

УДК 372.853

DOI: 10.18384/2310-7219-2023-2-58-74

ФОРМИРОВАНИЕ ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ У СТУДЕНТОВ ВУЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ФИЗИКЕ

Зубова Н. В.*Московский государственный университет технологии и управления
109004, г. Москва, ул. Земляной Вал, д. 73, Российская Федерация*

Аннотация

Актуальность. Стремительное развитие информационных технологий обуславливает значимость процесса цифровизации системы образования в Российской Федерации. Цифровизация внедрила в образовательный процесс изучения физики инновационные возможности, способствующие визуализации изучаемых явлений природы, а также позволила исследовать с точки зрения решения экспериментальных задач. Приобретаемые навыки способствуют развитию личностных качеств обучающихся для их будущей профессиональной деятельности и, как следствие, формируют в них компетенции. Использование электронного лабораторного практикума на занятиях физики способствует развитию навыков экспериментального исследования естественнонаучных законов природы при изучении физики, которые формируют общепрофессиональные компетенции у студентов вузов.

Цель исследования – разработать образовательную методику включения электронного практикума в учебный процесс по физике для формирования общепрофессиональных компетенций студентов вуза.

Методы исследования. Нами были проанализированы возможности использования электронных лабораторных установок для выполнения экспериментальных исследований по физике студентами вузов. Была разработана технологическая модель организации теоретической, практической и экспериментальной частей лабораторного практикума. На основе модели описана инструкция оформления электронного лабораторного практикума в виде технологической карты. Представлен пример применения электронной лаборатории для исследования дискретности энергий атомов ртути опытами Франка и Герца, раздела квантовой физики.

Научная новизна / теоретическая и/или практическая значимость. Научная новизна нашего исследования заключается в том, что разработана методика обучения физике, основанная на применении электронного лабораторного практикума в образовательном процессе. Выявлены соответствия между знаниевым, умениевым и владениевым компонентами компетенций и задачами образовательной деятельности, обеспечивающими успешную реализацию обучения. Практическая значимость исследования заключается в приведении примера использования электронного лабораторного практикума из атомной физики, формирующего общепрофессиональные компетенции у студентов вузов.

Результаты исследования. Статистическая обработка данных педагогического эксперимента осуществлялась методом χ^2 критерия Пирсона. Она позволила оценить эффективность использования электронного лабораторного практикума при обучении студентов Московского государственного университета технологии и управления имени К. Г. Разумовского. Установлено, что студенты, изучающие курс физики с применением электронных лабораторных установок, успешно усвоили систему знаний, практических умений и способов экспериментальной деятельности, формирующих общепрофессиональные компетенции.

Вывод. Электронный лабораторный практикум способствует формированию профессиональных компетенций у студентов вуза.

Ключевые слова: электронный практикум, лаборатория физики, естественнонаучные знания, навыки, студенты вуза, общепрофессиональные компетенции

FORMATION OF UNIVERSITY STUDENTS' GENERAL PROFESSIONAL COMPETENCIES USING ELECTRONIC LABORATORY WORKSHOP IN PHYSICS

N. Zubova

*Moscow State University of Technologies and Management
ul. Zemlyanoy val, 73, Moscow, 109004, Russian Federation*

Abstract

Relevance. The rapid development of information technologies has determined the importance of the process of digitalisation of the education system in the Russian Federation. Digitalisation has introduced innovative capabilities into the educational process of studying physics, facilitating visualisation of the natural phenomena under study, as well as enabling exploration in terms of solving experimental problems. The acquired skills contribute to the development of the students' personal qualities for their future professional activity and, as a consequence, form competences in them. The use of electronic laboratory workshop in physics classes promotes the development of experimental skills for the investigation of natural science laws in the course of physics, which form university students' general professional competences.

Aim. To develop an educational methodology of including the electronic laboratory workshop into the educational process on Physics in order to form general professional competencies.

Methodology. The possibilities of using electronic laboratory facilities to conduct experimental research in physics by university students were analyzed. A technological model was developed for theoretical, practical and experimental parts of the laboratory workshop. Based on this model, the instruction for the design of an electronic laboratory workshop in the form of a technological map is described. An example of the electronic laboratory use to study energies discreteness of mercury atoms is presented by means of Frank and Hertz experiments in the section of quantum physics.

Scientific novelty / theoretical and/or practical significance. The scientific novelty of our research lies in the fact that the methodology of teaching physics based on the application of electronic laboratory practice in the educational process is developed. The correspondence between knowledge, skills, and mastery components of competences and educational activity tasks, which ensure successful implementation of learning, is revealed. Practical significance of the research lies in giving an example of using the electronic laboratory workshop from atomic physics, which forms the students' general professional competence.

Results. Statistical processing of the pedagogical experiment data was carried out by means of χ^2 Pearson criterion. It allowed us to evaluate the efficiency of the electronic laboratory workshop for the students of the Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky. It was found that the students studying the course of physics with the use of electronic laboratory units successfully mastered the system of knowledge, practical skills and ways of experimental activities, forming general professional competencies.

Conclusion. The electronic laboratory workshop contributes to the formation of university students' professional competencies.

Keywords: electronic workshop, physics laboratory, natural science knowledge, skills, university students, general professional competencies

Введение

В современном стремительно развивающемся обществе от выпускников вузов требуются предприимчивость, умение работать в потоке информации для выбора рациональных собственных профессионально-значимых решений. Изучение физики способствует демонстрации мыслительной деятельности обучающегося к анализу поставленной задачи, её качественной и количественной оценке, доведению уровня понимания от практических решений до экспериментальных подтверждений. Физическое образование способствует развитию у студентов теоретико-экспериментальных исследовательских навыков использования физических моделей в лабораторном практикуме [1; 3]. На лабораторных занятиях происходит интеграция теоретико-методологических знаний, практических умений и исследовательских навыков, формирующих общепрофессиональные компетенции будущих выпускников вузов¹.

В монографии В. С. Кима указано, что особенностью проведения виртуального физического эксперимента служит «лёгкость организации как фронтальных лабораторных работ, так и возможности решения сложных задач методом имитационного моделирования», а также «доступность организации учебного процесса обучающимися во внеучебное время, самостоятельно, на домашнем компьютере» [10].

Е. Е. Фомичева [12] отмечает, что физический эксперимент в цифровом формате обучения целесообразно изучать следующими способами: проведением видеосъёмок реальных опытов, многократного их показа; показом виртуальных и модельных опытов; проведением физического эксперимента удалённого

доступа с помощью специальных программно-аппаратных комплексов по физике, измерения параметров с последующим обсуждением результатов эксперимента.

Лабораторный практикум предполагает как классический подход к образованию, содержащий применение информационных технологий, так и требует использования основ математического анализа для количественной оценки результатов исследования. В работе Т. Б. Гольдварг и др. изложена возможность интегративного подхода «эксперимент-аналитические вычисления», основанного на применении математического пакета Maple [2]. Этот программный продукт позволяет выполнить математические преобразования, проверить выводы расчётных формул, рассчитать погрешности измерений, графические представления и оценку полученных результатов.

Значение виртуальной среды в преподавании физики показано в исследовании А. А. Машиньян, Н. В. Кочергиной, О. В. Бирюковой, Д. Д. Бабаева [8]. В своей работе авторы раскрыли значимость использования видеофильмов с демонстрациями лабораторных экспериментов, а также способ формирования умений студентов самостоятельно моделировать физические и технологические процессы, собирать экспериментальные установки и производить измерения физических величин.

В трудах А. В. Козлова отмечены апробированные инструменты, которые наиболее эффективны для педагогической практики высшей школы [6]. К ним относятся: платформа дополнительной реальности Vuforia, имеющая широкий спектр специализации; ROAR (Roar IO Inc.) – платформа, обучающая работе со звуко- и видеозаписями; ARCore, позволяющая создать дополненную реальность, наблюдаемую через камеру телефона. Подобные учебные инструменты будут определять меры дальнейшего развития высшей школы в стране и мире.

¹ Камалова Д. И., Сибгатуллин М. Э., Салахов М. Х. Методические указания к выполнению лабораторной работы по физике атомных явлений «Опыты Франка и Герца»: учебно-методическое пособие для студентов третьего курса Института физики. Казань, Казанский университет, 2013. 25 с.

Реальные условия образования не всегда удовлетворяют потребностям для организации качественного учебного процесса в лаборатории физики. Это вызвано ограниченностью аудиторного времени, отсутствием возможностей демонстраций визуально не обнаруживаемых физических процессов и явлений, протекающих в природе. В связи с этим наряду с реальным физическим оборудованием, имеющимся в лаборатории, мы предлагаем использование электронного лабораторного практикума в курсе физики.

Электронный лабораторный практикум, обладая рядом преимуществ, позволит: осуществлять выполнение экспериментальной деятельности во внеаудиторное время обучения; дополнить содержание лекционного материала демонстрациями физических явлений, не всегда наблюдаемых в реальных условиях; решать на практических занятиях экспериментальные задачи [4; 7; 9; 11].

К недостаткам использования электронной лаборатории относят: упрощённые возможности исполнения электронных установок, не позволяющих полноценно исследовать физические закономерности; наличие множества настроек, отвлекающих внимание экспериментатора от физической сути работы; программные настройки, недостаточно раскрывающие возможности исследования изучаемых объектов [8; 12; 13].

Согласно формируемым компетенциям ФГОС 3++ при изучении курса физики обучающийся должен уметь проводить физические эксперименты, владеть навыками работы с реальными приборами и лабораторными установками. Электронные лабораторные установки являются дополнением к работам, выполняемым на технической базе учебной физической лаборатории [6; 7]. Однако, как показали последние события, связанные с пандемией, виртуальные лабораторные работы могут стать на некоторое время основной формой проведения лабораторных занятий.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Цель и задачи исследования

Следует отметить, что применение электронной лаборатории значительно увеличит возможности развития экспериментальных умений, позволит проводить наблюдения и опыты по исследованию физических процессов, дополняя реально имеющуюся лабораторию вуза. В этой связи цель данного исследования состоит в том, чтобы разработать образовательную методику включения электронного практикума в учебный процесс по физике для формирования общепрофессиональных компетенций студентов вуза.

Задачи исследования включают в себя:

- анализ возможностей использования электронного лабораторного практикума в обучении физике;
- определение основных этапов реализации электронного лабораторного практикума при обучении студентов вуза;
- проверку эффективности предложенной методики.

Методология и методы исследования

Исследование опиралось на методологию системного и компетентностного подходов. Основными методами исследования выступали: теоретический анализ и синтез научной литературы, системный и сравнительный анализ, наблюдение, статистический метод обработки данных педагогического эксперимента (χ^2 критерий Пирсона).

Организация исследования и ход работы

Методика реализации электронного лабораторного практикума осуществлялась по разработанному нами алгоритму действий обучающихся на занятиях физики в вузе (рис. 1).

Выполнение лабораторной работы содержит три аспекта деятельности:

- теоретический, направленный на развитие навыков работы с информацией для освоения основ теории исследуемого физического процесса;

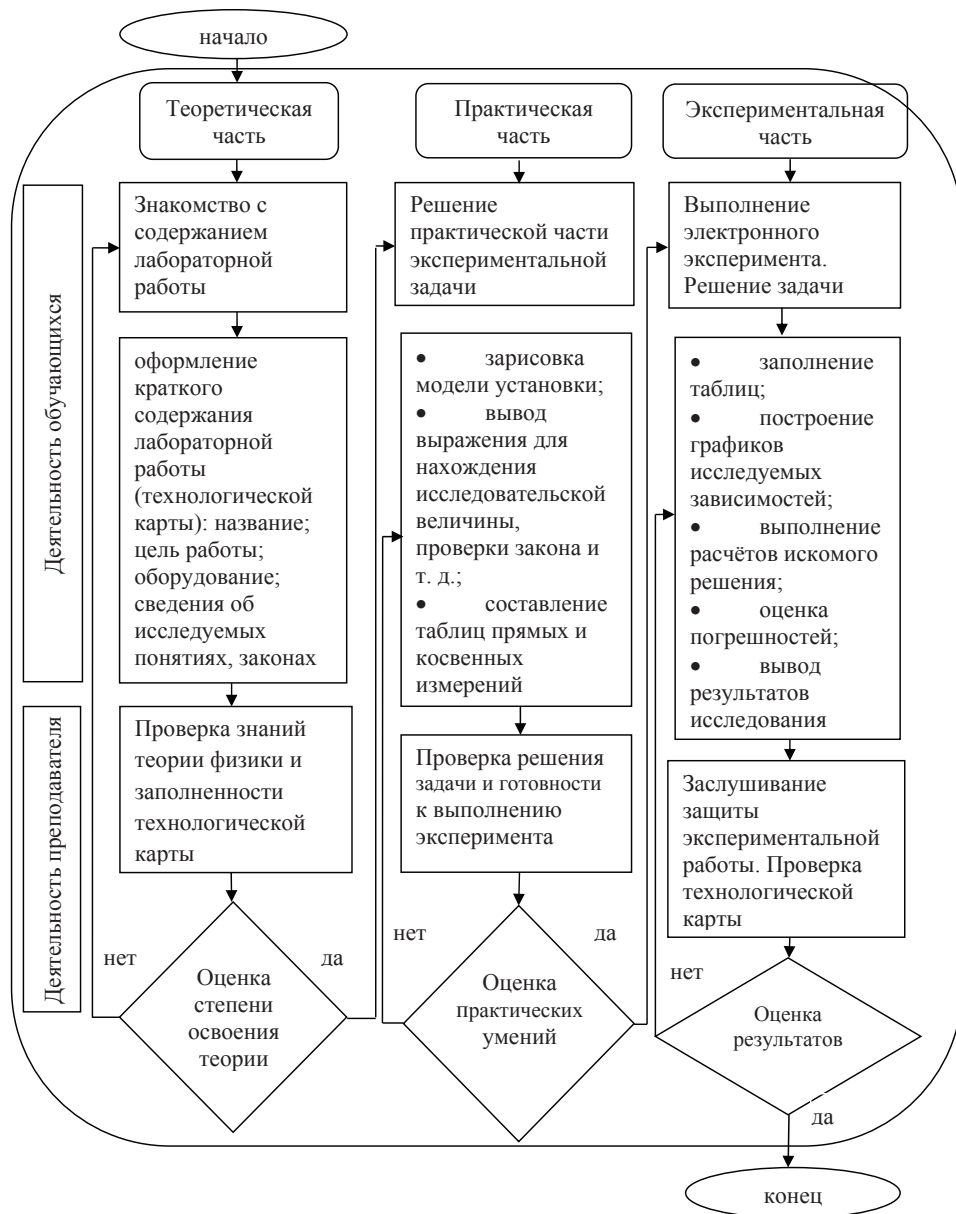


Рис. 1 / Fig. 1. Технологическая модель организации электронного лабораторного практикума / Technological model of the organization of an electronic laboratory workshop

Источник: данные автора.

– практический, ориентированный на решение экспериментальных задач для последующего расчёта физических величин;
– экспериментальный, направленный на развитие у студентов навыков использования компьютерных технологий и ра-

боты с различными электронными ресурсами в ходе выполнения эксперимента.

В педагогическом эксперименте по оценке сформированности общепрофессиональных компетенций на занятиях лабораторного электронного практикума

принимали участие студенты Московского государственного университета технологии и управления.

Нами были выбраны студенты направления подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика» для участия в педагогическом эксперименте по применению лабораторного практикума в лаборатории физики, способствующем развитию следующих компетенций:

ОПК-1 – способности применять естественнонаучные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;

ОПК-3 – способности использовать основные законы естественнонаучных

дисциплин и современные информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности¹.

Для формирования общепрофессиональных компетенций в теоретической, практической и экспериментальной частях практикума по физике студентам были поставлены задачи образовательной деятельности (табл. 1).

На каждом из этапов деятельности студентам требуется оформление отчетности выполненной работы в виде заполнения технологической карты (табл. 2).

¹ Приказ Министерства образования и науки РФ от 19.09.2017 № 922 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика».

Таблица 1 / Table 1

Способы формирования компонентов общепрофессиональных компетенций при работе в электронной лаборатории / Methods of forming components of general professional competencies when working in an electronic laboratory

Деление содержания лабораторного практикума на части	Задачи образовательной деятельности, обеспечивающие целедостижения в учебном процессе лаборатории физики	Компоненты компетенций формируемые при обучении физики ОПК-1, ОПК-3
Теоретическая	• познание законов, понятий, явлений естественнонаучной природы исследуемых процессов; • освоение методов поиска рациональных решений экспериментальных физических задач; • изучение базовых математических приёмов для выводов экспериментальных зависимостей и оценки погрешностей измерений физических величин	знаниевый
Практическая	• использование информационных ресурсов в подготовке к выполнению лабораторной работы; • применение знаний естественнонаучной картины мира в решении экспериментальных задач; • применение методов математического анализа и моделирования физических процессов в экспериментальных исследованиях	умениевый
Экспериментальная	• организация экспериментальной деятельности по применению законов физики для получения собственных решений, поставленных задач; • осуществление последовательности приёмов, способов, методов научного исследования в опытно-экспериментальной работе; • формирование навыков исследовательской деятельности	владениевый

Источник: данные автора.

Таблица 2 / Table 2

Шаблон технологической карты / Technological map template

Лабораторная работа № _____
Название лабораторной работы

Цель работы: _____

Задачи исследования	Пояснения и указания	Иллюстрация лабораторного эксперимента
Теоретическая часть		
Объяснить суть эксперимента	Формулировка законов, понятий, исследуемых в работе	Модель экспериментальной установки
Практическая часть		
Вывод формул для получения искомых зависимостей	Решение экспериментальных физических задач	Рисунки, графики, поясняющие эксперимент
Экспериментальная часть		
Порядок выполнения лабораторного эксперимента	Этапы выполнения лабораторной работы. Расчёты косвенно измеренных величин	Таблицы, графики из полученных экспериментальных измерений

Вывод: _____

Источник: данные автора.

Технологическая карта должна содержать обзор выполненной работы: краткие теоретические сведения и иллюстрацию этапов деятельности лабораторной работы.

Информацию, включаемую в карту, студенты отбирают самостоятельно, что требует дифференциально-интегрального овладения всеми этапами выполняемой экспериментальной деятельности в электронной лаборатории физики.

Рассмотрим применение методики использования электронного практикума с помощью эмулятора физической лаборатории в командной строке на примере раздела атомной физики. Электронный физический эмулятор содержит набор лабораторных установок из раздела атомной физики, позволяющих экспериментально изучить темы: «Законы теплового излучения», «Дискретность энергетических состояний атома», «Внешний фотоэффект», «Излучение спектра атома ртути». Одной из первых тем этого раздела служит «Дискретность атомных состоя-

ний вещества». Опишем этапы выполнения студентами работы электронного практикума, моделирующей опыты Д. Франка и Г. Герца (рис. 3).

Экспериментальные исследования Франка и Герца формируют у студентов представления о дискретности энергии, характеризующей атомные состояния, и тем самым подтверждают справедливость квантовых постулатов Бора. В ходе выполнения работы снималась анодно-сеточная характеристика в процессе столкновения электронов с газом, наполняющим лампу лабораторной установки (рис. 2).

В трубке, наполненной парами газа, имеются катод (К), сетка (С) и анод (А). Электроны вылетают из катода вследствие термоэлектронной эмиссии, попадают в электрическое поле, ускоряясь разностью потенциалов U_0 , движутся к сетке. В области между сеткой и анодом приложено задерживающее напряжение U_3 , замедляющее движение электронов. Изменение напряжений U_0 и U_3 осу-

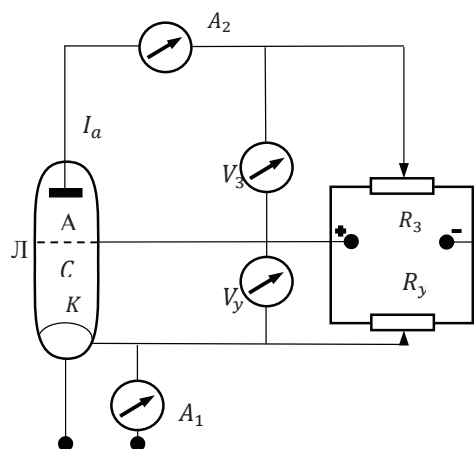


Рис. 2 / Fig. 2. Схема экспериментальной установки Франка и Герца / Scheme of the Frank and Hertz experimental installation

Источник: данные автора.

ществлялось потенциометрами R_1 и R_2 . Количество электронов, вылетевших из катода и достигших анода, регистрировалось амперметрами A_1 и A_2 (рис. 2). В опытах Франка и Герца столкновение электронов происходило с атомами паров ртути при давлении около 1 мм. рт. ст.

Освоение учебного материала курса квантовой физики о дискретности состояний вещества на примере опытов Франка и Герца осуществлялось с помощью электронной установки. Модель лабораторной установки опытов Франка и Герца позволила выполнить серию опытов по исследованию вольтамперной зависимости значений анодного тока I_a от ускоряющего напряжения на сетке U_y за счёт изменения сопротивления на реостате (рис. 3).

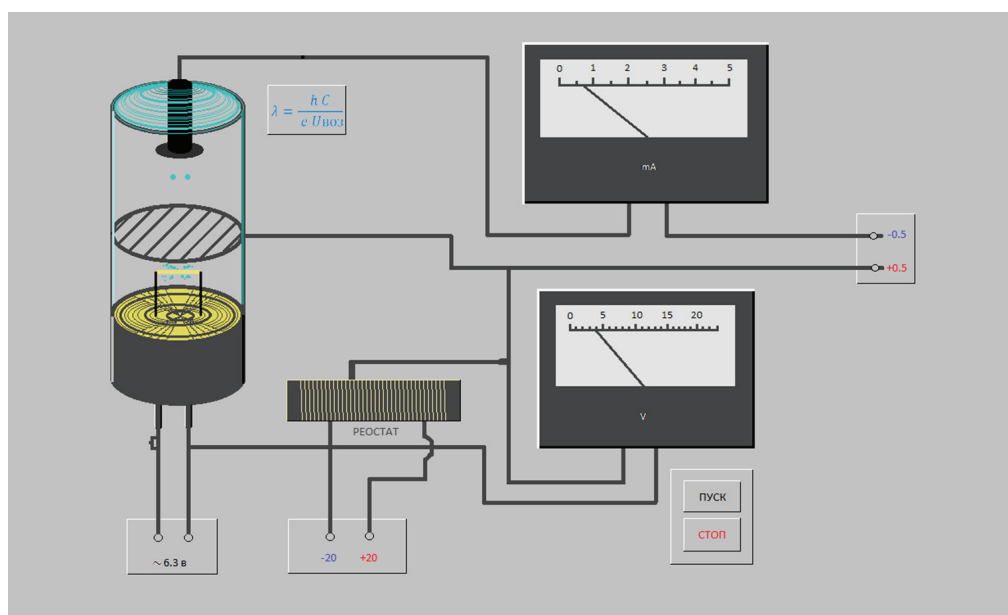


Рис. 3 / Fig. 3. Электронная установка опытов Франка и Герца / Electronic installation for Frank and Hertz experiments

Источник: данные автора.

Графическое представление результатов исследования Франка и Герца позволи-

ли выявить монотонности роста, убывания и экстремумы функции $I_a = f(U_y)$ (рис. 4).

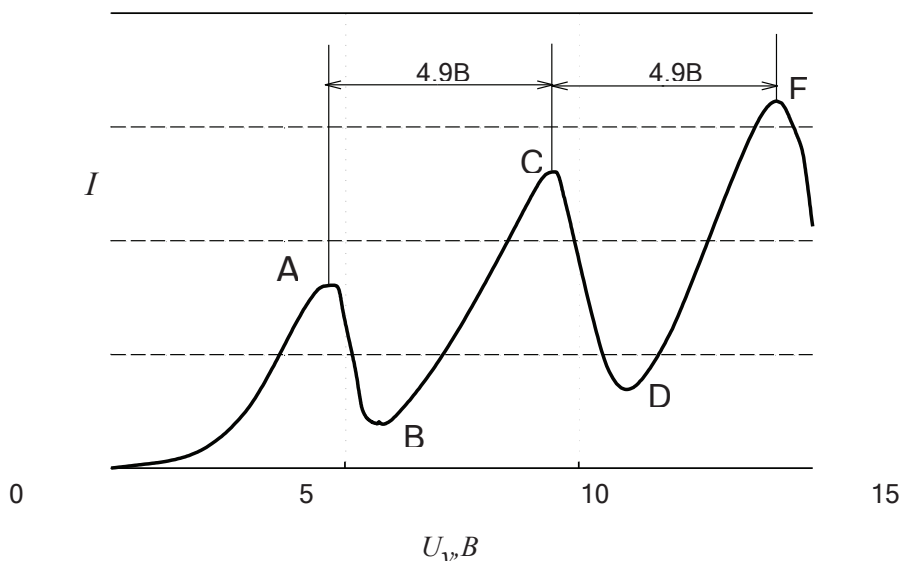


Рис. 4 / Fig. 4. Вольтамперная зависимость из опытов Франка и Герца / Voltage dependence from the experiments of Frank and Hertz

Источник: данные автора.

Полученный опытным путём график позволил рассчитать разность ускоряющих напряжений между двумя соседними максимумами функции. Сравнение значе-

ний с потенциалами возбуждения некоторых газов, представленных в таблице 3, определяет вид инертного газа, применённого в опытной установке Франка и Герца.

Таблица 3 / Table 3

Потенциалы возбуждения инертных газов / Excitation potentials of inert gases

Газ	H ₂	He	Ne	Ar	Kr	Xe	Hg	Cs
(В)	11,2	20,9	16,6	11,6	10,0	8,5	4,9	1,4

Источник: составлено автором публикации [5].

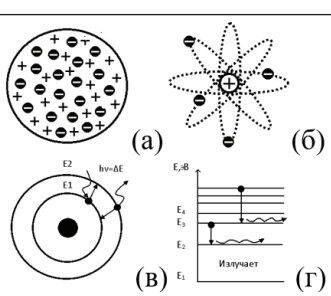
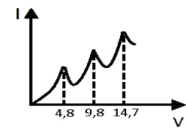
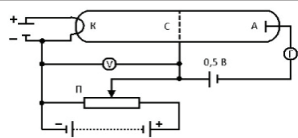
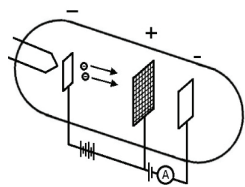
Проведение экспериментальной деятельности по реализации опытов Франка и Герца с помощью электронной лабораторной установки разделялось на отдельные части (табл. 2). Представим фрагментарно возможный план оформления технологической карты исследуемых данных (табл. 4).

После заполнения теоретической части технологической карты студентам следует быть готовыми к ответам на контрольные вопросы:

1. Какой смысл несёт фраза: «Энергия электрона в атоме квантуется»?
2. В чём различие понятий потенциала ионизации и потенциала возбуждения?
3. Какие участки вольтамперной зависимости $I_a = f(U_y)$ объясняются упругими и неупругими взаимодействиями электронов с атомами паров газов?
4. Какие физические величины позволяют определить экспериментальные данные ΔU_y и ΔI_a , полученные из экстремумов исследуемой Франком и Герцем функции?

Таблица 4 / Table 4

Фрагмент технологической карты лабораторной работы «Опытов Франка и Герца»
(теоретическая часть) / A fragment of the technological map of the laboratory work
«Frank and Hertz Experiments» (theoretical part)

Лабораторная работа «Опыты Франка и Герца» Цель работы: определение дискретных энергетических уровней атома с помощью установки Франка и Герца.		
Задачи исследования	Пояснения и указания	Иллюстрация эксперимента
Теоретическая часть		
Предшествующие знания необходимые для выполнения эксперимента	1) понятия модели атома по Томсону и Резерфорду; 2) постулаты Бора. Пояснение формулы $\hbar\omega = E_n - E_m$, где $\hbar\omega$ – энергия поглощения (излучения) одного фотона; E_n, E_m – энергии стационарных состояний до поглощения (излучения) и после;	 Рис. 5 / Fig. 5. Модели атома (а, б), постулаты Бора (в, г) / Atom models (a, b), Bohr's postulates (c, d) Источник: данные автора.
Объяснение сути эксперимента	3) суть опытов Франка и Герца объясняющие дискретную природу энергетических атомных состояний вещества с помощью вольтамперной функцией;	 Рис. 6 / Fig. 6. Вольтамперная зависимость Франка и Герца / Current-voltage dependence of Frank and Hertz Источник: данные автора.
Описание схемы установки	4) общий вид установки; 5) назначение вакуумной лампы, наполненной парами исследуемого газа;	 Рис. 7 / Fig. 7. Схема установки Франка и Герца / Frank and Hertz installation scheme Источник: данные автора.
Анализ вольтамперной характеристики в опытах Франка и Герца	6) физический смысл процессов взаимодействия электронов с атомами в лампе, обуславливающий область возрастания, убывания и «скачки» функции $I_a = f(U_p)$; 7) установление связи между механическими и электрическими законами физики, объясняющими дискретность атомных состояний вещества.	 Рис. 8 / Fig. 8. Лампа, наполненная исследуемым газом / A lamp filled with the test gas Источник: данные автора.

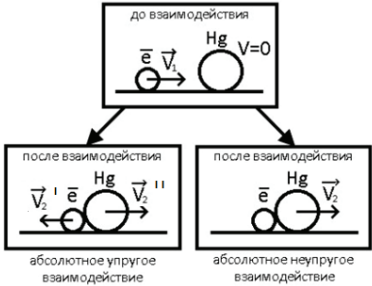
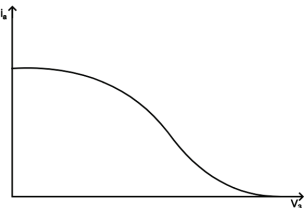
Источник: данные автора.

5. Как изменится график функции $I_a=f(U_y)$ при смене одного газа в трубке другим?

Нахождение ответов на вопросы теоретической части лабораторного практикума свидетельствует о знании основных закономерностей дискретной природы атомов, умении находить рациональные решения, оценивать полученные результаты, исследовать процессы, протекающие в лампе. Полнота и правильность ответов студентов позволяют оценить уровень их подготовленности к выполнению практической части эксперимента, а также результат сформированности знаниявого компонента компетенций (табл. 5).

Таблица 5 / Table 5

Фрагмент технологической карты лабораторной работы «Опытов Франка и Герца» (практическая часть) / A fragment of the technological map of the laboratory work “Frank and Hertz Experiments” (practical part)

Задачи исследования	Пояснения и указания	Иллюстрация эксперимента
Практическая часть		
Вывод формул для получения искомых зависимостей	Решение практических задач, ответы которых применимы в анализе и расчёте эксперимента: 1) на основе законов сохранения энергии и импульса частиц оценка энергии, которая может быть передана электроном атому при упругом и неупругом столкновении: $(E_{ат})_{max} = (E_{эл})_0 \frac{M}{m_{эл} + M},$ где $(E_{ат})_{max}$ – максимально возможное значение энергии атома после неупругого взаимодействия, $(E_{эл})_0$ – начальная энергия электрона, M – масса атома ртути, m_e – масса электрона. С учётом оценки отношения масс M/m_e, $\Delta E_{эл} = (E_{эл})_0 \frac{4m_{эл}}{M},$ где $\Delta E_{эл}$ – изменение кинетической энергии электрона; 2) с помощью теории столкновения частиц определить эффективное сечение неупругих столкновений между электроном и атомом: $\sigma = \frac{\Delta k T}{Ilp}$, где I – анодный ток, l – расстояние катод-сетка, p – давление газа при заданной температуре T, а $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана	 Рис. 9 / Fig. 9. Абсолютно упругое и неупругое взаимодействие электрона с атомом инертного газа / Absolutely elastic and inelastic interaction of an electron with an atom of an inert gas Источник: данные автора.
		 Рис. 10 / Fig. 10. Зависимость анодного тока от задерживающего потенциала, если ускоряющий потенциал $U_y > U_3$ / The dependence of the anode current on the retarding potential, if the accelerating potential $U_y > U_3$ Источник: данные автора.

Источник: данные автора.

Проверка практических умений, полученных при выполнении заданий второй части лабораторного практикума, может содержать задачу следующего типа: «В результате взаимодействия электронов с атомами инертного газа, наполняющими лампу, происходило неупругое рассеивание. Эксперимент проводили при разных температурах. При T_1 давление паров газа p_1 , температуре T_2 соответствовала p_2 . Определить среднее эффективное сечение, учитывая, что расстояние от катода до сетки l ».

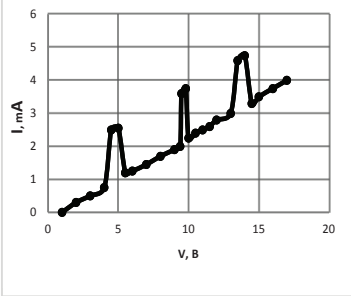
Для решения задачи студентам следует ввести понятие эффективного сечения неупругого рассеивания частиц и применить знания в нахождении искомой величины. Успешное решение предложенной задачи свидетельствует о сформированности умениявого компонента компетенций.

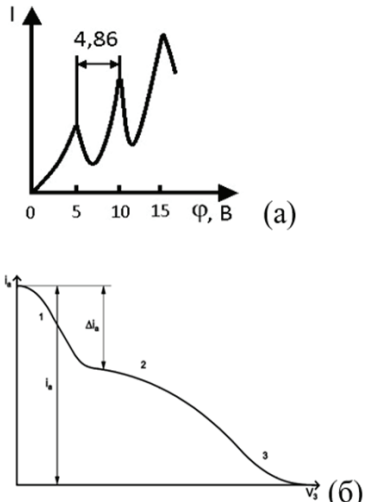
Выполнение экспериментальной деятельности с помощью электронного лабораторного практикума позволило сформировать у студентов навыки экспериментального исследования естественнонаучных законов природы на примере дискретности атомов вещества. Планирование и реализация экспериментальной деятельности способствует формированию владениевого компонента компетенций.

Технологическая карта, заполненная студентом (табл. 6), должна содержать подробную информацию об эксперименте. Объем содержания технологической карты может включать несколько страниц. При её заполнении должно быть уделено внимание заполнению иллюстративной колонки таблицы, которая позволит подробно разобраться в осо-

Таблица 6 / Table 6

Фрагмент технологической карты лабораторной работы «Опыты Франка и Герца» (экспериментальная часть) / A fragment of the technological map of the laboratory work “Frank and Hertz Experiments” (experimental part)

Задачи исследования	Пояснения и указания	Иллюстрация эксперимента
Экспериментальная часть		
Порядок выполнения лабораторного эксперимента	Эксперимент заключается в получении вольтамперной характеристики, для этого необходимо: 1) изучение принципа работы электронной лабораторной установки (рис. 3); 2) исследование зависимости ускоряющего напряжения на сетке от анодного тока, построение графика функции $I_a=f(U_y)$ на миллиметровой бумаге;	Зависимость анодного тока от ускоряющего напряжения  Рис. 11 / Fig. 11. Экспериментальная зависимость $I_a=f(U_y)$ полученная с помощью электронной лабораторной установки / Experimental dependence $I_a=f(U_y)$ obtained using an electronic laboratory setup Источник: данные автора.

Нахождение физических величин из проделанного опыта	3) определение разности напряжений между соседними максимумами построенного графика. Рассчитать и сравнить полученное значение с потенциалами возбуждения некоторых газов, представленных в таблице 3. Определение вида инертного газа, используемого в опыте; 4) расчёт длины волны, соответствующей резонансному потенциалу; 5) нахождение разности анодных токов, которая пропорциональна концентрации электронов испытывающих неупругие взаимодействия с парами атомов ртути	 Рис. 12 / Fig. 12. а) Нахождение резонансного потенциала; б) Зависимость анодного тока от задерживающего потенциала, если ускоряющий потенциал / a) Finding the resonant potential; b) The dependence of the anode current on the retarding potential, if the accelerating potential <i>Источник: данные автора.</i>
Вывод: выполненная экспериментальная работа позволила обнаружить зависимость анодного тока от ускоряющего напряжения с помощью лабораторной установки Франка и Герца, а также рассчитать величины, обнаруживающие дискретную природу энергий атомов вещества		

Источник: данные автора.

бенностях выполненной лабораторной работы. Письменное самостоятельное оформление работы позволит студентам подробно ознакомиться и распределить теоретическую, практическую и экспериментальную части работы. Выполнение работы позволит сформировать знания, умения и владение компонентами общепрофессиональных компетенций, осваиваемых при изучении физики.

Результаты исследования

Проверка эффективности методики использования электронного лабораторного практикума в вузе осуществлялась с помощью педагогического эксперимента. Применялся статистический расчёт данных эксперимента на основе χ^2 критерия Пирсона

для двух групп студентов по результатам выполненных контрольных работ.

В эксперименте принимали участие две группы студентов второго курса МГУТУ им. К. Г. Разумовского (ПКУ). Контрольная группа студентов составляла выборку из 28 участников, обучающихся в лаборатории по традиционной методике изучения физики. В экспериментальной группе присутствовало 28 испытуемых, осваивающих практикум по предложенной нами методике. Контрольная группа обозначается выборкой А, экспериментальная – выборкой Б.

В соответствии с условиями применения двухстороннего χ^2 критерия Пирсона проводился статистический расчёт $T_{\text{набл}}$ критерия по формуле:

$$T_{\text{набл}} = \frac{1}{n_1 \cdot n_2} \sum_{i=1}^c \frac{(n_1 Q_{2i} - n_2 Q_{1i})^2}{Q_{1i} + Q_{2i}} \quad (1)$$

где n_1 и n_2 – объёмы выборок; Q_{1i} – число респондентов контрольной группы; Q_{2i} – число респондентов экспериментальной группы.

Значение критического критерия $T_{\text{крит}}$ определили по таблице [10] с учётом числа степеней свободы:

$$v = C - 1, \quad (2)$$

где C – категории выборок.

Для количественной оценки результатов педагогического эксперимента необходимо сравнить численные значения $T_{\text{набл}}$ с табличными данными $T_{\text{критич}}$, учи-

$$T_{\text{набл}} = \frac{1}{n_1 \cdot n_2} \left(\frac{(n_1 Q_{21} - n_2 Q_{11})^2}{Q_{11} + Q_{21}} + \frac{(n_1 Q_{22} - n_2 Q_{12})^2}{Q_{12} + Q_{22}} + \frac{(n_1 Q_{23} - n_2 Q_{13})^2}{Q_{23} + Q_{13}} + \frac{(n_1 Q_{24} - n_2 Q_{14})^2}{Q_{14} + Q_{24}} \right) \quad (3)$$

Из полученных результатов $T_{\text{набл}} < T_{\text{критич}}$ ($6,19 < 7,815$) следует, что между исследуемыми выборками статистически значимого различия нет, т. е. группы однородны.

Выдвинутая гипотеза содержала предположение о том, что наибольшей эффективностью обладает использование электронного практикума в лаборатории физики по сравнению с традиционным подходом в преподавании. Результатом эффективного обучения служит развитие общепрофессиональных компетенций.

Оценка сформированности общепрофессиональных компетенций осуществлялась с помощью контроля знаний и экспериментальных умений, приобретённых при выполнении лабораторной работы. После участия в педагогическом эксперименте студентам была предложена контрольная работа, содержащая три группы заданий:

I. Проверка знаниевого компонента компетенций:

1. Объяснить опытные наблюдения Джеймса Франка и Густава Герца, посвящённые квантовой природе атома.

тывая уровень значимости $\alpha = 0,05$ статистического вывода.

Статистический расчёт результатов педагогического эксперимента χ^2 с помощью критерия Пирсона осуществлялся в два этапа: проверки однородности испытуемых групп и оценки справедливости выдвинутой гипотезы.

Проверка однородности групп осуществлялась на основе вводного контроля оценкой остаточных знаний школьного курса физики. Результаты выполненных работ оценивались по пятибалльной шкале. Для расчёта эмпирического $T_{\text{набл}}$ критерий Пирсона формула (1) приняла вид:

2. Составить схему эксперимента. Представить модель электронной лабораторной установки исследуемых опытов.

3. Объяснить, что называют резонансным потенциалом, какова его связь с энергией первого возбуждённого состояния атома ртути.

II. Проверка умениявого компонента компетенций:

1. Вывести зависимость доли энергии электрона, переданной атому при упругом и неупругом соударении.

2. Получить выражение для расчёта длины волны, соответствующей резонансному потенциалу.

III. Проверка владениевого компонента компетенций:

1. Описать вид графика функции $f(U) = I(U)$ вольтамперной характеристики двух и трёхэлектронной лампы при создании в ней вакуума.

2. Объяснить изменения, происходящие в графике вольтамперной зависимости $I(U)$, при увеличении и уменьшении задерживающего потенциала.

Оценку контрольной работы в группах проводили по пятибалльной шкале. Результаты выполненных работ студентами обеих выборок представлены в таблице 7.

Таблица 7 / Table 7

Результаты контрольной работы / Results of the test

	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
Выборка А	$Q_{11}=2$	$Q_{12}=4$	$Q_{13}=13$	$Q_{14}=9$
Выборка Б	$Q_{21}=2$	$Q_{22}=5$	$Q_{23}=11$	$Q_{24}=10$

Источник: данные автора.

Для проверки гипотезы χ^2 критерием Пирсона на основе данных выполненной работы рассчитали значение статистического критерия $T_{\text{набл}}$ по формуле (3):

$$T_{\text{набл}} = \frac{1}{n_1 \cdot n_2} \left(\frac{(n_1 Q_{21} - n_2 Q_{11})^2}{Q_{11} + Q_{21}} + \frac{(n_1 Q_{22} - n_2 Q_{12})^2}{Q_{12} + Q_{22}} + \frac{(n_1 Q_{23} - n_2 Q_{13})^2}{Q_{23} + Q_{13}} + \frac{(n_1 Q_{24} - n_2 Q_{14})^2}{Q_{14} + Q_{24}} \right) = 6,37 \quad (4)$$

Согласно условию применения двухстороннего χ^2 критерия для степеней свободы, рассчитанных по формуле (2), по таблице [10] определили $T_{\text{критич}} = 7,815$. Отсюда следует неравенство $T_{\text{критич}} > T_{\text{набл}}$ ($7,815 > 6,37$). В соответствии с принципом принятия решения для χ^2 критерия, получили достоверный результат подтверждающей справедливость выдвинутой гипотезы, т. е. использование электронного лабораторного практикума на занятиях позволило повысить эффективность преподавания физики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами была разработана методика включения электронного лабораторного практикума в учебный процесс по физике для формирования общепрофессиональных компетенций студентов вуза. Последовательность образовательной деятельности представлена в виде технологической модели организации лабораторного практикума, а практическая реализация методики представлена на примере лабораторной работы раздела «Атомная физика».

Отчёт выполненной учебной деятельности студентов формируется в

работы рассчитали значение статистического критерия $T_{\text{набл}}$ по формуле (3):

технологической карте, содержащей теоретическую, практическую и экспериментальные части исследовательской деятельности. Помимо описательной и расчётной составляющей отчёта, особое внимание уделяется иллюстрации эксперимента. В технологическую карту вносятся схемы установок, рисунки, графики, позволяющие визуализировать технические объекты и физические явления, изучаемые в лаборатории физики.

Результаты разработанной методики были оценены статистическим расчётом данных χ^2 критерия Пирсона, полученных из педагогического эксперимента. Использование электронного лабораторного практикума в обучении физике показали увеличение уровня сформированности знаниевого, умениявого и владениевого компонентов общепрофессиональных компетенций у студентов вуза. Это свидетельствует об улучшении эффективности образовательного процесса. Сформированность общепрофессиональных компетенций обуславливает уровень подготовленности конкурентоспособных специалистов на рынке труда.

Дата поступления в редакцию 14.12.2022

ЛИТЕРАТУРА

1. Аношина О. В. Виртуальный лабораторный практикум: преимущества и недостатки // Новые информационные технологии в образовании и науке. 2019. № 2. С. 46–52.
2. Гольдварг Т. Б., Петрович Э. В., Сумьянова Е. В. Методика преподавания лабораторного практикума общей физики в высшей школе // Современное педагогическое образование. 2020. № 10. С. 41–45.

3. Даммер М. Д., Никитина Т. В. Содержание и целевые ориентиры физического практикума с применением цифрового лабораторного оборудования // Учебный эксперимент в образовании. 2022. № 3 (103). С. 40–52.
4. Дорожкин Е. М., Изюрова Я. С. Роль электронной информационно-образовательной среды в системе высшего образования // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. 2022. № 2. С. 71–85.
5. Zubova N. V. Исследовательский метод изучения физики как способ формирования общепрофессиональной компетенции у студентов вузов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика, психология. 2022. № 3. С. 24–30.
6. Козлов А. В. Виртуальная и дополненная реальности в высшем техническом образовании // Современное педагогическое образование. 2023. № 2. С. 111–114.
7. Ким В. С. Виртуальные эксперименты в обучении физике: монография. Уссурийск: Издательство Филиала Дальневосточного федерального университета, 2012. 184 с.
8. Машиный А. А., Кочергина Н. В., Бирюкова О. В. Виртуальные лабораторные работы по физике в техническом вузе // Перспективы науки и образования. 2022. № 4 (58). С. 209–224.
9. Половникова Л. Б. Виртуальный лабораторный практикум как средство формирования научно-исследовательских компетенций будущего инженера // Современные наукоёмкие технологии. 2020. № 4. Ч. 2. С. 311–316.
10. Рязанский В. П. Модифицированный критерий Пирсона в экономических исследованиях // Фундаментальные исследования. 2016. № 9–2. С. 419–423.
11. Сорокин А. А., Коваленко Р. А., Яковлева Е. А. Вопросы эффективности усвоения учебного материала при работе с программными лабораторными комплексами // Актуальные вопросы современной педагогики: XIII Международная научная конференция / Казань, 20–27 июня 2020 г. / под ред. И. Г. Ахметова. Казань: Молодой учёный, 2020. С. 63–66.
12. Фомичева Е. Е. Виртуальные лабораторные работы в дистанционном обучении физике // Мир науки, культуры, образования. 2022. № 1 (92). С. 64–69.
13. Abushkin Kh. Kh., Kharitonova A. A., Khvastunov N. N. Theoretical-methodological bases of formation of logic of universal educational activities in physics lessons // Revista publicando. 2018. Vol. 5. № 17. P. 17–24.

REFERENCES

1. Anoshina O. V. [Virtual laboratory workshop: advantages and disadvantages]. In: *Novye informacionnye tekhnologii v obrazovanii i nauke* [New information technologies in education and science], 2019, no. 2, pp. 46–52.
2. Goldvarg T. B., Petrovich E. V., Sum'yanova E. V. [Methods of teaching laboratory practice of general physics in higher education]. In: *Sovremennoe pedagogicheskoe obrazovanie* [Modern Pedagogical Education], 2020, no. 10, pp. 41–45.
3. Dammer M. D., Nikitina T. V. [The content and targets of a physical workshop using digital laboratory equipment]. In: *Uchebnyj eksperiment v obrazovanii* [Educational experiment in education], 2022, no. 3 (103), pp. 40–52.
4. Dorozhkin E. M., Izyurova Ya. S. [The role of the electronic information and educational environment in the system of higher education]. In: *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Pedagogika* [Bulletin of the Moscow State Regional University. Series: Pedagogy], 2022, no. 2, pp. 71–85.
5. Zubova N. V. [Research method of studying physics as a way to form general professional competence among university students]. In: *Vektor nauki Tol'yatinskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pedagogika, psihologiya* [Vector of Science of Togliatti State University. Series: Pedagogy, psychology], 2022, no. 3, pp. 24–30.
6. Kozlov A. V. [Virtual and augmented reality in higher technical education]. In: *Sovremennoe pedagogicheskoe obrazovanie* [Modern pedagogical education], 2023, no. 2, pp. 111–114.
7. Kim V. S. *Virtual'nye eksperimenty v obuchenii fizike: monografiya* [Virtual experiments in teaching physics: monograph]. Ussuriysk, Publishing House of the Branch of the Far Eastern Federal University, 2012. 184 p.

8. Mashinyan A. A., Kochergina N. V., Biryukova O. V. [Virtual laboratory work in physics in a technical university]. In: *Perspektivy nauki i obrazovaniya* [Prospects of science and education], 2022, no. 4 (58), pp. 209–224.
9. Polovnikova L. B. [Virtual laboratory workshop as a means of developing research competencies of a future engineer]. In: *Sovremennye naukoymkie tekhnologii* [Modern science-intensive technologies], 2020, no. 4, pt. 2, pp. 311–316.
10. Ryazanskij V. P. [Modified Pearson criterion in economic research]. In: *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], 2016, no. 9–2, pp. 419–423.
11. Sorokin A. A., Kovalenko R. A., Yakovleva E. A. [Issues of the effectiveness of assimilation of educational material when working with software laboratory complexes]. In: Ahmatov I. G., ed. *Aktual'nye voprosy sovremennoj pedagogiki: XIII Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya / Kazan', 20–27 iyunya 2020 g.* [Topical issues of modern pedagogy: XIII International Scientific Conference / Kazan, June 20–27, 2020]. Kazan, Molodoy uchyonyj Publ., 2020, pp. 63–66.
12. Fomicheva E. E. [Virtual laboratory work in distance learning physics]. In: *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [World of science, culture, education], 2022, no. 1 (92), pp. 64–69.
13. Abushkin Kh. Kh., Kharitonova A. A., Khvastunov N. N. Theoretical-methodological bases of formation of logic of universal educational activities in physics lessons. In: *Revista publicando*, 2018, vol. 5, no. 17, pp. 17–24.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Зубова Наталья Валерьевна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры физики Московского государственного университета технологии и управления им. Г. К. Разумовского (ПКУ);
e-mail: n.v.zubova@mgutn.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Natalia V. Zubova – Cand. Sci. (Pedagogy), Assoc. Prof. of the Department of Physics, Moscow State University of Technologies and Management named after G. K. Razumovsky (PKU);
e-mail: n.v.zubova@mgutn.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Зубова Н. В. Формирование общепрофессиональных компетенций у студентов вузов с использованием электронного лабораторного практикума по физике // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. 2023. № 2. С. 58–74.
DOI: 10.18384/2310-7219-2023-2-58-74

FOR CITATION

Zubova N. V. Formation of university students' general professional competencies using electronic laboratory workshop in physics. In: *Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Pedagogics*, 2023, no. 2, pp. 58–74.
DOI: 10.18384/2310-7219-2023-2-58-74