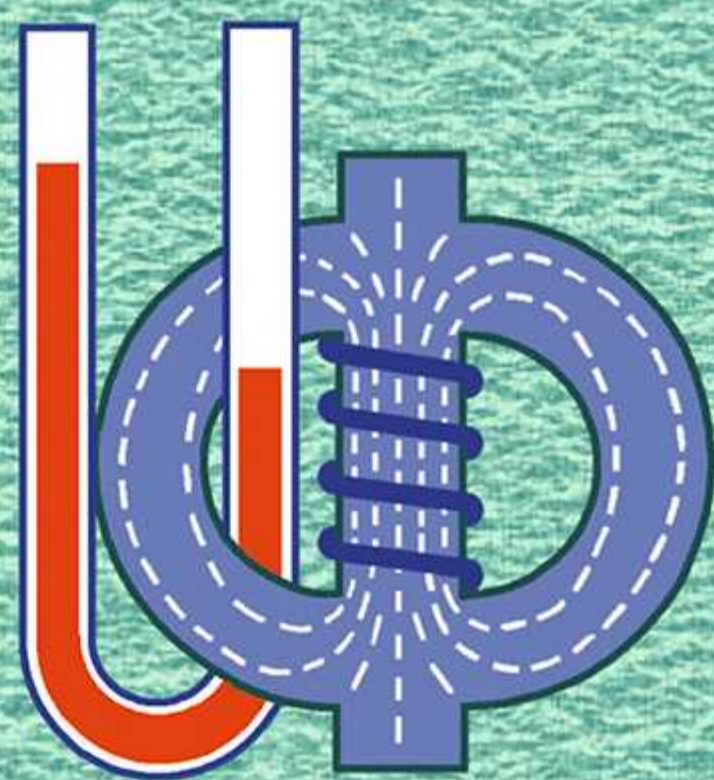
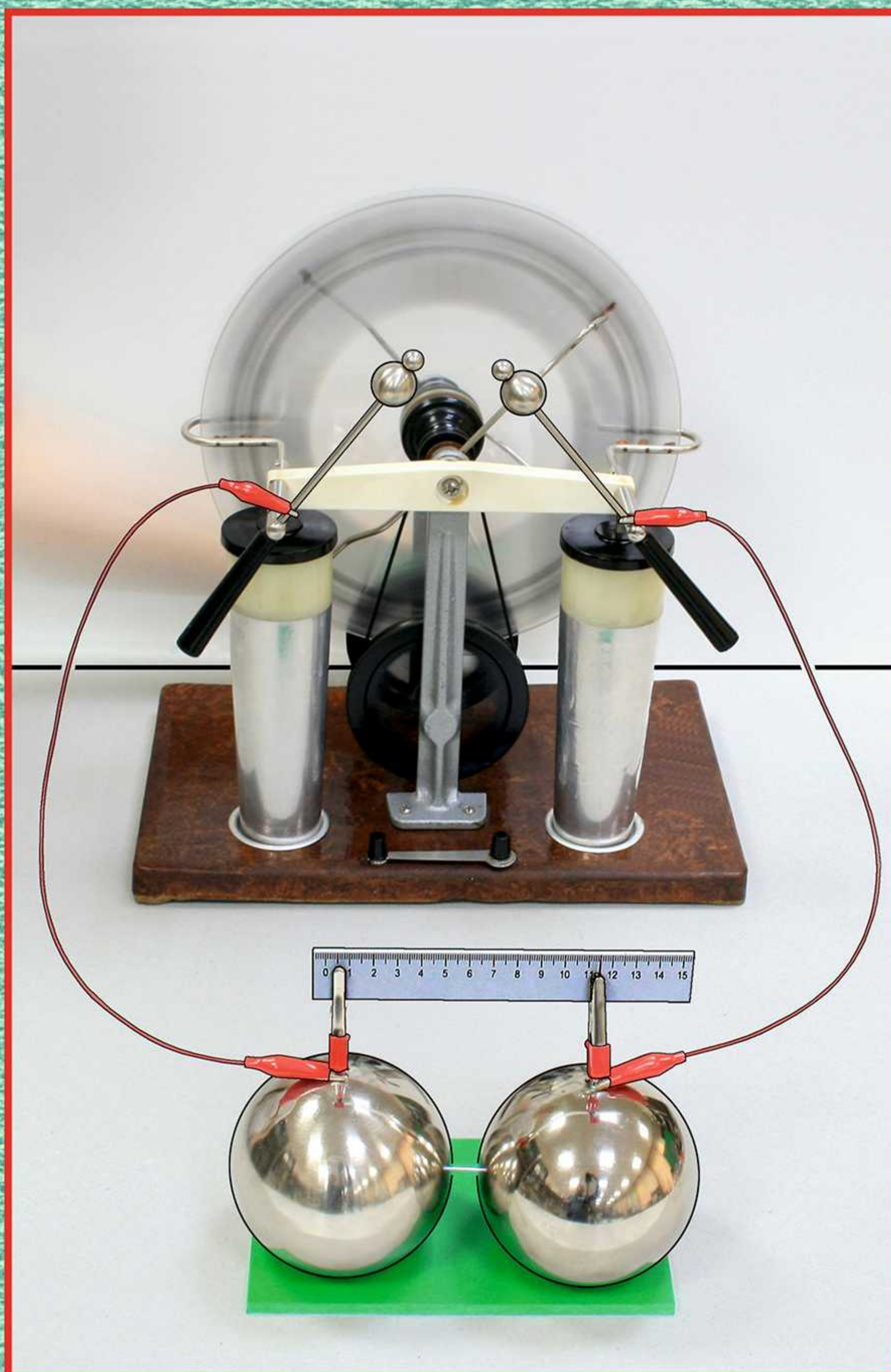


ISSN 2307-5457



УЧЕБНАЯ ФИЗИКА

3
2022



УДК 372.853

Е. И. Вараксина

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ УЧЕБНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Обоснована необходимость развития направления дидактики физики, связанного с разработкой методологии научного исследования учебного физического эксперимента. Выделены и кратко рассмотрены дидактический, физический, технический, методический и педагогический этапы такого исследования.

Ключевые слова: научное исследование, учебный физический эксперимент.

1. Введение

Мы изучили системы вузовского и школьного физического эксперимента, созданные в нашей стране за весь послевоенный период [1]. Анализ полученных данных показывает, что научные исследования учебного физического эксперимента, выполненные физиками, методистами и учителями, служат основным ресурсом экспериментальной деятельности субъектов физического образования в школе и вузе.

В последние десятилетия наблюдается снижение качества и количества таких исследований, их невостребованность при создании и распространении новых систем учебного оборудования, при совершенствовании и переиздании школьных учебников физики [2]. Научные исследования учебного физического эксперимента вытесняются из области интересов ученых: и физиков, и методистов, а следовательно, из исследовательской работы студентов и учителей физики. Результатом этого является отсутствие системной экспериментальной деятельности обучающихся при изучении физических явлений в школе и вузе. Поэтому развитие методологии научных исследований учебного физического эксперимента — актуальное направление дидактики физики.

Рассмотрим конкретное исследование экспериментального обоснования учебной физической теории, выполним анализ содержания и методологии этого исследования и обобщим полученные результаты в форме основных этапов дидактического исследования учебного физического эксперимента.

2. Исследование современного учебного эксперимента с электромагнитным излучением

Усвоение основ фундаментальной теории электромагнитного излучения, созданной Дж. К. Максвеллом [3, с. 140–169] — необходимое условие формирования научной картины мира современного школьника. Для экспериментального обоснования этой теории в настоящее время в школе используют генератор сантиметровых радиоволн [5, с. 98–113; 6, с. 301–304]¹ на диоде Ганна, снабженный рупорной антенной [11, с. 304–308]. Основной недостаток этого прибора состоит в невозможности на элементарном уровне объяснить обучающимся, как в нем

¹Источники информации [4–35], относящиеся к исследованию учебного физического эксперимента с электромагнитными волнами, расположены в хронологическом порядке.

получаются электромагнитные волны. Этого недостатка лишен ранее применявшийся в школе генератор дециметровых радиоволн с дипольной излучающей антенной [4; 6, с. 287–300]. Но этот прибор опасен, так как для питания требует переменное напряжение 220 В электроосветительной сети и дает электромагнитное излучение такой мощности, которая запрещена в учебном эксперименте [26]. Таким образом, обнаружено *противоречие* между необходимостью экспериментального обоснования теории электромагнитного излучения в школьном курсе физики и недостаточной дидактической разработанностью соответствующего учебного эксперимента.

Желание устранить это противоречие оборачивается *проблемой*: какой именно учебный эксперимент обеспечит в современной школе выполнение и усвоение физических опытов, раскрывающих на уроках сущность и основные свойства электромагнитного излучения? *Актуальность* решения проблемы обусловлена необходимостью в современной системе физического образования простого, безопасного и убедительного *доказательства* [8] существования электромагнитного излучения и его волновой природы.

Объектом исследования является процесс экспериментального обоснования существования и свойств электромагнитного излучения в курсах физики школы и педагогического вуза.

Предмет исследования — учебный физический эксперимент с электромагнитным излучением.

Цель исследования состоит в разработке общих принципов экспериментального изучения электромагнитного излучения и создании комплекта приборов, реализующего эти принципы.

Гипотеза: проблема экспериментального обоснования существования и свойств электромагнитного излучения в современных курсах физики школы и педагогического вуза будет решена, если в общепринятой структуре дидактического исследования использовать фундаментальные физические знания, относящиеся к электромагнитному излучению, современные научно-технические средства, инновационные методы обучения физике и доказательный педагогический эксперимент.

Изучение учебников физики университетского уровня [10, с. 555, 563–567; 24, с. 310–326], научных [7, 9, 13–15] и методических [5, 6, 8, 12] работ по теме исследования показало, что основным источником электромагнитного излучения должен быть электронный генератор с излучающей антенной в форме полуволнового диполя. Элементарная теория такой антенны доступна обучающимся, так как может быть построена на основе теории двухпроводной линии [32]. Диапазон генератора и мощность его излучения должны удовлетворять санитарным нормам. Наиболее пригоден для демонстрационных опытов генератор с разрешенной для радиолюбителей частотой 433 МГц, которой соответствует длина волны электромагнитного излучения 0,68 м [7, 9, 25]. Для учебно-воспитательного процесса значимо, что с излучением именно такой длины волны работал Г. Герц, давший экспериментальное обоснование электромагнитной теории Максвелла [33, 34]. Поэтому параллельно с исследованием имеющейся техники учебного эксперимента анализировалась и совершенствовалась методика изучения электромагнитных волн на школьных уроках [14–23].

Целенаправленное изучение применяющейся в быту современной электронной техники обнаружило широкое распространение радиомодулей, дающих микромощное (10–25 мВт) электромагнитное излучение стабилизированной частоты 433 МГц [26]. Однако школьный кабинет физики не располагает компактной усилительной техникой, которая может обеспечить усиление микромощного сигнала [27, 28]. Анализ учебного оборудования показал, что проблема будет снята, если использовать разработанный ранее для школьного гальванометра универсальный усилитель постоянного тока [28], нагруженный на светодиод. Опытно-конструкторская работа привела к созданию микромощного генератора, чувствительного индикатора электромагнитного излучения [29] и различных вариантов этих приборов [35].

Решение рассмотренных выше дидактических, физических и технических проблем сопровождалось созданием методики применения нового учебного эксперимента в урочной и внеурочной познавательной деятельности обучающихся [33, 34]. Результаты, полученные при разработке демонстрационных опытов, лабораторных работ и ученических проектов исследовательской направленности, были проверены в педагогическом эксперименте [30, 31].

3. Научное исследование учебного эксперимента

Проведенный выше анализ дидактического исследования конкретного учебного эксперимента обобщим следующим образом.

Учебный физический эксперимент — это деятельность обучающихся по созданию *условий* и выполнению физического опыта, получению и *анализу* экспериментального *результата* [36, с. 72]. Целью научного исследования учебного физического эксперимента является получение нового знания об этом объекте.

Метод получения этого знания упрощенно выражается общеизвестным циклом научного познания [37, с. 14]: на основе фактов благодаря интуиции возникает гипотеза, которая логическими средствами развивается в теоретическую модель исследуемого объекта или процесса. Для верификации построенной модели ее следствия подвергаются экспериментальной проверке. Последовательное изложение этого познавательного цикла и есть учебная физическая теория [36, с. 72]. Покажем, что учебный физический эксперимент исследуется согласно той же самой логике научного познания, эффективность которой в физических исследованиях убедительно обоснована [37].

Новое знание в учебном физическом эксперименте — это знание нового опыта, деятельность по постановке которого составляет основу физического образования. Чтобы установить новизну конкретного учебного эксперимента, необходимо знание всех учебных опытов, относящихся к данному физическому явлению. Такое знание является результатом практической деятельности обучения физике.

Учебный опыт в познавательном цикле при обучении физике в школе выполняет две функции: это источник фактов для создания учебной физической теории и способ проверки следствий этой теории. Следовательно, экспериментальная деятельность — необходимое условие освоения учебной теории.

Для выполнения учебного эксперимента необходимо создание специальных условий: экспериментальной установки, включающей физические приборы и иное оборудование; материалов и энергии, обеспе-

чивающих функционирование установки; однозначной и безусловной воспроизводимости изучаемого явления. Именно условия определяют новизну эксперимента [36, с. 273–274] и являются одним из важнейших предметов его дидактического исследования.

Физический эксперимент в школе включает разные виды учебного эксперимента, эффективное применение которых требует различных методик. Поэтому научное исследование учебного эксперимента должно включать методическую разработку учебных опытов.

Для проверки возможности, необходимости, целесообразности и эффективности нового учебного эксперимента необходим соответствующий педагогический эксперимент и, вслед за этим, практика систематического применения нового опыта в учебно-воспитательном процессе. Анализ результатов этой практики приводит к необходимости нового дидактического исследования учебного эксперимента. Так замыкается цикл или развивается спираль научного познания учебного физического эксперимента.

Таким образом, теоретический анализ процесса дидактического исследования конкретного учебного физического эксперимента приводит к выводу, что этот процесс носит циклический характер и включает ряд основных этапов: дидактический, физический, технический, методический и педагогический.

4. Этапы научного исследования учебного эксперимента

Кратко раскроем содержание этапов научного исследования учебного физического эксперимента.

4.1. Дидактический этап. Этот этап представляет собой тщательное изучение, анализ и обобщение школьной практики применения учебного эксперимента для обоснования учебной физической теории или изучения конкретного физического явления; обосновывание проблемы и актуальности исследования; определение темы, выделение объекта, предмета, цели исследования, формулирование его гипотезы и постановку задач. Это общепринятая в настоящее время форма представления результатов научной работы. Изучение практической деятельности и публикаций специалистов [2, 36, 38–41], а также наша научная деятельность показывают, что исследования в учебном физическом эксперименте принципиально ничем не отличаются от любых других исследований [42].

4.2. Физический этап. Цель этого этапа состоит в проектировании физически корректного учебного эксперимента, обеспечивающего получение фактов и обоснование следствий изучаемой теории. Для достижения цели этапа необходимо изучение учебной физической теории явления на университетском и школьном уровнях, изучение и воспроизведение известного учебного эксперимента, разработка и исследование безопасных, дидактически оправданных условий эксперимента, обеспечивающих нужный образовательный результат. На физическом этапе выполняется исследование дидактических возможностей приборов: какие явления удастся пронаблюдать? возможны ли количественные эксперименты? какие теоретические положения можно проверить?

4.3. Технический этап. Поиск средств и методов для обеспечения временной, материальной и интеллектуальной доступности учебного физического эксперимента. Разработка оптимальных конструкций и

технологий изготовления приборов, подбор элементов, налаживание и тестирование созданного учебного оборудования.

4.4. Методический этап. Система школьного физического эксперимента, как известно, включает: 1) демонстрационные опыты; 2) фронтальные лабораторные работы; 3) экспериментальные задачи; 4) физический практикум; 5) эксперименты для проектной деятельности; 6) домашние опыты; 7) занимательные опыты. Если созданный в процессе дидактического исследования физического явления учебный эксперимент никогда не применялся в учебном процессе, то необходимы методические разработки по всем перечисленным здесь направлениям школьного эксперимента.

4.5. Педагогический этап. Этот этап предполагает использование нового учебного эксперимента в организации учебной, проектной, исследовательской и внеурочной деятельности обучающихся. Педагогический эксперимент дает доказательство возможности, целесообразности, необходимости и эффективности нового учебного эксперимента при изучении физики в школе.

5. Заключение

Кратко изложенные здесь результаты методологического исследования показывает, что создание нового учебного физического эксперимента представляет собой научное исследование в сфере дидактики физики, включающее в качестве основных дидактический, физический, технический, методический и педагогический этапы. Понимание этого необходимо для создания нового, современного учебного физического эксперимента, совершенствования школьных учебников физики, построения технологии подготовки школьных учителей физики. Доказательством справедливости этих утверждений служит динамика создания и использования новых учебных опытов в отечественной дидактике физики за весь послевоенный период и состояние дел в современном физическом образовании.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-013-00157. *Acknowledgments:* The reported study was funded by RFBR, project number 20-013-00157.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вараксина Е. И. Научная деятельность в учебном физическом эксперименте // Учебная физика. — 2021. — № 1. — С. 46–66.
2. Никифоров Г. Г. Обновление механизмов преодоления ключевых проблем системы учебного физического эксперимента // Учебная физика. — 2017. — № 2. — С. 50–61.
3. Мякишев Г. Я. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин; под ред. Н. А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2016. — 432 с.
4. Зворыкин Б. С. Электромагнитные колебания и волны в курсе физики средней школы. — М.: Академия педагогических наук, 1955. — 100 с.
5. Шахмаев Н. М. Оборудование кабинета физики с электротехнической лабораторией (Из опыта работы 215-й школы Москвы). — М.: Изд-во АПН РСФСР, 1962. — 192 с.
6. Буров В. А., Зворыкин Б. С., Кузьмин А. П., Покровский А. А., Румянцев И. М. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Т. 2. Электричество. Оптика. Физика атома. Пособие для учителей / под ред. А. А. Покровского. — М.: Просвещение, 1972. — 448 с.
7. Майер В. В. Генератор ультравысокой частоты // Учебная физика. — 2003. — № 2. — С. 31–37.
8. Майер В. В., Майер Р. В. Система учебных экспериментальных доказательств в электродинамике. — Глазов: ГГПИ, 2003. — 244 с.

9. Майер В. В., Чирков Л. Е. Комплект приборов для учебных опытов с электромагнитными волнами // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 19. — М.: ИСМО РАО, 2004. — С. 49–51.
10. Калашников С. Г. Электричество: учебное пособие для вузов / М.: Физматлит, 2004. — 624 с.
11. Учебное оборудование для кабинетов физики общеобразовательных учреждений / Ю. И. Дик, Ю. С. Песоцкий, Г. Г. Никифоров и др.; под ред. Г. Г. Никифорова. — М.: Дрофа, 2005. — 396 с.
12. Майер В. В. Комплект приборов на основе генератора ультравысокой частоты для опытов с электромагнитными волнами / Учебное оборудование для кабинетов физики общеобразовательных учреждений / Под ред. Г. Г. Никифорова. — М.: Дрофа, 2005. — С. 308–312.
13. Чирков Ал. Е. Система учебного физического эксперимента как средство формирования понятия электромагнитной волны: дис. ... канд. пед. наук. — Глазов, 2006. — 192 с.
14. Майер В. В. Электромагнитные волны // Учебная физика. — 2006. — № 1. — С. 147–220.
15. Майер В. В. Простая демонстрация магнитного поля тока смещения // Физическое образование в вузах. — 2008. — Т. 14. — № 4. — С. 84–91.
16. Майер В. В. Переменное электрическое и магнитное поля // Физика. Приложение к газете «Первое сентября». — 2008. — № 24. — С. 17–20.
17. Майер В. В. Открытый колебательный контур // Физика. Приложение к газете «Первое сентября». — 2009. — № 2. — С. 31–34.
18. Майер В. В. Электромагнитная волна // Физика. Приложение к газете «Первое сентября». — 2009. — № 4. — С. 31–34.
19. Майер В. В. Энергия и скорость электромагнитной волны // Физика. Приложение к газете «Первое сентября». — 2009. — № 6. — С. 22–25.
20. Майер В. В. Интенсивность, давление и импульс электромагнитной волны // Физика. Приложение к газете «Первое сентября». — 2009. — № 8. — С. 34–38.
21. Майер В. В. Физические свойства электромагнитных волн // Физика. Приложение к газете «Первое сентября». — 2009. — № 18. — С. 43–47.
22. Майер В. В. Теория Максвелла // Физика. Приложение к газете «Первое сентября». — 2009. — № 20. — С. 33–37.
23. Майер В. В. Физические основы радиосвязи // Физика. Приложение к газете «Первое сентября». — 2009. — № 22. — С. 33–36.
24. Алешкевич В. А. Электромагнетизм. — М.: Физматлит, 2014. — 404 с.
25. Майер В. В., Вараксина Е. И. Генератор УВЧ на транзисторе: дидактическое исследование // Учебная физика. — 2017. — № 3. — С. 23–34.
26. Майер В. В., Кошечев Г. В. Микромощный передатчик для опытов с волнами дециметрового диапазона // Учебная физика. — 2018. — № 2. — С. 25–27.
27. Майер В. В., Щепин Д. А. Универсальный усилитель для школьного гальванометра // Учебная физика. — 2018. — № 2. — С. 15–21.
28. Майер В. В., Вараксина Е. И. Усилитель постоянного тока для школьного гальванометра // Учебная физика. — 2018. — № 2. — С. 22–24.
29. Майер В. В., Вараксина Е. И., Васильев И. А., Кошечев Г. В. Комплект приборов для демонстрационных опытов с электромагнитными волнами // Физика в школе. — 2019. — № 4. — С. 41–46.
30. Вараксина Е. И., Майер В. В. Тест на экспериментальное обоснование свойств электромагнитного излучения // Учебная физика. — 2019. — № 2. — С. 58–61.
31. Гильманова Е. Н., Веретенникова Е. А. Электромагнитные волны и их свойства на школьном уроке // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 30. — М.: ИСРО РАО, 2019. — С. 12–14.
32. Mayer V. V., Varaksina E. I. Modern demonstration experiments for H Hertz's experimental study // European Journal of Physics. — 2021. — V. 42. — 025201 (13pp).
33. Майер В. В., Вараксина Е. И. Современный вариант приборов Генриха Герца // Потенциал. — 2022. — № 3. — С. 66–77.
34. Майер В. В., Вараксина Е. И. Современный вариант опытов Генриха Герца // Потенциал. — 2022. — № 4. — С. 60–69.
35. Майер В. В., Вараксина Е. И., Васильев И. А. Генератор и индикатор для учебных опытов с электромагнитным излучением // Учебная физика. — 2022. — № 3. — С. 34–40.

36. Майер В. В. Элементы учебной физики как основа организации научного познания в современной системе физического образования: дис. . . . д-ра пед. наук. — Глазов, 2000. — 409 с.
37. Разумовский В. Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике: пособ. для учителей. — М.: Просвещение, 1975. — 272 с.
38. Анциферов Л. И. Оптимизация школьного физического эксперимента: дис. . . . докт. пед. наук. — Курск, 1985. — 427 с.
39. Молотков Н. Я. Педагогические основы создания демонстрационного физического эксперимента при изучении колебательных и волновых процессов: дис. . . . докт. пед. наук. — Хмельницкий, 1990. — 419 с.
40. Шамало Т. Н. Теоретические основы использования физического эксперимента в развивающем обучении: Учеб. пособие по спецкурсу. — Свердловск: Свердловск. гос. пединститут, 1990. — 96 с.
41. Майер В. В., Курбоналиев К. М. Учебная модель трубы Галилея. Дидактическое исследование: физико-технический этап // Учебная физика. — 2022. — № 3. — С. 17–27.
42. Новиков А. М., Новиков Д. А. Методология. — М.: СИНТЕГ, 2007. — 668 с.

Глазовский государственный
педагогический институт

Поступила в редакцию 13.04.22.