.Б. Формирование представлений о теории гравитации у одаренных школьников 9–11 классов [Текст] / Е.А. Михайлов, С.Б. Ры-

- жиков // Наука и школа. – 2012. – №5. – С. 65–68. (0,4 п.л., авторских 0,2 п.л. – 50%)
15. Рыжиков, С.Б. Экспериментальные исследовательские работы с одаренными школьниками VII–го класса [Текст] / С.Б. Рыжиков // Физика в школе. – 2012. – №6. – С. 49-54. (0,6 п.л.)
16. Рыжиков, С.Б. Исследовательские работы школьников по небесной механике [Текст] / С.Б. Рыжиков // Школа будущего. – 2012. – №5. – С. 47-53. (0,4 п.л.)
17. Рыжиков, С.Б. Многоуровневый подход к исследованию явления радуги [Текст] / С.Б. Рыжиков // Школа будущего. – 2012. – №6. – С. 28-33. (0,3 п.л.)
18. Рыжиков, С.Б. Исследовательские работы одаренных школьников по волновой оптике–первый шаг к знакомству с нанотехнологиями [Текст] / С.Б. Рыжиков // Наука и школа. – 2013. – №2. – С. 104-108. (0,5 п.л.)
19. Рыжиков, С.Б. Проведение исследовательских работ по физике углубленного уровня с одаренными детьми в массовой школе [Текст] / С.Б. Рыжиков, А.В. Смирнов // Школа будущего. – 2013. – № 4. – С. 3-8. (0,3 п.л., авторских 0,15 п.л. – 50%)

Учебно–методические пособия

20. Рыжиков, С.Б. Классический опыт Галилея в век цифровой техники: Учебное пособие [Текст]/С.Б. Рыжиков–М.: МЦНМО. – 2008. – 64 с.(4,0 п.л.)
21. Рыжиков, С.Б. Беседы и компьютерные расчеты, касающиеся нескольких занимательных задач механики. ч.1. Как Ахиллес и черепахи играли в догонялки: Учебное пособие. Изд. 2–е, переработанное [Текст] / С.Б. Рыжиков – М.: МГДД(Ю)Т. – 2012. – 116 с. (7,2 п.л.)
22. Рыжиков, С.Б. Беседы и компьютерные расчеты, касающиеся нескольких занимательных задач механики. ч.2. Как Кеплер и Ньютон превращали окружности в эллипсы: Учебное пособие [Текст] / С.Б. Рыжиков – М.: МГДД(Ю)Т. – 2008. – 76 с. (4,7 п.л.)
23. Рыжиков, С.Б. Беседы и компьютерные расчеты, касающиеся нескольких занимательных задач механики. ч.3. Как Галилей и Шерлок Холмс извлекли пользу из умения наблюдать: Учебное пособие [Текст] / С.Б. Рыжиков – М.: МГДД(Ю)Т. – 2009. – 100 с. (6,2 п.л.)
24. Рыжиков, С.Б. Беседы и компьютерные расчеты, касающиеся нескольких занимательных задач механики. ч.4. Как Галилей бросал ядра с Пизанской башни: Учебное пособие [Текст] / С.Б. Рыжиков – М.: МГДД(Ю)Т. – 2009. – 80 с. (5,0 п.л.)
25. Рыжиков, С.Б. Беседы и компьютерные расчеты, касающиеся нескольких занимательных задач механики. ч.5. Как физика сошла с небес на Землю по наклонной плоскости Галилея: Учебное пособие [Текст] / С.Б. Рыжиков – М.: МГДД(Ю)Т. – 2011. – 84 с. (5,2 п.л.)

Материалы конференций

26. Рыжиков С.Б. Проведение проектно–исследовательских работ со старшеклассниками на примере решения классической задачи гравитационного линзирования [Текст] / Е.А. Михайлов, С.Б. Рыжиков // Всероссийский съезд учителей физики в МГУ. Труды. – М.: МГУ. – 2011. – С. 241-243. (0,3 п.л., авторских 0,15 п.л. – 50%)
27. Рыжиков, С.Б. Два аспекта применения компьютера в преподавании физики на примере решения одной классической задачи [Текст] / С.Б. Рыжиков // Труды VII международной конференции «Физика в системе современного образования». – СПб.: Изд. РГПУ им. А.И. Герцена. – 2003. – Т. 1. – С. 116-118. (0,15 п.л.)
28. Рыжиков С.Б. Простой опыт, демонстрирующий квадратичный характер зависимости силы сопротивления воздуха от скорости [Текст] / С.Б. Рыжиков // Труды VIII международной учебно–методической конференции «Современный физический практикум», М.: Изд. Московского физического общества. – 2004. – С. 86. (0,1 п.л.)
29. Рыжиков, С.Б. Аэродинамика полета бумеранга [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы VIII международной конференции «Физика в системе современного образования». – СПб: Изд. РГПУ им. А.И. Герцена. – 2005. – С. 607. (0,05 п.л.)
30. Рыжиков, С.Б. Компьютерное сопровождение лекционной демонстрации «Полет бумеранга» [Текст] / С.Б. Рыжиков // Труды IX Международной учебно–методической конференции «Современный физический практикум». – М.: Изд. Московского физического общества. – 2006. – С. 82-83. (0,15 п.л.)
31. Рыжиков, С.Б. Компьютерное моделирование образования радуги [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы VI Международной научно–методической конференции «Физическое образование: проблемы и перспективы развития». – М.: «Школа будущего» . – 2007. – Часть 2. – С. 168-170. (0,2 п.л.)
32. Рыжиков, С.Б. Моделирование движения небесных тел по эллиптическим и гиперболическим орбитам с помощью электронной таблицы *MS Excel* [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы VII Международной научно–методической конференции «Физическое образование: проблемы и перспективы развития». – М.: МПГУ. – 2008. – Часть 1. – С. 303-305. (0,2 п.л.)
33. Рыжиков, С.Б. Физический эксперимент по оптике в условиях летней школы [Текст] / С.Б. Рыжиков, Ю.В. Рыжикова // Труды международной конференции «Современный физический практикум». – М.: Изд. Московского физического общества. – 2008. – С. 256-257. (0,1 п.л., авторских 0,05 п.л. – 50%)
34. Рыжиков, С.Б. Изучение негармонических колебаний маятника с помощью цифровой камеры [Текст] / С.Б. Рыжиков // Труды международной конференции «Современный физический практикум». – М.: Изд. Московского физического общества. – 2008. – С. 257-258. (0,15 п.л.)
35. Рыжиков, С.Б. Особенности проведения практических занятий по меха-

- нике с учащимися 7–9 классов в условиях летней школы [Текст] / С.Б. Рыжиков, Ю.В. Рыжикова // Материалы X международной конференции «Физика в системе современного образования». – М.: Изд. Московского физического общества. – 2009. – С. 119. (0,06 п.л., авторских 0,03 п.л. – 50%)
36. Рыжиков, С.Б. Учебное пособие по проведению проектных (исследовательских) работ по физике в средней школе [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы X международной конференции «Физика в системе современного образования». – СПб.: Изд. РГПУ им. А.И. Герцена. – 2009. Т. 2. С. 119-120. (0,1 п.л.)
37. Рыжиков, С.Б. Изучение сложных колебательных движений: численное моделирование и эксперимент [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы VIII Международной научно–методической конференции «Физическое образование: проблемы и перспективы развития». – М.: МПГУ. – 2009. – С. 147-148. (0,1 п.л.)
38. Рыжиков, С.Б. Расчет дифракционных картин от простейших объектов с применением численного моделирования в 9 классе средней школы [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы IX Международной научно–методической конференции «Физическое образование: проблемы и перспективы развития» – М.: МПГУ. – 2010. – Часть 3. – С. 92–94. (0,2 п.л.)
39. Рыжиков, С.Б. Проектно–исследовательские работы – как способ развития интереса к физике у школьников 7–9 классов [Текст] / С.Б. Рыжиков // Всероссийский съезд учителей физики в МГУ. Труды. – М.: МГУ. – 2011. – С. 205-207. (0,35 п.л.)
40. Рыжиков, С.Б. Введение в теорию необратимых процессов на факультативных занятиях с одаренными школьниками 7–9 классов [Текст] / С.Б. Рыжиков // Труды VI Всероссийской конференции «Необратимые процессы в природе и технике». – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2011. – Часть III. – С. 144-146. (0,2 п.л.)
41. Рыжиков, С.Б. Использование цифровых камер для проведения лабораторных и проектно–исследовательских работ с одаренными школьниками [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы IX Всероссийской научно–практической конференции «Физика и ее преподавание в школе и в вузе» (Емельяновские чтения). – Йошкар–Ола: Изд. Марийского государственного университета. – 2011. – С. 217-221. (0,3 п.л.)
42. Рыжиков, С.Б. Применение компьютерного моделирования для решения классической задачи «брахистохронос» в средней школы [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы X Международной научно–методической конференции «Физическое образование: проблемы и перспективы развития». – М.: МПГУ, 2011. – Ч. 1. – С. 199-201. (0,2 п.л.)
43. Рыжиков, С.Б. Преподавание численных методов одаренным школьникам: успехи и перспективы [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы VII международной научно–практической конференции «Современные проблемы гу-

- манитарных и естественных наук». – М.: Институт стратегических исследований. – 2011. – С.194-197. (0,25 п.л.)
44. Рыжиков, С.Б. Численные методы как эвристический прием решения задач повышенной сложности на занятиях с одаренными школьниками [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы XIV всероссийской научно–практической конференции «Физическое образование: педагогические исследования и инновации». – Иркутск: Восточно–сибирская государственная академия образования. – 2011. – С. 27-29. (0,2 п.л.)
45. Рыжиков, С.Б. Проведение исследовательских работ с одаренными школьниками на примере изучения формы поверхности мыльной пленки [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы XI Международной научно–методической конференции «Физическое образование: проблемы и перспективы развития». – М.: МПГУ. – 2012. – Часть 2. – С. 18-20. (0,2 п.л.)
46. Рыжиков, С.Б. Методика проведения проектно–исследовательских работ с применением численного моделирования с одаренными школьниками 7–9 классов [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы XI Международной научно–методической конференции «Физическое образование: проблемы и перспективы развития». – М.: МПГУ. – 2012. – Часть 2. – С. 23-25. (0,2 п.л.)
47. Рыжиков, С.Б. Олимпиады и проектно–исследовательские работы – два направления обучения одаренных школьников физике [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы V Международной научно–практической конференции «Новые педагогические технологии». – М.: Изд. «Спутник+». – 2012. – С. 194-196. (0,2 п.л.)
48. Рыжиков, С.Б. Проведение исследовательских работ по механике и молекулярной физике с одаренными школьниками с использованием цифровых фотоаппаратов [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы XXIV Международной научно–практической конференции «Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения». – Новосибирск: – Изд. НГТУ. – 2012. – Часть 2. – С. 128-130. (0,2 п.л.)
49. Рыжиков, С.Б. Проектно–исследовательские работы школьников 7–го класса при изучении «золотого правила механики» [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы X Всероссийской научно–практической конференции «Физика и ее преподавание в школе и вузе» (Емельяновские чтения). – Йошкар–Ола: Изд. Марийского гос. университета. – 2012. – С. 210-213. (0,25 п.л.)
50. Рыжиков, С.Б. Практическое изучение законов динамики вращательного движения с одаренными школьниками 9–го класса [Текст] / С.Б. Рыжиков // Сборник трудов XII международной учебно–методической конференции «Современный физический практикум». – М.: Изд. Московского физического общества. – 2012. – С. 183. (0,1 п.л.)
51. Рыжиков, С.Б. Практические работы по волновой оптике в школе [Текст] / С.Б. Рыжиков, Ю.В. Рыжикова // Сборник трудов XII международной учебно–методической конференции «Современный физический практикум».

- М.: Изд. Московского физического общества. – 2012. – С. 184. (0,1 п.л., авторских 0,05 – 50%)
52. Рыжиков, С.Б. Обучение одаренных школьников 8-9 классов на физическом факультете МГУ: успехи и перспективы [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы конференции «Новые образовательные программы МГУ и школьное образование». – М.: МГУ. – 2012. – С. 179-181. (0,2 п.л.)
53. Рыжиков, С.Б. Развитие исследовательских способностей одаренных школьников на примере расчета движения заряженных частиц в неоднородном магнитном поле [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы XII Международной научно-методической конференции «Физическое образование: проблемы и перспективы развития». – М.: МПГУ. – 2013. – Часть 1. – С. 101-104. (0,25 п.л.)
54. Рыжиков, С.Б. Развитие исследовательских способностей одаренных школьников при изучении неравновесных процессов с использованием цифровых камер и численного моделирования [Текст] / С.Б. Рыжиков // Труды VII Всероссийской конференции «Необратимые процессы в природе и технике». – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2013. – Часть III. – С. 191-193. (0,2 п.л.)
55. Рыжиков, С.Б. Развитие исследовательских способностей школьников 8–9 классов в Вечерней физической школе при физическом факультете МГУ [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы II научно-методической конференции «Новые образовательные программы МГУ и школьное образование» – М.: МГУ. – 2013. – Ч. 1. – С. 71-73. (0,15 п.л.)
56. Рыжиков, С.Б. Применение электронных таблиц для решения задач по геометрической оптике [Текст] / С.Б. Рыжиков // Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции «Физика и ее преподавание в школе и вузе» (Емельяновские чтения). – Йошкар-Ола: Изд. Марийского государственного университета. – 2013. – С. 149-151. (0,2 п.л.)

Другие публикации

57. Рыжиков, С.Б. Решение олимпиадных задач и проведение исследовательских работ по физике с использованием численных методов [Текст] / С.Б. Рыжиков // Сб. Системно-деятельностный подход в обучении физике. – М.: УЦ «Перспектива». – 2012. – С. 88-136. (3,1 п.л.)
58. Рыжиков, С.Б. Развитие исследовательских способностей школьников 8-9-го классов при изучении волновой оптики [Текст] / С.Б. Рыжиков // Физика (Изд. «Первое сентября»). – 2013. – №5. – С. 40-45. (0,65 п.л.)
59. Рыжиков, С.Б. Использование электронных таблиц для проведения исследовательских работ на примере нахождения центра тяжести [Текст] / С.Б. Рыжиков // Информатика в школе. – 2013. – №8. – С. 51-53. (0,3 п.л.)
60. Рыжиков, С.Б. Исследовательские работы школьников по теме «механические колебания и волны» [Текст] / С.Б. Рыжиков // Информатика в школе. – 2013. – №9. – С. 49-52. (0,4 п.л.)