

УДК 372.853; 374.1

DOI: [10.51635/27129926\\_2021\\_4\\_94](https://doi.org/10.51635/27129926_2021_4_94)**Кривенко Ирина Валерьевна**

доцент кафедры общей физики, кандидат физико-математических наук, доцент,  
Тверской государственной технической университет,  
Россия, г. Тверь

**Испирян Светлана Рафаиловна**

доцент кафедры общей физики, кандидат технических наук, доцент,  
Тверской государственной технической университет,  
Россия, г. Тверь

**Касерес Марина Олеговна**

учитель физики, Лицей № 15,  
Россия, Тверская обл., г. Вышний Волочек

**ВУЗОВСКАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ**

**Аннотация.** *Описывается опыт проведения выездных лабораторных практикумов по физике для школьников старших классов в техническом университете. Разработанная методика предполагает выбор темы практикума, охватывающей несколько лабораторных работ, выполнение которых позволяет обучающимся глубоко изучить тему, провести лабораторные исследования и научиться верифицировать результаты экспериментов. Применяемая методика основана на идеях личностно-ориентированного обучения, ее эффективность подтверждена на практике.*

**Ключевые слова:** *взаимодействие школы и вуза, личностно-ориентированное обучение, лабораторный практикум по физике, социализация, верификация результатов экспериментов, экспериментальные задачи для школьников, обработка графических зависимостей.*

Для цитирования: Кривенко И.В., Испирян С.Р., Касерес М.О. Вузовская физическая лаборатория для школьников // THEORIA: педагогика, экономика, право. 2021. № 4 (5). С. 94-100. DOI: [10.51635/27129926\\_2021\\_4\\_94](https://doi.org/10.51635/27129926_2021_4_94)

**Постановка проблемы**

В статье описывается одна из методик личностно-ориентированного обучения [11] – организация выездных лабораторных практикумов на базе вузовских лабораторий при педагогическом сопровождении преподавателей вуза. Ее принципы базируются на положениях субъект-субъектного подхода, при котором будущий абитуриент воспринимается преподавателями вуза как формирующаяся личность, стремящаяся найти свое особое место в социуме. Ее цель – помочь обучающемуся найти такую нишу в обществе, где его способности и сильные стороны будут раскрыты наиболее полно. Методика апробирована в ТвГТУ с обучающимися старших классов г. Вышний Волочек и

дает положительные результаты [2-4]. Актуальность использованного подхода обуславливается пробелами в подготовке абитуриентов именно в области практических навыков лабораторных и, в целом, научных исследований. Эти умения проверяются на ЕГЭ в ничтожной степени в ряде задач, связанных с обработкой экспериментальных данных, и поэтому их формированию уделяется мало внимания в школе за время обучения. В результате студенты младших курсов, за редким исключением, не способны верифицировать результаты проводимых ими экспериментов и соотносить их с положениями теории, не имеют навыков построения графических зависимостей и их анализа, не говоря уже об умении рассчитывать

погрешности результатов измерений. Многие не занимались настоящей проектной деятельностью, при которой ставятся цели и задачи исследования, выдвигаются гипотезы, выбираются методы решения поставленных задач, делаются выводы [7]. Поскольку целью многих старшеклассников является поступление в конкретный вуз (в том числе, и в вуз с высоким рейтингом) и успешное в нем обучение, задачей педагогического сопровождения абитуриентов на данном этапе является помощь в соответствующей подготовке, как к ЕГЭ, так и к дальнейшему обучению.

#### **Пути решения**

В работе [8] отмечается, что одним из возможных путей повышения качества обучения школьников физике является решение экспериментальных задач опытным путем. Полагаем, что именно таким образом возможно формирование глубоких знаний по физике, которые основаны на наблюдении физических явлений, их интерпретации на основе теоретических знаний. Необходимо сделать для обучающихся важным и интересным сам процесс познания, и как нельзя лучше для этого подойдет экспериментальная деятельность [1].

Однако известные трудности школьного образования, такие, как малое количество учебных часов по физике, недостаток лабораторного оборудования и смещение фокуса при подготовке к ЕГЭ на решение задач, не связанных с самостоятельными опытами, препятствуют, на наш взгляд продуктивному процессу увеличения экспериментальной, практической составляющей физического образования в школе.

Авторы полагают, что один из эффективных путей исправления такой ситуации – сотрудничество вузовских лабораторий и школы, заключающееся в привлечении заинтересованных абитуриентов к физическим экспериментам в университетских лабораториях.

С 2003 года по настоящее время кафедра Общей физики ТвГТУ развивает такое сотрудничество по двум направлениям: проведение выездных лабораторных практикумов и совместное с учителем педагогическое сопровождение исследовательских проектов с обучающимися 8-11 классов [2-4].

#### **Методика выездных лабораторных практикумов по физике**

Настоящая статья посвящена вопросам выбора тематики и организации выездных лабораторных практикумов для старшеклассников 10-11 классов. Программа занятий в различные годы была разной; к описываемой в настоящей работе методике мы пришли в 2007 году. Школьники приезжают с учителем в университет на один день и выполняют лабораторные работы по определенной тематике, а далее заинтересованным обучающимся предлагается проектная деятельность под руководством учителя и преподавателей университета.

Темы лабораторного практикума выбираются таким образом, чтобы охватить большой круг вопросов, касающихся текущего раздела школьной программы. Например, один из практикумов для одиннадцатиклассников называется «Свет – что это такое?». В его рамках выполняются в один день три лабораторные работы: «Геометрическая оптика» (рис.1), «Интерференция света», «Фотоэффект» [5, 6] на оборудовании ТвГТУ по методическим разработкам для студентов младших курсов. В ходе выполнения лабораторных работ школьники углубленно изучают взгляды на природу света в той последовательности, в которой они развивались исторически: от геометрической и волновой до квантовой оптики. Цель такого практикума – понять границы применимости различных теоретических представлений, выяснить, какие явления можно объяснить с помощью тех или иных представлений о природе света, освоить некоторые экспериментальные методы оптики, научиться обрабатывать результаты экспериментов. Полагаем, что здесь очень важно донести до обучающихся мысль о том, что такие представления о природе света как «свет – это электромагнитная волна», «свет – это поток квантов» - суть теоретические модели, созданные людьми для объяснения такого многогранного явления, как свет. История физики постоянно напоминает нам о том, что представления человечества о природе физических явлений могут меняться, поэтому практикум выстроен таким образом, чтобы школьники осознали, что для решения практических задач можно пользоваться различными моделями явления, но важно, чтобы эти модели работали, согласовывались с экспериментами в тех или иных условиях.



Рис. 1. Выполнение лабораторной работы «Определение фокусного расстояния линзы» по теме «Геометрическая оптика»

После выполнения лабораторных работ проводится ряд демонстраций по теме практикума:

- «Дифракция на двух скрещенных дифракционных решетках»;
- «Взаимодействие монохроматического света с зонной пластинкой»;
- «Дифракция на диске и на круглом отверстии»;
- «Дифракция белого света на объемной дифракционной решетке»;
- «Поляризация света»;
- «Наблюдение спектров атомов с помощью спектроскопа».

Часть наблюдаемых явлений преподаватель объясняет обучающимся, а ряд других предлагает объяснить самостоятельно либо в аудитории, либо написать объяснение дома.

Отметим, что в книге [10] описаны технологии проведения демонстрационных экспериментов по физике, способствующие их успешному проведению, а в работе [9] – методика проведения фронтальных экспериментальных заданий по физике. Физические демонстрации и экспериментальные задачи, на наш взгляд, являются важным элементом подготовки к поступлению в вуз. Так, например, в заданиях ЕГЭ абитуриентам предлагается объяснить характер дифракционной картины. В одном из сборников заданий для подготовки к ЕГЭ приводится задача: «В темной комнате на столе стоит

газоразрядная лампа, излучающая вертикальную полоску красного свечения. По заданию учителя ученик смотрит на лампу через стеклянную призму спектроскопа и отчетливо видит уже три цветные линии: красную, оранжевую и голубую. Далее ученик смотрит на лампу через дифракционную решетку, расположив штрихи решетки вертикально. Что в этом случае может увидеть ученик? Обоснуйте свои выводы». Для того, чтобы объяснить дифракционную картину (решить задачу) учащимся важно: 1) увидеть спектроскоп и понять где находится призма; что собой представляет наблюдаемая в спектроскопе картина; почему спектр излучения газоразрядной лампы имеет линейчатый характер; 2) увидеть саму дифракционную картину при пропускании излучения вещества в атомарном состоянии (света газоразрядной лампы) через дифракционную решетку; 3) понять, каков порядок расположения линий, соответствующих различным длинам волн в дифракционном спектре. Авторы статьи в этом случае единодушны во мнении о том, что решение задач по физике должно сопровождаться демонстрационным экспериментом. Главное – это способствует пониманию, а не простому заучиванию формул и выводов по виду дифракционной картины. Конечно, более правильным должен быть иной порядок: задачи должны способствовать углубленному пониманию опытов, т.е. первичным должен быть

демонстрационный эксперимент. Но в связи с малым количеством времени и далеко не всегда имеющимся соответствующим лабораторным оборудованием приходится руководствоваться первой предложенной схемой.

После прохождения лабораторного практикума обучающиеся получают домашнее задание, состоящее из нескольких частей:

- оформление отчетов по лабораторным работам, включающих расчет погрешностей, графики и выводы;
- комплекс задач ЕГЭ по теме «Оптика»;
- задание, связанное с осмыслением результатов демонстрационного эксперимента. Например, картину на экране для случая, когда между поляризатором и анализатором была помещена изломанная тонкая прозрачная пленка. В этом случае ребятам нужно глубоко изучить

темы поляризация, интерференция и дифракция света.

После прохождения практикума заинтересованным старшеклассникам предлагается участие в проектной деятельности по темам, связанным с проведенными экспериментами. Примеры индивидуальных и коллективных проектов, выполненных обучающимися профильных классов: "Методика измерения концентрации сахара в растворе на основе явления поляризации" (1-е место на региональном турнире «Содружество наук» (г. Тверь, Тверской государственный технический университет, 2019 г.)), «Телескоп», «Фотоаппарат». Выбор и формулировка темы проекта и количество его участников – результат совместного решения обучающихся и преподавателей. Учитываются цели обучающегося и его интересы. Так, например, для тех абитуриентов, кто собирается в дальнейшем связать свою жизнь с исследовательской деятельностью, мы предлагаем проекты, целью которых может быть:

- исследование физического явления с задачей выявления закономерностей и установления качественной (и, возможно, количественной) связи между физическими величинами;
- установление связей между физическими величинами через их измерение;
- проверка законов физики через измерение входящих в него величин.

Темой проекта может быть физическое явление или техническое устройство. Такие темы, как правило, выбирают школьники, заинтересовавшиеся конкретным вопросом в области физики или техники, и в этом случае педагогическое сопровождение проекта заключается в том, чтобы обучающийся рассматривал объект своего исследования с точки зрения современной физики.

Как показывают результаты ЕГЭ по физике за все прошедшие годы, именно тема «Электродинамика» является для абитуриентов наиболее сложной. Поэтому для десятиклассников мы подготовили практикум «Электричество и магнетизм». Программа практикума включает в себя выполнение лабораторных работ «Электростатическое поле на модели с использованием электродов различной формы» (рис. 2), «Закон Ома» и «Измерение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли» [5].

Перед поездкой в университет школьники слушают углубленный лекционный курс по данной теме. Приехав подготовленными в лабораторию университета, они начинают работу на простой модели однородного электростатического поля, получая при этом навыки определения потенциала в различных точках модели, расчета напряженности поля, построения силовых и эквипотенциальных линий. Важным в данной работе является глубокое изучение характеристик электростатического поля – напряженности и потенциала, а также установление связи между ними. Особое внимание уделяется вопросу о том какие характеристики электростатического поля являются векторными величинами, а какие – скалярными. Далее обучающиеся приступают к работе на более сложных моделях, где необходимо самим предсказать картину силовых линий поля и выбрать способ расчета напряженности в заданной точке, т.е. закрепить полученные навыки и проявить творческий подход. В работе «Закон Ома» предполагается работа с построением графических зависимостей и определение по ним физических величин. В работе «Измерение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли» выполняются не только измерения, но и расчет их случайных и приборных погрешностей. Во всех лабораторных работах обучающиеся собирают установки по схемам.



Рис. 2. Выполнение лабораторной работы «Электростатическое поле на модели с использованием электродов различной формы»

### Обсуждение результатов и выводы

Отметим положительное отношение школьников к выездным урокам в университете. Отчеты о своих поездках они сопровождают фотографиями лабораторного оборудования и получаемых результатов, снимают видеофильмы о своей работе в лаборатории вуза. Имеются также видеоматериалы, посвященные практикумам. После выполнения лабораторных работ в ТвГТУ у обучающихся повышается интерес к предмету, приобретаются основанные на опыте знания и улучшаются результаты ЕГЭ.

Так в 2009-2010 учебном году школьники МОУ СОШ № 15, участвующие в выездных практикумах, заняли во втором этапе Всероссийской олимпиады по физике 1 место в 9 классе, 1 место – в 10-м классе, 1 и 2 места в 11 классе. Средний балл ЕГЭ по физике у школьников, прошедших практикум, превышает средний балл по городу В.Волочек. Например, в 2010 г. ЕГЭ в классе Касерес М.О. сдавали 14 человек, их средний балл составил 54,92 (по городу в среднем 50,15); максимальный балл – 68. В 2013 г. от 60 и более баллов за ЕГЭ получили 28% обучающихся, принимавших участие в работе практикумов (14 человек), от 50 до 59 – 36%, и от 41 до 49 – 36%. В 2019 г.: от 60 и более баллов 18% (из 17 человек), от 50 до 59 – 53%, и от 41 до 49 – 29%. Максимальный балл – 96. Отметим, что к выездным лабораторным практикумам допускались все желающие старшеклассники вне зависимости от их текущих оценок.

Выездные практикумы способствуют повышению интереса обучающихся не только к физическому эксперименту, но и к предмету в целом. Очень большая работа проводится учителем и преподавателями университета как до практикумов (лекции и теоретическая подготовка к лабораторным работам), так и после (проверка оформленных обучающихся отчетов, включающих в себя схемы установок, на которых проводились опыты; краткие конспекты теории; таблицы, содержащие результаты экспериментов; расчет погрешностей проведенных измерений; графики и их обработку; выводы по результатам лабораторных работ). Также инициируется выполнение исследовательских проектов (как индивидуальных, так и групповых). Таким образом, значительный промежуток времени обучающиеся оказываются вовлеченными в учебную и исследовательскую деятельность по физике.

Под руководством учителя в школе старшеклассники создают аналог выполняемой в университете лабораторной работы по электростатике, чтобы включить ее в школьную научно-исследовательскую лабораторию.

Студенты первых курсов вузов (бывшие участники выездных практикумов, в том числе, обучающиеся в С.-Петербурге и в ТвГТУ) отмечают, что приобретенные навыки в выполнении, расчетах и оформлении лабораторных работ позволяют им достаточно легко усваивать новый материал, справляться с лабораторными

исследованиями и вообще осмысленно участвовать в физическом практикуме.

Таким образом, сотрудничество школы и вуза в форме лабораторных практикумов является актуальным и эффективным методом личностно-ориентированного обучения, поскольку:

- лабораторный практикум помогает школьникам углубленно освоить программу по физике и лучше подготовиться к ЕГЭ;
- плодотворным является комплексное изучение различных разделов физики в рамках лабораторного практикума;
- школьникам прививаются навыки научной работы, в частности, проведения экспериментов, правильного оформления отчетов, расчета погрешностей, обработки

графических зависимостей, а также анализа полученных результатов, которые впоследствии окажутся ценными при обучении в техническом вузе;

- общение школьников и преподавателей вуза, работа в лабораториях университета способствуют осмысленному выбору технических (или – если обучающийся осознает, что эта деятельность ему не подходит - иных) специальностей;
- Программа практикумов и исследовательских проектов построены таким образом, чтобы каждый желающий принять участие в их программе нашел себе работу по способностям, интересам и в соответствие со своими планами по дальнейшему обучению в вузе.

### Литература

1. Иванова Л.А. Активизация познавательной деятельности учащихся при изучении физики: Пособие для учителей. М.: Просвещение, 1983. 160 с.
2. Испирян С.Р., Кривенко И.В., Касерес М.О. Лабораторные практикумы и научно-исследовательская работа школьников в университете как форма адаптации к обучению в вузе // Физика в школе. 2018. № 6. С.40-48.
3. Кривенко И.В., Испирян С.Р., Касерес М.О. Школьные практикумы по физике на базе университетских лабораторий// Сибирский учитель. 2013. № 6(91). С.61-64.
4. Кривенко И.В., Касерес М.О., Испирян С.Р. Исследовательский проект: коллективный или индивидуальный? // Традиции и новации в профессиональной подготовке и деятельности педагога: сб. науч. трудов Всерос. науч.-практ. конф. Тверь: Изд-во ТвГУ, 2018. С. 218-221.
5. Лабораторный практикум по физике. Часть 2. Электричество, магнетизм и волновая оптика: учеб. пособие / А.В. Твардовский [и др.]. Тверь: Тверской государственный университет, 2020. 96 с.
6. Лабораторный практикум по физике. Часть 3. Квантовая оптика, атомная и ядерная физика: учеб. пособие / А.В. Твардовский [и др.]. Тверь: Тверской государственный университет, 2021. 96 с.
7. Лазарев В.С. Проектная деятельность в школе: учеб. пособие для учащихся 7-11 кл. Сургут, РИО СурГПУ, 2014. 135 с.
8. Тарасенко Е.Ю. Роль экспериментальных задач в повышении качества знаний по физике // Педагогическое мастерство: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Москва, декабрь 2012 г.). Москва : Буки-Веди, 2012. С. 144-146. URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/65/3060/> (дата обращения: 07.09.2021).
9. Фронтальные лабораторные занятия по физике в средней школе / В.А. Буров, Б.С. Зворыкин, А.А. Покровский, И.М. Румянцев; Под ред. А.А. Покровского. Москва: Просвещение, 1970. 216 с.
10. Хорошавин С.А. Демонстрационный эксперимент по физике: Оптика. Атомная физика: кн. для учителя. М.: Просвещение, 2007. 79 с.
11. Хуторской А.В. Методика личностно ориентированного обучения: Как учить всех по-разному: пособие для учителя. М.: Изд-во ВЛАДОС-ПРЕСС, 2005. 383 с.

### References

1. Ivanova L.A. Aktivizatsiya poznavatelnoy deyatelnosti uchashchikhsya pri izuchenii fiziki: Posobiye dlya uchiteley. [Activation of cognitive activity of students in the study of physics: A manual for teachers.] M.: Prosveshcheniye. 1983. 160 p. (In Russian)
2. Ispiryanyan S.R., Krivenko I.V., Kaseres M.O. Laboratornyye praktikumy i nauchno-issledovatel'skaya rabota shkolnikov v universitete kak forma adaptatsii k obucheniyu v vuze [Laboratory workshops and research work of schoolchildren at the university as a form of adaptation to university education] // Fizika v shkole. 2018. № 6. pp.40-48. (In Russian)

3. Krivenko I.V., Ispiryany S.R., Kaseres M.O. Shkolnyye praktikumy po fizike na baze universitetskikh laboratoriy [School physics workshops based on university laboratories] // Sibirskiy uchitel. 2013. № 6(91). pp.61-64. (In Russian)
4. Krivenko I.V., Kaseres M.O., Ispiryany S.R. Issledovatel'skiy proyekt: kollektivnyy ili individualnyy? [Research project: collective or individual?] // Traditsii i novatsii v professionalnoy podgotovke i deyatelnosti pedagoga: sb. nauch. trudov Vseros. nauch.-prakt. konf. Tver: Izd-vo TvGU. 2018. pp. 218-221. (In Russian)
5. Laboratornyy praktikum po fizike. Chast 2. Elektrichestvo, magnetizm i volnovaya optika: ucheb. posobiye [Laboratory workshop in physics. Part 2. Electricity, Magnetism and wave optics: textbook. manual] / A. V. Tvardovskiy [i dr.]. Tver: Tverskoy gosudarstvennyy universitet. 2020. 96 p. (In Russian)
6. Laboratornyy praktikum po fizike. Chast 3. Kvantovaya optika, atomnaya i yadernaya fizika: ucheb. posobiye [Laboratory workshop in physics. Part 3. Quantum optics, atomic and nuclear physics: textbook. manual] / A.V. Tvardovskiy [i dr.]. Tver: Tverskoy gosudarstvennyy universitet. 2021. 96 p. (In Russian)
7. Lazarev V.S. Proyeektnaya deyatelnost v shkole: ucheb. posobiye dlya uchashchikhsya 7-11 kl. [Project activity at school: studies. manual for students of grades 7-11] Surgut. RIO SurGPU. 2014. 135 p. (In Russian)
8. Tarasenko. E.Yu. Rol eksperimentalnykh zadach v povysheniya kachestva znaniy po fizike [The role of experimental tasks in improving the quality of knowledge in physics] // Pedagogicheskoye masterstvo: materialy II Mezhdunar. nauch. konf. (g. Moskva, dekabr 2012 g.). Moskva : Buki-Vedi. 2012. pp. 144-146. URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/65/3060/> (data obrashcheniya: 07.09.2021). (In Russian)
9. Frontalnyye laboratornyye zanyatiya po fizike v sredney shkole [Frontal laboratory classes in physics in secondary school] / V.A. Burov. B.S. Zvorykin. A.A. Pokrovskiy. I.M. Rumyantsev; Pod red. A.A. Pokrovskogo. Moskva: Prosveshcheniye. 1970. 216 p. (In Russian)
10. Khoroshavin S.A. Demonstratsionnyy eksperiment po fizike: Optika. Atomnaya fizika: kn. dlya uchitelya [Demonstration experiment in physics: Optics. Atomic physics: a book for a teacher]. M.: Prosveshcheniye. 2007. 79 p. (In Russian)
11. Khutorskoy A.V. Metodika lichnostno oriyentirovannogo obucheniya: Kak učit vsekh po-raznomu: posobiye dlya uchitelya. [Methodology of personality-oriented learning: How to teach everyone differently: a teacher's manual]. M.: Izd-vo VLADOS-PRESS. 2005. 383 p. (In Russian)

Krivenko Irina Valeryevna

Associate Professor of the Department of General Physics, PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Tver State Technical University, Russia, Tver

Ispiryany Svetlana Rafailovna

Associate Professor of the Department of General Physics, PhD in Engineering, Associate Professor, Tver State Technical University, Russia, Tver

Caceres Marina Olegovna

Physics teacher, Lyceum No. 15, Russia, Tver region, Vyshny Volochyok

## UNIVERSITY PHYSICAL LABORATORY FOR PUPILS

*Abstract. The experience of conducting offsite laboratory practical workshops in physics for high school students in the laboratories of a technical university is described. The developed methodology involves the choice of the topic of the practical workshop, covering several laboratory works, the implementation of which allows high school students to deeply study the topic, conduct laboratory research and learn how to verify the results of experiments. The applied methodology is based on the ideas of personality-centered learning; its effectiveness has been confirmed in practice.*

*Keywords: interaction between school and university, personality-centered learning, laboratory practical workshops in physics, socialization, verification of experimental results, experimental tasks for schoolchildren, processing of graphical dependencies.*