

## **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ**

**О. С. Дмитриев, И. А. Осипова, О. В. Исаева**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия*

**Ключевые слова:** виртуальная лабораторная работа; дистанционное обучение; интерактивный режим; физика.

**Аннотация:** Рассмотрена возможность повышения эффективности образовательного процесса за счет внедрения информационных технологий. Обсуждены методические аспекты создания и использования виртуальных лабораторных работ, предназначенных для организации самостоятельного изучения студентами различных разделов физики. Представлен опыт их использования в вузе. Показаны экранные формы некоторых виртуальных лабораторных работ для проведения онлайн-экспериментов, позволяющие студентам очной формы подготовиться к их выполнению, а студентам заочной и дистанционной форм обучения провести их выполнение.

### **Введение**

Цифровизация образования и использование в учебном процессе ресурсов различных цифровых ресурсов привела к необходимости переосмысления психолого-педагогических особенностей подготовки студентов по курсу физики в соответствии с индикатором достижения компетенции, связанным с владением навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности. Появление виртуальной среды обучения привело к широкому использованию имитации реальных физических явлений, появлению виртуального эксперимента, виртуальных лабораторных работ (ВЛР) и лабораторных практикумов, а также виртуальных лабораторий. В связи с этим актуальным является совершенствование методик формирования экспериментальных навыков в ходе проведения виртуальных лабораторных работ. В этих условиях важно учитывать не только предметные достижения, но и метапредметные результаты освоения учебной дисциплины «Физика», в том числе познава-

---

Дмитриев Олег Сергеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физика», e-mail: phys@tstu.ru; Осипова Ирина Анатольевна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Физика»; Исаева Ольга Вячеславовна – кандидат химических наук, доцент кафедры «Физика», ТамбГТУ, Тамбов, Россия.

тельные, коммуникативные, регулятивные (самоорганизация и самоконтроль). Студент должен уметь составлять план выполнения виртуальной лабораторной работы; определять потенциальные затруднения при решении учебных и познавательных задач и находить средства для их устранения; описывать свой опыт, оформляя его для передачи другим в виде технологии решения практических задач. Необходимо вырабатывать умение соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществляя контроль и корректировку в соответствии с изменяющейся ситуацией. Для этого важно вместе с преподавателем определять критерии планируемых результатов, систематизировать и отбирать инструменты для оценивания, уметь аргументировать причины успехов и неудач.

*Цель работы* – выявление возможности формирования профессиональных знаний и умений студентов технических вузов при выполнении виртуальных лабораторных работ по физике в условиях цифровизации образования, с учетом индикаторов достижения компетенции, поставленных основной профессиональной образовательной программой.

Первые анимационные модели физических явлений появились в 1970-х гг. XX века на основе компьютерного моделирования. В настоящее время, особенно в связи с необходимостью перехода на дистанционное обучение, разработано большое количество виртуальных лабораторных работ, используемых в процессе обучения в вузах.

Анализ отечественной [1 – 3] и зарубежной [4, 5] литературы позволяет выделить несколько типов виртуальных лабораторных работ: имитация реальных физических процессов с помощью создания компьютерных программ; выполнение лабораторных работ преподавателем с параллельной трансляцией (или по видеозаписи), сопровождая пояснениями возникающие на экране фрагменты лабораторной работы; выдача студентам инструкций и текстовых файлов по выполнению лабораторных работ, в том числе и таблицы с результатами измерений. Во всех рассматриваемых случаях студенты должны результаты экспериментов обработать самостоятельно и сделать выводы на основе знания теории и полученных результатов. Обязательно студентами оценивается точность эксперимента.

Не следует путать ВЛР с лабораторным практикумом в домашних условиях. В литературе регулярно возникает дискуссия о том, насколько хорош домашний практикум. Часть авторов считает, что его удобно использовать, наряду с ВЛР и моделированием физических процессов, в условиях дистанционного образования [2]. Оппоненты данной точки зрения [3] говорят, что в технических вузах невозможен домашний эксперимент. Он приводит к необоснованному упрощению лабораторной работы. Студент обязательно должен научиться пользоваться специальными физическими приборами, в том числе измерительными.

Не вызывает сомнения ценность и важность физического эксперимента, который не может быть ничем полноценно заменен [3, 6, 7]. Считается, что реальное проведение эксперимента в университетских лабораториях в полной мере задействует все возможности, предоставляемые деятельностным подходом в педагогике. Вместе с тем в случае удаленного обучения ВЛР является достаточно эффективным средством для достижения поставленных целей в образовании [6]. Некоторые авторы, приводя данные исследований [3], утверждают, что вполне можно заменить традиционные практические лаборатории физики на виртуальные.

Работа со студентами позволила преподавателям кафедры физики ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» (далее – ТГТУ) понять, что они с удовольствием выполняют эксперименты на реальном оборудовании, работают в группе. Виртуальная лаборатория воспринимается ими скорее как необходимость дистанционного обучения или отсутствие необходимого оборудования. Подобные наблюдения совпадают с выводами других преподавателей [1].

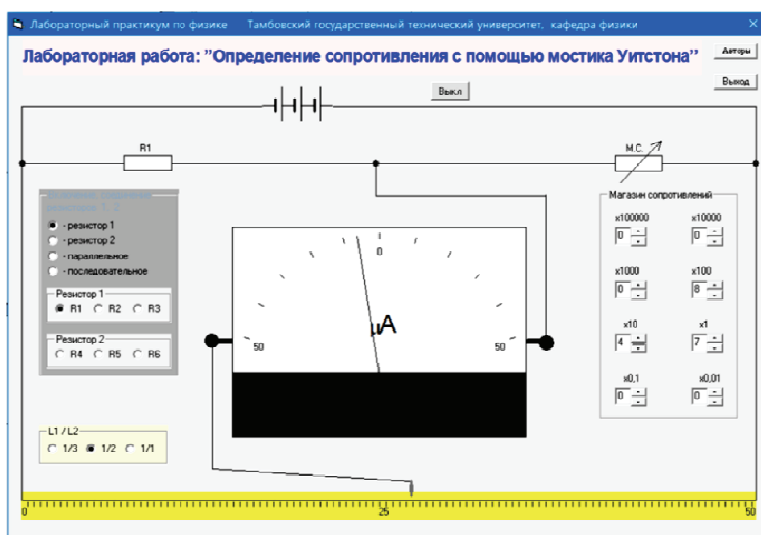
Среди положительных характеристик ВЛР выделяется возможность их использования в дистанционном формате [7]. Виртуальные лабораторные работы отличаются интерактивностью, универсальностью и многофункциональностью. Возможность провести эксперимент, который невыполним в обычных условиях; проведение серии экспериментов для вводимых различных параметров и условий; повышение мотивации обучающихся и качества обучения посредством внедрения информационных технологий в образовательный процесс – отличительная черта таких работ.

Вместе с положительными качествами ВЛР по физике автор работы [7] отмечает такие их недостатки, как отсутствие практики при работе с оборудованием; невозможность полностью заменить реальные лабораторные работы виртуальными и дистанционными; база виртуальных лабораторных работ ограничена. Среди недостатков проведения ВЛР в дистанционном формате также отмечают несамостоятельность отдельных студентов при оформлении отчета по лабораторной работе. Следует обратить внимание на то, что при выполнении ВЛР студент часто подгоняет готовую предложенную в методических указаниях к лабораторной работе теорию, к компьютерной модели, основанной на той же самой теории [8, 9]. Однако такое отношение к лабораторным работам встречается и при очном обучении.

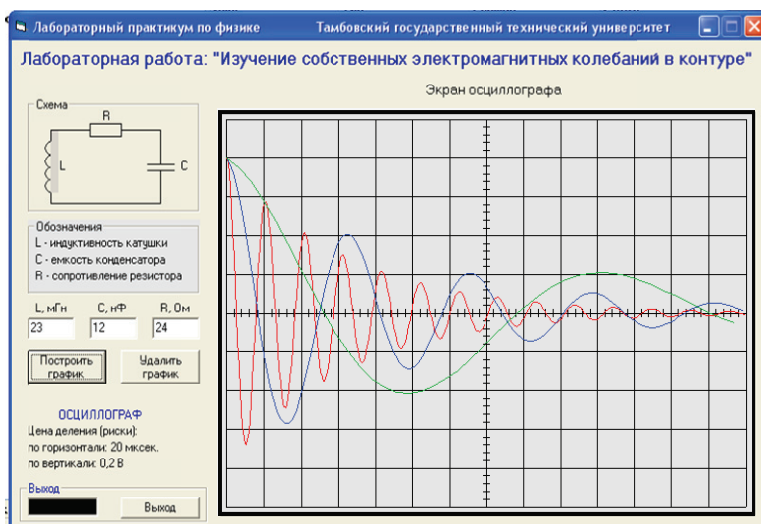
### **Концепции построения виртуальных лабораторных работ**

В Тамбовском государственном техническом университете в последние годы разработаны и внедрены в учебный процесс ВЛР по физике. В качестве примера рассмотрим некоторые из них: из раздела «Электромагнетизм» – «Определение сопротивления с помощью мостика Уитстона» и «Изучение собственных электромагнитных колебаний в контуре», полное описание которых можно найти в электронном учебном пособии [10], из раздела «Волновая оптика» – «Исследование свойств анизотропных пластинок» [11] и «Интерференция электромагнитных волн» в сантиметровом диапазоне длин волн [12].

Во всех случаях студент загружает по соответствующей ссылке экранную симуляцию выполнения лабораторных работ. В первой лабораторной работе включается схема мостика Уитстона, выбирается схема включения резисторов 1 и 2. Вид экрана компьютера представлен на рис. 1, а. Рекомендации по выбору сопротивлений даны в электронном учебном пособии [10]. Выбранное с помощью магазина сопротивлений значение резистора и наблюдаемое отклонение стрелки микроамперметра записывается в лабораторный журнал наблюдений. Затем, захватывая мышкой движок реохорда, студент двигает его вправо или влево и тем самым уравновешивает указатель равновесия, установив его на ноль. Отсчитываемое показание движка реохорда записывается в таблицу. Продолжая выполнение лабораторной работы, как указано в [10], студент тем самым полностью



а)



б)

**Рис. 1. Экранные формы ВЛР раздела «Электромагнетизм»:**  
 а – «Определение сопротивления с помощью моста Уитстона»;  
 б – «Изучение собственных электромагнитных колебаний в контуре»

имитирует реальное выполнение работы и получает навык грубого, с помощью переключателей, и точного, с помощью реохорда, уравнивания мостовой схемы.

Выполняя вторую лабораторную работу в интерактивном режиме, студент после загрузки по соответствующей ссылке экранной симуляции [10] включает схему, состоящую из резистора  $R$ , конденсатора  $C$  и катушки индуктивности  $L$ , и задает их параметры в соответствующем окне. Как результат – строится график затухающих колебаний. В соответствии с ценой деления шкалы осциллографа, указанной на экранной форме, считываются и записываются в лабораторный журнал наблюдений

значения времени нескольких, цело укладывающихся на шкале периодов колебаний, амплитуд первого и  $N$ -го колебаний. На рисунке 1, б, представлен график колебаний получающийся на экране осциллографа. Изменяя параметры колебательного контура, строится еще график на том же экране, и затем измерения повторяются в соответствии с рекомендациями.

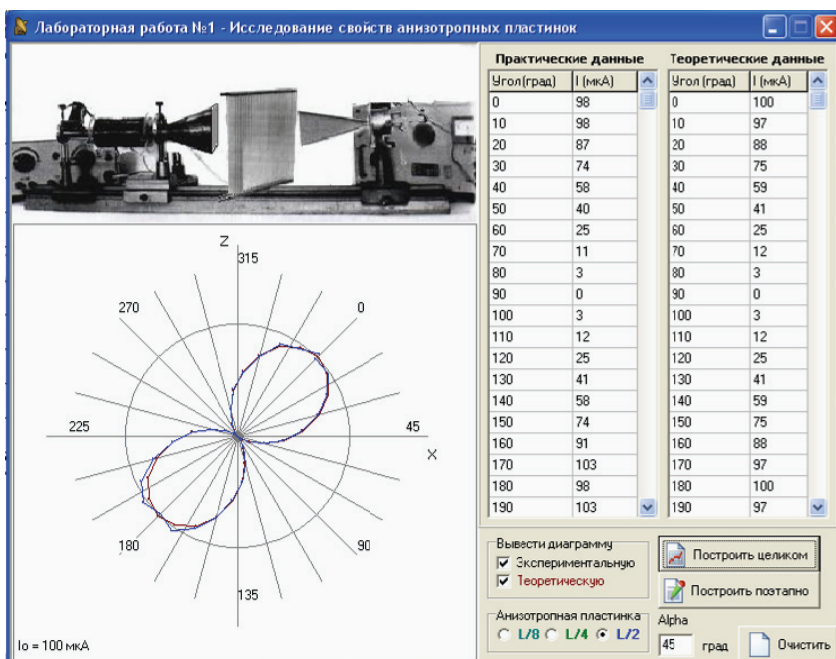
При этом на экране появится такое количество графиков, сколько было задано различных параметров контуров. На экране они представлены разным цветом. При необходимости графики можно удалить и повторить только необходимые. Это позволяет наблюдать изменение затухающих колебаний при изменении параметров контура и лучше понять принцип его работы. Если значительно увеличить значение резистора  $R$  (до нескольких кОм), то происходит срыв колебаний. Это значение записывается как критическое  $R_{кр}$  для данного колебательного контура. В результате студент полностью имитирует реальное выполнение работы. Кроме того, студент учится пользоваться осциллографом, понимать и считывать его показания. Полученные данные обрабатываются в соответствии с указаниями проведения лабораторной работы [9].

В лабораторных работах из раздела «Волновая оптика» оптические явления моделируются в сантиметровом диапазоне длин волн, позволяющем студентам на традиционно размерных объектах изучать процессы, происходящие на нанометровом уровне длин волн оптического диапазона.

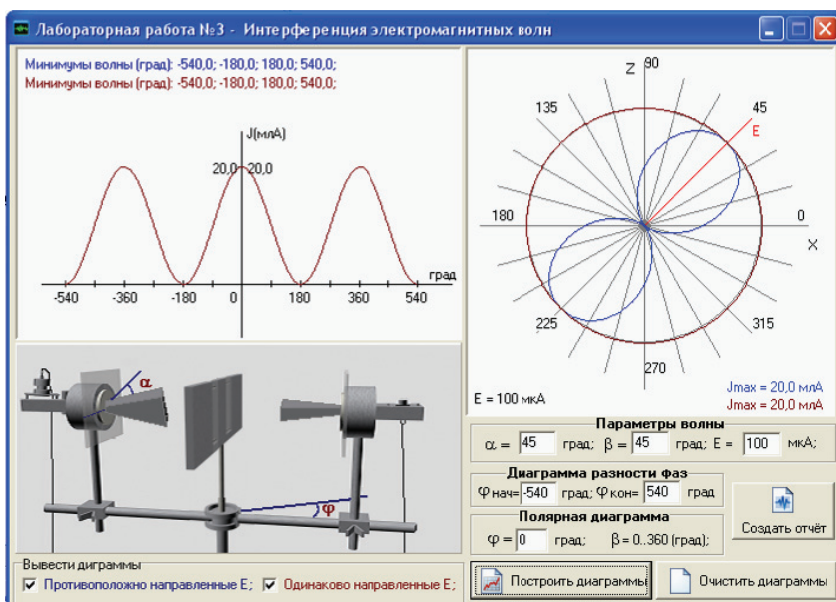
В лабораторной работе по исследованию свойств анизотропных пластинок  $\lambda/8$ ;  $\lambda/4$ ;  $\lambda/2$  [11] в реальной установке снимается зависимость интенсивности волны  $I$ , падающей на фазовую пластинку, от угла ее поворота  $\varphi$ . Функциональная зависимость  $I = I(\varphi)$  является полярной диаграммой. Выраженная в полярных координатах, она определяет характер поляризации исследуемой результирующей волны, выходящей из анизотропной пластинки. На прикрепленной фотографии можно рассмотреть установку: источник и приемник сантиметровых электромагнитных волн, являющиеся поляризатором и анализатором (рис. 2, а). Линии, перпендикулярные к широким стенкам волноводов источника и приемника, называются главными линиями поляризатора и анализатора. У источника и приемника радиоволн есть вращающиеся головки, так что источник и приемник волн могут вращаться вокруг своих продольных осей. Углы поворота источника и приемника отсчитываются по соответствующей шкале. Для измерения интенсивности волны приемник соединен с микроамперметром.

В лабораторной работе используются фазовые двоякопреломляющие пластинки для сантиметровых электромагнитных волн ( $\lambda = 3,2$  см), искусственные среды – металлоленточные структуры, которые обладают значительной анизотропией для показателя преломления и малым поглощением и представляют собой набор металлических лент толщиной 0,5 мм, находящихся на расстоянии 20 мм друг от друга. Главной «оптической осью» металлоленточной структуры считается направление, перпендикулярное к металлическим лентам структуры.

В виртуальной лабораторной работе смоделированы все нюансы реальной установки. Установив угол  $\alpha = 45^\circ$  (угол образованный главной линией поляризатора и осью  $z$  анизотропной пластинки) и «пластинку  $\lambda/8$ » между источником и приемником, снимают зависимость  $I = I(\varphi)$ . Программа позволяет построить как теоретическую, так и экспериментальную диаграммы целиком или поэтапно (см. рис. 2, а).



а)



б)

**Рис. 2. Экранные формы ВЛР раздела «Волновая оптика»:**

а – «Исследование свойств анизотропных пластинок»;

б – «Интерференция электромагнитных волн»

Имеется возможность изменять угол, образованный главной линией поляризатора и осью анизотропной пластинки, и устанавливать между источником и приемником пластинки  $\lambda/8$ ,  $\lambda/4$ ,  $\lambda/2$ .

В лабораторной работе «Интерференция электромагнитных волн» также используется модель реальной установки. Изучается сложение когерентных электромагнитных волн. Как в реальной работе, так и в ее имитации имеется возможность устанавливать параметры волны: углы  $\alpha$ ,  $\beta$  и ток  $E$ . Задаются начальная и конечная разности фаз  $\varphi$ . Строится в полярных координатах диаграмма интенсивности принимаемой волны и наблюдаются максимумы и минимумы интерференции (рис. 2, б). В центре интерференционного поля наблюдается максимум интерференции. Программное обеспечение ВЛР позволяет строить диаграммы в прямом и обратном направлениях  $E$ , наблюдать интерференционные явления и формировать отчет о выполненной работе.

### Заключение

Таким образом, на основе анализа основной профессиональной образовательной программы, регламентирующей объем и содержание подготовки студентов по курсу физики университета, наблюдения за ходом учебного процесса и изучения результатов этой деятельности предложены виртуальные лабораторные работы для студентов заочной и дистанционной формы обучения, позволяющие полностью выполнять программу обучения в случае невозможности реального выполнения лабораторных работ, а для студентов очной формы получить предварительный навык успешного выполнения лабораторных работ, что обосновывает необходимость использования ВЛР. Показаны основные типы виртуальных лабораторных работ, сформулированы их основные положительные и отрицательные качества. Выявлены педагогические условия для переноса реальной лабораторной работы в виртуальную среду.

Тем не менее авторы считают, что ВЛР не являются заменителями реальных практических работ в аудитории. Их можно использовать как элемент внеаудиторной самостоятельной работы для подготовки к реальным лабораторным работам и получения допуска к их выполнению в учебной лаборатории или при разборе на занятиях с преподавателем. Можно использовать эти работы в виде исключения для студентов заочников, находящихся в длительной командировке и не имеющих возможность присутствовать на установочных сессиях в университете, что является условием переноса реальной лабораторной работы в виртуальную среду.

Перенести реальную лабораторную работу в виртуальное пространство можно с определенными условностями. Студенты хорошо воспринимают эти условности, иногда креативно подходят к выполнению лабораторной работы, иногда модернизируют их. Такое отношение к лабораторным работам характерно для студентов специальностей, связанных с информационными технологиями.

#### *Список литературы*

1. Виртуальные лабораторные работы по физике в современной системе университетского образования / И. В. Кривенко, М. А. Смирнова, С. Р. Испирян, Г. Н. Иванов // Модернизация системы профессионального образования на основе регулируемого эволюционирования : материалы XX Междунар. науч.-практ. конф., 16 ноября 2021 г., Челябинск. – Челябинск, 2021. – С. 138 – 143.

2. Веселова, С. В. Дистанционное обучение: лабораторный практикум по физике. Дома и на природе / С. В. Веселова, Б. М. Штейн // Мир науки, культуры, образования. – 2017. – № 1 (62). – С. 187 – 190.

3. Виртуальные лабораторные работы по физике в техническом вузе / А. А. Машиньян, Н. В. Кочергина, О. В. Бирюкова, Д. Д. Бабаев // Перспективы науки и образования. – 2022. – № 4 (58). – С. 209 – 224. doi: 10.32744/pse.2022.4.13

4. Gnesdilow, D. Comparing Middle School Students' Science Explanations During Physical and Virtual Laboratories / D. Gnesdilow, S. Puntambekar // Journal of Science Education and Technology. – 2022. – Vol. 31(4). – P. 191 – 202. doi: 10.1007/s10956-021-09941-0

5. De Jong, T. Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education / T. De Jong, M. C. Linn, Z. C. Zacharia // Science. – 2013. – Vol. 340, Issue 6130. – P. 305 – 308. doi: 10.1126/science.1230579

6. Драчёв, К. А. Виртуальные лабораторные работы по физике для студентов дистанционной формы обучения / К. А. Драчёв, С. В. Губин // The Scientific Heritage. – 2020. – No. 44-1 (44). – P. 9 – 12.

7. Осипов, Д. С. Виртуальные лабораторные работы по физике: преимущества и недостатки / Д. С. Осипов // Физико-математическое и естественнонаучное образование: наука и школа. XIX Емельяновские чтения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. преподавателей высшей и средней школы, 29 апреля 2022 г., Йошкар-Ола. – Йошкар-Ола, 2022. – С. 185 – 187.

8. Шейнман, И. Л. Виртуальный лабораторный практикум по физике / И. Л. Шейнман // Современное образование: содержание, технологии, качество. – 2020. – Т. 1. – С. 274 – 276.

9. Физика. Краткий курс : электрон. учеб. пособие. – Текст: электронный / О. С. Дмитриев, О. В. Исаева, И. А. Осипова, В. Н. Холодидин. – Тамбов : Изд. центр ФГБОУ ВО «ТГТУ». – 2021. – 184 с. – URL : <https://www.tstu.ru/book/elib1/exe/2021/Dmitriev.exe> (дата обращения: 28.06.2023).

10. Барсуков, В. И. Физика. Электричество, магнетизм, волновая оптика : электрон. учеб. пособие. – Текст : электронный / В. И. Барсуков, О. С. Дмитриев, О. В. Исаева. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ». – 2016. – 96 с. – URL : <https://www.tstu.ru/book/elib1/exe/2016/Barsukov.exe> (дата обращения: 28.06.2023).

11. Молотков, Н. Я. Исследование анизотропии отражения сантиметровых электромагнитных волн от слоистой диэлектрической структуры / Н. Я. Молотков, А. В. Постульгин // Вестн. Тамб. ун-та. Серия: Естественные и техн. науки. – 2000. – Т. 5, № 1. – С. 102 – 108.

12. Молотков, Н. Я. Оптика и квазиоптика СВЧ : учеб. пособие / Н. Я. Молотков, О. В. Ломакина, А. А. Егоров. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. – 2009. – 380 с.

### References

1. Krivenko I.V., Smirnova M.A., Ispiryan S.R., Ivanov G.N. *Modernizatsiya sistemy professional'nogo obrazovaniya na osnove reguliruyemogo evolyutsionirovaniya* [Modernization of the professional education system based on controlled evolution], Proceedings of the XX International scientific and practical conference, 16 November, 2021, Chelyabinsk, 2021, pp. 138-143.

2. Veselova S.V., Shteyn B.M. [Distance learning: laboratory practice in physics. At home and in nature], *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [World of science, culture, education], 2017, no. 1 (62), pp. 187-190. (In Russ., abstract in Eng.)

3. Mashin'yan A.A., Kochergina N.V., Biryukova O.V., Babayev D.D. [Virtual laboratory work in physics in a technical university], *Perspektivy nauki i obrazovaniya*

[Perspectives of science and education], 2022, no. 4 (58), pp. 209-224, doi: 10.32744/pse.2022.4.13 (In Russ., abstract in Eng.)

4. Gnesdilov D., Puntambekar S. Comparing Middle School Students' Science Explanations During Physical and Virtual Laboratories, *Journal of Science Education and Technology*, 2022, vol. 31(4), pp. 191-202, doi: 10.1007/s10956-021-09941-0

5. De Jong T., Linn M.C., Zacharia Z.C. Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education, *Science*, 2013, vol. 340, issue 6130, pp. 305-308, doi: 10.1126/science.1230579

6. Drachov K.A., Gubin S.V. [Virtual laboratory work in physics for distance learning students], *The Scientific Heritage*, 2020, no. 44-1 (44), pp. 9-12. (In Russ., abstract in Eng.)

7. Osipov D.S. *Fiziko-matematicheskoye i yestestvennonauchnoye obrazovaniye: nauka i shkola. XIX Yemel'yanovskiye chteniya* [Physical-mathematical and natural science education: science and school. XIX Emelyanov readings], Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference of teachers of higher and secondary schools, 29 April, 2022, Yoshkar-Ola, 2022, pp. 185-187.

8. Sheynman I.L. [Virtual laboratory workshop in physics], *Sovremennoye obrazovaniye: sodержaniye, tekhnologii, kachestvo* [Modern education: content, technology, quality], 2020, vol. 1, pp. 274-276. (In Russ., abstract in Eng.)

9. <https://www.tstu.ru/book/elib1/exe/2021/Dmitriev.exe> (accessed 28.06.2023).

10. <https://www.tstu.ru/book/elib1/exe/2016/Barsukov.exe> (accessed 28.06.2023).

11. Molotkov N.Ya., Postul'gin A.V. [Study of the anisotropy of reflection of centimeter electromagnetic waves from a layered dielectric structure], *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki* [Tambov University Bulletin. Series: Natural and technical sciences], 2000, vol. 5, no. 1, pp. 102-108. (In Russ., abstract in Eng.)

12. Molotkov N.Ya., Lomakina O.V., Yegorov A.A. *Optika i kvazioptika SVCH: ucheb. posobiye* [Microwave optics and quasi-optics: textbook allowance], Tambov: Izdatel'stvo Tamb. gos. tekhn. un-ta, 2009, 380 p. (In Russ.)

---

## Experience of Using Virtual Laboratory Assignments in Physics

**O. S. Dmitriev, I. A. Osipova, O. V. Isaeva**

*Tambov State Technical University, Tambov, Russia*

**Keywords:** virtual laboratory assignment; distance learning; interactive mode; physics.

**Abstract:** The possibility of increasing the efficiency of the educational process through the introduction of information technologies is considered. Methodological aspects of the creation and use of virtual laboratory assignments intended for organizing independent study by students of various sections of physics are discussed. The experience of their use in university is presented. Screen forms of some virtual laboratory assignments for conducting online experiments, allowing full-time students, part-time students and remote students to prepare for their fulfillment are shown.

---

© O. С. Дмитриев, И. А. Осипова, О. И. Исаева, 2023