

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского»

На правах рукописи

ЗВОРЫКИН ИЛЬЯ ЮРЬЕВИЧ

**ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ УМЕНИЙ УЧАЩИХСЯ
ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ В СИСТЕМЕ ОСНОВНОГО И
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

5.8.2. Теория и методика обучения и воспитания
(физика, уровень общего среднего образования)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата педагогических наук

Научный руководитель:

доктор педагогических наук, профессор

Гребенев Игорь Васильевич

Нижний Новгород – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 Обзор теории и практики проектного обучения физике.....	14
1.1 История и практика проектного обучения.....	14
1.2 Проектная и исследовательская деятельность учащихся.....	35
1.3 Физический практикум.....	38
1.4 Ресурсы системы дополнительного образования и внеурочная деятельность учащихся.....	45
Выводы по первой главе.....	50
ГЛАВА 2 Методика формирования проектных умений учащихся в ор- ганизационно-методической структуре «урок – практикум – проект».....	52
2.1 Проблемы реализации учебных проектов в практике обучения	52
2.2 Организационно-методическая структура «урок – практикум – проект».....	62
2.3 Методика проектно-ориентированного варианта обучения физи- ке.....	71
2.4 Алгоритм организации проектной деятельности в организаци- онно-методической структуре «урок – практикум – про- ект».....	87
Выводы по второй главе.....	97
ГЛАВА 3 Реализация разработанной методики формирования проект- ных умений учащихся в организационно-методической структуре «урок – практикум – проект».....	98
3.1. Описание реализации методики.....	98
3.2. Педагогический эксперимент.....	120
Выводы по третьей главе.....	139
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	140
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	141
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Пояснения к таблице 2.1.....	169

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Перечень выполненных проектов.....	171
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Перечень базовых работ проектно-ориентированно- го практикума.....	173
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Диагностическая экспериментальная задача.....	174
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Практика формирования тем проектов.....	178

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Одной из существенных задач учебного процесса по ФГОС является обязательное успешное выполнение учащимися проектных работ вместе с усвоением заданного стандартом объема знаний и умений. Проектная деятельность в учебных планах современных школ закладывается как компонент программы, который обязателен для исполнения, в учебном плане должно быть предусмотрено выполнение обучающимися **индивидуального проекта**. Проект представляется в виде завершеного учебного исследования или прикладного, конструкторского, практически значимого объекта [114]. Особую важность имеет развитие проектных умений учащихся как одного из элементов подготовки будущих инженерных кадров. В этой связи принципиальным являются оригинальность замысла, конструктивная завершенность и практическая важность представленного проектного изделия (проектного продукта).

Проектная деятельность учащихся с получением практически значимого продукта должна быть включена в процесс формирования систематических предметных знаний и умений учащихся. Однако практика показывает, что, пытаясь организовать проектную деятельность учащихся в рамках учебного процесса по предмету, в том числе по физике, учителя сталкиваются со следующей проблемой: как составить проектное задание, имеющее по определению практически значимый результат, в то же время органично встроить его в процесс формирования систематических предметных знаний и умений? Эту проблему сформулировал в свое время В.В. Гузеев: «Основная проблема, сдерживающая распространение проектного обучения, состоит в трудности сопряжения проектных заданий с требованиями образовательных стандартов. Практически не удастся сформулировать проектные задания так, чтобы можно было использовать стандартные знания, умения, навыки (точнее – чтобы в них возникла необходимость) при выполнении учениками этих заданий» [26]. В работе Буинцева В. Н. указано, что «Требования федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) невозможно реализовать традиционными методами

обучения, для этого проектное обучение является более целесообразным, но тогда учебные планы должны **подчиняться этапам разработки проекта**, что в рамках существующих ФГОС нереально» [8].

Таким образом, **актуальной является разработка методики** формирования проектных умений учащихся, позволяющей выполнять проектные задания так, чтобы для проектной деятельности потребовались актуальные предметные знания и умения, а в результате проектной деятельности, помимо успешно реализованного проекта, имеющего прикладное предметное значение, учащиеся получили необходимое приращение этих знаний и умений.

Степень разработанности проблемы.

Выполнение учебных проектов при обучении физике было темой нескольких диссертаций. В исследовании Д.М. Макаровой предлагаются пути развития проектных умений учащихся в ходе обучения физике. Е.В. Плащевая предлагает методику формирования исследовательских умений в проектной деятельности у учащихся при изучении физики. Исследование Е.Ю. Барковой посвящено подготовке учащихся к проектной деятельности при обучении физике. Ею сформулированы следующие определения: «проект» - задание, связанное с получением нового практически значимого продукта; «проектная деятельность» - деятельность, направленная на получение нового практически значимого продукта» [5]. Аспект формирования определенных компетенций при участии в проектной деятельности по физике рассматривается в исследовании А.Л. Наумова. В монографии О.Р. Шефер, Т.Н. Лебедевой и Д.С. Мокляка рассмотрены проблемы и методы подготовки педагогических кадров к организации проектной деятельности при обучении физике. Особого внимания заслуживает работа В.В. Майера и Е.И. Вараксиной «Внеурочная проектная деятельность школьников и проблемное обучение на уроках» [10], в которой подчеркнута связь урока физики с внеурочной проектной деятельностью. Связующим звеном является физический эксперимент, представленный в его проблемном варианте.

Зарубежными исследователями также отмечается недостаточная степень обоснованности проектного обучения: «Необходимы более строгие доказатель-

ства для того, чтобы подтвердить, является ли PjBL лучшим подходом для подготовки учащихся к колледжу и карьере, чем традиционные методы, ориентированные на учителя» [199]. Отмечается, что правильная организация проектной деятельности требует высокого профессионализма педагога. Только доскональное знание учебного материала, структуры учебного плана в совокупности с навыками организации проектной деятельности гарантируют преодоление трудностей, возникающих в процессе интеграции проектов в учебную программу. Однако проектное обучение не может быть уделом единиц выдающихся учителей и достигаться за счет их огромной перегрузки. Если возникает необходимость проектной ориентированности обучения, то должна быть выработана и соответствующая **методика проектно-ориентированного обучения** [76], которая должна учитывать особенности учебного предмета, составляющего базу индивидуального проекта учащегося [172].

На основе анализа литературы, результатов предыдущих диссертационных исследований, а также проведенных опросов учителей мы определили наличие следующих факторов, указывающих направление нашего исследования:

- заинтересованность педагогов в организации проектного обучения физике, предполагаемое положительное влияние его на обучение физике в школе;
- потребность учителей в разработанной методике проектного обучения физике;
- дефицит времени педагогов, оборудования и проектных заданий, поэтому полноценный проект практически не может выполняться на уроках физики, требуется промежуточный этап овладения практическими умениями и развития творческих качеств личности учащихся.

Сказанное выше выявляет следующие **противоречия**:

1. между требованиями нормативных документов к проектному обучению и низким практическим уровнем интеграции полноценной проектной деятельности в имеющийся учебный процесс по физике;

2. между задачами учителя по организации проектной деятельности и недостаточной разработкой методик обучения, ориентированных на интеграцию основного учебного процесса по физике с проектной деятельностью;

3. между высоким уровнем требований к практическим умениям и развитым инженерным качествам учащихся для создания полноценных практически значимых продуктов, и отсутствием в традиционной системе обучения физике элементов, формирующих требуемые качества, что определяет необходимость создания специальной организационно-методической структуры.

Эти противоречия обуславливают **актуальность диссертационного исследования на тему «Формирование проектных умений учащихся при обучении физике в системе основного и дополнительного образования»**

Проблемой исследования является отсутствие методики, позволяющей продуктивно встроить проектную деятельность учащихся в систематический учебный процесс по физике.

Объектом исследования является процесс обучения физике учащихся на уровне среднего общего образования в системе основного и дополнительного образования.

Предмет исследования методика формирования проектных умений учащихся при обучении физике на уровне среднего общего образования в организационно-методической структуре «урок – практикум – проект».

Цель исследования состоит в обосновании, разработке и реализации методики формирования проектных умений учащихся в организационно-методической структуре «урок – практикум – проект».

Гипотеза исследования: мы предполагаем, что выполнение полноценных проектов возможно встроить в систематический учебный процесс по физике, если подготовка и выполнение учебного индивидуального проекта будут основаны на проблеме, возникающей в ходе урока, и развиты до уровня создания завершеного устройства, примененного в учебном процессе. В основу этого процесса должна быть положена соответствующая методика формирования проектных умений учащихся, реализующая переход от фронтальных форм и

проблемных методов обучения в уроке к групповым и индивидуальным исследованиям по мере включения учащихся в проектную работу.

Проектные умения в рамках данного исследования определяются нами как:

- владение физическими основами выполняемого проекта (в том числе - получение необходимых предметных знаний и умений в ходе выполнения проекта);
- развитые экспериментальные умения, необходимые для выполнения проекта;
- элементарные инженерные умения (умение создать завершённый проектный продукт и оценить результат, создание проектной документации).

В соответствии с целью и гипотезой исследования были поставлены следующие **задачи**:

1. Выявить состояние проблемы исследования в педагогической теории и практике.
2. Обосновать необходимость единства деятельности учащихся в системе основного и дополнительного образования для выполнения полноценных учебно-исследовательских проектов.
3. Разработать модель организации проектно-ориентированного учебного процесса для системы основного и дополнительного образования. Проектно-ориентированным мы называем такой учебный процесс, целями которого являются, в том числе, выполнение полноценного учебного проекта и формирование проектных умений учащихся.
4. Разработать и описать методику формирования проектных умений учащихся в системе основного и дополнительного образования.
5. В ходе опытно-экспериментальной работы предложить и реализовать конкретные учебно-исследовательские проекты по физике, отвечающие следующим критериям: продуктивности в учебном процессе по физике, субъективной новизны знаний и умений учащихся, практической значимости, конст-

руктивной завершенности, наличия творческих элементов деятельности учащихся.

Методологические основы исследования составляют:

- системно-деятельностный подход (Л.С. Выготский, В.В. Давыдов, А.Н. Леонтьев, Д.Б. Эльконин, П.Я. Гальперин и др.);
- проектно-ориентированный подход (В.В. Гузеев, В.С. Лазарев, М. Нолл, Ю. Олькерс, Е.С. Полат и др.).

Исследование проводилось в 2017-2025 г.г. на базе МАОУ гимназия №2 г. Нижнего Новгорода; лаборатории школьного физического эксперимента при кафедре кристаллографии и экспериментальной физики физического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского, клуба «Кулибин» ННГУ им. Н.И. Лобачевского и Центра детского творчества Автозаводского р-на г. Нижний Новгород.

Теоретические основы исследования составляют:

- работы по методике преподавания физики (А.И. Бугаева, Е.Н. Горячкина, И.В. Гребенева, М.Д. Даммер, С.Е. Каменецкого, В.В. Майера, В.Г. Разумовского, Ю.А. Саурова и др.);
- работы в области метода проектов (В.В. Гузеева, Г.Б. Корнетова, В.С. Лазарева, М. Нолла, Ю. Олькерса, Е.С. Полат и др.);
- работы в области теории и методики организации проектной и исследовательской деятельности учащихся (Е.И. Вараксиной, О.В. Лебедевой, А.В. Леонтовича, В.В. Майера, А.С. Саввичева, Н.В. Шароновой и др.);
- работы в области теории и методики организации внеурочной деятельности учащихся (И.А. Крутовой, Ю.В. Масленниковой, Г.Г. Никифорова, А.П. Усольцева и др.);
- работы в области методики организации и выполнения физического практикума (Л.И. Анциферова, В.А. Бурова, И.В. Гребенева, Ю.И. Дика, Б.С. Звоныкина, О.Ф. Кабардина, А.А. Покровского, В. П. Шутова и др.).

Научная новизна исследования заключается в следующем.

1. Разработана оригинальная методика формирования проектных умений учащихся, позволяющая органично встроить проектную деятельность в систе-

матический учебный процесс по физике. В методике реализован переход от фронтальных форм и проблемных методов обучения к групповым и индивидуальным исследованиям по мере включения учащихся в проектную работу.

2. Описана и реализована новая организационно-методическая структура «урок – практикум – проект» для выполнения учебных проектов в системе основного и дополнительного образования, в которой обеспечено развитие проектных умений учащихся до уровня создания практически важных, в т.ч. для обучения физике, изделий.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что:

1. Дана новая трактовка проектно-ориентированного обучения физике, описана оригинальная модель проектно-ориентированного учебного процесса по физике в системе основного и дополнительного образования. В модели реализовано включение проектной деятельности учащихся в систематический учебный процесс по физике.

2. Предложен алгоритм организации проектной деятельности в структуре «урок – практикум – проект», обеспечивающий встраивание проектной деятельности учащихся в систематический учебный процесс.

3. Выделены критерии эффективности проектной деятельности учащихся: предметной продуктивности; субъективной новизны знаний и умений учащихся, полученных в ходе выполнения проекта; практической значимости и конструктивной завершенности проектного изделия; наличия творческих элементов деятельности.

Практическая значимость исследования заключается в том, что:

разработаны, выполнены с учащимися, и опубликованы описания работ физического практикума, доказывающие возможность выполнения полноценного физического учебно-исследовательского проекта в системе основного и дополнительного образования, что может служить ориентиром в деятельности преподавателей физики.

Положения, выносимые на защиту.

1. Процесс формирования проектных умений учащихся встраивается в систематический учебный процесс по физике в ходе проектной деятельности, основанной на проблеме, задаче, эффекте, возникших на уроках основного учебного процесса по физике. Выполнение учебного проекта приводит к разрешению возникшей задачи, проблемы, и выводит учащихся на новый уровень знаний и предметных умений. Завершение проектной работы приводит к созданию нового реального устройства, конструктивно завершенной и методически продуктивной установки, демонстрирует существенное продвижение в усвоении учебного предмета физики, рост экспериментальных умений учащихся и творческих качеств личности.

2. Успешное выполнение полноценных проектов по физике происходит в системе основного и дополнительного образования в организационно-методической структуре «урок – практикум – проект», при включении в учебный процесс проектного ориентированного практикума, готовящего учащихся к продуктивной работе по выполнению проектов. В ходе практикума учащиеся решают проблему, вытекающую из физического эксперимента урока, определяют ключевое проблемное физическое явление, решают экспериментальную задачу практикума, непосредственно связанную с этим явлением, и формулируют тематику будущего проекта.

3. Формирование проектных умений учащихся реализуется на основе разработанной в исследовании методики, позволяющей органично встроить проектную деятельность в систематический учебный процесс по физике. В методике реализован переход от фронтальных форм и проблемных методов обучения к групповым и индивидуальным исследованиям по мере включения учащихся в проектную работу.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается опорой на современные достижения в методических, дидактических, психолого-педагогических исследованиях и возможности их практической реали-

зации; использованием методов исследования, соответствующих поставленным целям и задачам; результатами проектной деятельности, апробацией результатов исследования на курсах повышения квалификации учителей физики.

Апробация результатов исследования осуществлялась в виде докладов и выступлений:

- на Международных научно-практических, научно-методических и научно-технических конференциях: «Физико-математическое и технологическое образование: проблемы и перспективы развития» (МПГУ, Москва; 2021, 2023 г.), «Проблемы подготовки учителей математики, информатики и предметов естественнонаучного цикла» (ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, 2024 г.);

- на Всероссийских научно-практических конференциях: «Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения» (ГГИПУ им. В.Г. Короленко, Глазов, 2015-2026 гг.), «Преподавание физико-математических и естественных наук в школе. Традиции и инновации» (ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, 2017 г.), «Всероссийской научно-методической конференции «Инновационные идеи и методические решения в преподавании естественных наук» (ИГХТУ, Иваново, 2021 г.), «Всероссийской научно-практической конференции «Формирование мышления в процессе обучения естественнонаучным, технологическим и математическим дисциплинам» (УрГПУ, Екатеринбург, 2021 г.);

- на методической конференции «Инновационные методы обучения в высшей школе» (ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, 2015 г.);

- на региональных научных конференциях по радиофизике (ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород; 2018, 2023, 2024 гг.).

Внедрение результатов диссертационного исследования осуществлялось в МАОУ гимназия №2 г. Н. Новгорода, детском клубе «Кулибин» при ННГУ им. Н.И. Лобачевского, ЦДТ Автозаводского района г. Н. Новгорода, при подготовке преподавателей физики в Мининском университете, в учебном процессе специалитета и магистратуры физического факультета ННГУ, на курсах повы-

шения квалификации преподавателей физики при ННГУ. Общий объем выборки учащихся 220 человек, учителей 67 человек.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 5.8.2. Теория и методика обучения и воспитания (физика), а именно:

п. 18. Теоретические основы создания и использования новых образовательных технологий и методических систем обучения и воспитания;

п. 24. Проектирование и разработка вариативных форм взаимодействия общего (профессионального) образования по предметам (дисциплинам).

Тематика диссертации соответствует следующим п.п. «Перечня актуальных тематик диссертационных исследований в области наук об образовании»:

п. 2.18.1 Взаимосвязь и взаимовлияние урочной и внеурочной деятельности (по предметам и на межпредметном уровне);

п. 2.18.28 Теоретические основы разработки и внедрения технологий проектно-ориентированного обучения;

п. 2.24.3 Проектирование и организация проектной деятельности обучающихся в урочной и внеурочной деятельности.

Структура диссертации: диссертационное исследование объёмом 168 страниц основного текста состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, включающего 204 наименования; содержит 12 таблиц, 18 рисунков, 5 приложений.

ГЛАВА 1

ОБЗОР ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

1.1 ИСТОРИЯ И ПРАКТИКА ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ

История проектного обучения

Началом истории проектной технологии можно считать 17-е столетие, когда в Королевской Академии Архитектуры в 1702 году был объявлен конкурс проектов. Тогда проектами были названы эскизы строительных планов [113]. Распространившийся по Европе в профессионально-техническом образовании метод в конце 19-го века реализуется и в Америке. Там он сформировался как метод обучения, в котором результатами деятельности учащихся были не разработанные проекты-планы, а выполненные ими в мастерских практически значимые предметы [25].

Истоки современного метода проектов лежат в работах Дж. Дьюи и В. Килпатрика [30, 31, 32, 82, 83, 84, 201, 202]. Дж. Дьюи считал, что ребенок (ученик), проходя собственный путь преодоления трудностей, исследуя окружающую проблемную среду и выполняя опыты и эксперименты, создавая различные материальные объекты, добывает знания и опыт. Современными исследователями уделяется немало внимания наследию В. Килпатрика [87, 128, 186]. При этом исследователи отмечают, что Дж. Дьюи не был столь радикален как В. Килпатрик в ориентации обучения на ребенка (детоцентризме) как концепции противопоставляемой традиционной концепции ориентации на учебный план, и понимание проекта у них значительно отличается [113]. В 1930 году Дьюи пишет: «Взрослый не может развиваться до интегрированной личности без учета реальности своей жизненной ситуации, частью которой он сам и является. Изучение этой реальности имеет особенное значение для подрастающего поколения. В таком случае учебный план есть просто отобранный и организованный материал, который является релевантным такой когнитивной и практической инкорпорации молодежи» [113, с. 25].

Представление о тематике проектов и соотношении традиционных школьных дисциплин и того, что предлагали школы детоцентристской направленности, можно увидеть, с точностью до деталей перевода, из таблицы 1.1, представленной в 1928 году Гарольдом Ругг и Энн Шумахер.

Таблица 1.1

Сравнение дисциплин традиционной школы и проектов школы

Г. Ругг и Э. Шумахер [113, с. 28]

Школа, сконцентрированная на ребенке	Обыкновенная школа
Изучение еды – фрукты и овощи	Алгебра
Изучение деревьев и того, что из них изготавливают	Арифметика
Исторические игры	Бухучет
Изучение рыцарей – составляем и ставим пьесу	Экономика
Игровой город	Сочинения на английском
Изучение молока	География
Изучение Голландии	Грамматика
Изучение шерсти	История
Транспортировка воды	Ручной труд
Изучение лодок	Природа
Как люди достигали рекордов	Чтение
Изучение людей, которые живут на деревьях	Риторика
Как заботится о выводе цыплят	Наука
История роста Чикаго	Спеллинг (как правильно писать)
Изучение греческой жизни	Письмо
Колониальная жизнь	

Важным, на наш взгляд, является пример разбора Ю. Олькерсом реализации одного из проектов школы Г. Ругг и Э. Шумахер – исторической игры-пьесы «По следам Колумба», отсутствующего в таблице 1.1. Автор отмечает, что сти-

мулирование самостоятельной активности сопровождается переносом дидактической ответственности на самих учащихся, что является чрезмерным требованием к ним. Для выполнения задачи требуется работа с содержанием (историческими фактами, например) которые не всегда представлены в подходящей для самообучения форме. Источники могут совершенно неоднозначно трактовать один и тот же факт, исходя из различных подходов. Но без определенной трактовки невозможна достоверность при воспроизведении (проигрывании) исторических фактов. Важным для нас выводом является следующее: «Килпатрик фактически описал только психологические способы, которые основывают настоящую ориентацию на ребенка, но об обучении можно говорить только тогда, когда в игру включается содержание, которое не может быть заимствовано у психологии. Ввиду первенства предметной дидактики современные проекты в базовой школе в большинстве случаев являются дополнением к обычному учебному процессу. Они понимаются как методические вариации, а не как разрушающий школу принцип» [113, с. 31].

Изучение современной (в том числе зарубежной) литературы потребовало для дальнейшего анализа выделить три основных термина, постоянно используемых при описании проектной деятельности: «проектный подход», «метод проектов» и «проектное обучение». Используя современную литературу можно провести между корневыми понятиями «подход», «метод» и «обучение» определенные различия. Подход и метод можно различать согласно Е.И. Пургиной: «Однако, в отличие от подхода, метод характеризует процесс познания с точки зрения определения способа его осуществления, способа деятельности субъекта познания» [196, с. 10]. Обучение же, как было отмечено выше, требует не просто принципа и метода, но и среди прочего наличие определенного содержания [113]. Таким образом, в силу различий между учебными предметами (с их содержанием) возможны отличия и в проектном обучении, которое относится к данным предметам.

Однако указанное различие не означает то, что оно строго переносится на соответствующие термины, относящиеся к проектной деятельности. Авторы

различных исследований могут понимать данные термины иначе, но, к сожалению, их собственные определения не всегда можно найти в публикациях этих исследований.

Исходя из изложенного, возможно (в рамках данного исследования) охарактеризовать различия между терминами следующим образом:

- «проектный подход» означает то, что учащиеся в ходе образовательного процесса так или иначе участвуют в проектной деятельности, то есть выполняют «проекты», что бы под термином «проект» не понималось;
- «метод проектов» означает то, что определены методы выполнения учащимися проектной деятельности и роль в образовательном процессе традиционного обучения, основанного на определенном учебном плане по конкретным предметам;
- «проектное обучение» («проектно-ориентированное обучение») означает то, что помимо описания метода учитывается наличие определенного предметного содержания, например, учебного физического эксперимента для физики.

Если принять данную терминологию, то можно утверждать, что сам по себе проектный подход может потребовать при конкретной реализации в виде того или иного метода как полный отказ от традиционного обучения (то есть, возможно, от учебного плана и систематического преподавания определенных предметов) так и глубокую динамичную интеграцию с традиционным обучением.

Рассмотрим три модели, описывающие различные реализации метода проектов, важных исторически, и различаемых в настоящее время в литературе [175, с. 666-667]:

- линейная модель, которую можно охарактеризовать также словом «последовательная», в рамках которой учащиеся сначала получают определенные знания и вырабатывают умения, и лишь после этого приступают к выполнению проекта. Вклад в развитие этой модели внес Кэлвин М. Вудворд [185];
- холистическая модель, которую можно охарактеризовать также словом «интегрирующая», предусматривающая динамическое взаимодействие процес-

сов получения знаний и развития умений и самой проектной деятельности. Эту модель связывают с именем Чарльза Р. Ричардса [178, 184], причем именно он первым применил термин «проектное обучение» [178, с. 154];

- универсальная модель, которую можно охарактеризовать также словом «тотальная», автор которой В. Килпатрик определяет проект, чрезвычайно расширяя границы этого понятия как любой «сердечный (от всего сердца) целеустремленный (целенаправленный) поступок (акт)», исходно - "the hearty purposeful act" [202, с. 4]. Здесь следует заметить, что в издании книги В. Килпатрика, выполненном в СССР переводе уделено достаточно внимания: «Английский термин "purposeful act", переведенный буквально «целевой акт» вводится в нашу педагогическую терминологию. Надо иметь в виду, что русское употребление слова «акт» обычно указывает на единичное явление, тогда как здесь имеется в виду длительный процесс; поэтому более подходящим было бы выражение «целевая установка», тем более, что этот последний термин уже входит у нас в употребление» [202, с. 9].

Универсальная модель благодаря экстремально широкому пониманию проекта может не содержать четкого и исчерпывающего описания конкретных методов выполнения проекта, и таким образом в нашем понимании она остается на уровне проектного подхода.

При рассмотрении линейной модели можно сделать вывод, что связь между проектной деятельностью и традиционным получением знаний и умений состоит лишь в определении требований к уровню этих знаний и умений, достаточному для выполнения проектов (то есть реализации проектного подхода). В таком случае заказ на выполнение проектов формируется учебным учреждением, как и определение необходимого уровня знаний и умений. Таким образом, методика получения основного объема знаний и умений может не претерпевать никаких изменений, вызванных наличием проектного подхода. На обучение определенному предмету с его четким содержанием, наличие перспективы выполнения конкретного проекта может фактически не оказывать влияния. Это

ставит данную модель на грань проектного подхода и метода проектов. При этом от проектного обучения конкретному предмету она оказывается далека.

С практической точки зрения в настоящее время рассматриваются лишь два варианта, соответствующие фактически холистической и линейной моделям [191]. С учетом приведенного выше анализа линейная модель относится ближе к проектному подходу, а холистическая – ближе к проектному обучению. В этом смысле вполне понятно следующее: «Как проектный подход, пропагандируемый Лилиан г. Кац и Сильвией К. Чард, метод относится к любому «углубленному исследованию реальной темы, достойной внимания и усилий студента», которое принимается и проводится довольно независимо классом, группой или отдельным студентом»; «В дошкольных учреждениях он может быть использован как единственный метод, но в начальной школе, средней школе и колледже он должен быть дополнен систематическим обучением», а также: «Проектное обучение, разработанное, в частности, командами вокруг Филлис Блюменфельд и Джона Р. Мергендоллера, отличается от проектного подхода тем, что оно следует холистической модели Ричардса и Дьюи и объединяет обе фазы, то есть приобретение навыков и их применение, в один процесс» [175, с. 668]. Последнее означает, что фактически в настоящее время проектная деятельность, так или иначе, сочетается с традиционным обучением, и современные реализации проектного подхода не являются альтернативой такому обучению, а компонентами современной системы образования. В работе Ф. Блюменфельда также приведено важное утверждение, позволяющее оценить достоинства холистической модели: «Проекты могут служить для наведения мостов между явлениями в классе и реальным жизненным опытом; вопросам и ответам, возникающим в их повседневных делах, придается определенное значение, и демонстрируется возможность для их систематического исследования» [196, с. 372].

В СССР судьба метода определилась попытками его активной реализации в условиях 20-х и 30-х годов XX века, когда для этого возникли условия, определяемые потребностями быстрой подготовки кадров для всех отраслей растущей

промышленности и определенной потерей авторитета традиционной системы образования и последовавшим в итоге его официальным запретом в 1931 г. [130]. В учебниках для высших педагогических учреждений достаточно долго транслировался данный запрет [150, с. 64-65] (1936 г). Тогда проектный метод реализовывался как альтернативный традиционному, состоявшему в систематическом изучении основ наук. Однако, можно заметить, что и после официального запрета в СССР учащиеся могли заниматься деятельностью очень сходной с проектной. В многочисленных кружках они могли создавать подчас вполне оригинальный проектный продукт. Все это происходило в рамках имевшейся в СССР широкой системы дополнительного образования.

Исследования в области проектного обучения

Для метода проектов в «Педагогическом энциклопедическом словаре» приведено следующее определение: «Система обучения, при которой учащиеся приобретают знания в процессе планирования и выполнения постоянно усложняющихся практических заданий — проектов» [123, с. 140].

Существует множество интерпретаций и трактовок метода проектов, описанных различными исследователями и приведенных Г.Б. Корнетовым [87].

И.Д. Чечель, Н.В. Мамина и И.С. Иванова определяют: «Метод проектов — педагогическая технология, ориентированная не на интеграцию фактических знаний, а на их применение и приобретение новых» [100, 165].

М.М. Эпштейн отмечает: «Программа в методе проектов строится как серия взаимосвязанных проектов, вытекающих из тех или иных жизненных задач. Тем самым для выполнения проекта, задуманного самим ребёнком, вместе с учителем, с группой ребят, необходимо разрешить несколько задач. Задач, интересных детям, полезных другим, связанных с реальной жизнью. Для выполнения этих проектов, разрешения вставших жизненных задач нужно суметь построить собственную деятельность совместно с другими ребятами, найти, добыть знания, необходимые для выполнения этого проекта и выполнить его» [170].

И.А. Фатеева, Т.Н. Канатникова подчёркивают: «Реализация на практике метода проектов ведёт к коренному изменению позиции преподавателя. Он из носителя знаний превращается в организатора познавательного процесса и исследовательской деятельности учеников. Также в корне меняется психологический климат аудитории, в которой проходит обучение с использованием метода проектов, который меняет деятельность учителя из учебно-воспитательной в организаторскую» [158].

Е.С. Полат отмечает, что «в основе метода проектов лежит развитие познавательных навыков учащихся, умений самостоятельно конструировать свои знания, умений ориентироваться в информационном пространстве, развитие критического и творческого мышления». По ее мнению, «метод проектов всегда ориентирован на самостоятельную деятельность учащихся — индивидуальную, парную, групповую, которую учащиеся выполняют в течение определённого отрезка времени. Этот метод органично сочетается с групповыми (collaborative or cooperative learning) методами. Метод проектов всегда предполагает решение какой-то проблемы. Решение проблемы предусматривает, с одной стороны, использование совокупности, разнообразных методов, средств обучения, а с другой, предполагает необходимость интегрирования знаний, умений применять знания из различных областей науки, техники, технологии, творческих областей. Результаты выполненных проектов должны быть, что называется, «осязаемыми», т.е. если это теоретическая проблема, то конкретное её решение, если практическая — конкретный результат, готовый к использованию (на уроке, в школе, в реальной жизни). Если говорить о методе проектов как о педагогической технологии, то эта технология предполагает совокупность исследовательских, поисковых, проблемных методов, творческих по самой своей сути» [113].

В.С. Зайцев в своей работе [37] представил классифицированный ряд актуальных, реализуемых на практике авторских типов проектов, авторами которых являются: А. Стивенсон, У.Х. Килпатрик, М. Уэльс, Э.У. Коллингс, Ф.Л. Штол-

лер, "Школа Линкольна", В.И. Воропаев, Н.В. Матяш, Е.С. Полат, В.И. Слободчиков, Г.П. Щедровицкий.

Современной технологии проектного обучения в нашей стране посвящены также исследования Е.С. Александровой, Л.П. Алексеевой, А.В. Антюхова, Е.А. Гнатышиной, В.В. Гузеева, И.Б. Игнатова, Д.Н. Корнеева, В.С. Лазарева, Н.Ю. Пахомовой, Е.А. Пеньковских, В.Н. Стернберг, Н.В. Увариной, И.Д. Чечель, Н.О. Яковлевой и др.

Само понятие проекта также имеет множество различных определений [90], исследователями представлены описания разнообразных формы конкретных реализаций проектного обучения [182].

В современном методическом руководстве В.Н. Давыдова «Физико-химические учебные проекты во внеурочной деятельности школьников» [28] автор приводит перевод таблицы «элементы и редуцированные формы проектного обучения», которая, по его словам, заимствована из книги В. Мюнцигера и К. Фрея [195]. Таблица содержит сравнение различных вариантов обучения, по-разному реализующих проектную деятельность: от полного ее отсутствия, до строго проектной ее формы. Сравнение проводится по теме, целям, методам, учебной группе, предметам, оценке работы, продукту, роли учителя и школьников. Исходный вариант таблицы (на немецком языке) можно найти в статье М. Людвига 1997 года [190, с. 12]. Интересной и важной здесь является ситуация, представленная в таблице, когда проектный продукт не получается. Очевидно, в таком случае требуется определенная рефлексия, как со стороны учащегося, так и со стороны его наставника, к которой им следует быть готовым.

В последнее время появились несколько исследований, затрагивающих проектирование при обучении физике. В исследовании Д.М. Макаровой предлагаются пути развития проектных умений учащихся в ходе обучения физике [99]. Е.В. Плащевая предлагает методику формирования исследовательских умений в проектной деятельности у учащихся при изучении физики [126]. Исследование Е.Ю. Барковой посвящено подготовке учащихся к проектной деятельности при обучении физике [5]. Каждое из этих исследований решает проблемы, ко-

торые могут становиться все более и более актуальными по мере массового внедрения проектирования в учебный процесс.

Аспект формирования определенных компетенций при участии в проектной деятельности по физике рассматривается в исследовании А.Л. Наумова [116]. Исследования проводились для случая групповой работы учащихся над проектом. В ходе исследования определялась степень сформированности определенных компетенций участников группы, и устанавливалось, какую задачу при распределении в группе следует поручить каждому для наилучшего развития наименее развитых компетенций. Подобный подход может оказаться уместен и для учащихся, выполняющих индивидуальные проекты при выборе тематики проекта. Очевидные педагогу затруднения у ученика с выполнением фронтального физического эксперимента по определенным темам, например, при переходе к сборке электрических цепей, или оптике, можно попробовать представить не как поражение учащегося, а как вызов. Школьник, испытывающий затруднения со сборкой электрических цепей, скорее всего, самостоятельно не придет в школьный кружок электроники и не выберет соответствующий проект. Но если педагогу удастся изменить ситуацию, разумеется, не прибегая к принуждению, и убедить ученика принять вызов, то в случае успеха проекта результат будет существенно более значимый для всех.

Также следует отметить появление в 2020 году монографии О.Р. Шефер, Т.Н. Лебедевой и Д.С. Мокляка [168], рассматривающей проблемы и методы подготовки педагогических кадров к организации проектной деятельности при обучении физике. В книге содержится объемный теоретический и практический материал полезный для тех, кто будет практически реализовывать методики проектного обучения. Появление такой работы подчеркивает актуальность темы проектной деятельности в современном школьном физическом образовании.

Особого внимания заслуживает работа В.В. Майера и Е.И. Вараксиной «Внеурочная проектная деятельность школьников и проблемное обучение на уроках» [10]. В работе подчеркнута связь урока физики с внеурочной проек-

ной деятельностью, и связующим звеном является физический эксперимент, представленный в его проблемном варианте. В описываемый авторами учебный процесс, так или иначе, вовлечены все учащиеся класса. В работе перечислены этапы проектной деятельности, и приведены конкретные примеры реализации методики. При этом в монографии В. Г. Разумовского, В. А. Орлова, В. В. Майера и Ю. А. Саурова «Стратегическое проектирование развития физического образования» (2012 г.) опубликован важный тезис: «Воспитательный эффект физики определяется внеурочной проектной деятельностью учителя и его учеников. Для воспитания творческой личности, развития инициативы и активности необходимо восстановить во всех школах внеурочную деятельность учащихся, связанную с учебным физическим экспериментом» [141, с. 82-83]. Это, на наш взгляд, позволяет предположить, что внедрение современного ФГОС, устанавливающего необходимость проектной деятельности, через некоторое время может привести к повышению воспитательного эффекта физики в школе. Но возможность эта появляется в случае создания и реализации определенной методики проектного обучения, включающей в себя ориентацию на физический эксперимент и внеурочную деятельность.

Современная практика проектного обучения в учебных заведениях

Для нашего исследования ближе всего определения проекта и проектирования, приведенные В.С. Лазаревым: «В широком смысле проект сегодня понимается как особый способ постановки и решения проблем. Особый – потому, что не каждая проблема решается проектным способом. Чтобы искать пищу в пустыне или в лесу, проект не нужен» [91, с. 6].

При этом следует подчеркнуть отмечаемую еще Дж. Дьюи разницу между проблемным обучением и проектным методом. «Часто фраза "обучение на основе проектов" взаимозаменяемо используется с обучением на основе проблем, но, в соответствии с Дьюи, следует четко различать оба понятия. В то время, как проблемное обучение ориентировано на исследование и ограничено решением абстрактных проблем, проектное обучение ориентировано на производст-

во и требует использования как теоретических, так и практических стратегий решения проблем» [175, с. 668]. Таким образом, проблемная ситуация может стать первым звеном начала проектирования, но подтверждение той или иной гипотезы, которая определяет причину проблемы, не является конечной точкой реализации проектного метода.

В.С. Лазарев констатирует наличие особенности сложившейся в настоящее время практики проектирования в школе:

«Фактически то, что называют «проектом», в подавляющем большинстве случаев представляет собой реферат на заданную тему.

Это очевидно уже из названий десятков и сотен ученических проектов. Вот примеры таких названий: «Праздники и традиции нашей семьи», «Огуречные секреты», «Мое школьное питание», «Симметрия живых организмов», «Химия и цвет. Натуральные и искусственные красители», «Химия в жизни человека», «Символика России», «Молния», «Загрязнение окружающей среды», «Моя школа», «Моя малая родина», «Числа в нашей жизни», «Герб моей семьи», «Мой класс и моя школа», «Моя семья», «Пословицы и поговорки». Работая над такими и подобными проектами, учащиеся будут искать нужную информацию, каким-то образом ее отбирать, анализировать и синтезировать. Они будут получать новые знания для себя и возможно обогатят ими еще кого-то, кто ознакомится с результатами их работы. Полезно ли это? Конечно, полезно. Вряд ли кто-то это будет отрицать, но только по сути это – не проектная, а псевдо-проектная деятельность.

Конечно, при желании реализацией проекта можно назвать любой продукт детского творчества, но от такого называния сама эта деятельность проектной не станет» [92, с. 28-29].

Таким образом, выбору формы и тематики выполнения проектов следует уделить особое внимание, поскольку они определяют значимость проекта, неоправданное снижение которой приводит к дискредитации всей педагогической технологии.

При значительном числе работ, посвященных проектному методу в настоящее время, зарубежными исследователями отмечается недостаточная степень изученности проектного метода. В блоге на официальном сайте журнала "THE Journal" в 2017 году была опубликована заметка Dian Schaffhauser [199], где суть проблемы отражена в названии: "Promising but Not Proven", т.е. «Обнадёживает (обещает), но не доказывает». Выводы данной работы относительно проектного обучения (PBL) таковы: «Хотя практики и сторонники реформы образования заинтересованы в масштабировании PBL, данные исследований не поспевают за растущим интересом к PBL со стороны практики обучения. Необходимы более строгие доказательства для того, чтобы подтвердить, является ли PBL лучшим подходом для подготовки учащихся к колледжу и карьере, чем традиционные методы, ориентированные на учителя». Заметка основана на публикации "Project-Based Learning. A Literature Review. Working Paper. MDRC. October 2017. " [197] за авторством Barbara Condliffe совместно с Janet Quint, Mary G. Visher, Michael R. Bangser, Sonia Drohojowska, Larissa Saco, Elizabeth Nelson.

Ю. Олькерс отмечает также: «Сложность состоит в том, что мы не располагаем достаточными эмпирическими исследованиями по данной теме. Рабочие гипотезы основаны на попытках отдельных школ, которые не были объектом независимого наблюдения. Материал состоит практически только из самоописания» [113].

Конечной целью учебного процесса по ФГОС является обязательное успешное выполнение некоторой группой учащихся проектных работ и усвоение всеми учениками заданного стандартом объема знаний и умений. Проектная деятельность в учебных планах современных школ закладывается как вариативный компонент программы, который обязателен для исполнения. Обязательность выполнения проектов учащимися в той или иной форме диктуется образовательным стандартом так: «III. Требования к структуре основной образовательной программы <...> 18.3.1. Учебный план среднего общего образования (далее - учебный план) является одним из основных механизмов, обеспечи-

вающих достижение обучающимися результатов освоения основной образовательной программы в соответствии с требованиями Стандарта. <...> В учебном плане должно быть предусмотрено выполнение обучающимися индивидуального(ых) проекта(ов)» [159]. В связи с этим стоит отметить важность добровольности в выборе учащегося предмета и цели проектирования. В противном случае исчезнет сохранившаяся полезная составляющая ориентированности метода проектов на ребенка, возможности его участия в выборе проекта. В книге В. Килпатрика в связи с этим можно найти следующее: «Заданные проблемы, как правило, остаются проблемами учителя, поэтому они не становятся проблемами ученика» [201, с. 349]. При этом постановка цели, как предпосылки проекта, не допускает жестких предписаний: «Она возникает либо не возникает, но она не может возникнуть в результате принуждения» [201, с. 350] (перевод [113, с. 23-24]).

Однако, основной проблемой, сдерживающей требуемое гармоничное внедрение проектного обучения в образовательный процесс и распространение именно такого внедрения, является трудность сопряжения проектных заданий с требованиями образовательных стандартов. Эту проблему описал В.В. Гузеев [25, 27].

Практике осуществления проектной и исследовательской деятельности в условиях современных ФГОС посвящен параграф в книге М.М. Поташника и М.В. Левита [131, с. 63-88]. В книге даны примеры выполнения проектов, указаны ключевые признаки проекта и причины внимания к проектной деятельности в современной мировой педагогике. Отмечена опасность псевдопроектирования, отмеченная выше. Помимо проблем, связанных с отсутствием у педагогов представления о проектной и исследовательской деятельности, авторы отмечают необходимость в проявлении внимания к организации такой деятельности со стороны администрации учебных заведений: «Полноценная исследовательская и проектная деятельность учеников и выпускников имеет характер самостоятельной работы с тьюторским сопровождением, она должна быть обеспечена организационными, материальными, финансовыми и временными ре-

сурсами, и это отдельная забота директора школы и его заместителей» [131, с. 84].

Современный зарубежный опыт проектного обучения

Проектное обучение достаточно широко представлено в обучении школьников и соответствующих исследовательских публикациях, включая обзорные [171 - 203].

Прежде всего, следует определиться с рядом сокращений встречается в зарубежной литературе, связанной с проектным обучением. Сокращение «PBL» обозначает как «Project Based Learning» так и «Problem Based Learning», поэтому в последнее время для «Project Based Learning» часто используется сокращение «PjBL». В статье канадских исследователей «Тенденции в исследованиях проектного обучения и изучения науки и технологий на уровнях K–12: систематический обзор» (2016 г.) используется сокращение «PBSTL» означающее «Project-Based Science and Technology Teaching and Learning» [171, с. 200]. Статья эта является большим литературным обзором PBSTL, в ней проанализировано 48 источников 2000 – 2014 годов. При этом следует заметить, что название предмета «физика» встречается лишь в двух из них.

В источниках обзора, описывающих процесс преподавания и обучения, большинство исследователей использовали метод наблюдения в классе, и они отмечают разнообразие проблем и трудностей с PBSTL: «в основном они касаются управления важными задачами, для которых требуется участие учащихся в рамках этого подхода: формулирование проблем для изучения, использование методов исследования, участие в обсуждениях и т. д.» [171, с. 211]. В частности: «непросто определить, как вводить проектные мероприятия или этапы, связанные с процессом решения проблем» [181, с. 10].

Также заметными трудностями сопровождается работа даже мотивированных и способных формулировать научные проблемы учащихся с плохо структурированными проблемами [173, с. 44].

Важным для нас является заключение о том, что «ученикам приходится тратить больше времени на изучение направлений, которые не всегда соответствуют обязательной школьной программе, а учителя не всегда готовы оказать им большую помощь в этом процессе: особенно в школьных системах, где есть стандартизированные тесты, многие учителя могут рассматривать занятия PBL как роскошь, которую они не могут себе позволить, учитывая их ограниченность во времени. Они могут бояться, что их ученики окажутся в невыгодном положении, поскольку драгоценное время может быть потрачено впустую» [173, с. 61]. Нам приходилось слышать аналогичные опасения в ходе работы с учителями, заинтересованными в организации выполнения их учащимися проектов по физике.

В обзоре отдельный раздел посвящен тому, что теория и практика преподавания недостаточно хорошо документирована: «разработка и распространение успешных шаблонов учебных материалов PBSTL и моделей внедрения среди учителей и лиц, принимающих решения, значительно помогло бы обеспечить использование этого подхода в школах» и «таких публикаций все еще очень мало, и они заслуживают дальнейшего развития и широкого распространения среди тех, кто занимается преподаванием и обучением S&T» [171, с. 222].

В заключении авторы обзора указывают, что для определения PBSTL используются пять основных характеристик: «есть подлинная научная проблема или вопрос; учащиеся разрабатывают конечный продукт (артефакт); учащиеся вовлечены в исследования или проектную деятельность; существует сотрудничество между учащимися, учителями и другими членами сообщества; и используются технологии обучения, такие как ИКТ» [171, с. 223]. Проекты по физике, описанные в нашем исследовании, если понимать подлинность проблемы как субъективную для учащегося, соответствуют указанным характеристикам.

В 2025 году был опубликован "Систематический обзор литературы по проектному обучению физике в средней школе: теоретические основы, принципы проектирования и стратегии реализации" [172], включающий анализ наиболее современных зарубежных источников (большинство из них - 2023 г).

Базовое общее определение PjBL в рамках исследования сформулировано следующим образом: «PjBL — это ориентированный на студентов и совместный учебный подход, который поощряет студентов **решать проблемы путем создания конечного продукта**» [172, с. 2].

Основные компоненты PjBL вслед за «Институтом образования Бака» в работе определены как:

- ключевые знания, понимание и навыки успеха;
- сложная проблема или вопрос;
- постоянное исследование;
- аутентичность;
- голос и выбор студента;
- размышление;
- критика и пересмотр;
- публичный продукт [187].

Следует заметить, что предлагаемый в нашем исследовании вариант проектно-ориентированного обучения физике содержит указанные компоненты.

Исследование авторов обзора показало, что «все еще остается ограниченное всестороннее понимание теоретических основ PjBL, принципов проектирования и внедрения в преподавание физики в средней школе» [172, с. 1]. При этом в своих выводах публикация «подчеркивает потенциал PjBL для улучшения вовлеченности учащихся, любопытства, креативности, критического мышления и научных навыков в физике средней школы» [172, с. 1].

Также авторами был выявлен «значительный пробел в доступности практических модулей PjBL, специально разработанных для обучения физике» [172, с. 2]. По их мнению, устранение этого пробела жизненно важно для возможностей учащихся использовать PjBL. Следует заметить, что в ходе нашего исследования были разработаны и описаны конкретные практические модули реализации варианта проектно-ориентированного обучения физике.

Также внимания заслуживает опыт КНР по внедрению PjBL, описанный в публикации 2023 г «Практика и проблемы проектного обучения в физическом

образовании» [177]. Авторы сообщают, что «проектное обучение было введено в Китае в 1990-х годах и все еще находится на стадии развития» [177, с. 253].

В работе подчеркивается, что перед началом внедрения PjBL учителя неизбежно изучат соответствующую предметную область, будут опираться на успешный опыт, проведут обширный анализ и тестирование, и улучшат свои преподавательские способности посредством процесса интеграции знаний и постоянной практики. «Поэтому практическое исследование проектного обучения в преподавании физики в старших классах полезно для улучшения методов обучения учителей, обогащения моделей обучения и повышения преподавательских способностей» [177, с. 254].

Описывая конкретные стратегии внедрения проектного обучения физике, авторы предлагают планирование обучения в виде трех уровней:

- «базовое обучение»,
- «расширенное (панорамное) обучение»,
- «сложное обучение».

Целевыми группами для этих уровней они видят:

- всех учащихся,
- заинтересованных учащихся,
- учащихся, считающих физику своей сильной стороной [177, с. 255].

Также эти три уровня соответствуют недавним, среднесрочным и долгосрочным целям обучения.

Исходный вариант таблицы, содержащий план обучения представлен таблицей 1.2 [177, с. 255].

В исследовании рекомендуют «поощрять учеников с интересами, хобби и сильными сторонами организовывать клубы по подготовке к познанию физики для интеграции обучения с будущим развитием и проведения предварительного обучения и исследований» [177, с. 254].

План обучения PjBL [177, с. 255]

Table 1. Learning Plan

Categories of learning objectives		Learning Objectives	Targeting student groups	Learning content
Recent goals	Basic learning	Summarize the essential content of current learning	All students	Induction of learned mechanical systems
Medium term goals	Panoramic learning	Understand the required content to be learned	Students with interests and hobbies	Understand the electrical system
Long term goals	Challenging learning	Challenge Physics	Students who are interested in their strengths	Conduct research on prerequisite learning

Такой подход близок к нашему пониманию необходимости структурирования проектно-ориентированного обучения, реализованного нами в организационно-методической структуре «урок – практикум – проект». Однако авторы предполагают исключительно групповые варианты организации проектной деятельности учащихся, тогда как мы ориентируемся на индивидуальные проекты. У всех участников группы предполагается общая тема проекта, но разные конкретные задачи. Соответственно «когда проектное обучение студентов подходит к концу и отчет об исследовании завершен, учителям необходимо публично продемонстрировать результаты проекта студентов, а студенты и учителя будут совместно оценивать результаты проекта» [177, с. 255].

В другой работе ученых из КНР «Анализ соответствия преподавания, обучения и оценки в классе: как учителя реализуют проектное обучение в соответствии со стандартами учебной программы» [203] авторы утверждают: «Исследование предполагает, что нехватка у учителей инженерных знаний и характеристики обучения на основе проектов в классе являются основными причинами

отсутствия согласованности между тремя элементами реализации обучения и стандартами учебной программы. Аналогичным образом, было обнаружено, что проектное обучение в классе имеет характеристики совместного развития физических знаний и инженерного содержания, и что будущие исследования могут быть сосредоточены на разработке более эффективных форм организации содержания в классе и распределения времени» [203, с. 1]. Также «Согласно исследованию [193], проектное обучение по-прежнему является сложным учебным методом, который требует дальнейшего развития» [203, с. 20].

Таким образом, можно утверждать, что внедрение PjBL в систему обучения физике далеко не завершено.

Один из выводов авторов состоит в следующем: «Кроме того, это исследование дает новое представление об исследованиях согласования учебной программы. С точки зрения гибкой реализации согласование целей обучения, учебных мероприятий и оценок в классе со стандартами учебной программы не обязательно подразумевает строгое согласование. Несогласованность не обязательно является негативной, если она включает и подчеркивает когнитивные навыки более высокого порядка» [188].

В ходе нашего исследования мы пришли к тем же выводам.

В работе [179] можно найти обзор проблем и возможностей, возникающих при групповой работе над проектом. Этому аспекту реализации PjBL уделяется внимание во многих указанных публикациях. Однако мы в своем исследовании, исходим из того, что предлагаемый учащимся проект - это их индивидуальный проект, учитывая то, что в программе обучения старшеклассников содержится предмет «Индивидуальный проект». Это ограничивает применимость для нас разработанных в зарубежной литературе методических решений.

Исследование преимуществ и недостатков PjBL среди двух групп (по 38 человек) одаренных финских школьников, обучение которых проводилось в виде уроков составленных с применением PjBL, и без, показало, в частности, что «никаких различий в общих результатах обучения между группами обнаружено не было» [192]. Таким образом, можно утверждать, что влияние PjBL на основ-

ное обучение, проводимое по программе, может оказаться минимальным, однако дополнительные знания и умения, получаемые учащимися при выполнении проектов вне урока, очевидно, дают применению PjBL определенное преимущество.

Из приведенного описания современного зарубежного опыта проектного обучения можно сделать следующие общие выводы:

- PjBL — это ориентированный на студентов и совместный учебный подход, который поощряет студентов **решать проблемы путем создания конечного продукта**;

- в последние годы изучение PjBL продолжает активизироваться;
- внедрение PjBL в обучение физике в средней школе далеко не завершено, требуется дальнейшее развитие метода;

- ограничено всестороннее понимание теоретических основ PjBL, а также принципов из разработки и внедрения в преподавание физики в средней школе;

- практика преподавания недостаточно хорошо документирована и обнаруживается значительный пробел в доступности практических модулей PjBL, ориентированных на обучение физике;

- у многих учителей есть опасения, что проектное обучение не будет достаточно эффективным;

- отдельные исследователи видят необходимость поэтапного выполнения проектного задания, включая дополнительную подготовку по предмету, с дифференциацией участников каждого этапа;

- определены основные компоненты PjBL (т.н. «Золотой стандарт PjBL») общие для всех предметов;

- в основном исследователи рассматривают и исследуют групповые проекты;

- согласование целей обучения, учебных мероприятий и оценок в классе со стандартами учебной программы может быть не строгим;

- влияние PjBL на основное обучение, проводимое по программе, может оказаться минимальным.

1.2 ПРОЕКТНАЯ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ

Педагоги и методисты, исследователи и практики различают проектную и исследовательскую деятельность учащихся. Проведению границы между ними посвящено множество страниц в современной методической литературе. Однако полностью отделить один вид деятельности от другого практически не представляется возможным. Это значит, что выполнить исследование, не содержащее элементов проектирования, или выполнить проект без определенного внутреннего исследования невозможно. Иллюстрацией этого является рисунок 1.1 [97].

За последние несколько лет выпущено много методической литературы по теме проектной и исследовательской деятельности учащихся [85, 94, 121, 157]. Но специфика обучения физике отражена далеко не во всех.



Рисунок 1.1- Проектирование и исследование: сходство и различие [97, с. 12]

В монографии О.В. Лебедевой «предложена методическая система проектирования и организации учебно-исследовательской деятельности при обучении физике в школе, включающая принципы, закономерности организации исследовательской деятельности, алгоритм проектирования учебно-

исследовательской деятельности при обучении физике, определяющий закономерную связь отобранного содержания, методов обучения и форм его организации с уровнем проектируемой исследовательской деятельности учащихся, способы эффективного применения учебного оборудования» [95]. В качестве критериев различия проектной и исследовательской деятельности предлагается следующий критерий: «Таким образом, ключевое отличие проектной и исследовательской деятельности заключается в том, что в исследовании результат неизвестен, а в проекте результат определяется заранее. Целью исследования являются новые знания о явлении (объекте), а целью проекта – реализация проектного замысла (продукт)» [61, с. 16].

В монографии В.В. Майера и Е.И. Вараксиной можно найти ответ на вопрос «как должно осуществляться конструирование, и каким должно быть конкретное содержание системы образовательных ресурсов, обеспечивающей эффективное руководство учителем и продуктивное выполнение учащимися исследовательских проектов по всем разделам школьного курса физики» [98]. Авторы принимают различие между проектом и исследованием вслед за А.Ю. Пентиним: «В афористической форме их отличие можно было бы описать так: в исследовании обнаруживается то, что есть, а в проекте создается то, чего еще нет» [124]. При этом важными представляются нам следующие их выводы и определения:

«Проектное исследование – это учебное исследование физического явления или объекта, которое выполняется в рамках определенного проекта и необходимо для достижения практической цели этого проекта. Например, чтобы осуществить проект по созданию прибора для измерения в демонстрационном опыте заряда электрона, нужно выполнить учебное исследование явления электролиза с целью определения оптимальных условий эксперимента.

Исследовательский проект – это ученический проект, целью которого является выполнение учебного исследования физического явления или объекта посредством специально созданных для этого приборов и экспериментальных установок. Например, чтобы количественно исследовать явление электромагнит-

ной индукции, нужно изготовить усилитель постоянного тока и устройство со-пряжения с компьютером.

Изложенное показывает, что различие между проектным исследованием и исследовательским проектом не настолько велико, чтобы эти термины не могли использоваться на практике как синонимы» [98, с. 24].

В книге, вышедшей под общей редакцией О.Б. Даутовой и О.Н. Крыловой [157], можно найти пример технологии поэтапного формирования универсальных учебных действий при организации проектной деятельности учащихся в образовательных заведениях. А в приложениях к книге И.В. Комаровой [85] найти матрицу согласованности фаз технологии исследовательской деятельности и универсальных учебных действий для основной школы (составитель О.А. Ивашедкина).

Примеры реализованных проектов можно найти в книге «Организация проектной деятельности в школе в свете требований ФГОС» [121], но ни одного проекта по физике в ней не описано.

В книге А.В. Леонтовича и А.С. Саввичева содержится методическое исследование, основанное на личном опыте авторов. В ней можно найти важные практические примеры, иллюстрирующие особенности учебного проектирования и учебных исследований. В частности, в рамках обозначенного различия между ними, выраженного так: «Исследование не ставит целью изменение окружающего мира, сосредоточившись на его познании. Проектирование – это создание новых, прежде не существовавших, объектов и явлений или изменение известных объектов с целью получить у них новые свойства» [97, с. 12], авторы делают важное замечание: «Уяснение учащимися разницы между проектом и исследованием является очень важным, поскольку качество работ, выполняемых в этих двух жанрах, оценивается по разным критериям» [97, с. 13]. Разумеется, новизна объектов, явлений, свойств объектов в этих определениях субъективна, на уровне учащегося или класса.

В нашем исследовании мы придерживаемся того понимания, что при оценке исследования и проектирования необходимо пользоваться ортогональными

шкалами, определяющими присутствие исследовательского и проектного компонента в сложной деятельности по проведению полноценного учебного исследования или выполнению полноценного учебного проекта. В любом случае оба компонента в данной деятельности так или иначе присутствуют.

В официальных методических рекомендациях Министерства образования и науки Российской Федерации указано следующее: «Проект <...> представляется в виде завершённого учебного исследования или объекта (информационного, творческого, социального, прикладного, инновационного, конструкторского, инженерного и пр.).» [114]. Таким образом, проект официально может быть представлен в виде завершённого исследования. Такой проект вполне возможно именовать как «исследовательский проект», что и будет происходить далее в рамках нашего исследования. Близким к этому будет определение, данное А.В. Леонтовичем: «Исследовательский проект учащегося – проект по выполнению им исследовательской работы, который разрабатывается совместно с руководителем и в соответствии с этапами исследования» [96].

1.3 ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ

Физический практикум занимает особое место в школьном физическом эксперименте. Его развитие происходило благодаря деятельности методистов, исследователей и практиков Анциферова Л.И., Букова В.А., Дика Ю.И., Зворыкина Б.С., Кабардина О.Ф., Каменецкого С.Е., Покровского А.А., Шутова В. И. и многих других.

С 1951 по 2021 годы школьному физическому практикуму было посвящено множество литературы [4, 9, 81, 132, 133, 134, 135, 136, 138, 139, 153, 161, 162, 166, 169]. Описания отдельных работ практикума публиковались в «Факультативном курсе физики» с 1975 по 1987 годы [68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75]. Немало работ практикума описано в журналах «Физика в школе» и «Учебная физика».

Практикуму в целом и различным аспектам практикума посвящены диссертационные исследования как выполненные в еще в XX веке – Чепуренко В. Г. [164], Анциферова Л.И. [3], так и современные - Тищенко Л.В. [155], Дмитриевой О.А. [29], Первышиной Н.В. [125].

В последние годы диссертационные исследования, относящиеся к физическому практикуму, отразили изменения, происходящие в школьном образовании, позволяющие рассматривать новые подходы к физическому практикуму. Все они представляются нам актуальными и полезными для совершенствования методики проектно-ориентированного обучения физике.

В работе Л.В. Тищенко практикум предлагается использовать как средство реализации деятельностного подхода, в котором учащиеся получают высокую самостоятельность в выборе цели исследования, и соответственно не получают инструкций по выполнению работы. Практикум организуется в профильных классах и основная цель его «научить ставить цель исследования» [155]. Для выбора цели индивидуального проекта учащимися такое умение представляется весьма важным.

У Н.В. Первышиной в исследовании обоснована методика, выделяющая физический практикум в профильных классах в отдельный учебный предмет. Такой практикум находится в роли сопровождающего основной курс физики. В работе разработана целевая уровневая дифференциация [125]. Физический практикум, связанный с проектной деятельностью, также может быть отдельным видом деятельности учащихся, хотя скорее всего по объективным причинам он будет реализован вне урока, как показано нами в следующей главе.

В работе О.А. Дмитриевой [29] предлагается работы физического лабораторного практикума на уроке объединить с решением задач, тем самым сформировать понимания учащимися взаимосвязи теории и эксперимента. Взаимосвязь решения задач и физического практикума, по нашему мнению, может быть развернута более широко в случае, когда работа практикума является проблемной. Конкретный пример такой организации учебной деятельности показан нами в следующей главе.

Физический практикум, как отдельный элемент организации экспериментальной деятельности учащихся по физике, появился в СССР в послевоенные годы. Исходно задачи практикума были иными, нежели сейчас, а именно – временная замена невозможного по материальным причинам фронтального выполнения лабораторных работ. «В первые послевоенные годы, в связи с острым недостатком в лабораторном оборудовании, получила большое распространение организация лабораторных работ в школах в форме так называемого *физического практикума*» [33, с. 160]. С этого времени физический практикум заметно изменялся и по целям, и по возможностям.

Время введения физического практикума в программу по физике отличается в различных источниках. «Физический практикум, который введен в программу по физике VIII—X классов с 1954—55 учебного года, является для учителя и для учащихся более сложным способом проведения лабораторных занятий, чем фронтальный способ. Между тем, методическая литература по данному вопросу выпускается в недостаточном количестве, а описаний работ практикума, которыми могли бы пользоваться учащиеся, совсем нет» [164, с. 2]. Это время совпадает с выходом второго издания книги «Практикум по физике в старших классах средней школы. Пособие для учителя» [138]. Вместе с тем в последнем учебном пособии по лабораторному практикуму по теории и методике обучения физике в школе указана другая, более поздняя дата. «Физический практикум в программу по физике был введен только в 1957 г., хотя передовые учителя начали проводить физический практикум значительно раньше. Практически этот вид занятий стал внедряться после того, как были разработаны необходимое оборудование, методика проведения этих работ» [154, с. 339]. Вне зависимости от точной даты само по себе это говорит о том, как происходило внедрение физического практикума в реальное школьное физическое образование. Если бы целью физического практикума была лишь компенсация материальных трудностей базы школьного фронтального эксперимента, то он перестал бы существовать сразу после решения этой проблемы. Однако, как мы видим, практикум получил развитие, появился в программе по физике, и для его реали-

зации выпускалось специальное оборудование и составлялось специальное методическое обеспечение.

Причины этого в том, что возникли потребности в расширении спектра формируемых экспериментальных навыков и умений, и у физического практикума предполагались возможности ее удовлетворить. «В середине прошлого столетия наряду с фронтальными лабораторными работами был введен в программу в старших классах физический практикум. Это было вызвано тем, что фронтальный метод проведения лабораторных работ, несмотря на его положительные стороны, формировал лишь начальные экспериментальные навыки и умения» [34, с. 83].

Самостоятельное определение такого физического практикума затруднено, а возможно и не требуется в настоящее время, и обычно в литературе проводится сравнение с фронтальными лабораторными работами с использованием соотношения их возможностей. Приведем весьма характерный пример определения физического практикума из современной студенческой выпускной квалификационной работы.

«Физический практикум имеет множество отличительных черт, которые значительно превосходят данный способ обучения:

- есть возможность предоставить ученикам максимальную самостоятельность, так как физический практикум проводится на основе уже изученного и разобранного материала;
- появляется возможность использования более современного и разнообразного оборудования, так как для проведения практикума достаточно предоставить по одному комплекту на работу, что позволяет использовать приборы, которые имеются в малом или единичном количестве;
- позволяет учащимся развить свое критическое мышление, при помощи оценки экспериментально полученных результатов (их достоверность и точность).

Таким образом, обобщив все характеристики физического эксперимента и проанализировав существующую литературу можно принять, в качестве рабочего определения понятия, следующее.

Физический практикум – эффективное средство организации учебного процесса, целью которого является повторение, углубление, расширение и обобщение теоретических основ курса физики, а также развитие экспериментальных умений посредством использования более сложного оборудования, приборов и вычислительной техники» [7].

Это определение близко к приведенному в современном учебном пособии по лабораторному практикуму по теории и методике обучения физике: «Физический практикум – форма работы по формированию экспериментальных умений учащихся более высокого уровня, чем фронтальные лабораторные работы. В физическом практикуме более сложные работы, более точное оборудование, больше самостоятельности в работе учащихся» [154, с. 339]. Последнее определение, на наш взгляд, можно считать достаточно точным.

По нашему мнению, использование для выполнения лабораторных работ компьютеров, а также более сложного и редкого оборудования, усложнение характера самой работы, организация и проведение работ в определенное время, предполагаемая повышенная самостоятельность учащихся при выполнении работ ни по отдельности, ни в совокупности не определяют четко границу физического практикума. Критерием является обеспечение более высоких требуемых показателей формирования экспериментальных навыков и умений. Перечисленное выше вполне может повлиять на повышение этих показателей, но однозначное соответствие пока не обнаружено. Решающей для получения повышения этих показателей будет конкретная практика реализации определенной работы. Работы, отнесенные авторами того или иного пособия к работам практикума, автоматически такими не становятся. Их предстоит реализовать в имеющихся условиях, используя все заложенные в них возможности. В противном случае потенциал работы может быть не реализован, а результаты сравнимы с результатами обычной фронтальной работы, требующей значительно

меньше ресурсов. Если бы это было не так, и их выполнение по описаниям в методической литературе непременно приводило бы к предполагаемому результату, работы практикума не исчезли бы так быстро из практики немало части учебных заведений, как это практически произошло в настоящее время. **Иначе говоря, физический практикум, на наш взгляд, - это не готовый инструмент, выданный педагогу и требующий лишь использования, а скорее методика, требующая освоения педагогами.** Инструментами скорее являются технические средства, доступные учителю. Но сами они не всегда являются определяющими свое применение. К их использованию тоже нужен определенный творческий подход.

Для выполнения проектов по физике учащимся требуются экспериментальные умения и навыки. **Но развить их в должной мере сохранившиеся в школьной программе фронтальные лабораторные работы не в состоянии.** В свое время именно этот недостаток фронтальных работ привел к сохранению в учебных заведениях практикума, получившего новые задачи, что было отмечено выше. **Но полученные в результате выполнения работ практикума повышенные экспериментальные умения и навыки учащихся не имели конечной точки приложения, кроме заявленного предположения, что они потребуются учащемуся в его дальнейшей жизни и трудовой деятельности, а также при дальнейшем обучении в вузе.** Вместе со сложностью реализации полноценного практикума это привело к его исчезновению из массовой практики обучения физике. В настоящее время такая точка приложения появилась, по крайней мере для тех учащихся, кто выбирает предмет «физика» как приоритетный для себя. Это - индивидуальный проект. Исходя из этого, можно прогнозировать для выполняющих такой проект по физике возвращение физического практикума в определенной форме. Можно предположить, что учащиеся смогут получить необходимые умения и навыки как раз в ходе выполнения проекта. Но проект предполагает определенную самостоятельность его выполнения, и не вполне понятно, как именно учащиеся сами повысят свой уровень экспериментальных умений и навыков. Можно сделать повышение

этого уровня обязательным элементом выполнения проекта, его подготовительным этапом. Для этой цели подходит физический практикум. Таким образом, физический практикум получает очередную новую задачу – подготовку к выполнению учащимися проектов по физике, и получает возможность к развитию там, где он еще сохранился или к возрождению там, где он был утерян.

Практикум существенно более вариативен по тематике, и таким образом он способен гибко подстроиться под требования учащихся, выполняющих проекты в данное время. Это существенно для реализации модели проектно-ориентированного обучения физике.

Физический практикум может выполняться в проблемном варианте, как и организованные определенным образом фронтальные лабораторные работы. Однако для проведения практикума в проблемном варианте необходимо, чтобы учащиеся четко и ясно видели проблему, лежащую в основе эксперимента или являющуюся следствием его выполнения. В таком случае педагогу следует беспокоиться о том, чтобы ключевая проблема не была оттеснена в сознании учащихся трудностями инструментальной деятельности, к примеру, сборкой электрической цепи или нечетким восприятием показаний стрелочных приборов. Для этого потребуется обеспечить должный уровень развития инструментальных умений. Их развитие входит в круг задач фронтальных лабораторных работ, сохранившихся в программе обучения физике. Также возможно проведение предварительного лабораторного занятия непосредственно в рамках самого физического практикума. Все это снизит риск того, что учащиеся будут считать собственные промахи при выполнении эксперимента причиной проблемы, возникшей перед ними в рамках заложенной педагогом в эксперимент и проявившейся в итоге проблемной ситуации.

1.4 РЕСУРСЫ СИСТЕМЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ВНЕУРОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ

Прежде всего, определим роль и значение внеурочной деятельности учащихся с точки зрения педагогов и исследователей. В учебном пособии для учителей А.П. Усольцева [156] приведена таблица, содержащая принципы внеурочной работы, сформулированные различными исследователями (таблица 1.3).

Таблица 1.3

Принципы внеурочной работы

№ п/п	Автор	Принципы
1	Кабардин О.Ф. [15]	Единство урочной и внеурочной работы; добровольный выбор занятий учениками по интересам; ориентация на активную самостоятельную познавательную и практическую деятельность учащихся
2	Каменецкий С.Е. [154]	Те же, что при учебной деятельности; основные: доступности, научности, систематичности, принципы развивающего и воспитывающего обучения; необходимость удовлетворения интересов и запросов учащихся, добровольность выбора, самостоятельность, учет местных условий
3	Муравьев Е.М. [115]	Добровольность выбора форм и содержания занятий; массовость внеклассных мероприятий по охвату учащихся; опора на самостоятельность и инициативу учащихся; общественно-полезная направленность и творческий

№ п/п	Автор	Принципы
		характер работы; подчинение всех внеклассных занятий общим задачам учебно-воспитательной работы общеобразовательного учреждения
4	Рожнев Я.А. [144]	Обеспечение добровольности выбора учащимися содержания и методов занятий с учетом личных склонностей детей; осуществление массовости внеурочной работы, вовлечение в нее большинства учащихся; опора на самостоятельную творческую инициативу; общественно полезная направленность всех выполняемых на внеурочных занятиях работ; знакомство детей с производством; подчинение внеурочной работы общим учебно-воспитательным задачам
5	Вульфов Б.З, Поташиник М.М. [16]	Преемственности; массовости; последовательности; непрерывности
6	Енин А.В. [35]	(Называемые автором обстоятельствами): добровольность участия; свобода выбора поручений и форм их реализации; опосредованность педагогического руководства деятельностью воспитанников; доступность участия в ней каждого школьника, возможность удовлетворения интересов

Далее автор отмечает важные для нашего исследования особенности содержания этой таблицы: «... большинство исследователей, несмотря на различия, в той или иной форме отмечают единство урочных и внеурочных занятий: подчинение внеклассной работы общим целям (задачам) учебно-воспитательной работы, необходимость учета одинаковых принципов и т.д. Это вполне естест-

венно вытекает из определения внеурочной работы, как составной части единого учебно-воспитательного процесса.

Далее, что очень важно, почти все отметили добровольность выбора учащимися содержания и форм работы. Именно этот принцип внеурочной деятельности принципиально отличает ее от урочной. Учет остальных принципов, указанных исследователями (учет личных склонностей, развитие творческих способностей, активность и самостоятельность учеников и т.д.), желателен и на уроке» [156, с. 227]. Вслед за А.П. Усольцевым при построении методики проектно-ориентированного обучения физике мы считаем необходимым учитывать указанный принцип добровольности при организации внеурочной проектной деятельности.

В пособии указывается значение более общего принципа единства и преемственности обязательных и внеклассных занятий и отмечается: «Принцип единства только декларируется, но не выполняется: прекращение внеклассной работы практически никак не отразится на организации обязательных классных занятий» [156, с. 225]. Таким образом, при выработке методики проектно-ориентированного обучения требуется опираться на этот принцип.

В данной работе мы используем следующее определение дополнительного образования: «дополнительное образование – целенаправленный процесс воспитания и обучения посредством реализации дополнительных образовательных программ, способствующих закреплению и углублению материала, изучаемого в общем образовании, обеспечивающий условия для реализации склонностей и способностей учащихся» [112, с. 17].

Советская и российская система дополнительного образования имеет свою долгую и интересную историю, однако для нашего исследования важно то, какие ресурсы эта система может в соответствии с руководящими документами предоставить для реализации методики проектно-ориентированного образования. Обратимся прямо к действующему руководящему документу «Методические рекомендации по уточнению понятия и содержания внеурочной деятельности в

рамках реализации основных общеобразовательных программ, в том числе в части проектной деятельности» [114].

Существенным является определение и особенности внеурочной деятельности согласно методическим рекомендациям:

«Под внеурочной деятельностью следует понимать образовательную деятельность, направленную на достижение планируемых результатов освоения основных образовательных программ (личностных, метапредметных и предметных), осуществляемую в формах, отличных от урочной.

Внеурочная деятельность является неотъемлемой и обязательной частью основной общеобразовательной программы» [114].

Указанная обязательность внеурочной деятельности относится к внеурочной деятельности как таковой. Конкретную форму и вид такой деятельности учащийся должен выбирать сам, иначе возникает противоречие с обязательным принципом добровольности, описанным выше. Механизмом такой добровольности является выделение отдельных направлений внеурочной деятельности в рамки конкретных элективных курсов.

В приложении «Особенности реализации «внеурочной деятельности» и «дополнительного образования детей» в виде таблицы детально проведено сравнение этих видов деятельности и указаны различия между ними.

Однако в том же документе указаны особенности реализации внеурочной деятельности в сетевой форме, в частности:

«В соответствии с ФГОС часть основной общеобразовательной программы может быть реализована, в том числе на базе организаций дополнительного образования согласно статье 15 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (далее – Закон об образовании).

Законом об образовании право реализации основных общеобразовательных программ организациями дополнительного образования не предусмотрено. Вместе с тем, при организации внеурочной деятельности возможно использование ресурсов организаций дополнительного образования (помещений, оборудо-

дования), а также кадровых ресурсов для проведения отдельных занятий (мастер-классов, практикумов и т.д.)» [114, с. 3-4].

Таким образом, кадровые ресурсы (педагогов дополнительного образования) и перечисленные материальные ресурсы, необходимые для осуществления учащимися внеурочной проектной деятельности, школа может импортировать из системы дополнительного образования вполне официально. Более того: «Общеобразовательная организация в установленном ею порядке может осуществлять зачет результатов освоения обучающимися образовательных программ в других организациях, осуществляющих образовательную деятельность, в том числе в организациях дополнительного образования» [114, с. 5].

В современном диссертационном исследовании Д.С. Исаева [67] проведен подробный сравнительный анализ терминологии, относящейся к внеурочной деятельности и системе дополнительного образования, в том числе приведена сводная таблица сходств и различий этих форм образования [67, с. 25-29].

ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

Разработка методики, реализующей проектное обучение физике, потребовала изучения современного проектного обучения в России и за рубежом, сравнения проектной и исследовательской деятельности, рассмотрения состояния и возможностей физического практикума и анализа ресурсов внеурочной деятельности и дополнительного образования. Отдельно рассмотрена сложившаяся терминология различных вариантов проектного обучения: - «проектное обучение», «проектный подход», «метод проектов», «проектно-ориентированное обучение», и установлены соотношения между ними. За основу своей работы мы взяли следующее определение: «Метод проектов, система обучения, при которой **учащиеся приобретают знания и умения** в процессе планирования и выполнения **постепенно усложняющихся** практических заданий – проектов» [145]. В итоге анализа научно методической литературы сформулировано основное положение нашего исследования: **проектная деятельность как организованная поисковая, исследовательская деятельность учащихся, которая предусматривает не просто получение практически значимого продукта, но и поддержку эффективного учебного процесса по предмету в ходе достижения этого результата.**

В диссертации выделены актуальные недостатки в организации проектной деятельности, а именно: реальные возможности учителей для реализации проектно-ориентированного обучения физике весьма ограничены как имеющимися ресурсами времени, так и недостаточным развитием учебного физического эксперимента в имеющемся процессе обучения, в силу чего полноценный законченный проект практически не может выполняться исключительно на уроках физики. Этим обоснована необходимость использования ресурсов дополнительного образования, системы, использующую ресурсы урока, физического практикума и непосредственно проектной деятельности (структура «урок – практикум – проект»).

В ходе проведенной работы установлено:

- результаты проектной деятельности учащихся по физике должны отвечать критерию предметной продуктивности, т.е. субъективной новизны знаний и умений учащихся, полученных в ходе выполнения проекта, практической значимости и конструктивной завершенности проектного изделия, наличия творческих элементов деятельности;
- благодаря появлению в практике учебных заведений проектной деятельности учащихся по физике физический практикум получил новые задачи и перспективы как важное звено методики формирования проектных умений учащихся;
- проектная деятельность должна базироваться на единстве урочных и внеурочных занятий, образуя систему основного и дополнительного образования с единой целью эффективного проектного обучения.

ГЛАВА 2

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ УМЕНИЙ УЧАЩИХСЯ В
ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ

«УРОК – ПРАКТИКУМ – ПРОЕКТ»

Во второй главе описана разработанная методика формирования проектных умений учащихся в организационно-методической структуре «урок – практикум – проект». В этом контексте методика обучения понимается как систематизированный способ организации учебного процесса, включающий содержание обучения, методы и средства обучения, формы взаимодействия учителя и учащихся для достижения заданных образовательных целей. Для формирования проектных умений учащихся нами разработан проектно-ориентированный вариант учебного процесса [18, 20, 24, 140]. Рассмотренные в главе результаты опубликованы в работах [19, 21, 38, 47, 48, 49, 51, 52, 56, 79, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111].

2.1 ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ УЧЕБНЫХ ПРОЕКТОВ В ПРАКТИКЕ
ОБУЧЕНИЯ

С организацией и выполнением проектной деятельности учащихся в целом, и по физике в частности, в настоящее время связано множество нерешенных задач. Решение указанных проблем должно быть целью при создании методики проектно-ориентированного обучения физике.

В качестве серьезных проблем для практики обучения при выполнении учебных проектов можно описать следующие проблемы:

Отсутствие сопряжения проектных заданий с требованиями образовательных стандартов

Эта проблема является первой по значимости, она описана В.В. Гузеевым [27, 26] достаточно давно. Отсутствуют также описание критериев, по которым можно считать такое сопряжение удовлетворительным или достаточным.

Проектные задания требуется формулировать так, чтобы возникла необходимость использовать при их выполнении стандартные (описанные программами) знания и умения. Результатом выполнения проекта должен быть прирост соответствующих знаний и умений. Это становится обязательным условием выполнения проектов в соответствии с требованиями стандартов [159]. Однако одной лишь грамотной формулировки заданий может оказаться недостаточно. Требуется определенная методика, обеспечивающая реальное сопряжение проектных заданий с требованиями образовательных стандартов. Такая методика должна позволить педагогам формулировать проектные задания, соответствующие необходимым требованиям.

Отсутствие единства урочной деятельности и внеурочной проектной деятельности по физике

В настоящее время в учебных заведениях проводятся уроки по предмету «Индивидуальный проект». Для использования учителем и учащимися подготовлены и изданы учебные пособия и рабочие тетради по данному предмету [64, 65, 66, 149]. Но на этих уроках учащиеся получают лишь общие и теоретические сведения о проектной деятельности. Выполнение проекта по предмету осуществляется вне этих уроков и, очевидно, вне уроков физики, поскольку ресурсов урока физики (как минимум - времени) на выполнение проектов не хватит. Таким образом, практически приходится отнести проектную деятельность к внеурочной деятельности в той части, которая относится к предмету физика.

Без единства урочной и внеурочной деятельности последняя, в ряде случаев, становится деятельностью второго плана, качеством и объемом которой можно пожертвовать [89, 156]. Если же проектная деятельность выполняется только в системе дополнительного образования, то она и вовсе может не вызывать интереса и поддержки у педагогов, осуществляющих основное образование.

Нами наблюдается также связь между качеством работы учителя физики и количеством учащихся, желающих выполнять проекты по физике. Чем выше качество работы учителя, тем выше может быть число учащихся, желающих выполнять проекты именно по физике. Это - очевидная положительная обрат-

ная связь между качеством работы учителя и запросом на проекты по физике у учащихся. Но есть и отрицательная обратная связь, проявляющаяся в случае, когда всеми этими проектами руководит сам учитель (внеурочно). В этом случае у него остается все меньше времени на необходимое ему как педагогу предметное, профессиональное и личное совершенствование. В итоге качество его работы неизбежно будет снижаться. При наличии в описанной системе одновременно положительной и отрицательной обратных связей может возникнуть «точка устойчивого равновесия». Но это будет определенный компромисс, не вполне удовлетворяющий запросу учащихся, и не позволяющий реализоваться в полной мере возможностям педагога. В нашем исследовании показано, что в случае, когда руководство проектами осуществляется внеурочно педагогом дополнительного образования (ПДО [123, с. 186]), проекты выполняются на достаточно высоком уровне при увеличении числа учащихся, выполняющих проекты. Поэтому возникает необходимость встраивания внеурочного выполнения проектов под руководством педагога дополнительного образования или выполнения проектов в системе дополнительного образования в существующий образовательный процесс. Но если ресурсы системы дополнительного образования окажутся существенно менее качественными, чем предоставляемые учителем, то учащиеся в итоге рано или поздно предпочтут настаивать на том, чтобы их проектная деятельность проходила под руководством учителя. Таким образом, учитель физики, как лицо, отвечающее за общий успех процесса обучения, заинтересован в обеспечении качества процесса выполнения проектных работ учащимися, использующими ресурсы системы дополнительного образования. В том числе и в этом проявляется взаимосвязь урочной и внеурочной деятельности. Здесь и далее, в ресурсы системы дополнительного образования мы включаем и кадровые ресурсы, то есть педагогов дополнительного образования.

Методика проектной деятельности должна обеспечивать установление необходимой взаимосвязи основного и дополнительного образования и описывать механизмы ее реализации.

Несоответствие реального статуса проектной деятельности статусу, предполагаемому для нее в образовательном стандарте

В учебных заведениях наблюдается следующее отношение к проектной деятельности: «Проектная деятельность учащихся воспринимается как нечто самостоятельное, происходящее в стороне от учебно-воспитательного процесса. В основе образовательного процесса сохраняется прежняя традиционная технология обучения, направленная на освоение учащимися заложенной в программе совокупности знаний, умений и навыков. В этом случае отношение к проектированию можно охарактеризовать скорее как к кружковой деятельности, а не ключевой педагогической технологии» [89]. Это входит в противоречие с концепциями современных образовательных стандартов. Одна из причин происходящего состоит в том, что у учителя при выполнении им своих основных обязанностей (то есть при обучении физике) в общем случае нет потребности в осуществлении учащимися проектной деятельности, поскольку она в этом случае не имеет отношения к его работе. Обеспечить эту потребность административными мерами, пусть даже и справедливыми с точки зрения необходимости соблюдения стандарта, по нашему мнению, не представляется подходящим путем решения проблемы. Однако такая потребность может возникнуть естественным путем, при реализации методики обучения, интегрирующей результаты проектирование и урочную деятельность по физике. Заметим также, что воспитательная функция учителя должна реализовываться через управление деятельностью учащихся, которая в общем случае оказывается не связана с уроком физики.

Отсутствие элемента деятельности учащихся, обеспечивающего творческое взаимодействие учителя и педагога дополнительного образования, руководящего проектной деятельностью

Руководство проектами учащихся по физике может осуществлять педагог дополнительного образования. В результате возникает ситуация, состоящая в том, что учитель физики и педагог дополнительного образования определенным образом связаны друг с другом. Препятствием для творческого взаимодей-

ствия учителя и педагога дополнительного образования является отсутствие деятельности учащихся, в рамках которой это взаимодействие могло бы осуществляться. Если педагог дополнительного образования не имеет никакого отношения к проведению уроков, а учитель не вмешивается в выполнение проектов, то вроде бы в такой ситуации ресурсы распределены правильно, но взаимодействия этих педагогов не происходит, и творческий потенциал и опыт каждого используется лишь в собственной зоне ответственности. Методика проектно-ориентированного обучения физике получает, таким образом, дополнительную задачу организации взаимодействия педагогов путем обнаружения и использования элемента деятельности учащихся, в рамках которого это взаимодействие может происходить.

Возможность некорректного позиционирования предмета «Индивидуальный проект» по отношению к практическому проектированию

Введение в программу учебных заведений предмета «Индивидуальный проект» призвано решить проблемы, связанные с непониманием учащимися технологии и значения проектной деятельности. Однако, требование жесткого сопряжения темпа изучения предмета «Индивидуальный проект» с темпом выполнения самого проекта во многих случаях невыполнимо, то есть изучение определенной темы предмета может сильно отставать или опережать соответствующий ей этап в реальном выполнении проекта. Такое требование является попыткой установления приоритета предмета «Индивидуальный проект» над самим проектированием. Прежде всего, очевидно, указанное сопряжение практически невыполнимо, когда проектная деятельность происходит вне учебного заведения, в полном отрыве от его учебных планов. В этом случае оно просто останется формальным требованием, дискредитирующим роль, определенную учебному предмету «Индивидуальный проект». Если проектную деятельность по методике проектно-ориентированного обучения организует педагог дополнительного образования, находящийся в тесном взаимодействии с учебным заведением, то и он не сможет выполнить указанное требование в силу особенностей самой методики, ее возможной нелинейности. Нелинейность проявляется в

том, что разные учащиеся выполняют разные этапы работы в различное время. Выходом из данной ситуации может быть признание допустимым нелинейности во взаимодействии усвоения учащимися теоретических основ проектирования, преподаваемых в рамках предмета «Индивидуальный проект», и практики самого проектирования. Идеальной была бы ситуация, когда к выполнению практического проектирования учащиеся подходят с уже имеющимся полным объемом теоретических знаний о нем. В реальности часто полноценное теоретическое и технологическое знание об этапе проектирования приходит к учащимся в момент, когда этап проектирования уже успешно выполнен, подтверждая, что он выполнен грамотно. Такая ситуация не кажется нам недопустимой. В этом случае к педагогу дополнительного образования предъявляются дополнительные требования по освоению указанных теоретических и технологических основ проектирования, и выполнению их требований на практике при руководстве проектами учащихся. Само по себе это положительно, поскольку не все педагоги дополнительного образования с этими основами могут быть знакомы.

В нашей практике реализован вариант освобождения учащихся, выполняющих индивидуальный проект по физике, от посещения занятий по предмету «Индивидуальный проект». При этом усвоение учащимися необходимых основ проектирования обеспечивал сам педагог дополнительного образования в полном согласовании с педагогом, преподающим предмет «Индивидуальный проект» и администрацией учебного заведения.

Как было отмечено выше, ключевая педагогическая технология не может массово реализовываться в режиме неперiodической, непрограммируемой, хотя формально и обязательной, активности [89]. И предмет «Индивидуальный проект», как мы видим, не решает этой проблемы в полной мере. Если современный стандарт признает проектную деятельность одной из таких базовых технологий, то необходимо формирование процедуры ее реализации, необходима определенная методика, понятная педагогам, ответственным за ее выполнение.

Ограниченность ресурсов урочной деятельности для осуществления проектной деятельности

Возможные соотношения времени, требуемого на выполнение полноценного проекта по физике, с бюджетом времени урока и возможностями иных видов учебной деятельности таковы: время выполнения полноценного проекта существенно превышает ресурсы урока, но оно вполне вписывается в бюджет времени внеурочной деятельности, а ресурсы дополнительного образования здесь ограничены лишь свободным временем учащегося.

Полноценный проект по физике не может быть размещен в рамки урочной деятельности, как в силу ограниченности времени одного урока, так и в силу общего дефицита бюджета времени, которым располагает учитель физики в настоящее время.

Е.С. Полат определяет как минимальные по продолжительности выполнения так называемые «краткосрочные» проекты, которые «могут быть разработаны на нескольких уроках по программе одного предмета или как междисциплинарные» [120, с. 77]. Существует форма деятельности учащихся по физике, называемая «мини-проект», и заключающаяся в том, что выполнение проекта может быть осуществлено в рамках одного урока (или нескольких уроков) [163]. Этот вид проекта по физике получил в последнее время определенное развитие [62, 129], в том числе в вузах [152]. Однако сама по себе такая форма проекта не расширяет временные рамки урока. Предполагается, что учащиеся самостоятельно выполняют вне урока необходимую часть мини-проекта и, таким образом, вырастет бюджет времени деятельности учащихся, связанной с данным уроком. Это предположение учитывает и то, что остальную домашнюю работу: чтение учебников, решение задач учащиеся также успевают выполнить, а педагог на следующем уроке успеет проконтролировать выполнение всех этих заданий. С одной стороны, самостоятельность и насыщенность деятельности учащихся в таком случае должна возрасти, с другой стороны контролировать такую деятельность значительно сложнее. Есть и другие трудности, связанные с такой формой деятельности учащихся. Возможно «мини-проекты» смогут в

итоге своей эволюции выполнять пропедевтическую функцию по отношению к индивидуальному проекту по физике.

Как было показано в главе 1, сама по себе внеурочная и проектная деятельность в учебном заведении не добровольна, но добровольна предметная тематика этой деятельности, дополнительное образования полностью добровольно. Внедрение проектной деятельности по физике целиком в рамки урока делает проектную деятельность по данному предмету обязательной для всех учащихся. Однако эффективность проектной деятельности в части усвоения знаний и умений по предмету на уроке по сравнению с иными, используемыми на уроке по данному предмету видами деятельности, на настоящее время не является вполне подтвержденной. Решение экспериментальных задач и выполнение экспериментальных заданий [88] при этом вполне может быть фронтальным, не переходя при этом в область специфическую для проектной деятельности. Дефицит бюджета времени на уроке приводит в таком случае к попытке переноса основного этапа проектной деятельности с урока не во внеурочную деятельность, а в домашнюю работу учащихся. Внеурочная деятельность чаще всего организована так, что она способна гарантированно обеспечить всем равный доступ к ее ресурсам: вниманию педагога, оборудованию, инструментам и материалам. Домашняя деятельность учащихся, помимо выполнения описанных программой домашних заданий, никаким образом не может быть регламентирована образовательным учреждением, и на практике возможности учащихся тут сильно разнятся. Хотя возможно в ряде случаев со стороны учебного заведения реально обеспечить всех необходимыми ресурсами. При этом дифференцированный, индивидуальный подход способен сделать домашний эксперимент частью проектной деятельности. Но такой подход также, неизбежно, требует от преподавателя определенных дополнительных организационных усилий и диагностики и соответствующей методики.

Недостаточное развитие определенных умений учащихся, требующихся для выполнения проектов по физике

Для выполнения проектов по физике у учащихся должны быть развиты определенные экспериментальные и исследовательские умения. Однако, в настоящий момент в учебных заведениях реализуется учебный процесс, который можно охарактеризовать как «задачно-ориентированный». Такое положение дел сформировалось в ходе необходимости решения задач ЕГЭ, и при приоритете этого вида деятельности над иными, особенно связанными с практикой и экспериментом. В итоге ситуация в настоящее время такова, что уже и лабораторные работы относятся к видам учебной деятельности, которые еще лишь требуется освоить педагогам: «различные формы планирования, проведения нетрадиционных уроков, мероприятий и обучить формам и методам проведения нетрадиционных уроков: (лабораторные эксперименты, полевые практики.)» [6, с. 84].

Недостаточность исследовательского экспериментального аспекта процесса обучения физике обнаруживается достаточно давно. Утверждения о необходимости организации исследовательской лабораторной деятельности учащихся можно найти в методической литературе 50 летней давности: «Настоятельной является потребность видоизменения в самой системе обучения. На смену весьма условной лабораторной практике приходит тенденция к обучению в процессе работы» (предисловие редактора перевода Е. М. Лейкина к книге «Практическая физика» [148]). Сегодня самые авторитетные зарубежные исследователи утверждают, что «Learning of physics is doing physics» [176], что с точностью до перевода совпадает с предыдущей цитатой - усвоение физического знания происходит в процессе работы с физическим содержанием, выполнения учащимися физических исследований.

Возвращение учебного физического эксперимента в процесс обучения является в этих условиях настоящее время важной и сложной задачей. Мы поддерживаем точку зрения, высказанную однажды В.В. Майером в ходе дискуссии на конференции в Глазовском государственном педагогическом университете:

«Если на уроке не было эксперимента, то это был урок не по физике, а по другому предмету» [21]. При этом требуется признать, что распространенное простое внедрение эксперимента в урок в качестве иллюстрации текста учебника или рассказа учителя, как эксперимента, выполняемого строго по описаниям в методической литературе, или в качестве рецептурного выполнения лабораторных работ, не дает результата, достойного усилий по его внедрению. Энтузиазм учителя в данном случае скорее приведет к более раннему обнаружению отсутствия результатов этого процесса, его влияния на усвоение содержания предмета. Как показывают современные зарубежные исследования [174, 180, 194], физический эксперимент, появляющийся на занятиях исключительно как зрительная демонстрация без дополнительной активности учащихся по предсказанию его результатов, их обсуждению, анализу хода эксперимента, составлению собственного резюме по его итогам, не приводит к требуемому и измеримому приросту уровня знаний учащихся, и усвоению содержания эксперимента. Результатом является потерянное время урока и ориентация учащихся на желательность дальнейшего появления на уроке элемента, совсем не затрудняющего их, а в конечном счете бесполезного для них. Так дополнительно возникает вредная для обучения мотивация учащихся к экспериментированию исключительно как к зрелищному мероприятию. В немалой степени это привело к эмпирически осознанному исключению рядом педагогов физического эксперимента из образовательного процесса. При этом те же исследования показывают, что возможности эксперимента по повышению усвоения предмета существенно расширяются при наличии указанной выше активности учащихся. Для лабораторных занятий этой цели можно достичь выполнением их в поисковой, самостоятельной форме. Проблемный физический практикум мог бы выполнить эти функции при наличии мотивации педагогов и учащихся, и при наличии определенной методики его выполнения. Являясь неотъемлемым элементом предлагаемого варианта методики проектно-ориентированного обучения, практикум получит свое развитие в рамках этой методики, и это может стать реальным спосо-

бом возвращения физическому эксперименту части утраченных позиций. Можно считать это одной из задач проектно-ориентированного обучения.

2.2 ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА «УРОК – ПРАКТИКУМ – ПРОЕКТ»

Функционирование предлагаемого проектно-ориентированного варианта обучения физике в организационно-методической структуре «урок – практикум – проект» раскроем с помощью нескольких моделей:

- модель распределения функций и реальных возможностей педагогов, участвующих в учебном процессе,
- модель проектно-ориентированного физического практикума,
- модель проектно-ориентированного учебного процесса.

Взаимосвязь урока, внеурочной деятельности и дополнительного образования. Модель распределения функций и реальных возможностей педагогов.

Полученные на уроках физики знания умения и навыки могут и должны использоваться при выполнении проекта, но для выполнения проекта их недостаточно. В ходе проектной деятельности учащиеся получают новые знания и умения, расширяющие для них актуальное содержание предмета [167]. Исходя из этого, интеграция выполнения проекта и изучения предмета должна осуществляться так, чтобы эти процессы шли параллельно или с некоторым запаздыванием проектной части относительно освоения основного учебного материала.

При этом В.В. Лаптев отмечает, что «организационные трудности при практической реализации новых подходов могут порождать противоречия с принципами последовательности, систематичности и соответствия обучения базовой науке» [93]. Это является существенным замечанием, важным для рассмотрения реализации проектного обучения в системе дополнительного образования. В данной системе задачи проектной деятельности могут успешно решаться, совершенно не имея обратной связи с основным образованием, с его учебным процессом. Учащиеся в ходе уроков (основной учебной деятельности) получа-

ют знания и умения, которые фактически могут не найти применения для выполнения проектов. Таким образом, возникает требование к формированию тем, целей и задач проектной деятельности в системе дополнительного образования, состоящее в необходимости актуализировать и использовать уже полученные на уроках знания и умения. Сказанное о системе дополнительного образования относится и к внеурочной деятельности.

Согласно В.С. Лазареву: «Если мы хотим, чтобы включение учащихся в проектирование приводило к развитию их мышления, то нужно обеспечивать, чтобы, разрабатывая проект, учащиеся одновременно решали учебные задачи, связанные с освоением способов этой деятельности» [90]. А это возможно, если имеется описанная выше интеграция, сопряжение деятельности в основном и дополнительном образовании.

Фактическим началом реализации методики проектно-ориентированного обучения является появление актуальной для учащихся проблемы [91], возникающей в ходе основного учебного процесса, но не разрешимой в его рамках максимально полезным для учащихся образом.

Наше понимание проектно-ориентированного обучения физике состоит в следующем:

а). Проектно-ориентированное обучение физике в системе основного и дополнительного образования реализуется как выполнение во внеурочной деятельности практически значимой и предметно содержательной работы, основанной на проблеме, задаче, эффекте, возникших в ходе основного учебного процесса по физике.

б). Выполнение учебного проекта приводит к разрешению возникшей проблемы, и выводит учащихся на новый уровень знаний и предметных умений, а затем к созданию на этой основе реального устройства, конструктивно завершённой установки, демонстрирует существенное продвижение в усвоении учебного предмета физики, рост экспериментальных умений учащихся и творческих качеств личности.

Развитие проектно-ориентированного обучения в самом учебном заведении возможно в рамках элективного курса, обязательного для всех учащихся, планирующих выполнение проекта по физике в данном учебном заведении. Силами привлеченного учебным заведением педагога дополнительного образования формируется содержание и методика, и проводится элективный курс, реализованный как **проектно-ориентированный физический практикум**. Задачи такого практикума **определяются учителем физики**, а реализация остается за **педагогом дополнительного образования**. Это позволяет, прежде всего, создать условия для предоставления учащимся возможности расширить свою экспериментальную деятельность, непосредственно связанную с курсом физики и требуемую для успешного проектирования. Помимо этого, физический практикум является элементом, обеспечивающим возможности творческого взаимодействия учителя физики и педагога дополнительного образования. Также физический практикум может быть источником задач для проектной деятельности.

Модель распределения функций и реальных возможностей учителя и педагога дополнительного образования (ПДО) представлена на рисунке 2.1.

УЧИТЕЛЬ				ПДО
Проводит	⇒	<i>Урок</i>	⇒	Может наблюдать
Мотивирует и направляет учащихся, участвует в формировании тематики	⇒	<i>Физический практикум</i>	⇒	Организует и проводит, формирует тематику
Использует результаты проектной работы учащихся	⇐	<i>Индивидуальный проект</i>	⇐	Организует выполнение учащимися, формирует тематику

Рисунок 2.1 - Модель распределения функций и реальных возможностей педагогов

В модели показано, что учитель физики не руководит непосредственно выполнением проектов. Это делает педагог дополнительного образования. Однако

учитель выполняет основную для успешного проекта задачу – формирует необходимые знания, начальные практические умения по предмету, определяет предметную основу проекта, **формулирует проблему, задачу для выполнения проекта**, и использует результаты выполнения проекта в дальнейшем учебном процессе. Тем самым закладывается предметная основа проектной ориентированности учебного процесса.

Проектно-ориентированный физический практикум

Важнейшим элементом организационно-методической структуры «урок – практикум – проект», решающим проблему подготовки учащихся к практической проектной деятельности, является проектно-ориентированный физический практикум. Занятия практикума проводятся ПДО для учащихся, проявляющих интерес к практической деятельности и планирующих выполнение проектов по физике. Задачи практикума определяются с одной стороны тематикой будущих проектов, с другой стороны проблемным физическим экспериментом, проводимым на уроке. В ходе практикума учащиеся решают проблему, вытекающую из физического эксперимента, определяют ключевое физическое явление или эффект, решают задачу практикума, непосредственно связанную с этим явлением или эффектом, и формулируют тематику будущего проекта. Такой практикум формирует новые знания и развивает экспериментальные умения всех учащихся, выполняющих практикум, и обеспечивает развитыми умениями тех учащихся, которые выполняют тот или иной проект. Каждый учащийся участвует не только в работе практикума, прямо связанной с темой его проекта, но во всех работах проектно-ориентированного учебного практикума.

Подходящим временем для выполнения полноценных проектов, используя проектно-ориентированное обучение, является время обучения в 10 – 11 классах. Именно в это время предлагается изучение предмета «Индивидуальный проект» в образовательных учреждениях [65, 66, 149]. В это время на уроках физики возникают темы, являющиеся основой для работ физического практикума

и проектов, и к этому времени у учащихся есть достаточное представление о том, какова тематика учебного предмета «физика» в целом, они уже могут обнаружить свои предпочтения по тематике будущего проекта.

В предлагаемой методике и представленной модели школьный проект по физике начинается там, где появляются проблемы, решение которых имеет некоторое практическое значение и реализуемо в виде конкретных объектов (экспериментальных установок, приборов, технических решений узла более сложного устройства и пр.). Последовательно, в соответствии с тематическим планом уроков, учащиеся выполняют с учителем содержащие проблемный компонент лабораторные работы, или воспринимают и осмысливают аналогичный по методической нагрузке демонстрационный эксперимент. Свое развитие эти действия получают в дальнейшем в физическом практикуме. Под руководством педагога дополнительного образования выполняются работы физического практикума, которые должны быть достаточно точно анонсированы, и согласованы с учителем. Это позволяет учащимся в последствие проявить заинтересованность той или иной конкретной проектной задачей, так или иначе связанной с работой практикума. Определившись с темой проекта, учащиеся определяют и с тем, когда именно они будут выполнять каждый этап работы, включая самый затратный по времени экспериментально-исследовательский этап.

Взаимосвязь элементов деятельности учащихся на уроке, в ходе практикума и при выполнении проекта в рамках проектно-ориентированного обучения представлена в изображении модели проектно – ориентированного физического практикума на рисунке 2.2. Заметим здесь, что физический практикум, урочный или внеурочный, как следует из методических рекомендаций профильного министерства [114], должен реализовывать основную общеобразовательную программу учебного заведения.

Практикум проводится силами педагога дополнительного образования во внеурочное время. Задача практикума выполняется учащимися в группах. Педагогом (ПДО) используется проблемный метод в его практическом самостоятельном варианте. В отчет о выполнении работы обязательно входит описание

обнаруженного эффекта, являющегося источником возникшей при выполнении задачи практикума проблемы. Этот отчет представляется учащимися на соответствующем уроке физики как источник новых знаний [12].

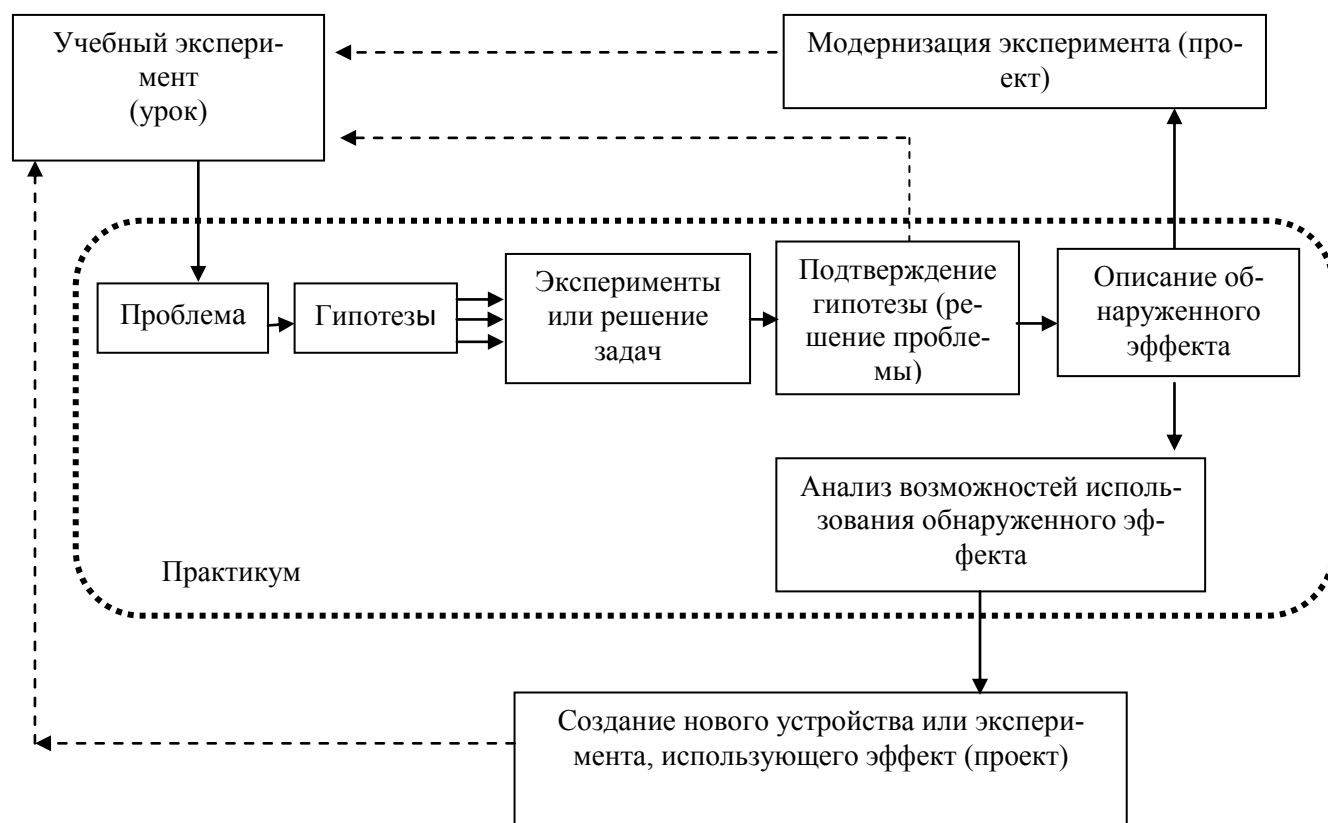


Рисунок 2.2 - Модель проектно-ориентированного физического практикума

Решение исходной проблемы практикума само по себе может и не привести к появлению проектного задания, если в итоге не будет помимо решения этой проблемы, отдельного четкого описания обнаруженного эффекта. Согласно определению В.С. Лазаревым [90, 91] проекта как «особого способа постановки и решения проблем», такое описание должно позволить обнаружить и сформулировать проектные проблемы, ведущие прямо к проекту, к практической полезной деятельности учащихся, реализуемой в виде конкретных объектов (экспериментальных установок, приборов, технических решений узла более сложного устройства и пр.).

В дальнейшем возможно формирование двух тем для выполнения проекта. Первой станет тема, в которой предлагается способ устранения влияния данного эффекта, в итоге являющийся способом практической модернизации имеющейся экспериментальной установки. Результатом работы должна стать эта модернизированная установка. Второй может стать тема, в которой обнаруженный эффект используется для создания новой полезной экспериментальной установки (прибора, технического решения узла более сложного устройства и пр.), действие которой основано на обнаруженном эффекте, и использует его. В любом случае одна тема может быть сформирована и соответствующий проект выполнен. Эта функция проектной деятельности указана в исследовании Е.И. Вараксиной [11, с. 7].

Проект выполняется под руководством педагога дополнительного образования во внеурочное время. Результаты выполнения этих проектов, если они уже получены, докладываются учащимися в конце изучения на уроках соответствующего раздела физики. По итогам выполнения проекта они получают оценку по предмету «Индивидуальный проект».

Модель проектно-ориентированного варианта учебного процесса

Методика, согласно которой функционирует организационно-методическая структура «урок – практикум – проект», предъявляет определенные требования к учебному процессу по физике, состоящему из урока, проектно-ориентированного практикума и проектной деятельности:

1. На уроке должен происходить проблемный фронтальный физический эксперимент, требующий решения возникшей проблемы (вне урока) и фронтального завершения эксперимента после ее решения (на уроке).

2. В ходе проектно-ориентированного физического практикума должны получать решения проблемы, возникающие на уроках, учащиеся должны получать предметные и тематические знания и экспериментальные умения, и должна определяться тематика возможных проектных работ.

3. В ходе проектной деятельности учащиеся должны иметь возможность применить полученные ранее знания и умения по физике, расширить их, и представить полезное законченное устройство или техническое решение на физической основе.

Таким образом, для организации проектно-ориентированного варианта обучения физике в виде организационно-методической структуры «урок – практикум – проект» нам требуется:

- адаптация урочного учебного физического эксперимента - выполнения части фронтальных экспериментов с определенной тематикой как проблемных,
- организации внеурочного проектно-ориентированного физического практикума средствами системы дополнительного образования в согласовании с преподаванием предмета физики на уроке, и с учетом вариантов дальнейшей проектной деятельности учащихся,
- организация внеурочной проектной деятельности по физике средствами системы дополнительного образования.

Соблюдая обязательный, на наш взгляд, принцип добровольности [156] в организованной нами внеурочной деятельности мы понимаем, что не все учащиеся класса получают от реализации проектно-ориентированного обучения возможное для них приращение знаний и умений по физике. Однако проектная деятельность в принципе не исчерпывается таковой деятельностью по предмету «физика», и остальные учащиеся получают, возможно, пользу для себя в выполнении проектов по другим предметам. Обязательность выполнения проектов исключительно по одному предмету для всех учащихся класса на наш взгляд не добавляет проектной деятельности дополнительных положительных качеств.

Проектно-ориентированное обучение практически создает индивидуальные образовательные траектории для учащихся, особенностью которых в данном случае является возможность вернуть часть полученных во внеурочной деятельности образовательных результатов в основной образовательный процесс. На рисунке 2.3 изображена взаимосвязь элементов урочной и внеурочной дея-

тельности учащихся, связанных с выполнением проекта, а толщина стрелок условно отображает число учащихся [21].

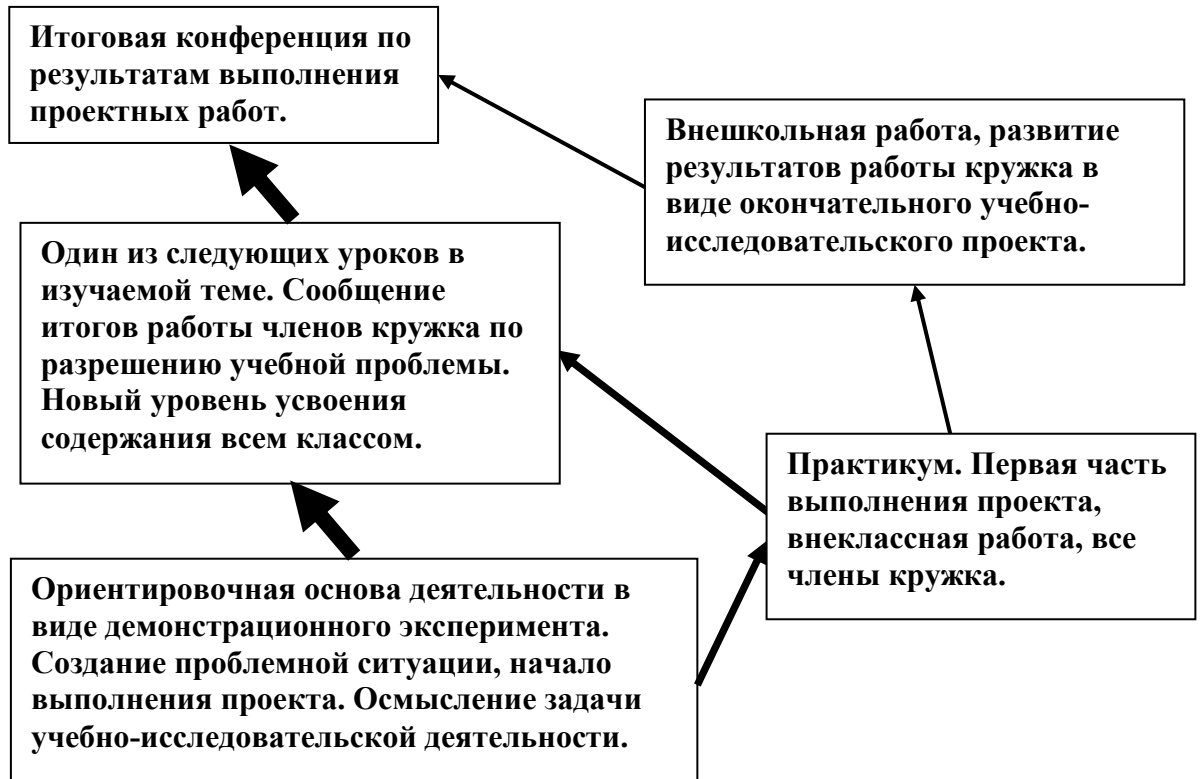


Рисунок 2.3 - Модель взаимосвязи элементов урочной и внеурочной деятельности учащихся при реализации проектно-ориентированного обучения физике [21]

Для реализации проектного обучения за рубежом предлагаются решения, сходные с приведенными выше: «Вместо лекций и изучения книг учителя могут продумывать шаги, необходимые для решения проблемы, и использовать эти шаги в качестве проектной учебной деятельности. Вместо планирования масштабного проекта процесс обучения можно сделать более управляемым, разделив проект на более мелкие части, с частыми контрольными точками, встроенными в график обучения» [198].

Приведенная модель позволяет обнаружить определенную нелинейность организации проектно-ориентированного обучения физике.

Такая нелинейность теоретически изучена и имеет известные практические особенности. «Нелинейность – возможность многовариантного развития педагогического процесса, обучающей системы. Появляется необходимость управления знаниями: нужные знания в нужное время людям для решения задач» [1]. Нами рассматривается и частично реализуется нелинейный учебный процесс в среде смешанного обучения, неотъемлемым элементом которого является выполнение проектов. Данный процесс предполагает интеграцию элементов системы дополнительного образования и классно-урочной системы, базовой для основного образования. В настоящее время такая интеграция еще не достигнута, нами предлагаются лишь первые варианты, но именно эта интеграция послужит основой проектно-ориентированного обучения физике.

2.3 МЕТОДИКА ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ВАРИАНТА ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

Систематичность при проектном обучении?

Отвечая на вопрос, касающийся проектной деятельности: «зачем всё это нужно нашим школьникам?» [131, с. 86] авторы пособия для учителей М.М. Поташник и М.В. Левит делают следующее замечание: «Важно подчеркнуть: не в изучении экономики как еще одного школьного предмета тут дело. А только в овладении управлением своей жизнью, что невозможно без умения элементарно проектировать свое будущее и исследовать обстоятельства своего настоящего» [131, с. 87]. Например, для получения необходимых качеств личности учащегося, описанных в учебном пособии под редакцией Е. С. Полат: «...самостоятельно критически мыслить, уметь увидеть возникающие в реальном мире трудности и искать пути рационального их преодоления, используя современные технологии; четко осознавать, где и каким образом приобретае-

мые ими знания могут быть применены в окружающей действительности; быть способными генерировать новые идеи, творчески мыслить;» [119].

Для решения конкретных проектных задач учащимся требуются вполне определенные знания, относящиеся к предмету, в том числе к физике. Требуются они на определенном этапе проектной деятельности, и этот этап может значительно расходиться во времени с этапом изучения темы, дающим возможность получить конкретные знания необходимые учащемуся. В этих условиях возникает ситуация выбора между строгой систематичностью изучения предмета и возможностью получения учащимися большей готовности успешно действовать в реальном мире, формируемой проектной деятельностью.

При этом следует заметить, что систематичность в изучении предмета «физика» появилась в ситуации, когда бюджет времени данного предмета был существенно больше, и значительно большей была его практическая составляющая. В настоящее время на изучение физики в учебном плане может выделяться два часа в неделю, и ни о каком физическом практикуме в рамках урока речь при этом не идет. Сохранение безупречной систематичности в таких условиях само по себе является проблемой.

Выполнение каждого проекта происходит в собственном темпе, в общем случае отличном от темпа, выработанного при планировании изучения предмета. На возникающую в этом случае нелинейность процесса обучения возможно при этом взглянуть согласно В. В Лаптеву: «Нелинейность в отборе содержания и построении обучения неизбежно влечет за собой изменение основной единицы учебной деятельности, например, образовательной ситуации» [93]. В нашем случае выполнение проекта может рассматриваться в качестве такой ситуации для каждого конкретного ученика.

Максимально широкий спектр задач, стоящих перед полной реализацией методики проектно-ориентированного обучения физике выглядит так:

- охватить всех учащихся класса проектной деятельностью по физике;
- обеспечить проектной поддержкой все темы предмета;
- в каждый урок внедрять элементы проектно-ориентированного обучения;

- все учителя реализуют проектно-ориентированное обучение физике.

Практическая работа по организации проектной деятельности учащихся проведенная в ходе нашего исследования показала, что рассмотренная выше нелинейность, наряду с заметно возрастающими при такой работе затратами ресурсов педагогов, создает серьезные трудности для выполнения учебных проектов. Исходный вариант гипотезы исследования, состоявший в том, что в настоящее время может быть предложена методика, позволяющая встраивать проектную деятельность в систему программной учебной деятельности по физике, в итоге был нами отвергнут. В настоящее время постоянная работа педагогического коллектива по такой методике невозможна.

В определенных случаях, описанных далее в нашей работе, при ограниченной системности и последовательности процесса обучения, реализация проектно-ориентированного обучения физике все же оказалось возможной. Поэтому в настоящее время можно предполагать базовым вариант реализации проектно-ориентированного варианта обучения физике в организационно-методической структуре «урок – практикум – проект» в ограниченном виде, содержащем встраивание проектно-ориентированного физического практикума как необходимого промежуточного, подготовительного этапа к осуществлению проектной деятельности, с дополнительными затратами времени и усилий со стороны педагогов (учителя и ПДО).

Методика формирования проектных умений учащихся

Методика **формирования проектных умений учащихся в ходе проектно-ориентированного обучения физике** в организационно-методической структуре «урок – практикум – проект» требует описания:

- элементов урока физики (проблемного фронтального физического эксперимента),
- проектно-ориентированного физического практикума,
- проектной деятельности по физике.

Элементы методики как цели, методы достижения целей, средства достижения целей, а также формы деятельности участников образовательного процесса для каждого этапа проектно-ориентированного варианта обучения физике описаны в таблице 2.1. Пояснения к таблице приведены в приложении 1.

Таблица 2.1

Проектно-ориентированный вариант обучения физике (по этапам)

Этап	Цель	Методы достижения цели	Средства достижения цели	Форма деятельности участников образовательного процесса
<u>Предварительной подготовки учащихся к выполнению проектов по физике</u>	Подготовка учащихся к выполнению проектов по физике	Методом достижения цели является анализ предлагаемых для выполнения педагогом программ внеурочной деятельности учащихся (и их деятельности в системе дополнительного образования), их переработка или адаптация с учетом имеющейся поставленной цели и технических возмож-	Для достижения поставленной цели в различных научно-технических кружках под руководством педагога-физика организуется соответствующая деятельность учащихся. Такие кружки могут быть организованы: - непосредственно в учебном заведении	В нашей практике формой деятельности были практические кружковые занятия ¹: - посвященные физическому эксперименту, проводимые в "Клубе "Кулибин" ННГУ им. Н.И. Лобачевского, - посвященные изучению применения микроконтроллерных модулей для выполне-

Этап	Цель	Методы достижения цели	Средства достижения цели	Форма деятельности участников образовательного процесса
		ностей учебного заведения, и соответствующая реализация переработанных или адаптированных программ.	силами учителя физики или ПДО, - в системе дополнительного образования (исключительно - ПДО).	ния функциональных моделей роботов-автоматов в Центре детского творчества (ЦДТ) Автозаводского района г. Нижнего Новгорода. На таких занятиях формируются умения, применение которым учащиеся найдут как в ходе физического практикума, так и непосредственно при выполнении проектов.
<u>Внедрения в урок фи-</u>	Целью является такая	Методом получения	Средствами здесь яв-	Формой деятельности

Этап	Цель	Методы достижения цели	Средства достижения цели	Форма деятельности участников образовательного процесса
<u>зика элементов проектно-ориентированного обучения</u>	организация урока, при которой все учащиеся класса получают сформулированную проблему, относящуюся к содержанию урока, а учащиеся, выполняющие физический практикум получают задачу для проектно-ориентированного физического практикума, решение которой позволит разрешить для всего класса сформу-	на уроке содержания задачи для проектно-ориентированного физического практикума и мотивации для ее выполнения является создание проблемной ситуации в ходе физического эксперимента.	ляются физический эксперимент и сформулированная в результате его проведения общая для всего класса проблема, а также физический эксперимент, выполнение которого направлено, в том числе, и на демонстрацию разрешения возникшей проблемы.	учащихся является фронтальное (или групповое) участие в физическом эксперименте. Исходный физический эксперимент может быть в данном случае как фронтальный лабораторный, выполняемый всем классом, так и демонстрационный, выполняемый учителем². Итоговый физический эксперимент, де-

Этап	Цель	Методы достижения цели	Средства достижения цели	Форма деятельности участников образовательного процесса
	лированную на уроке проблему. Урок физики обеспечивает учащихся необходимыми знаниями и начальными экспериментальными умениями.			монстрационный или фронтальный, выполняется учащимися (всего класса или группы выполнявшей физический практикум), и должен содержать решение возникшей в ходе исходного эксперимента проблемы.
<u>Организации проектно-ориентированного физического практикума</u>	Организация занятий проектно-ориентированного физического практикума, связанного с соответ-	Методом достижения поставленной цели является проблемный метод решения задачи, поставленной на	Средством достижения поставленной цели является организованное обсуждение возникшей на уроке	Формой деятельности учащихся определяется ходом участия в выполнении работы практикума: группо-

Этап	Цель	Методы достижения цели	Средства достижения цели	Форма деятельности участников образовательного процесса
	ствующим уроком физики и позволяющего сформировать проектные задания по физике, а также получить необходимые дополнительные знания, умения и развить у учащихся творческие качества.	уроке по итогам эксперимента, позволяющий в завершении получить возможность формулировки проектных заданий, связанных с исходной проблемой.	проблемы, выдвижение гипотез, физический эксперимент, или серия экспериментов, формализация решения в виде обнаруженного эффекта, обсуждение и формулировка возможных тем проектов по физике, связанных с этим эффектом.	вое обсуждения проблемы, самостоятельное выдвижение гипотез, самостоятельное проведение экспериментов, групповая формулировка результата и проектных заданий.
<u>Проектной деятельности по физике</u>	Организация выполнения учащимися проекта по физике, в	Определенная для данной методики цель достигается методами	Средством достижения поставленной цели является выполне-	Формой деятельности в данном случае будет индивидуальная рабо-

Этап	Цель	Методы достижения цели	Средства достижения цели	Форма деятельности участников образовательного процесса
	результате выполнения которого, помимо необходимого получения определенного проектного продукта, знания и умения учащихся, полученные ими на уроке физики и в ходе внеурочного проектно-ориентированного физического практикума, будут использованы и расширены.	проектной деятельности, характерными для исследовательских, практических и технических проектов.	ние проекта исходя из определенной в результате работы практикума проблемы.	та учащегося и руководителя проекта (педагога дополнительного образования) по выполнению индивидуального проекта.

Таблица 2.2. Методика формирования проектных умений учащихся

Модель организации учебного процесса		Методика обучения на конкретном этапе	Элементы проектно-ориентированного учебного процесса
	Демонстрационный эксперимент, исходные теоретические знания	Цель-создание предметной основы проекта. Содержание в рамках курса физики. Объяснительно – иллюстративные методы учебного эксперимента, фронтальные формы организации	Урок
	Проблемный физический эксперимент, проблемная лабораторная работа	Цель – мотивация учащихся к выполнению проектной работы. Содержание работы предполагает выход за пределы курса. Проблемный физический эксперимент, фронтальные и групповые формы	
	Работы практикума, занятия кружка	Цель - усвоение новых предметных знаний и способов деятельности, развитие экспериментальных навыков и творческих качеств личности. Подготовка к выполнению индивидуальных проектов. Содержание работы выходит за пределы курса. Групповые формы организации, проблемный и поисковый учебный эксперимент.	Проектно-ориентированный практикум
	Учебно-исследовательский проект	Цель - создание завершённого продукта, формирование необходимых предметных знаний и умений, практических, творческих, элементарных инженерных умений. Содержание - индивидуализированное, за рамками стандартного курса. Методы - индивидуальная практическая поисковая работа.	Проектная деятельность учащихся

В разработанной нами методике формирования проектных умений учащихся реализован переход от фронтальных форм и проблемных методов обучения к

групповым и индивидуальным исследованиям по мере включения учащихся в проектную работу (таб. 2.2).

В первом столбце таб. 2.2 представлена **модель организации учебного процесса** в ходе проектной деятельности учащегося, рассматриваемого нами как вариант **проектно-ориентированного обучения физике, трактуемый нами следующим образом**. Последний по времени элемент при реализации всего учебного процесса, т.е. учебно-исследовательский проект, содержанием работы и уровнем деятельности учащихся оказывает влияние на все предыдущие элементы, на их содержание и способы выполнения. На рисунке это обозначено восходящей стрелкой. Конкретно это означает задачу учителя планировать варианты содержания уроков, в частности, необходимый учебный физический эксперимент. В свою очередь содержание учебной деятельности на уроке обосновывает задачи практикума и тематику проектов – нисходящая стрелка. Таким образом, организационно-методическая структура «урок – практикум – проект» является в определенной степени проектно-ориентирующей для всего процесса обучения физике.

Проиллюстрируем то, как может в таком случае выполняться планирование содержания уроков и практикума на примере описания выполнения проекта «Действующая модель ионолета».

Тема проекта появилась благодаря тому, что учащийся проявил интерес к созданию ионолета, о котором он узнал из видеозаписи в сети Интернет.

Учитель, совместно с ПДО, осуществили оценку выполнимости проекта, т.е. возможности получения действующей модели ионолета, и подбор вариантов необходимого демонстрационного и лабораторного эксперимента, в т.ч. исходя из имеющегося оборудования. Далее был запланирован учебный процесс на уроке с учебным физическим экспериментом, на занятиях внеурочного физического практикума и непосредственно в ходе работы учащегося над проектом.

Урок.

Учащиеся познакомились с явлением ионного ветра, наблюдая демонстрационный эксперимент с задуваемой ионным ветром свечкой.

Помимо вопроса о причинах наблюдаемого явления учитель сформулировал вопрос: возможно ли использовать данное явление для создания движителя (в том числе реализующего полет или парение) и какой может быть конструкция такого устройства? Поэтому далее был продемонстрирован эксперимент с вращением колеса Франклина.

Группа учащихся, выполняющих физический практикум, получила от учителя задачу разобраться под руководством ПДО в сути явления и изучить его возможности на примере колеса Франклина, а также доложить о результатах своей работы. Разумеется, учащийся, проявивший интерес к ионолету находился в этой группе.

Практикум.

Прежде всего, учащиеся убедились в том, что причиной движения колеса Франклина является т.н. «ионный ветер». Для этого был необходим дополнительный фронтальный эксперимент. Предпосылкой к нему являлась вторая поставленная задача практикума – изучение работы колеса Франклина в разных условиях. Препятствием для вращения колеса, очевидно, является воздух. Для увеличения частоты вращения колеса ПДО поместил его под колокол воздушного насоса с встроенными проходными электродами, и откачав воздух, все убедились, что движение практически прекратилось. Это подтвердило, что причины движения кроются в том, что именно в воздухе происходит явление, способное стать физической основой для движителя. И это явление ионизации воздуха в ходе коронного разряда и ускорение возникших ионов электрическим полем, т.е. ионный ветер. Этот ключевой эксперимент учащимся из группы физического практикума потребовалось повторить на уроке (под наблюдением ответственного за безопасность педагога).

Дальнейшая работа практикума состояла в самостоятельном изготовлении простейших моделей колеса Франклина и испытаниях их функциональности, и

определении характеристик (частоты вращения, массы, времени разгона до рабочего режима, и т.п.). Конструкции устройства были разными для разных учащихся. В этом случае учащиеся смогли проверить в ходе работы:

- то, насколько важно наличие заострений на концах металлических элементов (как контрольный вариант используются шарики),
- какова необходимость в изгибе элемента в плоскости вращения относительно радиального направления из центра конструкции,
- каково минимальное число элементов с остриями или шариками (2, 3, 4),
- какова зависимость (на качественном уровне) времени выхода на максимальные обороты от массы колеса.

В результате выяснились некоторые принципы построения движителей, использующих ионный ветер.

ПДО в конце занятий практикума сформулировал выводы.

1. Ионный ветер возможен благодаря коронному разряду.
2. Это явление может стать базой для выполнения двух проектов. Первый будет использовать ионный ветер для создания ионолета. А второй может быть посвящен борьбе с коронным разрядом, например, на модели ЛЭП.

Выполнение первого проекта взял на себя учащийся, проявивший интерес к ионолету. Полученные результаты были доложены на уроке участниками группы, выполнявшей работу практикума, включая фронтальный эксперимент.

Проект.

Ответ на вопрос о том, может ли ионный ветер вызвать не просто вращение колеса или задувание пламени свечи, но и полет (или парение), формирует проблему проектного задания – создания устройства способного парить в воздухе за счет ионного ветра, т.е. создание действующей модели ионолета.

В ходе практикума можно было заметить, что даже для весьма массивного колеса возможно движение, но разгон его до рабочей скорости будет происходить достаточно долго. Такое движение обеспечивается даже весьма маломощным высоковольтным источником питания.

При этом полет или парение имеет четкий порог, определяемый, в том числе, максимальной энергией источника и весом тела. И пока этот порог не преодолен, вертикального движения (полета, парения) не будет, даже самого медленного. Таким образом, для выполнения этой работы потребовался подбор подходящих материалов, исходя из их физических свойств (плотности, прочности, электропроводности), и выбор конструкции ионолета. Также в ходе проекта необходимо научиться бороться с возникающим при нечеткой сборке конструкции искровым разрядом. Отдельной проблемой является неуклонное соблюдение требований безопасности, состоящее, в том числе, в использовании исключительно безопасных высоковольтных источников питания для ионолета.

Последовательно преодолевая описанные трудности, подбирая все более подходящие материалы и конструкцию, в итоге удалось создать действующую модель, способную парить над столом. Создаваемый ей ионный ветер способен задувать свечу, расположенную на столе вблизи ионолета.

На рисунках 2.4 и 2.5 изображен ионолет, система обеспечения его движения, и парение ионолета над краем стола.

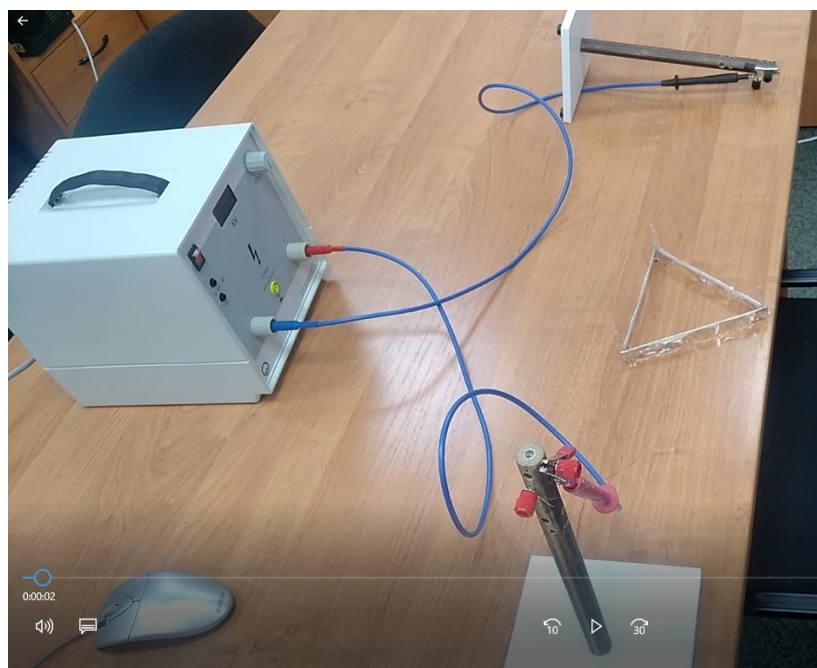


Рисунок 2.4 - Ионолет и система обеспечения его движения

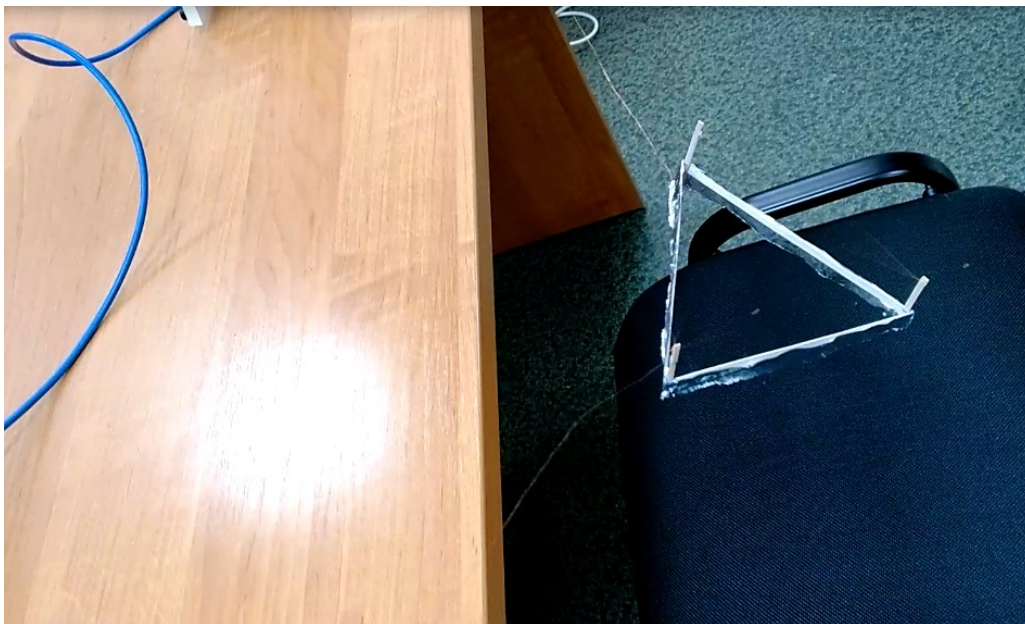


Рисунок 2.5 - Ионолет парит за краем стола

Результаты проекта были доложены и продемонстрированы на уроке физики, а также в качестве результата обучения по предмету «Индивидуальный проект». **Модель предложена как новый элемент демонстрационного оборудования кабинета физики.**

На рисунке 2.6 представлена организационно-методическая структура «урок – практикум – проект» для проекта по созданию действующей модели ионолета. Толщина стрелок на рис. 2.6 пропорциональна числу учащихся, вовлеченных в каждый этап деятельности.

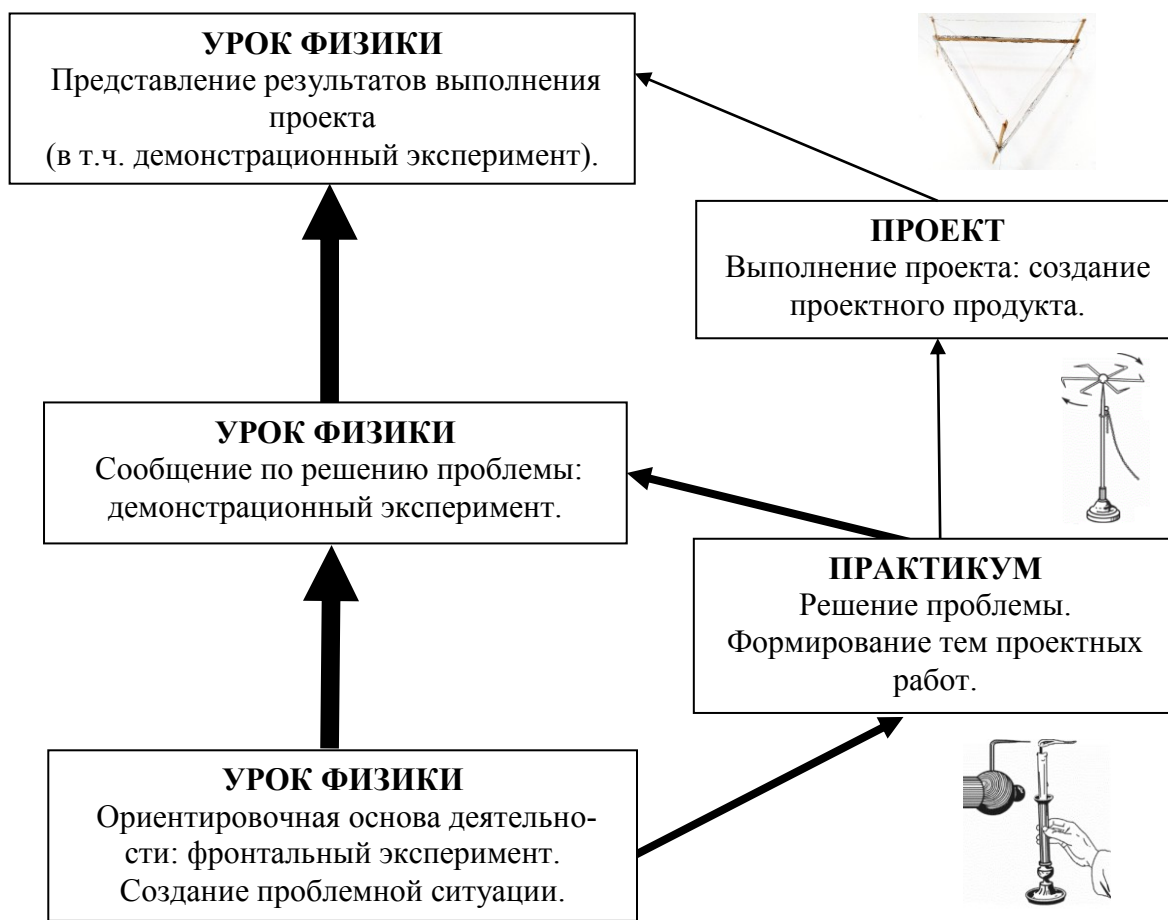


Рисунок 2.6 - Вариант проектно-ориентированного учебного процесса на примере создания действующей модели ионолота

2.4 АЛГОРИТМ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ «УРОК – ПРАКТИКУМ – ПРОЕКТ»

Для практической организации совместной работы преподавателя физики и ПДО на основе предложенной методики разработан алгоритм организации проектной деятельности в организационно-методической структуре «урок – практикум – проект». В таблице 2.3 представлен алгоритм и результаты его реализации в виде формируемых умений, личностных и инженерных качеств учащихся в соответствии с методикой формирования проектных умений учащихся

для организационно-методической структуры «урок – практикум – проект» при выполнении некоторых конкретных проектов.

При составлении таблицы использованы следующие критерии:

- «Творческая деятельность»: создание описательной модели нового устройства на основании имеющихся или полученных знаний по физике. Новизна предполагается учебной, т.е. относительной, относящейся к конкретному учащемуся.

- «Инженерные качества»: умение создать новый (для учащегося) проектный продукт, используя имеющиеся или полученные знания и умения по физике на основании результатов собственной творческой деятельности, либо используя описание готового решения.

При этом необходимо уточнить разницу между ремесленной и инженерной составляющей в деятельности учащегося. Ремесло – создание чего-то (возможно и нового), следуя известным (и привычным) имеющимся алгоритмам, правилам и приемам работы. Инженерия предполагает самостоятельный поиск таких стандартов и приемов, анализ их соответствия задаче, а также создание самих этих алгоритмов и правил (или их обновление) и выработка принципиально новых приемов деятельности.

Для учащихся практика реализации проекта может содержать как ремесленную, так и инженерную компоненту.

Практически для всех проектов характерно формирование некоторых общеинженерных умений – умения довести изделие от идеи, основанной на определенных физических принципах и расчетах до функционирующей модели, а также умения составить требуемую документацию проекта. Данные умения в таблице не отражены.

Организация проектной деятельности в соответствии с предлагаемой методикой поможет педагогам (учителю и ПДО) уйти от стихийности при выборе тематики и при установлении взаимосвязи между различными элементами учебной деятельности (уроком физики, физическим практикумом, индивидуальным проектом по физике).

Таблица 2.3.

Алгоритм организации проектной деятельности и результаты его реализации в виде формируемых умений, творческих инженерных качеств учащихся

Название проекта	Базовая работа практикума	Практическая (в т.ч. учебная) значимость	Физические основы	Экспериментальные умения	Творческая деятельность	Практика реализации проекта (инженерные качества)
Измерение объема сыпучих тел	Закон Бойля-Мариотта: обнаружение причин кажущегося отклонения от закона.	Действующая модель нового для школьного курса физики реального прибора.	Уравнение состояния идеального газа.	Исследование зависимости давления от реального объема газа. Градуировка полученного прибора.	Поиск способов применения обнаруженного в работе практикума эффекта на практике. Анализ возможных применений вне школы.	Подбор подходящего доступного оборудования для сборки измерительного прибора.
Прибор для демонстрации закона Бойля-Мариотта		Демонстрационный прибор, не содержащий неучтенного объема газа.			Поиск способов реализации демонстрационного прибора, в котором не проявляется обнаруженный в работе практикума эффект.	Подбор подходящего доступного оборудования для сборки демонстрационного прибора.
Генриметр (на базе стрелочного электроизмерительного прибора)	Электромагнитная индукция (ЭМИ): обнаружение причин кажущегося отклонения от теории. Возможно:	Действующая модель нового для школьного курса физики реального прибора.	Явление ЭМИ. Использование баллистического режима гальванометра. Работа полупроводн	Исследование особенностей импульсного воздействия на гальванометр. Градуировка полученного прибора.	Проектирование или поиск подходящей электрической схемы, использующей баллистический режим стрелочного прибора	Подбор и монтаж элементов схемы

Название проекта	Базовая работа практикума	Практическая (в т.ч. учебная) значимость	Физические основы	Экспериментальные умения	Творческая деятельность	Практика реализации проекта (инженерные качества)
	измерение заряда конденсатора.		икового диода.			
Прибор для демонстрации электромагнитной индукции (ЭМИ)		Усовершенствование имеющейся демонстрационной установки.	Явление ЭМИ. Работа электронного осциллографа.	Регистрация однократных быстропротекающих изменений напряжения.	Поиск оптимального по соотношению между требуемыми и имеющимися характеристиками решения. Реализация установки, позволяющей заменить серию экспериментов одним экспериментом.	Подбор подходящих доступных элементов схемы и их монтаж.
Действующая модель ионолета	Сборка и исследование различных конструкций колеса Франклина.	Демонстрация возможностей такого типа двигателя.	Электрический ток в газах (искровой и коронный разряд)	Экспериментальный поиск условий, необходимых для полета ионолета	Преодоление трудно совместимых ограничений используемого оборудования и материалов.	Создание действующей модели ионолета в школьных условиях (на безопасном школьном оборудовании)
Электромагнитный левитатор	Исследование работы промышленного электромагнитного левитатора.	Новая для школьного курса физики демонстрация. Возможность количественной оценки величины магнитного поля в	Магнитное действие тока. Взаимодействие двух магнитов. Суперпозиция магнитного поля. Устройство	Измерение магнитного поля. Градуировка полупроводникового прибора.	Проектирование или поиск подходящей электрической схемы и создание алгоритма собственного программного обеспечения системы автоматического управления.	Подбор подходящих доступных элементов схемы и их монтаж, создание и отладка программного обеспечения.

Название проекта	Базовая работа практикума	Практическая (в т.ч. учебная) значимость	Физические основы	Экспериментальные умения	Творческая деятельность	Практика реализации проекта (инженерные качества)
		рабочей зоне и демонстрация характера его изменения.	датчика Холла (тема вне рамок школьной программы).			
Высокоомная приставка к учебному стрелочному вольтметру	Определение внутреннего сопротивления амперметра и вольтметра.	Расширение возможностей школьного демонстрационного стрелочного вольтметра (например, демонстрация измерения напряжения на заряженном конденсаторе небольшой емкости).	Идеальные и реальные вольтметр и амперметр.	Умение определять внутреннее сопротивление амперметра и вольтметра и его влияние на работу электрической цепи.	Проектирование или поиск подходящей электрической схемы.	Подбор и монтаж элементов схемы.
Автоматизированный прибор для определения коэффициента трения	Определение коэффициента трения (наибольшим числом способов).	Автоматизированный демонстрационный прибор.	Движение тела по наклонной плоскости. Трение скольжения. Принципы работы датчиков перемещения и	Проведение серии экспериментов (в т.ч. сравнительных) по градуировке созданного прибора.	Поиск решения для определения момента начала движения тела и создание алгоритма собственного программного обеспечения прибора.	Сборка готового устройства из элементов (датчиков, моторов, микроконтроллерных модулей).

Название проекта		Базовая работа практикума	Практическая (в т.ч. учебная) значимость	Физические основы	Экспериментальные умения	Творческая деятельность	Практика реализации проекта (инженерные качества)
				угла наклона.			
Стенд для исследования спектра лампы накаливания (интегральный проект)	<i>Осветитель с регулируемой температурой нити лампы накаливания.</i>	Исследование вольт-амперной характеристики (ВАХ) лампы накаливания.	Создание прибора, необходимого для учебного демонстрационного и исследовательского эксперимента.	Зависимость сопротивления проводников от температуры. Закон Стефана-Больцмана.	Проведение исследования ВАХ лампы и зависимости температуры нити накаливания лампы от подводимой к ней электрической мощности.	Проектирование или поиск подходящей электрической схемы.	Подбор подходящего доступного оборудования для сборки демонстрационного прибора.
	<i>Универсальный линейный сканер с системой датчиков</i>	Исследование равномерности различных видов прямолинейного движения (используется капельница, датчик расстояния, блок и фотоворота).	Новый для школьного курса физики прибор, необходимый для ряда демонстраций (в т.ч. с использованием учебных цифровых лабораторий).	Равномерное прямолинейное движение. Работа электронного осциллографа.	Измерение скорости и равномерности прямолинейного движения каретки сканера (при разных скоростях) т.е. градуировка полученного прибора.	Поиск решения для реализации конструкции сканера. При электрическом приводе сканера - создание алгоритма собственного программного обеспечения для управления и контроля сервомотора.	Подбор подходящего доступного оборудования для сборки демонстрационного прибора, создание и отладка программного обеспечения.
Компьютеризованная экспериментальная установка для изучения поглощения оптического излучения в жидкости (интегральный проект, включающий описанный выше сканер)		Закон Бера-Ламберта для полимерных пленок.	Демонстрация тривиального физического явления, полноценное изучение которого выходит за рамки школьного	Закон Бера-Ламберта (тема вне рамок школьной программы)	Исследование зависимости между физическими величинами, характер которой отличается от встречающихся в рамках школьного курса физики.	Поиск решения для реализации измерения, в частности выбор: изменение объема жидкости или сканирование датчиком в жидкости. Анализ возможных	Подбор подходящего доступного оборудования для сборки демонстрационного прибора, создание конструкции датчика, способного работать в жидкости.

Название проекта	Базовая работа практикума	Практическая (в т.ч. учебная) значимость	Физические основы	Экспериментальные умения	Творческая деятельность	Практика реализации проекта (инженерные качества)
		курса физики. Прибор, способный оценить степень крепости заварки чая.			применений вне школы.	
Действующая модель микроволнового метеолокатора	Отражение и поглощение микроволн водой (туман, капли, лед).	Демонстрация работы метеолокатора. Расширение возможностей использования школьного микроволнового демонстрационного комплекта (есть вариант с использованием оборудования собственного изготовления).	Отражение и поглощение электромагнитных волн предметами разного размера (по отношению к длине волны излучения).	Исследование отражения и поглощения микроволн водой с помощью компьютерного осциллографа.	Поиск решения для создания устройства, способного отображать на экране компьютера прохождение через рабочую зону модели метеолокатора отдельных капель воды и шариков льда.	Подбор подходящего доступного оборудования и программного обеспечения для демонстрационного прибора.
Установка для демонстрации передачи звуковых сигналов с помощью светового излучения	Передача электрических сигналов оптическим способом.	Демонстрация принципа работы ряда широко распространенных устройств.	Амплитудная модуляция электрических колебаний. Спектр электриче-	Анализ работы электрической схемы с использованием электронного осциллографа. Работа с компьютерным	Поиск простого решения для устранения сильных искажений передаваемого звукового сигнала (музыки).	Подбор подходящих доступных элементов схемы и их монтаж.

Название проекта	Базовая работа практикума	Практическая (в т.ч. учебная) значимость	Физические основы	Экспериментальные умения	Творческая деятельность	Практика реализации проекта (инженерные качества)
		Практическое знакомство с особенностями работы нелинейных элементов электрической цепи.	ского сигнала. Нелинейные искажения. ВАХ полупроводникового диода. Рабочая точка диода и ее смещение.	анализатором спектра звукового сигнала.		

Описание процесса реализации алгоритма организации проектно-ориентированного обучения физике

Нами выработана общая структура реализации алгоритма организации предлагаемого нами варианта проектно-ориентированного обучения физике (организационно-методической структуры «урок – практикум – проект»). Она представлена в виде пунктов, которые позволяют детально рассмотреть происходящее на уроке, выполненные работы практикума и соответствующие проекты, и спланировать создание новых работ практикума и проектов:

а) Описание проблемы, возникающей для учащихся на уроке, которая требует выполнения работы практикума для ее решения. Этим определяется связь работы практикума и урока физики.

б) Описание хода работы практикума. Список выдвигаемых учащимися гипотез и способы их опровержения и подтверждения. Здесь может быть указано то, насколько данная работа соответствует предлагаемому в литературе варианту, если таковой имеется. Описание того, что учащиеся представят на уроке в итоге выполнения работы.

в) Формулировка обнаруженного в результате решения задачи работы практикума эффекта, позволяющего определить одну или две проектные задачи. Первая направлена на преодоление обнаруженного эффекта, лежащего в корне решенной проблемы, а вторая предполагает полезное использование обнаруженного эффекта. Описание проектной проблемы (или проблем). Указания способов решения проблемы, т.е. способов выполнения проекта. Указание того, как должен выглядеть результат проектной работы.

г) Описание физической основы проекта (или проектов).

д) Описание того, насколько практикум позволяет подготовить учащихся к выполнению проекта.

е) Описание проекта и его результатов. Описание того, что учащиеся представят на уроке в итоге выполнения проекта.

Описание реализации методики, согласно описанной структуре, для ряда проектов приведено в главе 3.

ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

1. В ходе исследования выработана и описана методика формирования проектных умений учащихся по физике.

2. Описана модель проектно-ориентированного учебного процесса в системе основного и дополнительного образования. В модели реализовано включение проектной деятельности учащихся в систематический учебный процесс по физике. Предложен алгоритм совместной деятельности учителя и педагога дополнительного образования по организации проектной деятельности учащихся.

3. Практическая реализация предлагаемых методики и модели проектного обучения физике осуществляется в организационно-методической структуре «урок – практикум – проект», которая обеспечивает развитие знаний и умений по физике, формирование творческих и элементарных инженерных качеств учащихся, и позволяет получить практически значимое изделие, востребованное в учебном процессе.

ГЛАВА 3

РЕАЛИЗАЦИЯ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ УМЕНИЙ УЧАЩИХСЯ В ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ «УРОК – ПРАКТИКУМ – ПРОЕКТ»

В третьей главе приведено описание реализации методики формирования проектных умений учащихся в ходе внедрения её в учебный процесс. Представлены общие характеристики педагогического эксперимента по организации проектной деятельности учащихся, этапы педагогического эксперимента, доказательства эффективности применения разработанной методики в ходе проектно-ориентированного варианта учебного процесса. Рассмотренные в главе результаты опубликованы в работах [14, 17, 22, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 50, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 78, 80, 86, 204].

3.1. ОПИСАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДИКИ

Приведем описание реализации проектно-ориентированного учебного процесса в рамках данного исследования. Структура описания проектно-ориентированного учебного процесса приведена в разделе 2.4 главы 2, а также в монографии [140, с. 56]. При описании мы будем придерживаться этой структуры.

Перечень выполненных проектов можно найти в приложении 2.

1. Проекты по созданию измерителя объема сыпучих тел и прибора для демонстрации закона Бойля-Мариотта:

а) Описание проблемы, возникающей для учащихся на уроке в ходе фронтального эксперимента, которая обосновывает выполнение работы практикума для ее решения. Этим определяется связь работы практикума и урока физики.

На уроке учащиеся фронтально выполняют работу по определению зависимости давления газа (воздуха) от его объема по описанию в литературе [117, 118], исполь-

зую типовой набор оборудования (т.н. «ГИА-лаборатория»). Экспериментальная установка, предлагаемая учащимся, изображена на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 - Экспериментальная установка для изучения закона Бойля-Мариотта [118]

Полученные результаты предлагается самостоятельно внести в электронную таблицу и определить насколько постоянным оказалось произведение давления газа, измеренного манометром, и объема газа, алгоритм определения которого был предписан описанием выполнения работы. На следующем уроке в результате контрольного опроса выясняется, что произведение это значительно меняется в ходе работы, т.е. не является постоянным. Типичные результаты приведены в таблице 3.1 [23].

Таблица 3.1.

Результаты эксперимента [23]

Результаты эксперимента подтверждения закона Бойля-Мариотта

(V – объем воздуха в шприце, p_1 – показания манометра, p_0 – атмосферное давление, 737 мм.рт.ст.)

V, мл.	20	19	18	17	16	15	14	13
p_1 , мм.рт.ст.	0	24	58	90	124	164	206	250
$p = p_0 + p_1$, мм.рт.ст.	737	761	795	827	861	901	943	987
pV , мл. • мм.рт.ст.	14740	14459	14310	14059	13776	13515	13202	12831

При этом на уроке ранее преподавателем был продемонстрирован эксперимент, в котором утверждалась, в полном согласии с законом Бойля-Мариотта, неизменность указанного произведения при достаточно медленном изменении объема газа (воздуха). Возникает актуальная практически для всех учащихся класса проблема: полученные ими результаты вычислений произведения измеренного давления газа на его объем значительно изменяются в ходе эксперимента, что не соответствуют закону Бойля-Мариотта. Решение этой проблемы делегируется учащимся, выполняющим внеурочный проектно-ориентированный физический практикум.

б) Описание хода работы практикума. Список выдвигаемых учащимися гипотез и способы их опровержения и подтверждения. Здесь указано, насколько данная работа соответствует предлагаемому в литературе варианту, если таковой имеется. Описание того, что учащиеся представят на следующих уроках в итоге выполнения работы.

Работа практикума состоит в тщательном повторении фронтального эксперимента, выполненного в классе, выдвижении гипотез о причинах наблюдаемого, и их экспериментальном опровержении (т.е. проводятся дополнительные эксперименты), либо опровержении в ходе решения физической задачи. В качестве возможных гипотез учащиеся могут предложить следующие [23]:

- слишком быстро двигается поршень у пластикового шприца (теплопередача не происходит);
- система перестает быть герметичной, и газ выходит при сжатии;
- газ ведет себя как неидеальный (как газ Ван-дер-Ваальса, к примеру).

Первая гипотеза опровергается тем, что при достаточно быстром движении поршня можно заметить, что результаты изменились, но проблема в том, что при очень медленном движении поршня ситуация с постоянством произведения объема газа на его давление не улучшается.

Вторая гипотеза опровергается экспериментом с обратным движением поршня. Если система действительно негерметична, то результаты экспериментов должны различаться. Но этого не наблюдается.

Третья гипотеза полезна для обсуждения, решения соответствующей задачи. Хотя это выходит за рамки типовой школьной физики, учащиеся профильных классов могут попытаться решить эту задачу. Однако можно привести и более простое опровержение: в демонстрационном эксперименте (если он проводился) газ в демонстрационном приборе такой же – воздух. Но там закон Бойля –Мариотта был подтвержден.

Результатом работы с гипотезами является опровержение всех гипотез кроме одной. Данная гипотеза предполагает, что проблема состоит в том, что методика выполнения эксперимента, указанная в описании работы, не учитывает какой-то фактор, имеющийся в реальной экспериментальной установке. Таковым фактором является то, что в установке имеется весьма значительный неучтенный методикой объем газа, содержащегося в манометре и соединительных трубках. Однако описание хода работы (инструкция из книги [118]) предписывает внести в таблицу лишь объем, отображаемый указателем (поршнем) шприца.

Поскольку расчеты проводятся в электронных таблицах, то преподаватель может предложить простое и быстрое решение, состоящее в том, чтобы к величине объема уже внесенной в таблицу добавить для каждого измерения некоторую величину, со-

ответствующую неучтенному объему. Путем подбора достаточно быстро обнаруживается то, что есть определенная добавочная величина объема, при которой обеспечивается практически полное согласие результатов эксперимента с результатами, соответствующими закону Бойля-Мариотта. Помимо подбора более правильным будет оценка дополнительного объема исходя из предположения, что закон Бойля-Мариотта все же выполняется в данной экспериментальной установке. Это позволяет по имеющимся результатам измерений вычислить общий объем газа в установке и соответственно определить неучтенный ранее объем. Типичные результаты этого этапа работы приведены в таблице 3.2 [23].

Таблица 3.2.

Итоговые результаты эксперимента [23]

Результаты эксперимента с учетом объема соединительных трубок

ΔV , мл.	8	8	8	8	8	8	8	8
$V + \Delta V$, мл.	28	27	26	25	24	23	22	21
p_1 , мм.рт.ст.	0	24	58	90	124	164	206	250
$p = p_0 + p_1$, мм.рт.ст.	737	761	795	827	861	901	943	987
$p(V + \Delta V)$, мл. $\cdot$ мм.рт.ст.	20636	20547	20670	20675	20664	20723	20746	20727

Для уверенности в правильном решении проблемы учащимся требуется соотнести визуально значение, внесенное в электронную таблицу в качестве добавка к объему газа со значениями неучтенного объема газа для конкретной экспериментальной установки. В нашем случае это вполне удалось.

Полученное решение докладывается на уроке представителями группы учащихся, выполнявших исследование в ходе работы практикума. Идеальной является ситуация, когда все учащиеся класса заново выполняют лабораторную работу, учитывая новые знания, полученные в результате доклада по итогам выполнения работы практикума и получают необходимое подтверждение закона Бойля-Мариотта.

в) Описание эффекта, обнаруженного в результате решения задачи работы практикума, позволяющего определить одну или две проектные задачи. Первая направлена на преодоление обнаруженного эффекта, лежащего в корне решенной проблемы, а вторая предполагает полезное использование обнаруженного эффекта. Описание проектной проблемы (или проблем). Указания способов решения проблемы, т.е. способов выполнения проекта. Указание того, как должен выглядеть результат проектной работы.

Поскольку необходимо сформулировать то, в чем состоит суть обнаруженного эффекта, то на решении проблемы работа не должна заканчиваться. В данном случае суть эффекта в том, что при наличии неучтенного объема газа наблюдается непостоянство величины произведения давления газа на его объем, при изменении объема газа, и это непостоянство не наблюдается при правильном учете объема газа.

Возникает вопрос, ответ на который учащиеся формулируют всей группой, выполнявшей работу практикума: как можно преодолеть данный эффект в учебной экспериментальной установке, сделать работу с ней удобнее и понятнее? Учащимися предлагаются различные варианты возможного технического решения, нуждающиеся в практической проверке.

Обнаруженный эффект позволяет задать и другой вопрос, не менее важный для организации проектной деятельности учащихся: как можно использовать обнаруженный эффект? Например, как с помощью обнаруженного эффекта определить неизвестный объем газа в сосуде. И здесь учащиеся предлагают варианты решения задачи, требующие проверки.

В итоге на оба поставленных вопроса должны быть получены ответы в ходе проектной деятельности, то есть практически, в виде работающего устройства. Двое учащихся могут получить проектные задания по созданию соответствующих установок (приборов). Результаты их деятельности должны быть представлены на уроках, и сами эти результаты и их значение будут понятны всему классу, изучившему особенности экспериментального подтверждения закона Бойля-Мариотта.

Даже если никто из учащихся не выберет предлагаемые темы, они смогут воспринять подход, предлагаемый педагогом для поиска проектных проблем и формирования проектных заданий.

г) Описание физической основы проекта (или проектов).

Физическую основу проекта составляет закон Бойля-Мариотта. Закон, кажущийся чрезвычайно простым и понятным, оказывается, требует внимания и определенного уровня экспериментальных умений для своего подтверждения. Таким образом, одной демонстрации на уроке может быть недостаточно для его полноценного восприятия. При выполнении проектной работы по созданию прибора, использующего обнаруженный эффект, учащиеся знакомятся с особенностями определения объема сыпучих тел, с тем что такое насыпная плотность.

д) Описание того, насколько практикум позволяет подготовить учащихся к выполнению проекта.

Работа практикума дала учащимся необходимые знания и умения по созданию требуемого в рамках проекта устройства, и подтверждению правильности его функционирования. Особое методическое значение имеет то, что проект (и связанная с ним работа практикума) позволяет продемонстрировать учащимся, то, что всегда требуется четкое понимание того, как именно определить значения физических величин, относящихся к имеющейся экспериментальной установке, чтобы использовать конкретный физический закон. В данном случае это весь объем газа в экспериментальной установке и закон Бойля-Мариотта.

Общий вывод для класса, после всех сообщений на уроке от выполнявших практикум и проекты таков: по кажущемуся несоответствию результатов эксперимента закону Бойля-Мариотта можно предположить, в том числе, и несовершенство методики выполнения самого эксперимента. А далее, опираясь на правильность закона, исправить и методику, и саму экспериментальную установку, и даже создать новый для школьной физики прибор.

е) *Описание проекта и его результатов. Описание того, что учащиеся представят на уроке в итоге выполнения проекта.*

Рассмотрим два проекта, выполненных после решения задачи соответствующей практикума. В ходе выполнения этих проектов создаются экспериментальные установки.

В первом случае установка состоит из шприца, объем которого четко определен, и весов с правильно подобранными пределами измерения, способными определить силу давления на поршень шприца. В литературе можно найти описания такого варианта реализации установки [142, 147]. Самостоятельное изготовление такого прибора из доступных учащемуся материалов, его градуировка и демонстрация выполнения с его помощью лабораторной работы составляют содержание проектной работы. Такая экспериментальная установка изображена на рисунке 3.2 [142].

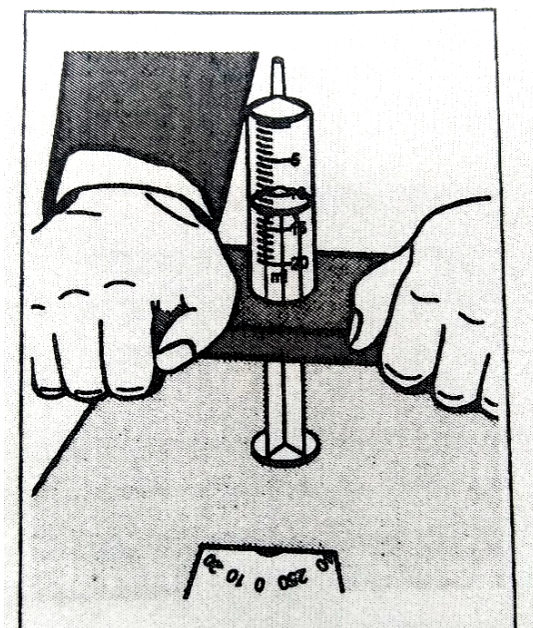


Рисунок 3.2 - Экспериментальная установка для изучения закона Бойля-Мариотта с минимальным неучтенным объемом газа [142]

Во втором случае задача прибора может состоять в определении неизвестного объема газа в сосуде, и как продолжение идеи – в измерении объема сыпучего тела, находящегося в таком сосуде. В литературе можно найти описания вариантов реализации таких установок [36, 143]. Самостоятельное изготовление такого прибора из доступных учащемуся материалов и его градуировка составляет содержание проектной работы. Также с помощью данного прибора можно определить разницу между насыпной и физической плотностями тел, что может стать задачей учебного исследования, полностью соответствующего школьной физике. Вид такой экспериментальной установки изображен на рисунке 3.3 [36].

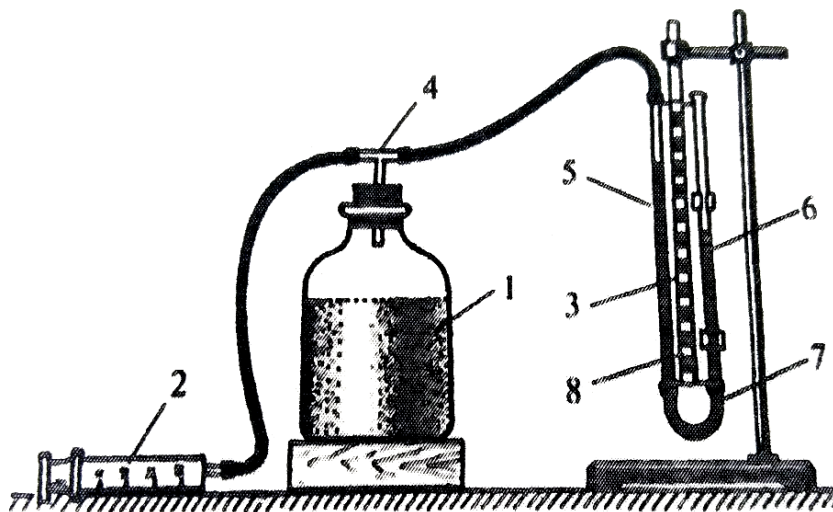


Рисунок 3.3 - Экспериментальная установка для определения объема сыпучих тел [36]

ж) Описание разного рода требуемых педагогом дополнительного образования (ПДО) ресурсов, которые требуются для выполнения любого из этих проектов (в рамках организационно-методической структуры «урок – практикум – проект»), если они не могут быть получены в школе.

Проект не требует для выполнения сложных или опасных работ, или сложного оборудования. Поэтому он был реализован непосредственно в учебном заведении.

2. Проект по созданию высокоомной приставки к демонстрационному стрелочному вольтметру [59].

а). На уроке решается запланированная задача по определению напряжения на соединенных предварительно заряженных конденсаторах. Конденсаторы исходно имели разные емкости и были заряжены до разных напряжений, а затем соединены определенным образом. Для подтверждения правильности предварительного решения задачи проводится фронтальный эксперимент по измерению этого напряжения.

В качестве измерительного прибора используется хорошо известный учащимся, и обладающий хорошей для физического кабинета наглядностью показаний, учебный демонстрационный стрелочный вольтметр [2]. Оказалось, что демонстрационный вольтметр не позволяет измерить напряжение на конденсаторах емкостью порядка единиц микрофард, заряженных до напряжения в несколько вольт, просто потому, что его стрелка не успевает отклониться до нужного значения.

Неудовлетворительный результат эксперимента, состоящий в том, что измерить напряжение не удастся, проявляет имеющуюся проблему. Проблема состоит не только в том, что необходимо объяснить и подтвердить экспериментально причину неудачи эксперимента, но и в том, что нам требуется на уроке успешное проведение эксперимента с имеющимся оборудованием (демонстрационным вольтметром).

Первое, что требуется для решения возникшей проблемы - это выяснить причину неудачи эксперимента, а затем выполнить работу практикума по определению внутреннего сопротивления учебных вольтметров. Следующий этап определиться в ходе выполнения практикума.

б). Преподаватель (ПДО), проводящий занятия физического практикума, напоминает учащимся о том, какая именно проблема возникла на уроке при попытке провести измерение напряжения на конденсаторах.

Нам удалось собрать для выполнения данной работы практикума несколько различных лабораторных вольтметров, поставлявшихся в разное время в учебные заведения, и способных измерить напряжение до 4–6 В. Внутренние сопротивления данных приборов различаются в несколько раз.

Учащиеся убеждаются, что ни один из имеющихся у них стрелочных вольтметров магнитоэлектрической системы не способен измерить напряжение в 4 В на конденсаторе емкостью 10 мкФ.

Гипотеза заключается в том, что внутреннее сопротивление вольтметра, которое «включает величину сопротивления катушек прибора и величину добавочного сопротивления, расширяющего предел измерения для данной шкалы» [151, с. 219], слишком мало, и конденсатор быстро разряжается через него, а если бы вольтметр имел большое внутреннее сопротивление, то он сумел бы измерить напряжение на конденсаторе, практически не разряжая его.

Далее учащиеся выполняют лабораторную работу по определению внутреннего сопротивления имеющихся у них вольтметров по методике, указанной в учебном пособии [160].

Внутреннее сопротивление демонстрационного вольтметра преподаватель, проводящий практикум, может определить исходя из документации на прибор [2].

Для экспериментального подтверждения гипотезы педагогом проводится успешное демонстрационное измерение напряжения на конденсаторе мультиметром с входным сопротивлением электронной схемы в несколько миллионов Ом (согласно его документации).

Результаты этой работы учащиеся кратко докладывают на следующем уроке физики.

в). В завершение работы практикума преподаватель совместно с учащимися формулирует вывод о том, что у вольтметра имеется внутреннее сопротивление, и его значение определяет возможности прибора по корректному измерению напряжения на различных элементах электрической цепи.

Однако исходная практическая проблема измерения напряжения на конденсаторе, выявленная учителем на уроке, так и не решена, хотя один из путей ее решения вполне очевиден. Педагог предлагает любому из группы выполнить под его руководством проект по созданию прибора — приставки к стрелочному вольтметру, которая будет содержать электронную схему с высоким входным и низким выходным сопротивлениями. При этом пределы измеряемого вольтметром напряжения должны быть сохранены.

Таким образом, второй (заключительный) этап решения проблемы, возникшей на уроке, - это выполнение проекта по созданию высокоомной приставки к демонстрационному стрелочному вольтметру.

г). Физическую основу проекта составляет внутренне (или входное) сопротивление электроизмерительных приборов. Учащиеся должны получить необходимые знания о внутреннем сопротивлении и практически познакомиться с тем, как оно проявляется при работе конкретных приборов.

Самым распространенным прибором для школьного фронтального демонстрационного эксперимента остается стрелочный демонстрационный вольтметр и амперметр.

Для измерения напряжения на конденсаторах можно использовать современные приборы с высоким внутренним сопротивлением. В основном это приборы с представлением результатов измерения сразу в виде числа (т.е. т.н. "цифровые"). Однако, их устройство во многом скрыто от учащихся.

Использование появившихся в последнее время среди учебного оборудования для школ достаточно наглядных (для статичных измерений) демонстрационных цифровых приборов этой ситуации не меняет.

Устройство высокоомной приставки также скрыто для большинства учащихся и основывается на знаниях, не входящих в школьную программу по физике. Но физическая основа работы приставки вполне может быть понятна как выполняющему проект, так и тем, кто принял участие в работе практикума. При этом основным при-

бором для эксперимента остается стрелочный вольтметр, и его устройство учащимся понятно. Функционирование элементов этого прибора, и его работу в целом, можно считать понятной, если учащимся знакомы результаты базовых учебных экспериментов (взаимодействие магнитов, магнитное поле катушки, действие пружины, закон Ома).

д). Работа практикума является в достаточной степени проектно-ориентированной. Она позволяет учащимся понять причину неудачи эксперимента, и экспериментально убедиться в правильности выдвинутой гипотезы, а также предположить, как следует действовать для решения проблемы в целом, при поставленных условиях (сохранении стрелочного прибора в качестве основного).

е). В настоящее время простой и доступный способ расширения технических (а значит и учебных) возможностей демонстрационного вольтметра состоит в использовании широко распространенного и недорогого операционного усилителя (ОУ) типа LM358. У него достаточно большое входное сопротивление (при подходящей схеме подключения), и он способен поддерживать работу с нагрузкой сопротивлением в несколько сотен Ом.

Микросхема LM358 выпускается в корпусе, который позволил разместить ее на плате для макетирования электронных схем без пайки. Это облегчило сборку приставки учащемуся, еще не умеющему паять.

Для изучения принципов и особенностей работы операционных усилителей (ОУ) можно обратиться к современной литературе, среди которой есть издания, адаптированные для широкого круга читателей [77].

В начале выполнения проекта про ОУ учащемуся достаточно знать то, что схема на базе ОУ может иметь высокое входное сопротивление (до нескольких миллионов Ом), к ее выходу можно подключать нагрузку сопротивлением в несколько сотен Ом (стрелочный электроизмерительный прибор), и схема на основе ОУ может иметь коэффициент усиления равный единице. Эти знания требуется передать на уроке тем, кто будет участвовать в демонстрационном эксперименте с приставкой.

Подходящую схему можно найти в одном из множества технических описаний на саму микросхему [189, с. 5]. Схема, реализованная нами, разработана на основе справочного руководства [146, с. 101] и приведена на рисунке 3.4. Она представляет собой высокоомный дифференциальный усилитель постоянного тока, состоящий из двух повторителей с коэффициентом передачи, равным единице. Питание усилителя для демонстрации удобно осуществлять от доступной батареи типа 6F22 («Крона») напряжением 9 В.

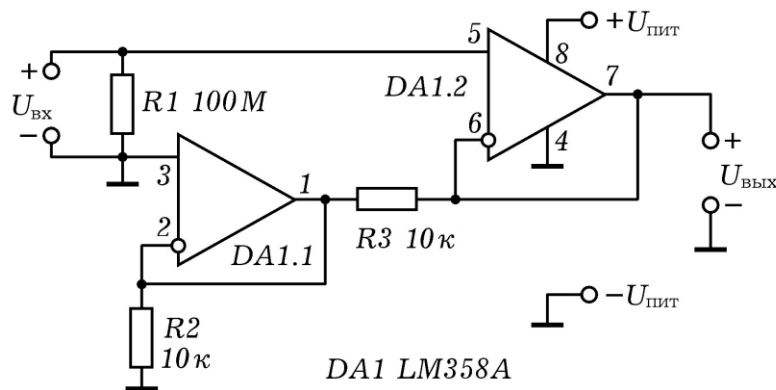


Рисунок 3.4 - Принципиальная электрическая схема приставки, увеличивающей входное сопротивление демонстрационного вольтметра [59]

Учащийся самостоятельно провел испытания созданного макета приставки с вольтметром и источником регулируемого стабилизированного напряжения с целью убедиться в том, что приставка не искажает измерения напряжения вольтметром. После этого был изготовлен более надежный вариант прибора с использованием пайки, и еще раз проведено его испытание.

На рисунке 3.5 приведен общий вид полученной в результате выполнения проекта экспериментальной установки для измерения напряжения на конденсаторе с использованием приставки и демонстрационного вольтметра (напряжение на двух конденсаторах общей емкостью в 9 мкФ составляет 5 В).

Приставка работает также с другими стрелочными вольтметрами, схожими по параметрам с демонстрационным вольтметром.

Итогом выполнения проекта было фронтальное экспериментальное подтверждение с использованием приставки правильности решения на уроке поставленной задачи по соединению заряженных конденсаторов.

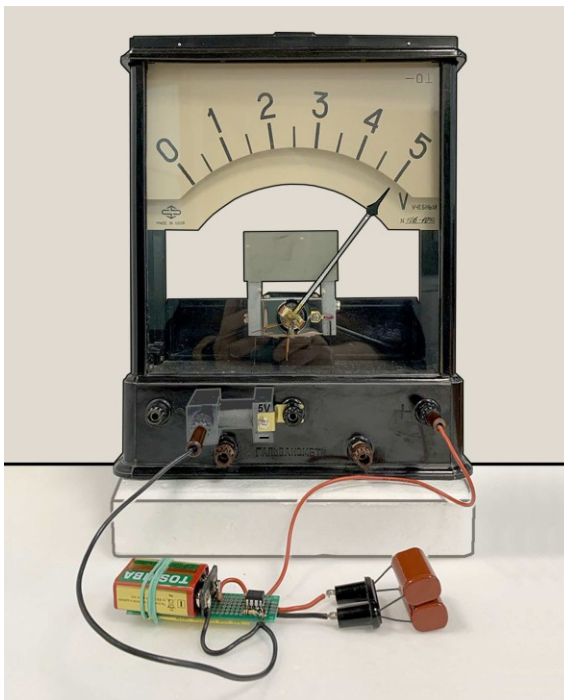


Рисунок 3.5 - Экспериментальная установка по измерению напряжения на конденсаторе с использованием приставки [59]

ж). Проект не требует для выполнения сложных или опасных работ, или сложного оборудования. Поэтому он был реализован непосредственно в учебном заведении.

3. Проект по созданию установки для демонстрации магнитного поля соленоида [61].

а). На уроке учителем предлагается решить задачу по определению поля на краю бесконечного соленоида. Качественное решение путем деления соленоида пополам позволяет получить ответ, состоящий в том, что поле на краю соленоида будет в 2 раза меньше чем в середине. Полученный результат допускает экспериментальное подтверждение (разумеется, для соленоида определенной, конечной длины).

На рисунке 3.6 изображен соленоид и результаты расчета магнитного поля на оси этого соленоида, описанные в учебном пособии для вузов [122]. Длина соленоида в 4 раза превышает его диаметр. По горизонтальной оси отложено расстояние от центра соленоида вдоль его оси, выраженное в единицах диаметра соленоида. Для понимания рисунка приведем пояснения: "по оси ординат отложено отношение величины поля B_z к величине поля в катушке бесконечно большой длины с тем же количеством витков на единицу длины и с той же силой тока в каждом витке" [122].

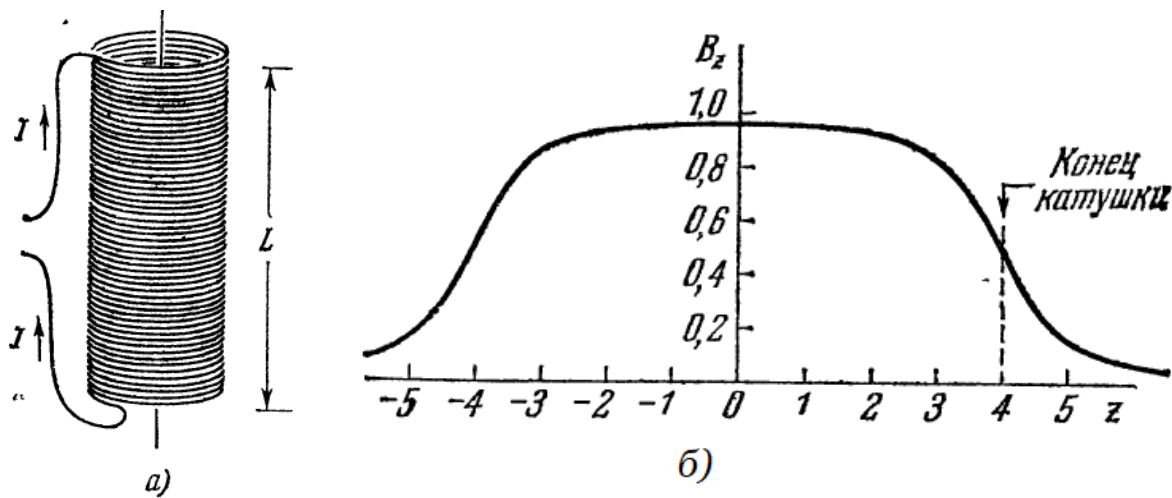


Рисунок 3.6 - Соленоид (а) и магнитное поле на оси соленоида (б) [122]

Для определения величины магнитного поля в настоящее время учителем может быть использован элемент учебной цифровой лаборатории (УЦЛ) – датчик магнит-

ного поля. Однако обеспечить вручную четкое и равномерное движение датчика магнитного поля вдоль требуемой линии внутри соленоида не просто. Также не просто в ходе короткого фронтального демонстрационного эксперимента определить положение датчика относительно соленоида в произвольных точках траектории.

Это привело к необходимости создание позиционирующего датчик устройства (линейного сканера) и проведения с его помощью полноценного изучения поля в соленоиде конечной длины. При этом необходимо, чтобы учащиеся понимали то, как следует правильно использовать имеющийся в УЦЛ датчик, а еще лучше – сами научились им пользоваться.

б). В качестве работы проектно-ориентированного физического практикума была выполнена работа по практическому изучению магнитного поля различных катушек (включая соленоид) с помощью датчика магнитного поля, входящего в состав УЦЛ.

Описание подобной работы можно найти в сопровождающих УЦЛ материалах [127] и в современной книге, посвященной физическому практикуму [153].

Возникшая на уроке проблема имеет техническую, исследовательскую и учебную составляющие. Точное позиционирование представляет техническую проблему, изучение датчика магнитного поля – учебную, а подтверждение полученного на уроке результата – исследовательскую.

Для выполнения работы практикума учащиеся, прежде всего, должны были разобраться с устройством и возможностями датчика магнитного поля. В нашей практике мы используем два датчика от двух разных УЦЛ изображенных на рисунке 3.7. Они отличаются расположением чувствительного элемента внутри датчика (ориентацией относительно его оси). По этой причине один из датчиков оказывается непригодным для работы с соленоидом.

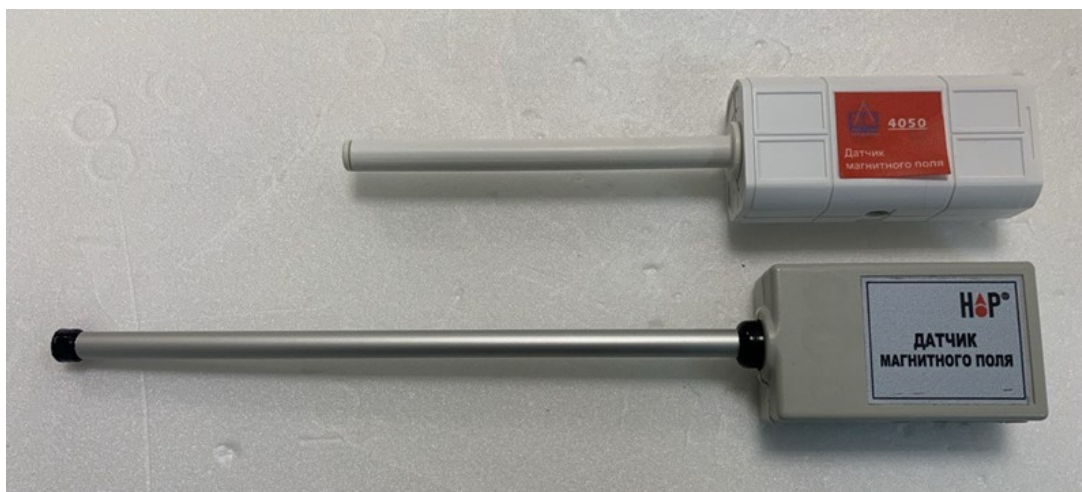


Рисунок 3.7 - Датчики магнитного поля различных УЦЛ (УЦЛ «Телематика», датчик «4050», УЦЛ «Научные развлечения», датчик «К301»)

На уроке учащиеся сообщают об успешном подтверждении результата, полученного в ходе решения задачи. Однако существенного улучшения возможностей проведения эксперимента на уроке у них пока нет.

в). В ходе выполнения работы практикума учащиеся убедились в том, что для позиционирования датчика вдоль оси катушки требуется специальное устройство.

Также они обнаружили некоторые ограничения возможностей датчика, входящего в состав УЦЛ, например, ограничение по длине изучаемого соленоида.

Это позволяет сформировать две независимые проектные задачи:

- создание линейного сканера и сборка экспериментальной установки на его основе,
- создание самодельного магнетометра (или модернизация имеющегося).

Линейный сканер может быть выполнен в виде устройства, осуществляющего равномерное прямолинейное движение площадки, к которой прикреплен датчик. Положение датчика определяется по показаниям блока, контролирующего мотор сканера.

Самодельный магнитометр может быть собран на базе распространенного микроконтроллерного модуля (Arduino UNO) и готового датчика Холла.

г). Физическую основу проекта составляет практическое изучение магнитного поля различных катушек.

Для понимания работы датчика магнитного поля учащимся потребовалось познакомиться с эффектом Холла.

Для создания сканера учащимся потребовалось узнать способы преобразования вращательного движения в поступательное, методы контроля параметров вращательного движения и суметь сформулировать техническое задание исходя из физических условий эксперимента, в котором используется сканер. Также потребовалось сформулировать алгоритм работы управляющей сканером программы, исходя из плана эксперимента и физических возможностей оборудования.

д). Работа практикума позволяет учащимся, выполняющим проект получить необходимые знания и умения для определения магнитного поля катушек, а также получить варианты технических решений для выполнения проекта.

е). 1. Создание линейного сканера и сборка экспериментальной установки на его основе.

Полученный в результате выполнения проекта линейный сканер представляет собой устройство, приводимое в движение сервомотором. Сервомотор позволил точно определять положение датчика вдоль траектории движения. Использование широко доступных деталей для самостоятельной сборки 3D принтера позволило легко осуществить равномерное прямолинейное движение датчика.

Для управления сервомотором использовался программируемый блок из набора Lego Mindstorms EV3. Детали этого конструктора легко монтируются на сканер непосредственно перед началом его работы, а в остальное время могут быть использованы в других целях. Программирование блока управления очень упрощено, и не требует изучения какого-то определенного языка программирования.

На рисунке 3.8 изображен внешний вид сканера с закрепленным датчиком. Типичная скорость движения датчика для этого сканера составляет 3 мм в секунду.

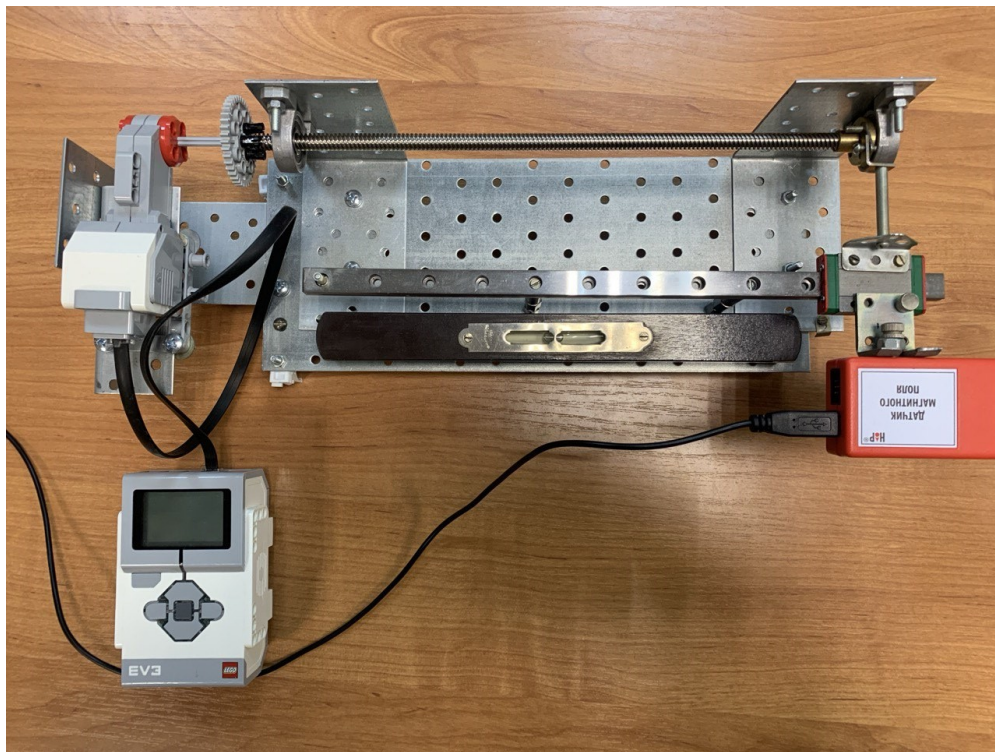


Рисунок 3.8 - Линейный сканер

В итоге на экране компьютера демонстрируется с помощью программного обеспечения (ПО) УЦЛ зависимость магнитного поля от времени. Однако, с учетом известной и постоянной скорости движения датчика, фактически демонстрируется зависимость магнитного поля от положения датчика на оси соленоида.

После создания сканера учащийся смонтировал на сканере датчик, расположил датчик определенным образом внутри соленоида, подключенного к источнику тока, настроил программное обеспечение УЦЛ и блока управления и проводил эксперименты, добиваясь наилучшего их выполнения. На рисунке 3.10 изображен внешний вид экспериментальной установки, а на рисунке 3.9 - результаты эксперимента.

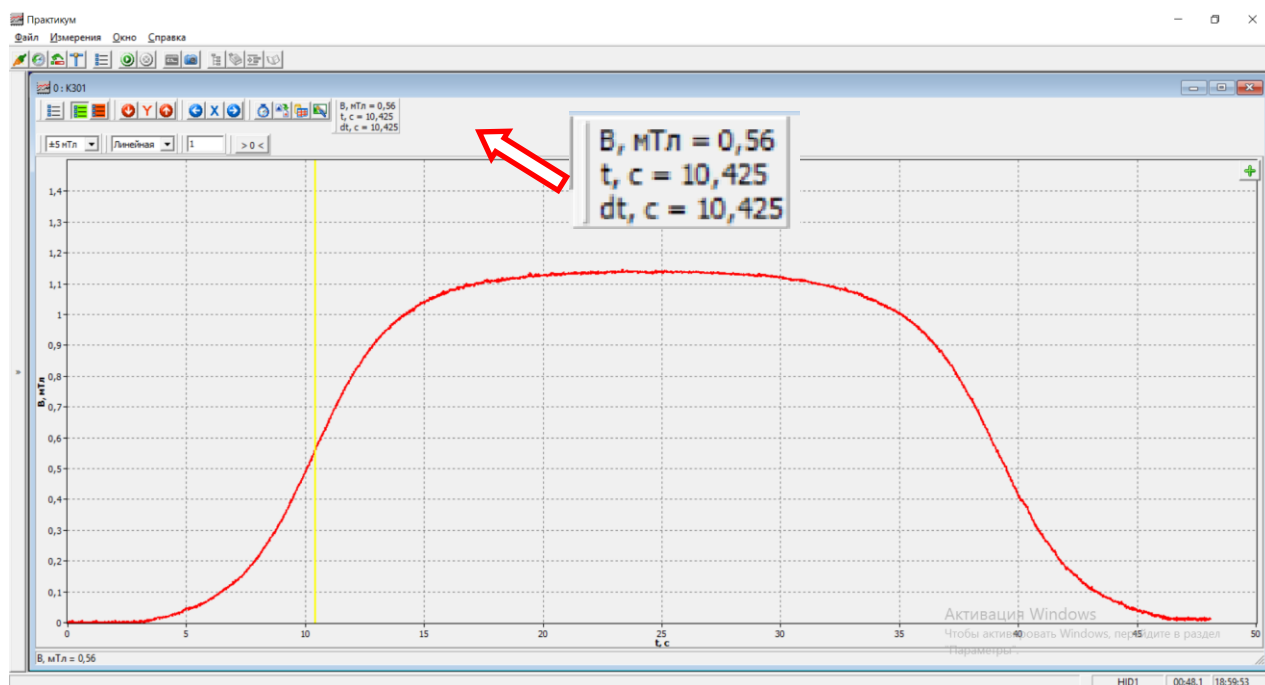
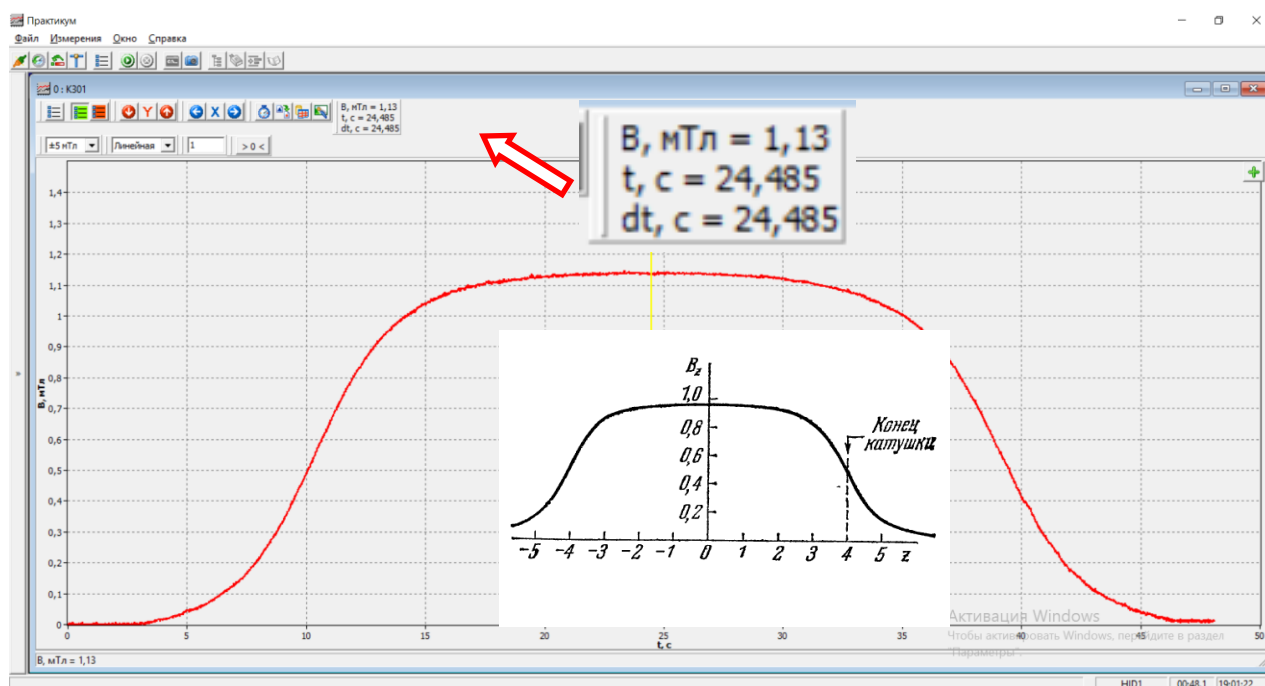


Рисунок 3.9 - Результаты эксперимента по определению магнитного поля соленоида

Соленоид: диаметр - 32 мм, длина - 130 мм, 125 витков. Датчик: К301 («Научные развлечения», погрешность: не более 5%). Сетка по вертикали: 1 деление = 0,1 мТл.

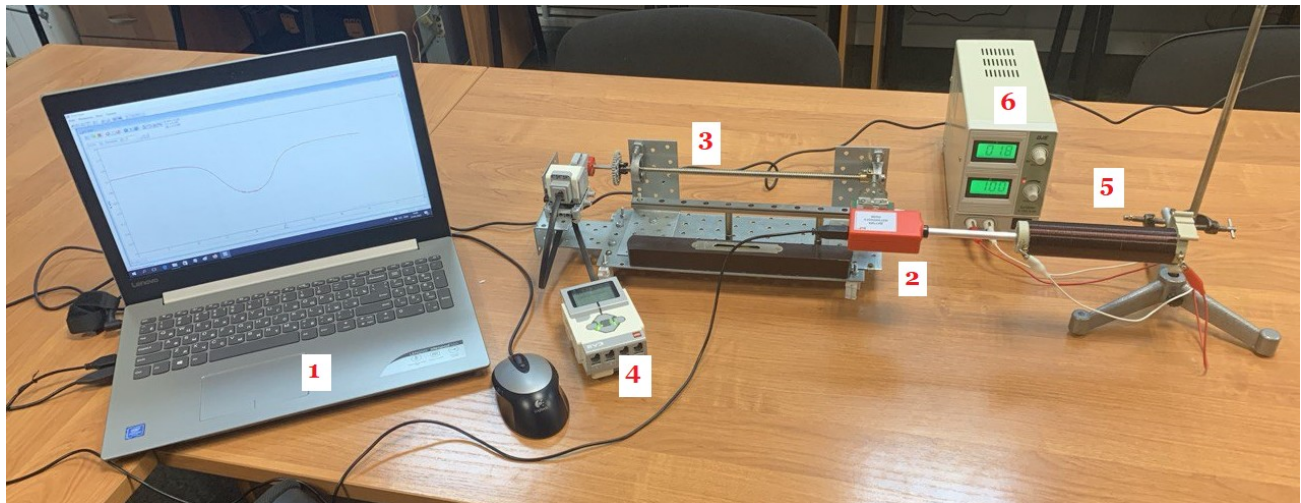


Рисунок 3.10 - Экспериментальная установка для исследования и демонстрации магнитного поля соленоида. 1) Компьютер с ПО УЦЛ «НР», 2) Датчик магнитного поля (УЦЛ «НР»), 3) Сканер, 4) Программируемый блок Lego Mindstorms, 5) Соленоид, 6) Источник тока

На уроке представлена готовая экспериментальная установка для демонстрации магнитного поля соленоида, сборка которой составляла часть проектного задания.

2. Создание самодельного магнетометра.

Поскольку аналогичный магнетометр является неотъемлемой частью действующей модели левитатора, то для его выполнения использовались аналогичные технические решения и программа, после упрощения их функциональности (удаления электромагнита и управления им). Проект по созданию левитатора описан в нашей публикации [204].

ж). Проект может быть полностью реализован в учебном заведении.

3.2. ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Общие характеристики педагогического эксперимента по организации проектной деятельности. Этапы педагогического эксперимента

Сопровождающий внедрение проектной деятельности педагогический эксперимент продолжался весь период разработки и применения организационно-методической структуры «урок – практикум – проект» и состоял из нескольких этапов:

- пилотный этап, в ходе которого происходил поиск соответствующего варианта проектной деятельности, выполняемой в ходе учебного процесса;
- поисковый этап, в ходе которого происходил поиск оптимальной компромиссной организационно-методической структуры, завершившийся созданием организационно-методической структуры «урок – практикум – проект»;
- формирующий этап, в ходе которого была реализована описанная структура учебного процесса и выполнялись проекты учащихся, соответствующие сформулированным критериям эффективности проектной деятельности учащихся.

Результаты анкетирования учителей физики

В рамках эксперимента было проведено анкетирование учителей физики с вопросами о перспективности и реального внедрения вариантов проектного обучения. Анкетирование происходило в течении всего периода исследования на различных учебно-методических мероприятиях (курсах повышения квалификации учителей, круглых столах учителей физики, и пр.). Всего анкетированием было охвачено 46 учителей.

Результаты анкетирования показали, что большинство учителей отмечают три основные проблемы при выполнении проектов по физике:

- I. неготовность учащихся к выполнению проектов, требующих практической предметной деятельности, малый объем практического, тем более конструкторского опыта работы учащихся - 75% ответов респондентов;
- II. дефицит проектных задач (тем проектов), удовлетворяющих требованиям завершенности и предметной продуктивности, соответствующих школьной физике - 80% ответов респондентов;
- III. отсутствие времени у учителя для руководства продуктивными проектами по физике - 80% ответов респондентов.

Методика формирования проектных умений, реализованная в организационно-методической структуре «урок – практикум – проект» предлагает следующие, подтвержденные практикой, пути решения этих проблем:

- I. внедрение проектно-ориентированного физического практикума позволяет подготовить учащихся к выполнению проектов по физике;
- II. задачи для выполнения проектов появляются в ходе основной учебной деятельности при совместной работе учителя и ПДО, и имеют поддержку и развитие в ходе работ проектно-ориентированного физического практикума;
- III. организационно-методической структура «урок – практикум – проект» снимает с учителя основную нагрузку по выполнению проектов, оставляя за ним функцию обеспечения предметной основы выполнения проекта и трансляцию в урок физических результатов проектной деятельности учащихся.

Пилотный этап. Первоначальная гипотеза исследования

Первоначальная гипотеза нашего исследования о возможности встроить завершённую проектную деятельность в обычный стандартный учебный процесс по физике не подтвердилась. Это произошло потому, что чрезмерно высокими оказались затраты времени учителя, и время урока использовалось неэффективно в плане усвоения программных знаний и умений (для всех учащихся), что привело к деформации учебного процесса при отсутствии полноценной реализации проектной деятель-

ности (достижения ее целей). При этом квалификация большинства учителей, несмотря на имеющиеся попытки их дополнительной подготовки, не позволяет выбрать объект проектной деятельности и реализовать проекты, оставаясь в рамках урока. Плановой целенаправленной дополнительной подготовки к организации проектов по физике учителя не получают.

Диагностика готовности к выполнению учащимися проекта по физике

Отмечающаяся учителями неготовность учащихся к выполнению проектов потребовала определенной диагностики. В качестве средств диагностики готовности к выполнению учащимися проекта по физике мы использовали фронтальную экспериментальную задачу (ЭЗ).

Оценка возможностей данного средства диагностической оценки приведена в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Возможности экспериментальной задачи для оценки готовности к выполнению проекта

Критерий	Экспериментальная задача	Проект по физике
Необходимость экспериментальной установки (ЭУ)	+	+
	(сборка из набора оборудования)	(создание)
Необходимость базовых знаний по школьной физике	+	++
Получение новых знаний по физике	-	+
Необходимость экспериментальных умений	+	++
Формирование новых экспериментальных умений	+	++
Возможности для творческого решения	+	++
	(требуется подбор задачи)	

Критерий	Экспериментальная задача	Проект по физике
Возможность структурированной оценки процесса решения и результата	+	+

Приведен анализ результатов фронтального решения учащимися 10-го класса МАОУ гимназия №2 нетиповой экспериментальной задачи. Задача решалась в октябре 2025 года. В ее решении приняло участие 24 школьника. Аналогичные задачи ранее решалась в другие годы для отбора учащихся на выполнение проектов по физике.

Для выполнения эксперимента было создано специальное оборудование, описание которого приведено в приложении 3.

Экспериментальная задача стала инструментом диагностики, позволяя обнаружить наличие теоретических знаний, практических умений и их применение в нестандартной ситуации, а также готовность к выполнению дополнительного, творческого задания. Все это требуется педагогу для индивидуального отбора учащихся, которые будут выполнять проекты по физике. Сами листы решения содержат необходимые для этого индивидуальные сведения. По ним педагог в состоянии определить то, какую дополнительную подготовительную работу следует провести с данным учащимся для успешного выполнения им проекта по физике.

В качестве индикатора общего состояния готовности учащихся класса к выполнению проекта по физике использовались результаты решения экспериментальной задачи (т.е. формализованные результаты входного контроля), которые представлены в таблице 3.4. Там же указано, проявил ли учащийся инициативу и выбрал в качестве темы индивидуального проекта (ИП) тему проекта по физике.

При оценке сборки установки учитывается наличие правильной принципиальной схемы и правильность подключения каждого измерительного прибора (включение в схему и учет полярности). Эта оценка и определяет наличие требуемого умения.

При оценке знаний учитывается правильность определения сопротивления по результатам измерений, и правильность решения задачи по анализу вариантов соединения резисторов.

Таблица 3.4.

Результаты входного контроля учащихся

Учащийся	Оценка решения ЭЗ				Выбрал ИП по физике
	Сборка ЭУ (0-2балла)	Знания, не- обходимые для решения задачи (0-2балла)	Правильное решение	Дополнитель- ное (творческое) задание	
1	1	2	+	-	-
2	2	1	+	+	+
3	0	1	-	-	-
4	0	1	-	-	-
5	1	2	+	+	+
6	1	2	-	-	-
7	2	2	+	-	+
8	1	1	+	+	-
9	2	2	+	+	+
10	1	2	+	-	-
11	1	1	+	-	-
12	1	2	+	-	+
13	2	2	+	-	-
14	2	2	+	+	+
15	1	2	+	-	-
16	2	2	+	-	-
17	1	2	-	-	-
18	1	2	+	+	+
19	1	1	-	-	-
20	0	1	-	-	
21	1	2	+	+	-
22	1	1	+	+	+
23	2	2		+	+
24	1	2	+	+	+

Результаты, приведенные в таблице, показывают недостаточный уровень экспериментальных умений (оценка - меньше 2 баллов) у большинства (17 из 24) учащихся, выполнявших задачу.

Поисковый этап

Поисковый эксперимент проходил в условиях начала выполнения проектов и состоял в выполнении первых относительно успешных проектов. Проекты на данном этапе выполнялись под руководством педагога дополнительного образования (ПДО).

Полученные результаты поискового эксперимента показывают, что выполнение завершенного проекта во внеурочной деятельности становится не эффективным, если учебный процесс не является исходно проектно-ориентированным, и педагоги (учитель, ПДО) не организуют весь учебный процесс определенным выше образом. Этот вывод является одним из результатов поискового педагогического эксперимента, сопровождающего проектную деятельность.

В результате пилотного и поискового этапа педагогического эксперимента мы можем констатировать:

- заинтересованность педагогов в организации проектно-ориентированного обучения физике, в т.ч. в положительном влиянии этого процесса на обучение физике в школе;
- учителя имеют потребность в определенной методике проектно-ориентированного обучения физике;
- реальные возможности учителей для реализации проектно-ориентированного обучения физике весьма ограничены как имеющимися ресурсами времени, так и недостаточным развитием учебного физического эксперимента в имеющемся процессе обучения;
- полноценный законченный проект практически не может выполняться исключительно за счет ресурсов учебного процесса по физике.

Были выявлены трудности, в т.ч. связанные с проблемой отрыва проектной работы от содержания учебной работы на уроке, поэтому был сделан вывод, что **полноценный законченный проект не может выполняться исключительно в рамках уроков физики.**

Учет трудностей, обнаруженных в ходе пилотного и поискового этапа педагогического эксперимента, привел к выработке организационно-методической структуры «урок – практикум – проект», описание которой приведено в главе 2 нашего исследования.

Формирующий этап

В ходе формирующего этапа педагогического эксперимента проходило выполнение проектов по физике. Мы смогли организовать проектную деятельность результатом которой является законченный проектный продукт, обладающий следующими признаками:

- опора на школьную физику,
- усвоение новых физических знаний и формирование умений в ходе его создания,
- проектный продукт функционирует согласно поставленным условиям,
- применимость в учебном процессе,
- новизна (учебная).

В нашем исследовании невозможно организовать контрольную группу, поскольку невозможно сравнивать результаты работ, организованных в заведомо различных условиях. Однако, вслед за исследователями учебного физического эксперимента мы можем утверждать, что и в нашем случае: «качественная характеристика наблюдаемых педагогических явлений с точки зрения доказательности не уступает количественной» [13], поскольку сам факт выполнения проектов, развивающих содержание школьной физики, в т.ч. поднимающих уровень предметной деятельности учащихся

до создания новых, практически важных изделий, **доказывает гипотезу нашего исследования.**

Опыт общения с педагогами и студентами специалитета и магистратуры показывает положительное отношение к нашей методике. Об этом же говорит и внедрение методики в образовательный процесс, организованный на базе факультетов повышения квалификации в ННГУ им. Н.И. Лобачевского и в Мининском университете.

Автор современного исследования, посвященного учебному физическому эксперименту Е.И. Вараксина [11, 13] утверждает, что исследование учебного физического эксперимента «естественным образом постоянно сопровождаются педагогическим экспериментом» [13, с. 351]. Можно утверждать, что успешно организованная нами завершенная проектная деятельность также непрерывно сопровождается соответствующим педагогическим экспериментом, поскольку создание нового проектного продукта в определенной степени аналогично созданию нового учебного физического эксперимента. Выполненные в ходе исследования проекты весьма разные, и большинство проектов можно считать отдельным педагогическим экспериментом, результаты выполнения которого были заранее не очевидны. Не все проекты удалось довести до предполагаемого исходного уровня реализации. **Доказательную силу имеют факты успешного выполнения учащимися проектов, которые произошли в ходе исследования.**

Оценка эффективности проектно-ориентированного варианта учебного процесса

Проектно-ориентированный учебный процесс требует оценки с точки зрения его эффективности. В качестве эффективности мы используем рабочее определение, предложенное П.В. Зуевым: «Эффективность обучения – это мера достижения учеником и учителем позитивного результата учебного познания в ходе их совместной деятельности при рациональном использовании ресурсов субъектов этой деятельности и среды, в которой происходит процесс обучения» [63, с. 38]. Эффективность

реализованной нами методики для организации проектной деятельности доказываются следующими фактами:

- 1) высокой степенью самостоятельности, проявленной учащимся в основополагающей для выполнения проекта исследовательской деятельности;
- 2) наличием творческой составляющей проекта;
- 3) представленным проектным продуктом, который ранее не был создан или не имел учебной реализации;
- 4) развитием изученного на уроке физического содержания в результате выполнения проекта;
- 5) совершенствованием школьного физического эксперимента в проектной деятельности, в т.ч. увеличением числа новых школьных учебных физических экспериментов, возникающих в результате проектной деятельности.

Полученные в ходе реализации разработанного проектно-ориентированного варианта обучения физике результаты можно разделить следующим образом.

1. Результаты выполнения проекта, т.е. полученный проектный продукт (включая его описание), и его практическое применение (в т.ч. на уроках физики). В ходе исследования доказана эффективность разработанной методики для более, чем 20 выполненных проектов, список которых приведен ниже:

- проект по созданию прибора для определения объема сыпучих тел,
- проект по созданию прибора для демонстрации закона Бойля-Мариотта,
- проект по созданию действующей модели ионолета,
- проект по созданию генриметра (на базе стрелочного электроизмерительного прибора),
- проект по созданию прибора для демонстрации электромагнитной индукции,
- проект по созданию электромагнитного левитатора,
- проект по созданию высокоомной приставки к учебному стрелочному вольтметру,

- проект по созданию автоматизированного прибора для определения коэффициента трения,
- проект по созданию стенда для исследования спектра лампы накаливания: осветитель с регулируемой температурой нити лампы накаливания, и универсальный линейный сканер с системой датчиков,
- проект по созданию компьютеризированной экспериментальной установки для изучения поглощения оптического излучения в жидкости,
- проект по созданию действующей модели микроволнового метеолокатора,
- проект по созданию установки для демонстрации передачи звуковых сигналов с помощью светового излучения,
- проект по созданию стенда для изучения и сравнения анемометров,
- проект по созданию регенеративного приемника с низковольтным питанием на базе мощной радиолампы,
- проект по созданию прибора для определения мерцаний источников света,
- проект по созданию прибора для перемангничивания магнитных стрелок,
- проект по созданию действующей модели манипулятора, управляемого мышечной активностью,
- проект по созданию простейшей модели электропоезда,
- проект по созданию автоматизированной установки определения магнитного поля соленоида с универсальным линейным сканером.

В таб. 3.5 приведены результаты оценки эффективности проектной деятельности.

Таблица 3.5

Оценка эффективности проектной деятельности

Критерий эффективности проектной деятельности	Показатель достижения уровня критерия эффективности проектной деятельности	Доля учащихся, достигших требуемого уровня показателя эффективности проектной деятельности
1. Высокая степень самостоятельности, проявленной учащимся в сопутствующей выполнению проекта исследовательской деятельности.	Учащиеся предложили варианты решения проблемы, возникшей на уроке и в ходе выполнения работы практикума, а также способы экспериментального подтверждения правильности предложенного решения.	75%
2. Реализация творческой составляющей проекта.	Учащиеся предложили варианты использования для практической (проектной) реализации физических эффектов, обнаруженных в ходе учебного процесса, выдвинули конкретные предложения по этой практической реализации.	65%
3. Представленный проектный продукт	Педагог и учащийся не смогли найти	100%

Критерий эффективности проектной деятельности	Показатель достижения уровня критерия эффективности проектной деятельности	Доля учащихся, достигших требуемого уровня показателя эффективности проектной деятельности
ранее не был создан или не имел учебной реализации.	выполненного ранее готового решения (готовой учебной реализации решения).	
4. Развитие изученного на уроке физического содержания в результате выполнения проекта.	Учащиеся получили конкретные дополнительные знания и умения по школьной физике.	85%
5. Совершенствование школьного физического эксперимента в проектной деятельности, в т.ч. увеличение числа новых школьных учебных физических экспериментов, возникающих в результате проектной деятельности.	Участие в совершенствовании физического эксперимента в ходе проектной деятельности, в создании нового школьного учебного физического эксперимента.	75%

Для интерпретации полученных значений мы обратились к экспертной оценке. Среди экспертов непосредственно выступавших в роли руководителей проектных работ учащихся (преподаватели ННГУ им Н. И. Лобачевского, НГПУ им. К. Минина, НИРО, и пр.) на условиях анонимности был проведен опрос с формулировкой вопроса: «Какая доля учащихся, приступивших к выполнению проектов по физике, завершит работу созданием оригинального, физически содержательно работающего устройства?». Результаты опроса представлены на рисунке 3.11.



Рисунок 3.11 - Результаты опроса экспертов

Исходя из полученных результатов, значения 70% (и выше) можно оценить на уровне «хорошо» (и выше).

2. Результаты по предмету «физика» (знания и умения), полученные при выполнении учащимися всех работ проектно-ориентированного практикума. Это подтверждается содержанием и уровнем работ практикума, не имеющих аналогов в систематическом курсе физики, перечень которых приведен в приложении 3.

Каждый учащийся, вовлеченный в проектно-ориентированный вариант учебного процесса, участвует не только в одной работе практикума, пря-

мо связанной с темой его проекта, а в целом ряде работ проектно-ориентированного учебного практикума. При этом каждая работа практикума дает возможность получить новые знания и умения. Таким образом, выполнение любой проектной работы приводит к получению в рамках проектно-ориентированного варианта учебного процесса большого объема новых знаний и умений. Не все они требуются для выполнения проекта, но все они относятся к учебному предмету, т.е. к физике.

Все эти результаты получены учащимися внеурочно, и успешное выполнение проекта подтверждает то, что эти знания и умения действительно получены.

3. Результаты по предмету «физика», как прирост знаний и умений, полученные конкретным учащимся при выполнении индивидуального проекта. В таб. 3.6 приведены примеры новых знаний и умений, полученных при выполнении некоторых проектов.

Таблица 3.6.

Результаты проектно-ориентированного варианта учебного процесса

№	Проект	Новые знания	Новые умения
1.	Проект по созданию прибора для определения объема сыпучих тел	Устройство приборов для определения объема сыпучих тел.	Умение собирать экспериментальные установки, содержащие газ под давлением (пневматические системы).
2.	Прибор для демонстрации закона Бойля-Мариотта	Способы минимизации неучитываемого объема газа в экспериментальной установке.	Умение собирать экспериментальные установки содержащие газ под давлением (пневматические

№	Проект	Новые знания	Новые умения
			системы).
3.	Проект по созданию действующей модели ионолета	Требования к летательным аппаратам (минимальность массы, устойчивость и пр.). Явление ионного ветра. Свойства различных материалов, используемых при построении модели.	Умение получать требуемый вид разряда в газах в требуемом месте. Умение создавать устойчивые модели ионолета с минимальной массой. Умение безопасно работать с источниками высокого напряжения.
4	Проект по созданию генриметра (на базе стрелочного электроизмерительного прибора)	Баллистический режим работы гальванометра. Принцип устройства приборов для определения индуктивности катушек.	Умения применять знания по физике для конструирования и отладки работы созданных устройств. Умение конструировать и собирать электрические схемы по заданной задаче и налаживать их работу.
5.	Проект по созданию прибора для демонстрации электромагнитной индукции (ЭМИ)	Знакомство с микроконтроллерными модулями, способными выполнять роль осцилло-	Умение налаживать работу экспериментальной установки, содержащей элек-

№	Проект	Новые знания	Новые умения
		графа, и составление программы для них по условиям поставленной физической задачи.	тронные и программные компоненты.
6.	Проект по созданию электромагнитного левитатора	Эффект Холла и работа датчиков, основанных на нем. Знакомство с микроконтроллерными модулями, способными выполнять роль магнетометра с визуализацией измерений и автоматического регулятора. Составление программы для таких модулей по условиям поставленной физической задачи.	Умение собирать электронные схемы. Умение налаживать работу экспериментальной установки, содержащей электронные и программные компоненты.
7.	Проект по созданию высокоомной приставки к учебному стрелочному вольтметру	Работа операционного усилителя в разных схемах включения.	Умение собирать сложные электрические схемы, и налаживать их работу.
8.	Проект по созданию автоматизированного прибора для определения коэффициента трения	Знакомство с программируемыми контроллерами и составление программы для них по условиям поставленной физической задачи. Ра-	Умение собирать простые электро-механические системы и налаживать их работу. Умение налаживать работу экс-

№	Проект	Новые знания	Новые умения
		бота сервомотора. Управление сервомотором. Датчики движения и угла наклона.	периментальной установки, содержащей программные компоненты.
9.	Проект по созданию стенда для исследования спектра лампы накаливания: осветитель с регулируемой температурой нити лампы накаливания	Спектр лампы накаливания и его зависимость от температуры нити лампы. Устройство осветителя для учебной демонстрации, и возможности его модернизации.	Умение модернизировать электрическое оборудование по условиям поставленной физической задачи.
10.	Проект по созданию стенда для исследования спектра лампы накаливания: универсальный линейный сканер с системой датчиков	Принцип работы линейного актуатора (преобразование вращательного механического движения в поступательное). Работа сервомотора. Управление сервомотором от программируемого блока. Составление программы для программируемого блока по условиям поставленной физической задачи. Датчики освещенности.	Умение собирать электро-механические системы, и наладивать их работу. Умение наладивать работу экспериментальной установки, содержащей программные компоненты.
11.	Проект по созданию	Оптическая плотность.	Умение собирать

№	Проект	Новые знания	Новые умения
	компьютеризованной экспериментальной установки для изучения поглощения оптического излучения в жидкости (интегральный проект, включающий линейный сканер, см. п. 10)	Закон Бера-Ламберта. Устройство и функционирование спектрофотометра.	электронно-оптические системы и налаживать их работу.
12.	Проект по созданию действующей модели микроволнового метеолокатора	Физические основы работы радиолокатора. Особенности работы метеолокатора. Работа усилителя и фильтра электрических сигналов. Работа компьютерного осциллографа.	Умения применять знания по физике для выбора режима работы созданных устройств. Умение конструировать и собирать электронные схемы, и налаживать их работу. Умение работать с компьютерным осциллографом в импульсном режиме.

Методику, базовую для организационно-методической структуры «урок – практикум – проект», можно считать эффективной постольку, поскольку обеспечивает необходимую рациональность использования ресурсов. Рациональность использования ресурсов обеспечивается скорректированным, координированным, системным вовлечением ресурсов:

а) урока,

- б) внеурочного физического практикума,
- в) системы дополнительного образования.

При этом каждый элемент этой системы выполняет свою задачу. В этом состоит отличие от выполнения проектов только средствами системы дополнительного образования (исключительно педагогами дополнительного образования).

Один подготовленный физический эксперимент, происходящий на уроке, имеет продолжение в ходе проектно-ориентированного физического практикума и способен послужить основой для нескольких проектных работ.

ВЫВОДЫ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ

1. В ходе исследования учащимися было выполнено более 20 учебных проектов по физике, закончившихся созданием завершеного устройства, имеющего предметную новизну и практическую значимость, в том числе в качестве нового учебного физического оборудования. Учебные проекты основывались на содержании уроков физики, развивали и совершенствовали предметные знания и умения учащихся.

2. Эксперимент доказал необходимость проектно-ориентированного физического практикума как интегрирующего элемента системы основного и дополнительного образования.

3. На основе анализа процессов и результатов выполнения проектов установлена эффективность предложенного варианта проектной деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате исследования установлено, что для успешного выполнения учебных проектов по физике, отвечающим критериям предметной продуктивности, субъективной новизны знаний и умений учащихся, полученных в ходе выполнения проекта, практической значимости и конструктивной завершенности проектного изделия, наличия творческих элементов деятельности необходима специальная организация учебного процесса в системе основного и дополнительного образования.

2. Разработана и реализована в виде организационно-методической структуры «урок – практикум – проект» модель организации проектно-ориентированного учебного процесса для системы основного и дополнительного образования.

3. Разработана и реализована методика формирования проектных умений учащихся в системе основного и дополнительного образования, которая позволяет выполнить завершенные учебные проекты по физике за счет перехода от фронтальных форм и проблемных методов обучения к групповым и индивидуальным исследованиям по мере включения учащихся в проектную работу. Разработан и реализован алгоритм организации проектной деятельности, позволяющий органично встроить выполнение учебных проектов в систематический учебный процесс по физике.

4. Практическая значимость результатов подтверждена выполнением более чем 20 учебных проектов по физике, закончившихся созданием завершенного устройства, имеющего предметную новизну и практическую значимость, в том числе в качестве нового учебного физического оборудования. Учебные проекты основывались на содержании уроков физики, развивали и совершенствовали предметные знания и умения учащихся. **Тем самым подтверждена гипотеза исследования.**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акулова, О. В. Проблема построения нелинейного процесса обучения в информационной среде / О. В. Акулова // Человек и образование. – 2005. – № 3. – С. 7-11.
2. Амперметр и вольтметр с гальванометрами (демонстрационные). – Москва : Просвещение, 1974.
3. Анциферов, Л. И. Активизация познавательной деятельности учащихся при выполнении физического практикума в средней школе [Текст] : Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / АПН РСФСР. Науч.- исслед. ин-т общего и политехн. образования. – Москва : [б. и.], 1966. – 16 с.
4. Анциферов, Л. И. Физический практикум [Текст] : Факультативный курс / Под ред. А. А. Покровского. – Москва : Просвещение, 1972. – 120 с.
5. Баркова, Е.Ю. Подготовка учащихся к проектной деятельности при обучении физике в средней школе: специальность 13.00.02 «Теория и методика обучения и воспитания (физика, уровень общего образования)»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / Баркова Елена Юрьевна; Астраханский государственный университет. – Астрахань, 2006. – 24 с.
6. Барылкина, Л. П. Проблемы введения и реализации ФГОС и профессионального стандарта педагога / Л. П. Барылкина, Г. С. Остапенко // Перспективы науки и образования. – 2015. – № 1(13). – С. 81-86.
7. Белоусова, А. И. Школьный физический практикум как средство пропедевтики физики высшей школы: специальность 44.03.01 "Педагогическое образование, Физика": выпускная квалификационная работа / Белоусова Алена Ивановна; ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет». – Екатеринбург, 2019. – 64 с.

8. Буинцев, В. Н. Некоторые аспекты организации проектного обучения в вузе / В. Н. Буинцев // Информационно-коммуникационные технологии в педагогическом образовании. – 2017. – № 1(48). – С. 97-100.
9. Буров, В. А. Практикум по физике в VIII классе [Текст]. – Москва : Просвещение, 1972. – 70 с.
10. Вараксина, Е. И. Внеурочная проектная деятельность школьников и проблемное обучение на уроках физики / Е. И. Вараксина, В. В. Майер // Физика в школе. – 2017. – № 1. – С. 23-29.
11. Вараксина, Е. И. Методология научного исследования учебного физического эксперимента : монография / Е. И. Вараксина. – Москва : ФЛИНТА, 2022. – 192 с.
12. Вараксина, Е. И. Оценка готовности выпускников педагогического вуза к организации проектной деятельности по физике в массовой школе / Е. И. Вараксина, И. М. Гуляев // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8 (часть 2). – С. 444–448.
13. Вараксина, Е.И. Ресурсы экспериментальной деятельности субъектов физического образования: специальность 5.8.2 «Теория и методика обучения и воспитания»: диссертация на соискание ученой степени доктора педагогических наук / Вараксина Екатерина Ивановна. – Глазов, 2024. – 496 с.
14. Вариант компьютеризированной учебной экспериментальной установки для изучения поверхностного натяжения жидкости методом Дю Нуи (методом отрыва кольца) / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова, А. И. Зворыкин, Е. А. Смирнова // Проблемы учебного физического эксперимента : Сборник научных трудов. Материалы XXVI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Глазов, 29–30 января 2021 года. Том Выпуск 34. – Глазов: Глазовский государственный педагогический институт имени В.Г. Короленко, 2021. – С. 93-95.

15. Внеурочная работа по физике / [О. Ф. Кабардин, Э. М. Браверман, Г. Р. Глущенко и др.]; Под ред. О. Ф. Кабардина. – Москва : Просвещение, 1983. – 223 с.
16. Вульф, Б. З. Организатор внеклассной и внешкольной воспитательной работы [Текст] : (Содерж. и методика деятельности). – Москва : Просвещение, 1978. – 192 с.
17. Гребенев И. В. Автоматизация выполнения компьютеризованного варианта лабораторной работы по измерению индуктивности катушки методом вольтметра-амперметра / И. В. Гребенев, И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Проблемы учебного физического эксперимента : сборник научных трудов, Глазов, 30–31 января 2015 года. Том Выпуск 25. – Глазов: Институт содержания и методов обучения РАО, 2015. – С. 107-109.
18. Гребенев, И. В. Возможности проектной деятельности по физике для формирования у учащихся начальных инженерных качеств в системе дополнительного образования / И. В. Гребенев, И. Ю. Зворыкин // Проблемы учебного физического эксперимента : Сборник научных трудов XXVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Глазов, 27–28 января 2023 года. Том Выпуск 38. – Москва: Институт стратегии развития образования Российской академии образования, 2023. – С. 14-17.
19. Гребенев, И. В. Методика проектно-ориентированного обучения физике (система "урок - практикум - проект") / И. В. Гребенев, И. Ю. Зворыкин // Физико-математическое и технологическое образование: проблемы и перспективы развития : Материалы X Всероссийской (с международным участием) научно-методической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения крупного российского методиста-физика И.И. Соколова, Москва, 04–05 марта 2024 года. – Москва: Московский педагогический государственный университет, 2024. – С. 124-127.

20. Гребенев, И. В. Методическое единство эксперимента и задачи в учебном процессе / И. В. Гребенев, И. Ю. Зворыкин // Физика в школе. – 2023. – № 3. – С. 17-20.
21. Гребенев, И. В. Модель проектно-ориентированного обучения физике / И. В. Гребенев, Е. В. Чупрунов, И. Ю. Зворыкин // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2021. – № 3(63). – С. 165-172.
22. Гребенев, И. В. Прибор Тиндаля в профильном обучении / И. В. Гребенев, И. Ю. Зворыкин // Физика в школе. – 2023. – № 2. – С. 47-48.
23. Гребенев, И. В. Проблемный физический эксперимент при подготовке преподавателей-исследователей в магистратуре / И. В. Гребенев, Е. В. Чупрунов // Физика в школе. – 2021. – № 1. – С. 56-60.
24. Гребенев, И. В. Проектно-ориентированное обучение в системе основного и дополнительного образования / И. В. Гребенев, И. Ю. Зворыкин // Физика в школе. – 2021. – № 7. – С. 9-16.
25. Гузеев В. В., Новожилова Н. В., Рафаева А. В., Скоробогатова Г. Г. Консультации : метод проектов // Педагогические технологии. – 2007. – № 1. – С. 103-114.
26. Гузеев, В. В. Образовательная технология: от приема до философии / В. В. Гузеев. – Москва : Изд. фирма "Сентябрь", 1996. – 112 с.
27. Гузеев, В. В. Планирование результатов образования и образовательная психология / В. В. Гузеев. – Москва : Народное образование, 2001. – 240 с.
28. Давыдов, В. Н. Физико-химические учебные проекты во внеурочной деятельности школьников. Книга для учителя / В. Н. Давыдов. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2020. – 242 с.
29. Дмитриева, О. А. Инновационный подход к решению задач и лабораторному практикуму в курсе физики средней школы : автореферат дис.

- ... кандидата педагогических наук : 13.00.02 / Рос. гос. пед. ун-т им. А.И. Герцена. - Санкт-Петербург, 2005. – 17 с.
30. Дьюи, Дж. От ребенка - к миру, от мира - к ребенку : [педагогические статьи] / Джон Дьюи. – Москва : Карапуз, 2009. – 348 с.
 31. Дьюи, Дж. Школа и общество [Текст] : руководство для преподавателей / Джон Дьюи ; пер. с англ. Г. А. Лучинского. – Москва : Гос. изд-во, 1924. – 174 с.
 32. Дьюи, Джон. Демократия и образование : [Пер. с англ.] / Дж. Дьюи. – Москва : Педагогика-пресс, 2000. – 382 с.
 33. Елизаров, К. Н. Организация урока физики [Текст] : Пособие для учителей. – Ленинград ; Москва : Учпедгиз, Ленингр. отд-ние, 1951. – 183 с.
 34. Ельцов, А. В. Интегративный подход как теоретическая основа осуществления школьного физического эксперимента : монография / А. В. Ельцов ; Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина. – Рязань, 2007. – 248 с.
 35. Енин, А. В. Внеклассная работа в системе воспитания творческой активности подростков : автореферат дис. ... кандидата педагогических наук : 13.00.01 / Моск. пед. гос. ун-т. - Москва, 1999. - 16 с.
 36. Жакин, С. П. Работа практикума "Определение плотности сыпучих и пористых тел" / С. П. Жакин // Физика в школе. – 2007. – № 6. – С. 58-61.
 37. Зайцев, В. С. Метод проектов как современная технология обучения: историко-педагогический анализ // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. – 2017. – № 6. – С. 52-62.
 38. Зворыкин И.Ю., Каткова М.Р. Дифференцированные задания для проектно-ориентированного физического практикума / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Проблемы подготовки учителей математики, информатики и предметов естественнонаучного цикла: сборник статей участников Международной научно-методической конференции (19-20 ноября 2024 г.). - Нижний Новгород: Нижегородский университет, 2024. С. 151-155.
 39. Зворыкин, И. Ю. Задача практического исследования модели плоского конденсатора / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Проблемы учебного

- физического эксперимента : Сборник научных трудов XXIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Глазов, 25–26 января 2019 года / Ответственный редактор: В. В. Майер. Том Выпуск 29. – Глазов: Институт стратегии развития образования РАО, 2019. – С. 49-51.
40. Зворыкин, И. Ю. Задачи для демонстрации возможностей учебной цифровой лаборатории / И. Ю. Зворыкин, А. Д. Липкин // Проблемы подготовки учителей математики, информатики и предметов естественнонаучного цикла : Сборник статей участников Международной научно-методической конференции, Нижний Новгород, 19–20 ноября 2024 года. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2024. – С. 155-158.
 41. Зворыкин, И. Ю. Компьютеризированная модульная система для сравнительного изучения моделей анемометров / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Учебная физика. – 2017. – № 3. – С. 55-60.
 42. Зворыкин, И. Ю. Компьютеризированная модульная система для сравнительного изучения моделей анемометров / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Проблемы учебного физического эксперимента : Сборник научных трудов, ГГПИ, 24 января 2017 года / Российская академия образования. Том Выпуск 27. – Глазов: Институт стратегии развития образования Российской академии образования, 2017. – С. 117-118.
 43. Зворыкин, И. Ю. Компьютеризованное измерение частоты вращения спиннера как экспериментальная задача / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Проблемы учебного физического эксперимента : Сборник научных трудов. Материалы XXIII Всероссийской научно–практической конференции, Москва, 26–27 января 2018 года. Том Выпуск 28. – Москва: Институт стратегии развития образования Российской академии образования, 2018. – С. 122-125.

44. Зворыкин, И. Ю. Компьютеризованные экспериментальные задачи на современном материале / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Труды XXII научной конференции по радиофизике, посвященной 100-летию Нижегородской радиолaborатории : Материалы докладов, Нижний Новгород, 15–29 мая 2018 года. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2018. – С. 564-565.
45. Зворыкин, И. Ю. Компьютеризованный вариант лабораторной работы по определению индуктивности катушки / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Учебная физика. – 2015. – № 1. – С. 27-34.
46. Зворыкин, И. Ю. Компьютеризованный вариант лабораторной работы по определению индуктивности катушки / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения : Программа и материалы девятнадцатой Всероссийской научно-практической конференции, Глазов, 24–25 января 2014 года / Глазовский государственный педагогический институт. – Глазов: Глазовский государственный педагогический институт им. В. Г. Короленко, 2014. – С. 46.
47. Зворыкин, И. Ю. Модернизация физических демонстраций и оборудования физического кабинета как индивидуальный проект учащихся / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова, Ю. В. Масленникова // Физико-математическое и технологическое образование: проблемы и перспективы развития : материалы VII и VIII Международных научно-методических конференций, Москва, 01 марта 2021 года – 02 марта 2022 года. – Москва: Московский педагогический государственный университет, 2023. – С. 239-242.
48. Зворыкин, И. Ю. Мотивирующая экспериментальная задача для работы физического практикума / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2020. – № 4(60). – С. 149-154.

49. Зворыкин, И. Ю. Образовательные ресурсы вузов для осуществления проектной деятельности школьников / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Труды XXVIII научной конференции по радиофизике, Нижний Новгород, 14–31 мая 2024 года. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2024. – С. 545-548.
50. Зворыкин, И. Ю. Приставка к демонстрационному вольтметру для увеличения его внутреннего сопротивления / И. Ю. Зворыкин, И. В. Гребенев, М. Р. Каткова // Проблемы учебного физического эксперимента : Сборник научных трудов XXIX Всероссийской научно-практической конференции, Глазов, 26–27 января 2024 года. Выпуск 39. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Институт стратегии развития образования", 2024. – С. 58-59.
51. Зворыкин, И. Ю. Проблемы реализации учебных проектов в практике обучения физике / И. Ю. Зворыкин // Проблемы подготовки учителей математики, информатики и предметов естественнонаучного цикла : Сборник статей участников Международной научно-методической конференции, Нижний Новгород, 19-20 ноября 2024 года. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2024. – С. 147-151.
52. Зворыкин, И. Ю. Проектная деятельность учащихся и формирование инженерных умений / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Труды XXVII научной конференции по радиофизике, Нижний Новгород, 15–25 мая 2023 года. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2023. – С. 588-591.
53. Зворыкин, И. Ю. Работа физического практикума по определению действующего значения напряжения на нагревателе / И. Ю. Зворыкин, А. И. Зворыкин, М. Р. Каткова // Учебная физика. – 2019. – № 3. – С. 31-36.

54. Зворыкин, И. Ю. Расширение круга задач проектной деятельности учащихся путем применения современных технических средств на примере изучения моделей анемометров / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Преподавание физико-математических и естественных наук в школе. Традиции и инновации : материалы Всероссийской научно-методической конференции, Нижний Новгород, 29–30 марта 2017 года. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2017. – С. 52-53.
55. Зворыкин, И. Ю. Расширение методических возможностей комплекта для демонстрации свойств электромагнитных волн / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Проблемы учебного физического эксперимента : сборник научных трудов, Глазов, 24–25 января 2020 года / Российская Академия образования. Том Выпуск 32. – Москва: Институт стратегии развития образования Российской академии образования, 2020. – С. 52-54.
56. Зворыкин, И.Ю. Роль проекта по созданию экспериментальной установки в рамках исследовательской работы учащихся по физике / И.Ю. Зворыкин, М.Р. Каткова // Инновационные идеи и методические решения в преподавании естественных наук: материалы XI Все-российской научно-методической конференции (15 января 2021 года). Ивановский государственный химико-технологический университет. – Иваново, 2021. – 128 с. С. 34-35.
57. Зворыкин, И. Ю. Современная компьютерная реализация резистивного метода визуализации механических колебаний / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения : Программа и материалы девятнадцатой Всероссийской научно-практической конференции / Глазовский государственный педагогический институт. – Глазов: Глазовский государственный педагогический институт им. В. Г. Короленко, 2013. – С. 42.

58. Зворыкин, И. Ю. Современная компьютерная реализация резистивного метода визуализации механических колебаний / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Учебная физика. – 2013. – № 1. – С. 34-37.
59. Зворыкин, И. Ю. Учебный проект по созданию высокоомной приставки к вольтметру / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Учебная физика. – 2025. – № 1. – С. 34-38.
60. Зворыкин, И. Ю. Учебный проект по созданию компьютеризованной экспериментальной установки для изучения поглощения света в жидкости / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова // Проблемы учебного физического эксперимента : Сборник научных трудов XXVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Глазов, 27–28 января 2023 года. Том Выпуск 38. – Москва: Институт стратегии развития образования Российской академии образования, 2023. – С. 95-98.
61. Зворыкин, И. Ю. Экспериментальная установка для демонстрации магнитного поля соленоида / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова, А. Д. Липкин // Проблемы учебного физического эксперимента : Материалы XXX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Глазов, 24–25 января 2025 года. – Москва: ИСРО РАО, 2025. – С. 93-95.
62. Зубцова, Н. В. Мини-проекты как средство развития познавательной активности школьников при обучении физике / Н. В. Зубцова, И. В. Гребенев // Проблемы учебного физического эксперимента : сборник научных трудов XXVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Глазов, 28–29 января 2022 года. Том Выпуск 35. – Глазов: Глазовский государственный педагогический институт имени В.Г. Короленко, 2022. – С. 10-12.
63. Зуев, П.В. Теоретические основы повышения эффективности деятельности учащихся при обучении физике в средней школе: специальность 13.00.02 "Теория и методика обучения физике": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук / Зуев

- Петр Владимирович; Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена. – Санкт-Петербург, 2000. – 39 с.
64. Индивидуальный проект. 10-11 классы : методическое пособие / Л. Е. Спиридонова, Б. А. Комаров, О. В. Маркова, В. М. Стацунова. – Санкт-Петербург : КАРО, 2021. – 208 с
65. Индивидуальный проект. 10-11 классы: учеб. пособие для общеобразоват. организаций / М. В. Половкова, А. В. Носов, Т. В. Половкова, М. В. Майсак. – 3-е изд. – Москва : Просвещение, 2021. – 159 с.
66. Индивидуальный проект: рабочая тетрадь. 10–11 классы : учебное пособие / Л. Е. Спиридонова, Б. А. Комаров, О. В. Маркова, В. М. Стацунова. – Санкт-Петербург : КАРО, 2020. – 104 с.
67. Исаев, Д. С. Система внеурочной деятельности школьников в формировании познавательного интереса к химии : диссертация ... кандидата педагогических наук : 5.8.2. / Исаев Денис Сергеевич; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена»]. – Санкт-Петербург, 2021. – 251 с.
68. Кабардин, О. Ф. Факультативный курс физики : 10-й кл. : Учеб. пособие для учащихся / О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов, Н. И. Шефер. – 3-е изд., перераб. – Москва : Просвещение, 1987. – 206 с.
69. Кабардин, О. Ф. Факультативный курс физики [Текст] : 10 кл. / О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов, Н. И. Шефер. – Москва : Просвещение, 1975. – 192 с.
70. Кабардин, О. Ф. Факультативный курс физики [Текст] : 10 кл. : Пособие для учащихся / О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов, Н. И. Шефер. – 2-е изд., перераб. – Москва : Просвещение, 1979. – 192 с.
71. Кабардин, О. Ф. Факультативный курс физики [Текст] : 8-й кл. / О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов, А.В. Пономарева. – 2-е изд., перераб. – Москва : Просвещение, 1977. – 208 с.

72. Кабардин, О. Ф. Факультативный курс физики [Текст] : 8-й кл. / О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов, А. В. Пономарева. – 3-е изд., перераб. – Москва : Просвещение, 1985. – 208 с.
73. Кабардин, О. Ф. Факультативный курс физики [Текст] : 9-й кл. / О. Ф. Кабардин, С. И. Кабардина, Н. И. Шефер. – Москва : Просвещение, 1974. – 224 с.
74. Кабардин, О. Ф. Факультативный курс физики [Текст] : 9-й кл. / О. Ф. Кабардин, С. И. Кабардина, Н. И. Шефер. – 2-е изд., перераб. – Москва : Просвещение, 1978. – 207 с.
75. Кабардин, О. Ф. Факультативный курс физики. 8-й класс [Текст] / О. Ф. Кабардин, В. А. Орлов, А. В. Пономарева. – Москва : Просвещение, 1973. – 206 с.
76. Казун, А. П. Практики применения проектного метода обучения: опыт разных стран / А. П. Казун, Л. С. Пастухова // Образование и наука. – 2018. – Т. 20, № 2. – С. 32-59.
77. Картер, Б. Операционные усилители для всех [Текст] / Брюс Картер и Рон Манчини ; пер. с англ. А. Н. Рабодзея. – Москва : ДМК Пресс, 2016. – 528 с.
78. Каткова, М. Р. Использование современных технических средств для подготовки студентов к реализации эксперимента по визуализации механических колебаний / М. Р. Каткова, И. Ю. Зворыкин // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2013. – № 5-2. – С. 73-75.
79. Каткова, М. Р. Методические возможности автоматизации школьного физического эксперимента / М. Р. Каткова, И. Ю. Зворыкин // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2015. – № 3(39). – С. 248-251.
80. Каткова, М. Р. Экспериментальная установка для изучения колебаний маятника акустическим методом / М. Р. Каткова, И. Ю. Зворыкин, И. В.

- Гребенев // Региональная научно-методическая конференция "Наука - в школу" – Н.Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2011. – С. 32-33.
81. Качинский, А. М. Задания к лабораторным работам практикума по физике : VIII-X кл. / А. М. Качинский, Б. А. Кимбар. – Минск : Нар. Асвета, 1976. – 188 с.
 82. Килпатрик, В. Х. Метод проектов : Применение целевой установки в педагогическом процессе / В. Х. Килпатрик; пер. с 7-го нем. изд. Е.Н. Янжул. – Ленинград : Брокгауз-Ефрон, 1925. – 43 с.
 83. Килпатрик, В. Х. Воспитание в условиях меняющейся цивилизации [Текст] / В. Х. Килпатрик, проф. Колумбийск. ун-та ; Пер. с англ. Б. В. Бабина-Кореня ; Предисловие: А. Пинкевич. – Москва : Работник просвещения, 1930 (тип. изд-ва "Дер эмес"). – 86, [2] с.
 84. Килпатрик, В. Х. Основы метода [Текст] / В. Килпатрик ; Сжатый пер. с англ. Н. Н. Ильина в изложении Н. Н. и М. Ф. Ильиных ; С введением проф. С. С. Моложавого. – Москва ; Нар. ком. прос. РСФСР ; Ленинград : Гос. изд-во, 1928 (М. : 6-я типо-лит. "Транспечати" НКПС). – 115 с.
 85. Комарова, И. В. Технология проектно-исследовательской деятельности школьников в условиях ФГОС [Текст] / И. В. Комарова. – Санкт-Петербург : КАРО, 2020. – 126 с.
 86. Компьютеризация учебного эксперимента по изучению распределения энергии в дисперсионном спектре ламп накаливания / И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова, Е. А. Смирнова, А. И. Зворыкин // Проблемы учебного физического эксперимента : сборник научных трудов XXVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Глазов, 28–29 января 2022 года. Том Выпуск 35. – Глазов: Глазовский государственный педагогический институт имени В.Г. Короленко, 2022. – С. 79-81.
 87. Корнетов Г. Б. Восхождение к методу проектов Уильяма Килпатрика. // Школьные технологии. – 2020. – № 5. – С. 33-44.

88. Кудинов В. В. К вопросу о классификации экспериментальных задач и заданий / В. В. Кудинов // Материалы международной конференции «Научное пространство Европы - 2009». – Перемышль, 2009. – Т. 12. – С. 67-70.
89. Лазарев Т. Проектный метод: ошибки в использовании / Т. Лазарев // Первое сентября. – 2011. – № 1. – Текст : электронный. – URL : <https://ps.1sept.ru/article.php?ID=201100111> (дата обращения: 03.09.2026).
90. Лазарев, В. С. Новое понимание метода проектов в образовании / В. С. Лазарев // Проблемы современного образования. – 2011. – № 6. – С. 35-43.
91. Лазарев, В. С. О научных основаниях подготовки будущих педагогов к проектной деятельности / В. С. Лазарев // Педагогика. – 2023. – Т. 87, № 10. – С. 5-15.
92. Лазарев, В. С. Проектная деятельность учащихся как форма развивающего обучения / В. С. Лазарев // Психологическая наука и образование. – 2015. – Т. 20, № 3. – С. 25-34.
93. Лаптев, В. В. Проблематика диссертационных исследований в области физического образования / В. В. Лаптев, Л. А. Ларченкова // Вопросы образования. – 2016. – № 4 – С. 31-58.
94. Лебедева, М. Б. Индивидуальные исследовательские проекты: технология организации деятельности. 10–11 классы : учебно-методическое пособие / М. Б. Лебедева, Е. А. Соколова. – Санкт-Петербург : КАРО, 2024. – 112 с.
95. Лебедева, О. В. Учебно-исследовательская деятельность при обучении физике в школе [Текст] : проектирование и организация : монография / О. В. Лебедева ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет, Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. – Нижний Новгород : Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2018. – 205 с.

96. Леонтович А. В. Об основных понятиях концепции развития исследовательской и проектной деятельности учащихся / А. В. Леонтович // Исследовательская работа школьников. – 2003. – №4. – С. 12-17.
97. Леонтович, А. В. Исследовательская и проектная работа школьников. 5-11 классы [Текст] : методические рекомендации, требования и критерии оценивания, презентация на конференции / А. В. Леонтович, А. С. Саввичев ; под ред. А. В. Леонтовича. – Изд. 2-е. – Москва : ВАКО, 2016. – 159 с.
98. Майер, В. В. Образовательные ресурсы проектной деятельности школьников по физике : монография : / В. В. Майер, Е. И. Вараксина. – 2-е изд., стер. – Москва : Флинта, 2016. – 228 с.
99. Макарова, Д. В. Развитие проектных умений учащихся на занятиях по физике : автореферат дис. ... кандидата педагогических наук : 13.00.02 / Рос. гос. пед. ун-т им. А. И. Герцена. – Санкт-Петербург, 2005. – 18 с.
100. Мамина, Н. В. Реформирование американского школьного образования в русле прогрессивизма (конец XIX - первая треть XX века) / Н. В. Мамина, И. С. Иванова // Евразийский союз ученых. – 2017. – № 12-3(45). – С. 9-11.
101. Марголис, М. Arduino. Большая книга рецептов : для радиолюбителей : перевод с английского / Майкл Марголис, Брайан Джемсон, Николас Роберт Уэлдин. – 3-е изд. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2021. – 868 с.
102. Масленникова, Ю. В. Глава 5. Система дополнительного физического образования в начальной и основной школе в рамках детского исследовательского клуба «Кулибин» / Ю. В. Масленникова, И. Ю. Зворыкин // Приоритетные направления развития науки и образования : Монография / Под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. – Пенза : "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. – С. 49-63.
103. Масленникова, Ю. В. Использование научного метода познания в системе дополнительного физического образования в школе / Ю. В. Мас-

ленникова, М. А. Фаддеев, И. Ю. Зворыкин // Физика в школе. – 2020. – № 3. – С. 13-20.

104. Масленникова, Ю. В. Решение экспериментальных задач как средство формирования познавательных умений в ходе изучения курса физики / Ю. В. Масленникова, М. А. Фаддеев, И. Ю. Зворыкин // Физика в школе. – 2020 – № 4. – С. 45-55.
105. Масленникова, Ю. В. Решение экспериментальных задач как средство формирования познавательных умений учащихся в ходе изучения курса физики (на примере изучения темы «Сила трения») / Ю.В. Масленникова, М. А. Фаддеев, И. Ю. Зворыкин // Физика в школе. – 2020. – № 7. – С. 45-55.
106. Масленникова, Ю. В. Экспериментальные задачи как элемент содержания факультативных курсов по физике / Ю. В. Масленникова, М. А. Фаддеев, И. Ю. Зворыкин // Физико-математическое и технологическое образование: проблемы и перспективы развития : материалы VII и VIII Международных научно-методических конференций, Москва, 01 марта 2021 года – 02 2022 года. – Москва: Московский педагогический государственный университет, 2023. – С. 382-386.
107. Масленникова, Ю. В. Экспериментальные задачи по курсу «геометрическая оптика» (на примере изучения закона отражения света) / Ю.В. Масленникова, М. А. Фаддеев, И. Ю. Зворыкин // Физика в школе. –2023. – № 4. – С. 11-21.
108. Масленникова, Ю.В. Физический практикум как основа проектной деятельности учащихся / Ю.В. Масленникова, И.Ю. Зворыкин // XI Всероссийская научно-методическая конференция "Инновационные идеи и методические решения в преподавании естественных наук". –Иваново: Издательство Ивановского государственного химико-технологического университета, – 2021. – С. 54-55.
109. Масленникова, Ю. В. Формирование познавательных умений учащихся в системе дополнительного физического образования / Ю. В. Масленни-

кова, М. А. Фаддеев, И. Ю. Зворыкин // Проблемы учебного физического эксперимента : сборник научных трудов, Глазов, 24–25 января 2020 года / Институт стратегии развития образования РАО; Глазовский государственный педагогический институт. Том Выпуск 31. – Москва: Институт стратегии развития образования Российской академии образования, 2020. – С. 22-25.

110. Масленникова, Ю. В. Формирование познавательных умений учащихся на первом этапе изучения курса физики средней школы в рамках внеурочной деятельности / Ю. В. Масленникова, И. Ю. Зворыкин // Формирование мышления в процессе обучения естественнонаучным, технологическим и математическим дисциплинам : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Екатеринбург, 25–26 октября 2021 года. – Екатеринбург,: [б.и.], 2021. – С. 119-124.
111. Масленникова, Ю. В. Формирование мышления учащихся на раннем этапе изучения физики / Ю. В. Масленникова, И. Ю. Зворыкин // Формирование мышления в процессе обучения естественнонаучным, технологическим и математическим дисциплинам : материалы Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к юбилею Тамары Николаевны Шамало, Екатеринбург, 26–27 октября 2020 года. – Екатеринбург: Уральский государственный педагогический университет, 2020. – С. 154-160.
112. Масленникова, Ю.В. Формирование умений учащихся использовать научный метод познания в системе основного и дополнительного физического образования: специальность 13.00.02 «Теория и методика обучения и воспитания (физика, уровень общего образования)»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук / Масленникова Юлия Владимировна; Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. – Нижний Новгород, 2019. – 42 с.

113. Метод проектов : Научно-методический сборник. – Минск : Государственное учреждение образования "Республиканский институт высшей школы", 2003. – 240 с.
114. Методические рекомендации по уточнению понятия и содержания внеурочной деятельности в рамках реализации основных общеобразовательных программ, в том числе в части проектной деятельности (Письмо Министерства образования и науки РФ от 18 августа 2017 г. № 09-1672 "О направлении методических рекомендаций")
115. Муравьев, Е. М. Общие основы методики преподавания технологии в общеобразовательных учреждениях. / Е. М. Муравьев – Шуя: Изд-во Шуйского пединститута, 1996. – 156 с.
116. Наумов, А. Л. Исследование влияния характера проектной деятельности по физике на формирование ключевых компетенций учащихся : автореферат дис. ... кандидата педагогических наук : 13.00.02 / Наумов Алексей Леонидович; [Место защиты: Моск. пед. гос. ун-т]. – Москва, 2010. – 24 с.
117. Никифоров, Г. Г. Готовимся к ГИА. Описание Комплекта оборудования "ГИА-лаборатория" / Г. Г. Никифоров, О. А. Поваляев // Физика в школе. – 2011. – № 3. – С. 21-31.
118. Никифоров, Г. Г. Физика [Текст] : сборник экспериментальных задания для подготовки к государственной итоговой аттестации в 9 классе / [Г. Г. Никифоров, Е. Е. Камзеева, М. Ю. Демидова ; под ред. М. Ю. Демидовой]. – 3-е изд., перераб. – Москва ; Санкт-Петербург : Просвещение, 2014. – 172 с.
119. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования : [учебное пособие] / [Е. С. Полат и др.] ; под ред. Е. С. Полат. – 3-е изд., испр. и доп. - Москва : Академия, 2008. – 268 с.
120. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования : Учеб. пособие для студентов пед. вузов и системы повышения

- квалификации пед. кадров / [Е. С. Полат и др.]; Под ред. Е. С. Полат. – Москва : Академия, 2002. – 270 с.
121. Организация проектной деятельности в школе в свете требований ФГОС [Текст] : методическое пособие : 16+ / [А. В. Роготнева, Л. Н. Тарасова, С. М. Никульшин и др.]. – Москва : Владос, 2018. – 117 с.
 122. Парселл, Э. Электричество и магнетизм. Берклевский курс физики. Т. II / Э.Парселл. Перевод с англ. Под ред. А. И. Шальникова и А. О. Вайсенберга. – Москва : Наука, 1975. – 440 с.
 123. Педагогический энциклопедический словарь / гл. ред. Б. М. Бим-Бад. – 3-е изд., стер. – Москва : Большая российская энциклопедия, 2009. – 527 с.
 124. Пентин, А. Ю. Учебные и исследования и учебные проекты: сходства и различия / А. Ю. Пентин // Национальный проект «Образование». – 2007. – №1. – С.44-48.
 125. Первышина, Н. В. Методика проведения физического практикума в классах с углубленным изучением физики с учетом уровневой дифференциации : диссертация ... кандидата педагогических наук : 13.00.02. – Архангельск, 2006. – 230 с.
 126. Плащевая, Е. В. Методика формирования исследовательских умений в проектной деятельности у учащихся основной школы при изучении физики : диссертация ... кандидата педагогических наук : 13.00.02 / Плащевая Елена Викторовна; [Место защиты: Моск. пед. гос. ун-т]. – Москва, 2009. – 187 с.
 127. Поваляев, О. А. Цифровая лаборатория ТР по физике (ученическая) : методические рекомендации / О. А. Поваляев, Н. К. Ханнанов, С. В. Хоменко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Де' Либри : Научные развлечения, 2024. – 186 с.
 128. Помелов, В. Б. Уильям Хёрд Килпатрик и его метод проектов: к 150-летию со дня рождения педагога / В. Б. Помелов // Вестник Вятского государственного университета. – 2021. – № 3(141). – С. 149-157.

129. Поройкова, О. Г. Разработка содержания и методики использования мини-проектов по физике в основной школе / О. Г. Поройкова, С. В. Полушкина // Нижегородское образование. – 2023. – №4. – С.85-92.
130. Постановление ЦК ВКП(б) о начальной и средней школе. Приложение № 5 к п. 31 пр. ПБ № 58 от 25.VIII.1931 г. ВКП(б). Центральный комитет. Постановление ЦК ВКП(б) "О начальной и средней школе" [Текст]. - [Иркутск] : [б. и.], [1931]. – 7 с. // Прил. к № 3-4 журн. "Культурный фронт" (март-май 1931 г.)
131. Поташник, М. М. Освоение ФГОС: методические материалы для учителя [Текст] : пособие для учителей и руководителей школ / М. М. Поташник, М. В. Левит. – Москва : Пед. о-во России, 2016. – 205 с.
132. Практикум по физике в средней школе : Дидакт. материал. [Для 8-10-х кл. / В. А. Буров, Ю. И. Дик, Б. С. Зворыкин и др.]; Под ред. А. А. Покровского. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Просвещение, 1982. – 192 с.
133. Практикум по физике в средней школе : дидактический материал: пособие для учителя / Л. И. Анциферов, В. А. Буров, Ю. И. Дик [и др.]. – издание 3-е, переработанное. – Москва : Просвещение, 1987. – 191 с.
134. Практикум по физике в средней школе [Текст] / Под ред. А. А. Покровского. – Москва : Просвещение, 1973. – 256 с.
135. Практикум по физике в средней школе [Текст] : Дидактический материал : [Для 8-10 кл.] / [В. А. Буров, Б. С. Зворыкин, О. Ф. Кабардин и др.] ; Под ред. А.А. Покровского. – Москва : Просвещение, 1977.
136. Практикум по физике в средней школе [Текст] : Пособие для учителя / А. А. Покровский, В. А. Буров, А. И. Глазырин и др. ; Под ред. А. А. Покровского. – 4-е изд., перераб. – Москва : Учпедгиз, 1963. – 224 с.
137. Практикум по физике в старших классах средней школы [Текст] : Пособие для преподавателей / А. А. Покровский, А. И. Глазырин, А. Г. Дубов [и др.] ; Под ред. А. А. Покровского. – Москва : Изд-во Акад. пед. наук РСФСР, 1951. – 200 с.

138. Практикум по физике в старших классах средней школы [Текст] : Пособие для учителя / А. А. Покровский, А. И. Глазырин, А. Г. Дубов [и др.] ; Под ред. А. А. Покровского ; Акад. пед. наук РСФСР. Ин-т методов обучения. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Учпедгиз, 1954. – 286 с.
139. Практикум по физике для профильной школы: Учебно-методическое пособие / И. В. Гребенев, О. В. Лебедева, С. В. Полушкина, В. Н. Портнов. – Н. Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. – 93 с
140. Проектно-ориентированное обучение физике : монография / И. В. Гребенев, И. Ю. Зворыкин, О. А. Морозов [и др.] ; под редакцией проф. И. В. Гребенева ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. – Нижний Новгород : Нижегородский госуниверситет им. Н. И. Лобачевского, 2024. – 115 с.
141. Разумовский, В. Г. Стратегическое проектирование развития физического образования: монография / В. Г. Разумовский, В. А. Орлов, В. В. Майер, Ю. А. Сауров. – Киров: ИРО Кировской области, 2012. – 179 с.
142. Разумовский, В. Г. Физика в школе. Научный метод познания и обучение / В. Г. Разумовский, В. В. Майер. – Москва : ВЛАДОС, 2004. – 463 с.
143. Резник, Е. Н. Измерение атмосферного давления и свободного объема пористых и сыпучих тел манометрическим способом / Е. Н. Резник, Г. П. Шишкин. // Учебная физика. – 2003. – № 2. – С. 42-44
144. Рожнев, Я. А. Методика трудового обучения с практикумом в учебных мастерских : учебное пособие для учащихся педагогических училищ по специальности № 2001 / Я. А. Рожнев. - 2-е издание, переработанное. - Москва : Просвещение, 1988. – 239 с.
145. Российская педагогическая энциклопедия : В 2 т. / Гл. ред. В. Г. Панов. – Москва : Большая Рос. энцикл., 1993-1999. Т. 1: А - М. Т. 1 / Гл. ред. В. В. Давыдов. – 1993. – 607 с.

146. Рутковски, Дж. Б. Интегральные операционные усилители [Текст] : Справ. руководство / Перевод с англ. Б. Н. Бронина ; Под ред. М. В. Гальперина. – Москва : Мир, 1978. – 323 с.
147. Саранин, В. А. Экспериментальные исследовательские задания по физике. 7-11 классы [Текст] / В. А. Саранин, Ю. В. Иванов. – Москва : ВАКО, 2015. – 78 с.
148. Сквайрс, Г.Л. Практическая физика [Текст] : Пер. с англ. / Дж. Сквайрс ; Под ред. Е. М. Лейкина. – Москва : Мир, 1971. – 246 с.
149. Сковорова, Я. В. Индивидуальный проект. 10 (10-11) классы : тетрадь-тренажёр / Я. В. Сковорова, П. М. Сковорцов. – Москва : Интеллект-Центр, 2021. – 112 с.
150. Соколов, И. И. Методика физики [Текст] : Учебник для высш. педагог. учеб. заведений : Утв. Наркомпросом РСФСР / И. И. Соколов. – 2-е изд. – Москва : Учпедгиз, 1936. – 396 с.
151. Справочник радиолюбителя [Текст] / Под общ. ред. А. А. Куликовского. – Москва ; Ленинград : Госэнергоиздат, 1955. – 256 с.
152. Стародубцев, В. А. Лабораторный практикум по курсу физики как проектная обучающая среда / В. А. Стародубцев // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2012. – № 4(119). – С. 151-154.
153. Тарчевский, А. Е. Практикум по физике. Профильный уровень обучения. 7-11 классы : [6+] / А. Е. Тарчевский. – Москва : МЦНМО, 2021. – 408 с.
154. Теория и методика обучения физике в школе. Общие вопросы : Учеб. пособие для студентов пед. вузов по специальности 032200 - физика / [С. Е. Каменецкий и др.]; Под ред. С. Е. Каменецкого, Н. С. Пурышевой. – Москва : Academia, 2000. – 365, [1] с.
155. Тищенко, Л. В. Уроки-практикумы по физике в профильной школе. Деятельностный подход / Л. В. Тищенко // Физика в школе. – 2011. – № 6. – С. 54-62.

156. Усольцев, А. П. Четыре четверти [Текст] : учебное пособие для учителей / А. П. Усольцев. – Москва : Флинта, 2018. – 322 с.
157. Учебные исследования и проекты в школе : Технологии и стратегии реализации : Методическое пособие / О. Б. Даутова, О. Н. Крылова, Ю. А. Баранова [и др.] ; Под общей редакцией О. Б. Даутовой и О. Н. Крыловой. – Санкт-Петербург : КАРО, 2019. – 208 с.
158. Фатеева И. А., Канатникова Т. Н. Метод проектов как приоритетная инновационная технология в образовании // Молодой учёный. – 2013. – № 1 (48). – С. 376–378.
159. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. № 413 в ред. Приказа Минобрнауки России от 29.12.2014 № 1645.
160. Физика. Тетрадь-практикум. 8 класс : учебное пособие : 12+ / Д. А. Артеменков, В. В. Белага, Н. И. Воронцова [и др.] ; под редакцией Ю. А. Панебратцева. – 11-е изд., стер. – Москва : Просвещение, 2022. – 64 с.
161. Физический практикум для классов с углубленным изучением физики : Дидакт. материал : 9-11-е кл. / [Ю. И. Дик и др.]; Под ред. Ю. И. Дика, О. Ф. Кабардина. – Москва : Просвещение, 1993. – 207 с.
162. Физический практикум для классов с углубленным изучением физики 10-11 кл. / [Ю. И. Дик и др.]; Под ред. Ю. И. Дика, О. Ф. Кабардина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Просвещение, 2002. – 156 с.
163. Хакимова, А. Х. Мини-проекты по физике в основной школе как средство формирования учебных умений и интереса к предмету / А. Х. Хакимова, Е. А. Румбешта // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2012. – № 7(122). – С. 223-228.
164. Чепуренко, В. Г. Физический практикум в VIII-X классах средней школы [Текст] : Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / Киевский гос. пед. ин-т им. А. М. Горького. – Киев : [б. и.], 1958. – 13 с.

165. Чечель, И. Д. Метод проектов, или Попытка избавить учителя от обязанностей всезнающего оракула / И. Д. Чечель // Директор школы. – 1998. – № 3. – С. 11-16.
166. Шамаш, С.Я. Физический практикум в восьмилетней школе : учебное пособие для 6 - 8 классов средней школы / С. Я. Шамаш. - Москва : Просвещение, 1964. - 100 с.
167. Шахмарова, Р. Р. Проектно-исследовательская деятельность обучающихся в контексте ФГОС: проблемы и пути решения / Р. Р. Шахмарова // Педагогика и просвещение. – 2017. – № 2. – С. 49-57.
168. Шефер, О. Р. Подготовка педагогических кадров к организации проектной деятельности школьников при обучении физике / О. Р. Шефер, Т. Н. Лебедева, Д. С. Мокляк; Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет. – Челябинск : Южно-Уральский научный центр РАО, 2020. – 248 с.
169. Шутов В. И. Эксперимент в физике : Физ. практикум. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 182 с.
170. Эпштейн, М. М. На исторических перекрестках. Метод проектов [Текст] / Эпштейн М. М. - Санкт-Петербург : АНО "Образовательный центр "Участие", 2011. - 54 с.
171. Abdelkrim Hasni, Fatima Bousadra, Vincent Belletête, Ahmed Benabdallah, Marie-Claude Nicole & Nancy Dumais (2016) Trends in research on project-based science and technology teaching and learning at K–12 levels: a systematic review, *Studies in Science Education*, 52:2, 199-231, DOI: 10.1080/03057267.2016.1226573
172. Al-Kamzari, F., Alias, N. A systematic literature review of project-based learning in secondary school physics: theoretical foundations, design principles, and implementation strategies. *Humanit Soc Sci Commun* 12, 286 (2025). DOI:10.1057/s41599-025-04579-4

173. Chin, C., & Chia, L.-G. (2004). Implementing Project Work in Biology through Problem-Based Learning. *Journal of Biological Education*, 38(2), 69-75.
174. Crouch C., Fagen A., and. Callan J. P, Classroom demonstrations: Learning tools or entertainment? // *Am. J. Phys.* 72, 835 (2004).
175. *Encyclopedia of Educational Theory and Philosophy*, ed. D.C. Phillips. Thousand Oaks, CA: Sage 2014. Vol. 2. Pp. 665.
176. Etkina E, Gregorcic B., and Vokos S. Organizing physics teacher professional education around productive habit development: A way to meet reform challenges // *PHYS. REV. PHYS. EDUC. RES.* 13, 010107 (2017)
177. Gao, Z., & Yang, H. (2023). Practice and Challenges of Project-based Learning in Physics Education. *Journal of Education and Educational Research*, 5(3), 253-255. DOI:10.54097/jeer.v5i3.13755
178. Glenn P. Lauzon «Hidden in Plain Sight. The Project Method's Obscured Origins» // *American Educational History Journal*, 2015, Volume 42, Number 1, pp. xiii-xxxii.
179. Hamdani Y (2020). Preliminary analysis of physical module practicum modeling project based learning to improve scientific skills of high school students. In *J Phys: Conf. Ser.* (Vol. 1481, No. 1, p. 012074). IOP Publishing. DOI:10.1088/1742-6596/1481/1/012074
180. Havlíček K. Experiments in Physics Education: What do Students Remember? // *WDS'15 Proceedings of Contributed Papers — Physics*, 144–148, 2015.
181. Hong, J.-C., Yu, K.-C., & Chen, M.-Y. (2011). Collaborative Learning in Technological Project Design. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(3), 335-347.
182. John L Pecore «From Kilpatrick's project method to project-based learning» / Eryaman, M., Y., Bruce, B., C. *International Handbook of Progressive Education*. New York, United States of America: Peter Lang, Verlags. 2016. 155-171

183. Knoll M. Dewey, Kilpatrick und «progressive» Erziehung: Kritische Studien zur Projektpädagogik Bad Heilbrunn: Klinkhardt 2011. (ISBN 978-3781517899). 372 S
184. Knoll, M. (1997). The Project Method: Its Vocational Education Origin and International Development. *Journal of Industrial Teacher Education*, 34, 59-80.
185. Knoll, Michael «Calvin M. Woodward and the Beginnings of the Project Method of Instruction. A Chapter from the American History of Education, 1876-1900.» *Zeitschrift für Pädagogik*, v34 n4 p.501-517.
186. Knoll, Michael. ««I Had Made a Mistake»: William H. Kilpatrick and the Project Method.» *Teachers College Record: The Voice of Scholarship in Education* 114 (2012): 1 - 45.
187. Larmer, J., Mergendoller, J., & Boss, S. (2015). *Setting the standard for project based learning*. Alexandria, VA: ASCD.
188. Liu, X., Zhang, B., Liang, L. L., Fulmer, G., Kim, B., & Yuan, H. (2009). Alignment between the physics content standard and the standardized test: A comparison among the United States-New York State, Singapore, and China-Jiangsu: Content Standard and Standardized Test. *Science Education*, 93(5), 777–797. DOI:10.1002/sce.20330
189. LM358. Low power dual operational amplifiers. Document number: DS35167. Rev. 2–2. February 2011. Diodes Incorporated. – Текст : электронный. – URL: <https://www.diodes.com/assets/Datasheets/LM358.pdf> (дата обращения: 06.03.2025).
190. Ludwig M. «Projektorientierter Mathematikunterricht. Folge 1: Projektunterricht gestern und heute.» // *Mathematik in der Schule* 34 (1996) – s. 5-14.
191. Maciej Kołodziejski et al «Project method in educational practice» // *University Review*, Vol. 11, 2017, No. 4, p. 26-32.
192. Makkonen T, Tirri K, Lavonen J (2021) Engagement in learning physics through project-based learning: a case study of gifted Finnish upper-

- secondary-level students. J Adv Acad, 1932202X211018644.
DOI:10.1177/1932202X211018644
193. Markula, A., & Aksela, M. (2022). The key characteristics of project-based learning: How teachers implement projects in K-12 science education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 4(1), 2. DOI:10.1186/s43031-021-00042-x
 194. Miller K., Lasry N., Chu K., and Mazur E. Role of physics lecture demonstrations in conceptual learning // *PHYS. REV. ST PHYS. EDUC. RES.* 9, 020113 (2013)
 195. Münzinger, W., Frey, K.: *Chemie in Projekten*. – Köln: Aulis-Verl. Deubner, 1999. – 269 s.
 196. Phyllis C. Blumenfeld, Elliot Soloway, Ronald W. Marx, Joseph S. Krajcik, Mark Guzdial & Annemarie Palincsar (1991) *Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning*, *Educational Psychologist*, 26:3-4, 369-398.
 197. Project-Based Learning. A Literature Review. Working Paper. MDRC. October 2017. – Текст : электронный. – URL: https://www.mdrc.org/sites/default/files/Project-Based_Learning-LitRev_Final.pdf (дата обращения: 20.08.2021).
 198. Rohman F., Fauzan A., Yohandri. Project, technology and active (protective) learning model to develop digital literacy skills in the 21st century // *International journal of scientific and technology research*. – 2020 - V. 9 - № 1 - P. 12-16.
 199. Schaffhauser D. Project-Based Learning: 'Promising but Not Proven,' Researchers Say. *THE Journal*. (2017) – Текст : электронный. – URL: <https://thejournal.com/articles/2017/11/08/project-based-learning-promising-but-not-proven.aspx> (дата обращения: 20.08.2021).
 200. Sung Hee Park, Peggy A. Ertmer «Examining barriers in technology-enhanced problem-based learning: Using a performance support systems ap-

- proach» // British Journal of Educational Technology. – 2008. - V. 39 - No. 4 – P. 631–643.
201. William H. Kilpatrick Foundation of Method. Informal Talks on Teaching” – New York: The Macmillan Company, 1926.
202. William H. Kilpatrick «The Project Method. The Use of the Purposeful Act in the Educate Process» – New York: Teachers College, Columbia University, 1929.
203. Zhao et al. Discip Interdiscip Sci Educ Res (2023) 5:13 DOI:10.1186/s43031-023-00078-1
204. Zvorykin I.Yu., Katkova M.R., Maslennikova Yu.V. Magnetic levitator fitted with the Hall sensor readings // Physics Education. - 2022. - № 4. - V. 57. - P. 045003.

ПОЯСНЕНИЯ К ТАБЛИЦЕ 2.1

1. В «Клубе «Кулибин» школьники решали экспериментальные задачи разного уровня и участвовали в проведении физических экспериментов, тематика которых частично формировалась с учетом запросов самих учащихся.

Решение экспериментальных задач способствует развитию экспериментальных умений, необходимых для выполнения проектов по физике. Возможность начать решение таких экспериментальных задач появляется у школьников еще до начала обучения физике. Тематика задач формировалась системно, в соответствии с программой, аналогично тому, как это делается для фронтальных лабораторных работ. Однако эти задачи позволяют получить подготовку к достаточно свободному (и даже творческому) проведению учебного физического эксперимента, чего не удастся достигнуть в рамках фронтальных лабораторных работ в начале изучения физики в базовой школе (7 класс). Свободное проведение физического эксперимента в кружке позволяет в дальнейшем легче выполнять задания физического практикума в школе, и в дальнейшем более самостоятельно действовать в ходе реализации проекта. Для проведения физического эксперимента на таких занятиях необходимо соответствующее методическое обеспечение решения этих задач, примеры которого можно найти в ряде публикаций [103, 104, 105, 107].

Участие в проведении физических экспериментов способствует формированию у школьников умения подбирать оборудование, планировать эксперимент: предполагать возможный ход опыта и его результат, наблюдать ход эксперимента и оценивать полученные данные. Также это помогает начать формирование критического отношения к тематике будущих проектов, поскольку некоторые эксперименты, выполняемые по запросам учащихся, заканчиваются не так как планировалось. Разумеется, «незапланированность» хода или результата такого эксперимента была заранее тщательно подготовлена педагогом, и обеспечена безопасность проведения опыта. Примеры та-

ких экспериментов, имеющих недостижимый в реальности результат, но вполне пригодных для безопасного повторения, можно найти в различных доступных школьникам информационных и медиаресурсах сети Интернет.

На занятиях кружка в Центре детского творчества (ЦДТ) Автозаводского района г. Нижнего Новгорода учащиеся использовали современные, доступные универсальные учебные микроконтроллерные модули (типа Arduino, и пр.). Это позволяет школьникам в дальнейшем активно использовать при выполнении индивидуального проекта сами модули, и решения практических задач, выполненные на их основе. На занятиях учащиеся познакомились с различными возможностями и применениями модулей, в том числе для определения целого ряда физических величин. Также они познакомились с основами программирования таких модулей. Последнее позволяет при выполнении проекта в школе не отвлекать ресурсы учителя информатики на совместное руководство проектом, если оно состоит лишь в выполнении функции консультанта по программированию, и помогает изучать информатику на более высоком уровне. Существенным также является то, что учащиеся в дальнейшем не боятся использовать такие модули, и спокойно и положительно реагируют на предложения руководителя проекта по физике применить их там, где это целесообразно.

2. Первый вариант требует значительных ресурсов для его реализации. Возникшая у всех учеников класса в результате их собственных действий в ходе фронтального эксперимента проблема не находит на уроке решения. Её решение находится лишь частью учащихся под руководством ПДО в ходе практикума. Это означает, что полученное в ходе практикума решение должно быть проверено также всем классом в ходе выполнения итогового фронтального эксперимента. Ограничиваться лишь демонстрационным экспериментом, пусть и отражающим суть найденного решения и выполненным учащимися группы, выполнявшей физический практикум, будет в данном случае не вполне корректно.

ПЕРЕЧЕНЬ ВЫПОЛНЕННЫХ ПРОЕКТОВ

1. Проект по созданию прибора для определения объема сыпучих тел.
2. Проект по созданию прибора для демонстрации закона Бойля-Мариотта.
3. Проект по созданию действующей модели ионолета.
4. Проект по созданию генриметра (на базе стрелочного электроизмерительного прибора).
5. Проект по созданию прибора для демонстрации электромагнитной индукции.
6. Проект по созданию электромагнитного левитатора.
7. Проект по созданию высокоомной приставки к учебному стрелочному вольтметру.
8. Проект по созданию автоматизированного прибора для определения коэффициента трения.
9. Проект по созданию стенда для исследования спектра лампы накаливания: осветитель с регулируемой температурой нити лампы накаливания, и универсальный линейный сканер с системой датчиков.
10. Проект по созданию компьютеризированной экспериментальной установки для изучения поглощения оптического излучения в жидкости.
11. Проект по созданию действующей модели микроволнового метеолокатора.
12. Проект по созданию установки для демонстрации передачи звуковых сигналов с помощью светового излучения.
13. Проект по созданию стенда для изучения и сравнения анемометров.
14. Проект по созданию регенеративного приемника с низковольтным питанием на базе мощной радиолампы.
15. Проект по созданию прибора для определения мерцаний источников света.

16. Проект по созданию прибора для перемагничивания магнитных стрелок.
17. Проект по созданию действующей модели манипулятора, управляемого мышечной активностью.
18. Проект по созданию простейшей модели электропоезда.
19. Проект по созданию автоматизированной установки определения магнитного поля соленоида с универсальным линейным сканером.
20. Проект по созданию демонстрационной модели бесколлекторного двигателя постоянного тока.
21. Проект по созданию установки для демонстрации работы простейшего тензодатчика.
22. Проект по созданию установки для демонстрации работы светодиода как фотоприемника.
23. Проект по созданию установки для демонстрации работы винтомоторной пары в разных режимах вращения винтов.
24. Проект по созданию модели беспроводного зарядного устройства.
25. Проект по созданию датчика ионизирующих частиц с передачей информации по радио.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ПЕРЕЧЕНЬ БАЗОВЫХ РАБОТ ПРОЕКТО-ОРИЕНТИРОВАННОГО
ПРАКТИКУМА

1. Определение коэффициента трения скольжения различными способами.
2. Закон Бойля-Мариотта.
3. Сборка и изучение возможностей моделей колеса Франклина.
4. Определение внутреннего сопротивления электроизмерительных приборов.
5. Определение рабочей температуры лампы накаливания.
6. Изучение магнитного поля различных катушек.
7. Закон Бера-Ламберта для полимерных пленок.
8. Изучение электромагнитной индукции.
9. Сборка и изучение характеристик электродвигателя.
10. Отражение и поглощение микроволн водой.
11. Сборка и изучение простейших электромиографа или электрокардиографа.
12. ВАХ светодиода и фотодиода.
13. Определение скорости воздушного потока.
14. Сборка и изучение простейшего регенеративного радиоприемника.
15. Изучение и применение широтно-импульсной модуляции.

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЗАДАЧА

Для выполнения эксперимента было создано специальное оборудование, состоящее из корзины, в которой определенным способом, исключая экспериментальное решение поставленной задачи, закреплена плата с резисторами, изображенная на рисунке 1. Плата с резисторами для каждого комплекта уникальна и отличается от других либо номиналом резисторов, либо вариантом их соединения.

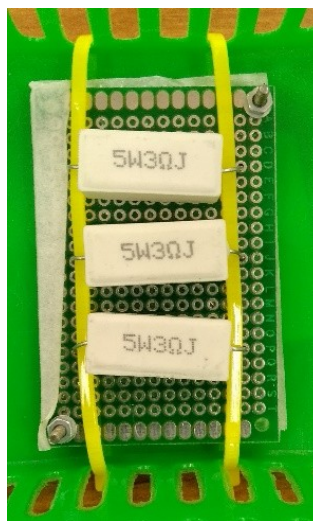


Рисунок 1 - Плата с резисторами

Общий вид набора изображен на рисунке 2.

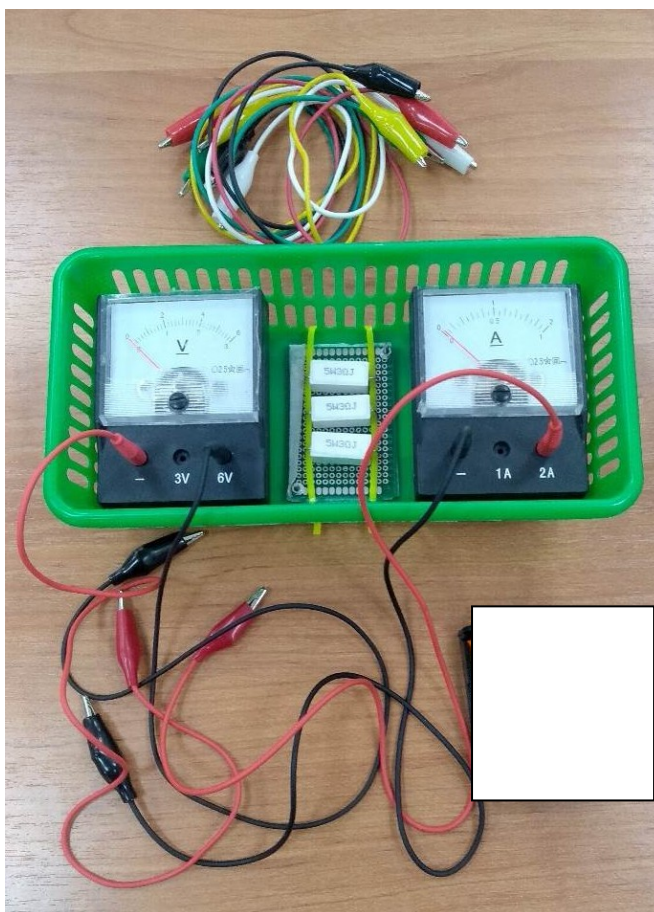


Рисунок 2 - Набор для решения экспериментальной задачи

В состав набора входят:

- амперметр и вольтметр;
- соединительные провода и ключ;
- корзинка с установленной в ней платой с резисторами.

Блок питания располагался на отдельном столе, что давало возможность преподавателю контролировать и учитывать правильность собранной схемы.

Учащимся выдавался лист с заданием, суть которого состояла в том, чтобы нарисовать электрическую схему, изображающую то, как именно соединены три резистора на плате, а также указать определенное экспериментально сопротивление участка цепи между контактными выводами на плате.

Также учащимся выдавался бланк для оформления решения. Пример оформленного бланка решения представлен на рисунке 3.

Фамилия и имя: _____

Класс: 11 _____ Дата: «12» апреля 2021 г.

Результаты решения задачи:

1. Сопротивление каждого резистора (по обозначению на нем) равно 3 Ом.
2. Электрическая схема для определения сопротивления участка цепи на плате:

3. Сила тока через участок цепи на плате составляет по результатам измерения 0,6 А.
4. Напряжение на участке цепи на плате составляет по результатам измерения 2,4 В.
5. Сопротивление участка цепи на плате составляет 4 Ом и определяется в результате вычислений:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{2,4 \text{ В}}{0,6 \text{ А}} = 4 \text{ Ом}$$

6. Электрическая схема соединения резисторов на плате:

$$R_0 = \frac{R}{2} + R = 1,5R = 1,5 \cdot 3 \text{ Ом} = 4,5 \text{ Ом}$$

Рисунок 3 - Пример оформленного бланка решения

Учащимся также предлагалось при желании выполнить дополнительное задание, позволяющее дополнительно убедиться в правильности решения:

«Один ученик утверждал, что он может определить то, как соединены резисторы в вашей «корзинке» лишь с помощью источника питания цепи и лампочки (или вольтметра).

Рассмотрите внимательно плату, на которой собрана схема. Возможно - ли это сделать, и если возможно, то как? Попробуйте сделать это для вашей «корзинки».

У учащихся есть доступ ко всем выводам всех резисторов на плате, они не изолированы. Таким образом, судя по показаниям вольтметра или по яркости свечения лампочки, подключаемым к выводам каждого резистора можно сделать вывод о том, как именно соединены резисторы.

В ходе анализа оформленных бланков оценивалось выполнение следующих элементов решения:

1. Правильно прочитан номинал сопротивления резисторов на плате.
2. Правильно изображена принципиальная электрическая схема экспериментальной установки.
3. В бланк решений внесены данные измерений напряжения и силы тока.
4. Получены возможные для правильно собранной правильной схемы экспериментальной установки результаты измерений напряжения и силы тока, соответствующие значению сопротивления блока резисторов на плате. Результаты могут отличаться от идеально соответствующих сопротивлению резисторов на плате, но варианты соединения таковы, что практически всегда ясно к какому варианту соединения они ближе всего.
5. Правильно указана формула для вычисления сопротивления участка цепи на плате, и оно правильно вычислено.
6. Правильно решена задача, т.е. изображена правильная принципиальная электрическая схема соединения резисторов на плате.
7. Правильно собрана электрическая схема (до подключения к источнику питания).
8. Учащийся взял дополнительное задание.
9. Учащийся выполнил дополнительное задание.

ПРАКТИКА ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМ ПРОЕКТОВ

Практика формирования тем проектов в виде схемы представлена на рисунке 1. На рисунке значком «☆» обозначено начало формирования темы, а цифрами различные пути их формирования:

1. формирование в полном соответствии с организационно-методической структурой «урок – практикум – проект»;
2. формирование соответствует описанному в главе 2 проекту «Ионолет»;
3. тема проекта инициирует создание новой работы физического практикума (ФП), но далека от тем, изучаемых на уроке в это время.

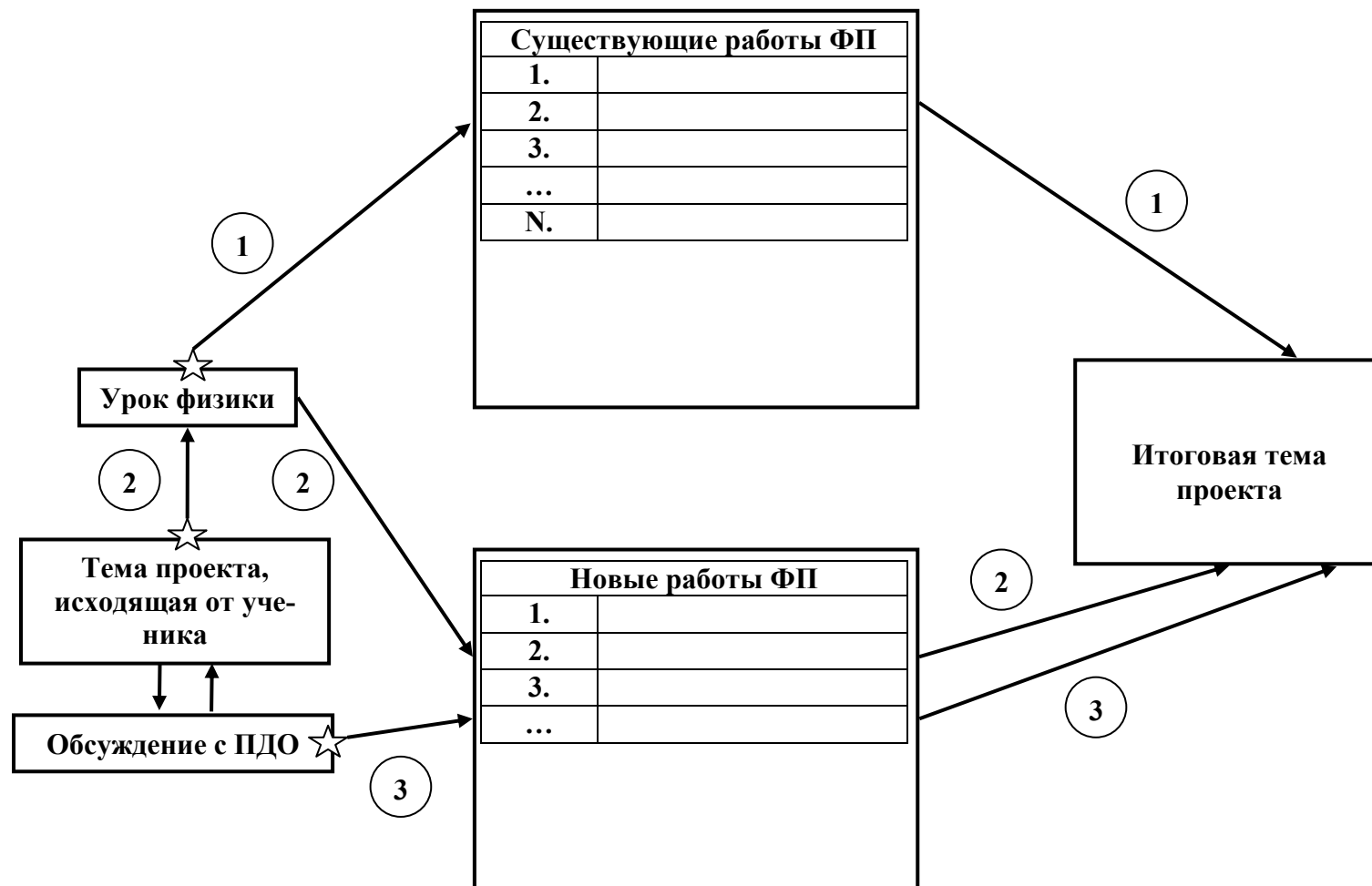


Рисунок 1 - Практика формирования темы проекта