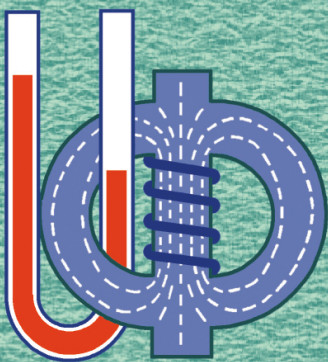
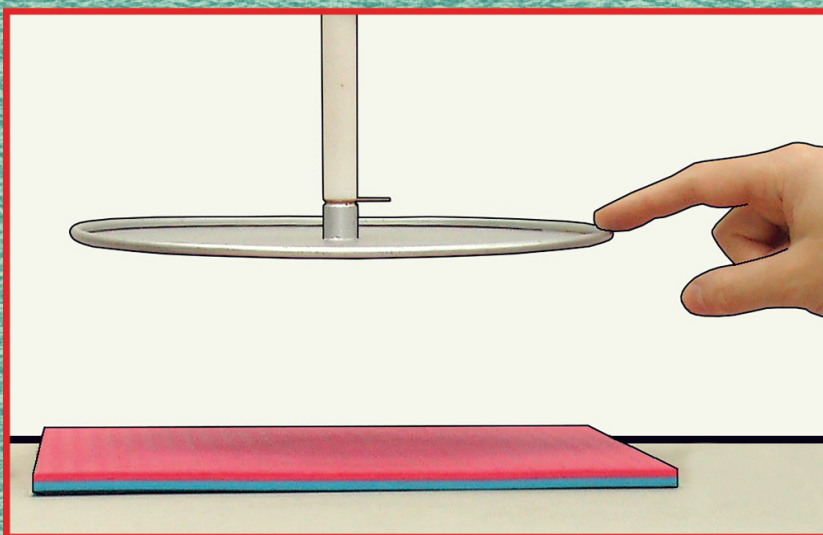


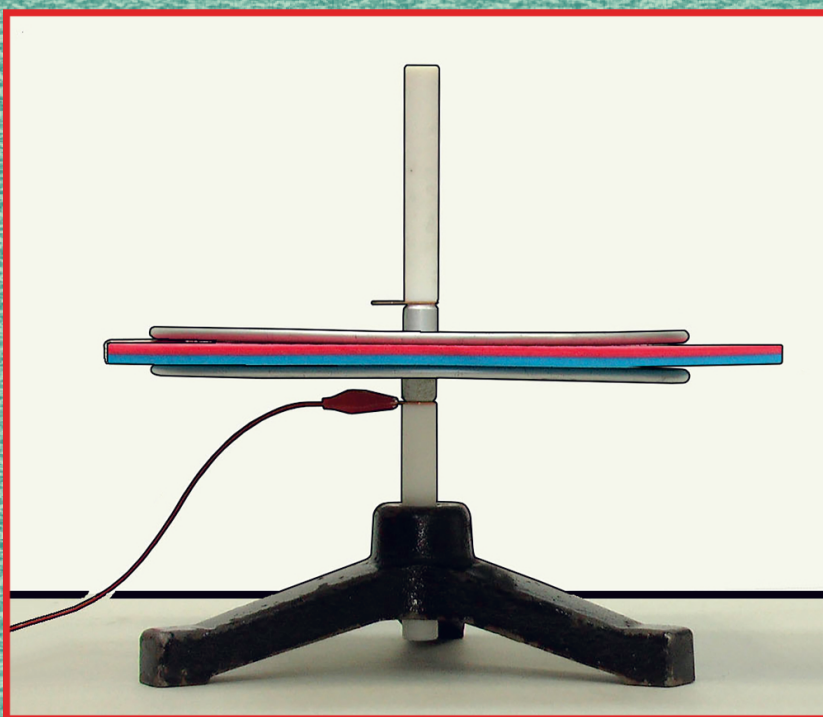


ISSN 2307-5457

УЧЕБНАЯ ФИЗИКА



2
2026





СОДЕРЖАНИЕ

Основная школа

- Т. В. Никитина МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СОБЫТИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ...3

Старшая школа

- Ш. Г. Зиятдинов ИДЕАЛЬНЫЕ И РЕАЛЬНЫЕ АМПЕРМЕТРЫ И ВОЛЬТМЕТРЫ В ЗАДАЧАХ И ОПЫТАХ 16
- С. В. Барышников ЭЛЕКТРОМЕТР НА ОСНОВЕ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ГАЛЬВАНОМЕТРА.....26

Высшая школа

- С. Э. Потоскуев УЧЕБНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАДЕНИЯ СПУТНИКА В ПОЛЕ ТЯЖЕСТИ ЗЕМЛИ.....32
- А. В. Проскуряков

Исследования

- В. Е. Сидоров ИЗУЧЕНИЕ РАЗДЕЛА «ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ» В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ..... 44
- А. П. Усольцев
- А. А. Сабирзянов
- Б. А. Русанов
- Б. М. Игошев
- А. С. Медведева ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ УЧЕНИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ФИЗИКЕ В УСЛОВИЯХ ГИБРИДНОГО ОБУЧЕНИЯ В ГОСПИТАЛЬНОЙ ШКОЛЕ 53

Науковедение

- Ю. А. Сауров ЮРИЙ ИВАНОВ: ШАГИ В БУДУЩЕЕ... 61
- АВТОРЫ ЖУРНАЛА 68

*Основатель журнала, главный редактор в 1997–2025 гг. — д.п.н., профессор
Майер Валерий Вильгельмович (Глазов)*

Редакция журнала:

Е. И. Вараксина (главный редактор), Р. В. Акатов, Л. С. Кропачева, Р. В. Майер,
Е. С. Мамаева

Редакционный совет:

С. В. Барышников	д.ф.-м.н., профессор, Благовещенск
И. В. Гребенев	д.п.н., профессор, Нижний Новгород
М. Д. Даммер	д.п.н., профессор, Челябинск
П. В. Зуев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
О. В. Лебедева	д.п.н., доцент, Нижний Новгород
Ю. А. Сауров	д.п.н., профессор, член-корр. РАО, Киров
А. П. Усольцев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
А. А. Шаповалов	д.п.н., профессор, Барнаул

Оргкомитет конференции:

Н. Я. Молотков	д.п.н., профессор, Тамбов
Ф. А. Сидоренко	д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург
Я. А. Чиговская-Назарова	к.филол.н., доцент, ректор ГИПУ, Глазов
Т. Н. Шамало	д.п.н., профессор, Екатеринбург

Перечень ВАК: Журнал «Учебная физика» включен Высшей аттестационной комиссией (ВАК) Минобрнауки России в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Адрес редакции, издателя и типографии: 427621, Удмуртия, Глазов, Первомайская, 25, ФГБОУ ВО «ГИПУ», Телефон: (341 41) 5–32–29.

E-mail: uch-fiz@mail.ru, kropa@bk.ru

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Глазовский государственный инженерно-педагогический университет имени В. Г. Короленко»

Журнал «Учебная физика» зарегистрирован Комитетом Российской Федерации по печати 4 февраля 1997 года, регистрационный № 015686; внесены изменения в запись о регистрации средства массовой информации Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 2 мая 2017 года, ПИ № ФС77–69506.

Подписной индекс: 79876.

Использование и перепечатка материалов допускаются только по договоренности с редакцией журнала.

Сдано в набор 02.06.26. Подписано в печать 24.06.26.

Дата выхода в свет: 30.06.26.

Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,25.

Заказ 176. Тираж 200 экз. Цена свободная.

Первая страница обложки: Электрофор и электрофорный конденсатор, используемые в качестве источников электрического заряда в демонстрационных опытах по обоснованию закона Кулона (Майер В. В., Вараксина Е. И., Корнев Ю. А. Экспериментальное обоснование закона Кулона в 8 классе // Учебная физика. — 2026. — № 1. — С. 15–31).

Научная статья

ББК 74.262.23

УДК 372.853

Т. В. Никитина

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СОБЫТИЙ ФИЗИКО–ТЕХНИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

В статье раскрывается возможный способ решения проблемы усиления физико–технического содержания образования в инженерных классах через проведение образовательных событий. Описываются результаты работы автора по проектированию мастер–класса по электронике «Физика на макетной плате», который был успешно апробирован в работе с учащимися 6 класса. Выявлены содержательные и процессуальные особенности мастер–класса — как отдельного вида учебного занятия, сформулированы методические требования к проектированию образовательных событий физико–технической направленности. Представлена серия простых опытов, обеспечивающая приобретение умений работы с мультиметром и простейшими электрическими цепями у обучающихся 5–7 классов.

Ключевые слова: мастер–класс по физике, физико–техническое содержание образования, модель проектирования ARCS, инженерное образование в 6 классе, инженерные классы, мультиметр, электрическая цепь.

T. V. Nikitina

METHODOLOGY OF DESIGNING EDUCATIONAL EVENTS OF PHYSICAL AND TECHNICAL ORIENTATION

The article reveals a possible way to solve the problem of strengthening the physical and technical content of education in engineering classes through the implementation of educational events. The results of the author's work on designing an electronics workshop «Physics on a Breadboard» are described. The workshop was tested in the 6th grade of a secondary school. The author identifies the substantive and procedural features of the master class as a separate type of educational activity, and formulates methodological requirements for the design of educational events of a physico–technical nature. A series of simple experiments is presented, which provides students in grades 5–7 with the ability to work with a multimeter and simple electrical circuits.

Keywords: physics workshop, physics and technical content of education, ARCS design model, engineering education in the 6th grade, engineering classes, multimeter, electrical circuit.

DOI: 10.62957/2307-5457-2026-2-3-15

1. Введение

Инженерное образование способствует технологическому суверенитету и обороноспособности страны. С целью вовлечения школьников в инженерное образование через осознание ими собственных интересов и склонностей, своих технических способностей проводятся образовательные события, под которыми понимаются ситуации, переживаемые и осознаваемые обучающимся как значимые в его собственном образовании и оказывающие влияние на его дальнейшую деятельность. К образовательным событиям относят отдельные мастер–классы, профессиональные пробы, профильные смены в городских и загородных лагерях, экскурсии в образовательные центры Кванториум, Точка роста, IT–куб и др. В образовательных событиях представлены большей частью содержательные направления из IT–области: робототехника, программирование микроконтроллеров, 3Д моделирование и прототипирование. Данные направления предназначены для развития познавательного интереса учащихся к сквозным технологиям, имеющим межотраслевой характер [1]. В этих направлениях физика играет вспомогательную роль. Однако несомненно то, что физика является научной основой критических технологий [2], которые согласно Стратегии научно–технологического развития государства [1] играют важное социально–экономическое значение. К ним относятся электроника, транспорт, связь, металлургия, строительство и др. Поэтому необходимо усиливать физико–техническое содержание учебно–познавательной деятельности обучающихся в рамках школьного инженерного образования. Учебный физический эксперимент как основа инженерной подготовки обучающихся начальной школы исследован П. В. Зуевым [3, 4]. Лабораторный практикум по физике для подготовки обучающихся старшего возраста к получению образования в передовой инженерной школе, разрабатывается М. А. Фаддеевым и Ю. В. Масленниковой [5].

Динамично развивающимся в мире и критически важным для нашего государства направлением является электроника. С одной стороны, она является программируемой и служит для создания «умных» устройств и Интернета вещей, с другой стороны не менее важной является элементная база электроники, а также электронные устройства, работающие на принципах простейшей автоматизации. Такой комплексный подход к изучению электроники не только с позиций школьного предмета Информатика, но и с учетом физическо–технического содержания образования может способствовать развитию познавательного интереса обучающихся, формированию первичных инженерно–технических знаний и умений. Одним из возможных путей реализации комплексного подхода к изучению электроники является проведение образовательных событий, например, в форме мастер–классов.

Целью статьи является представление результатов по разработке и апробации мастер-класса физико-технического содержания, описание методики его проведения для целей и задач школьного инженерного образования.

2. Методы исследования

Для достижения поставленной цели была изучена научно-методическая литература, программы проведения образовательных событий, освещение результатов их проведения в СМИ, посещались образовательные события муниципального, городского и регионального уровней, осуществлялось педагогическое наблюдение, проектирование собственного мастер-класса, опытно-поисковая работа с привлечением различных категорий обучающихся (табл. 1). В качестве критерия успешности проведения мастер-класса был выбран познавательный интерес, показателями его проявления служили: в интеллектуальной сфере — активное включение в практическую деятельность, в сфере волевых проявлений — доведение начатой работы до конца, в эмоциональной сфере — эмоции удивления, заинтересованности, чувство ожидания нового, интеллектуальной радости, успеха.

Таблица 1
Данные об участниках педагогического эксперимента

Категория обучающихся	Количество человек
<i>Снежинский физико-технический институт НИЯУ МИФИ, 2024–2026 г.</i>	
Учащиеся 6 классов всероссийских профессиональных проб «Кто ты в атомной отрасли?»	32
Студенты младших курсов инженерных специальностей	38
Студенты магистратуры «Педагогическое образование»	12
<i>Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, 2019–2022 г.</i>	
Студенты — будущие учителя физики и технологии	110

3. Обзор литературы

В обзоре литературы раскрыто два аспекта — выявление методических особенностей и этапов проведения мастер-класса как отдельного вида учебного занятия и образовательного события и обоснование отбора содержания познавательного материала для мастер-класса.

К основным характеристикам образовательного события И.Е.Бохонская относит: выход за рамки привычного уклада образовательной жизни — в классе, школе, сообществе; добровольный вы-

бор участниками разных позиций и ролей; вовлечение обучающихся в активную деятельность, ориентированную на получение продукта; возможность и уместность импровизации, порождения новых смыслов; рефлексия собственных дефицитов и приростов [6]. И. С. Сергеев отмечает, что в настоящее время имеется достаточно большое количество образовательных событий, которые могут быть нацелены либо на ознакомление обучающихся с профессиональным контекстом, либо на погружение обучающихся в профессиональный контекст [7]. К первой группе относятся мастер–класс, образовательная экскурсия, предметная неделя, ко второй — профессиональные пробы, образовательная смена лагеря, конференции, фестивали и др. Наименьшей детерминантой образовательного события является отдельное учебное занятие в виде мастер–класса.

Под мастер–классом Е. А. Худоренко понимает технологию проведения обучающих тренингов для отработки практических навыков и умений с целью повышения профессионального уровня, развития творческих и личностных компетенций, обмена передовым опытом, расширения кругозора и приобщения к новейшим областям знания [8]. Исследование автора проводилось для уровня высшего профессионального образования. Г. А. Русских, исследуя проблему проведения мастер–класса педагогической тематики, определяет мастер–класс как демонстрацию авторских приемов педагогической техники по решению определенной проблемной педагогической задачи с комментариями [9]. С. Ю. Бородулина выделяет четыре относительно самостоятельных элемента в мастерстве педагога: мастерство организатора коллективной и индивидуальной деятельности учащихся; мастерство убеждения; мастерство передачи знаний и формирования опыта деятельности; мастерство владения педагогической техникой (умение выбрать правильный стиль и тон в общении, умение управлять вниманием, чувство такта, навыки управления и др.) [10].

Отличие учебного занятия от мастер–класса заключается в том, что учебное занятие опирается на сформированные ранее образовательные результаты, в то время как при проведении мастер–класса важно не сообщить информацию, а передать участникам мастер–класса продуктивный способ работы. Смысловой акцент при проведении мастер–класса ставится на практическом усвоении и приобретении особых профессиональных навыков, предоставляемых от мастера слушателям. Е. А. Худоренко выделяет следующие этапы поведения мастер–класса: 1) индукция; 2) трансляция; 3) инсайт; 4) рефлексия [8].

Под *индукцией* понимается проблемная ситуация, мотивирующая обучающихся на учебно–познавательную деятельность. Это может быть задание вокруг слова, предмета, рисунка, воспоминания. Проблемная ситуация характеризует определенное психиче-

ское (вопросное) состояние участника, возникающее в процессе выполнения такого задания, которое требует открытия или усвоения новых знаний о предмете, способе или условиях выполнения действий. Преподавателю необходимо направить действия на создание мотива, на обозначение цели и на то, чтобы участники осознали, что эта цель для них достижима. Осознание возможности решения проблемы — необходимое средство для стимулирования познавательного интереса [8, 11].

В ходе этапа *трансляции* опыта преподаватель разбивает задание на ряд подзадач. Причем участники свободны в выборе темпа работы, пути поиска. Важными элементами здесь являются самоконструкция (индивидуальное создание гипотезы, решения и др.) и социоконструкция (групповая работа). Каждому участнику предоставляется независимость в выборе пути поиска решения, дано право на ошибку и на внесение корректив. Этап, который называют *инсайтом*, предполагает, что участники переживают ситуацию озарения, построения нового видения предмета мастер-класса, происходит запечатление способа решения проблемы, который был предложен преподавателем и осознание его эффективности. *Рефлексия* — последний и обязательный этап мастер-класса. Он направлен на отражение чувств, ощущений, возникших у участников в ходе мастер-класса [8, 11].

В советской системе дополнительного физико-технического образования направление электроники (аналоговой и цифровой) активно развивалось. В работе А. А. Богатырева описано содержание учебного материала, доступного для усвоения школьниками [12]. Исследовательские и практические разработки П. И. Головина также в полной мере описывают направления физической электроники, которые могут быть изучены школьниками разных возрастов [13]. В пособии С. А. Хорошавина обращено внимание на конструирование приборов и моделей, основанных на изучаемых в школьном курсе физики явлениях [14].

Схемотехника является одним из разделов электроники, в высшем инженерном образовании она может быть разделена на отдельные дисциплины. Физическая электроника изучает отдельные компоненты электронных устройств (транзисторы, диоды, интегральные микросхемы и др.), физические основы их функционирования. Схемотехника направлена на проектирование и анализ электрических схем и систем, она позволяет изучить элементную базу электронных устройств, которые используются в современной промышленной электронике, сформировать практические навыки самостоятельного схемотехнического моделирования типовых конфигураций электронных устройств, подготовить обучаемых к экспериментальным исследованиям работоспособности электронных устройств. Оба дисциплинарных направления (Физическая элек-

троника и Схемотехника) относятся к физико-техническим направлениям подготовки будущего инженера.

Один из основоположников направления «программирование микроконтроллеров» Дж. Блум описывает его «как введение в электротехнику, вычислительную технику, проектирование изделий, получение практического опыта во всех этих областях с использованием платформы Arduino» [15]. В книге «Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства» Дж. Блум описывает, как с помощью Arduino можно реализовать физические эксперименты, измерять параметры окружающей среды (температуру, освещенность, ускорение и др.), а также управлять физическими объектами — моторами, светодиодами, сервоприводами. Дж. Блум показывает, что для создания реальных устройств недостаточно просто написать код программы — важно понимать, как работают датчики, как преобразуются физические величины в электрические сигналы, и как эти сигналы обрабатываются микроконтроллером. Похожий подход наблюдается в книге Ч. Платта «Электроника для начинающих» [16], но физико-технический компонент электроники раскрыт более подробно. Учебные проекты по программированию микроконтроллеров, как показано, например, в работе С. В. Маркова [17], нацелены на развитие мышления высокого уровня, поскольку включают знания и умения по физике и программированию. Данное направление является базовым для физического блока технологий четвертой промышленной революции, описанных К. Швабом [18].



Рис. 1. Измерение напряжения мультиметром. Учащимся выдают мультиметр и несколько источников тока. Школьники определяют и записывают тип каждого источника, зарисовывают источник тока схематически в рабочей тетради и указывают измеренное значение напряжения на его полюсах

Таким образом, в ходе изучения научно-методической литературы были выявлены библиографические источники, позволяющие изучить предметную область, связанную с электроникой, выявить

физико–технические аспекты электроники и сформировать содержание мастер–класса, а также были уточены этапы проведения и методические особенности занятия данного типа.

4. Результаты и их обсуждение

В результате опытно–поисковой работы был разработан мастер–класс «Физика на макетной плате», рассчитанный на широкую аудиторию (см. раздел *Методы исследования*). Мастер–класс предполагает сборку простых электронных схем на макетной плате, знакомство с радиодеталями (резистор, светодиод, тактовая кнопка, фоторезистор) и мультиметром (прибором для отладки электрических цепей, для измерения номинального сопротивления радиодеталей, определения их исправности). К преимуществам данного оборудования можно отнести: 1) невысокую стоимость; 2) возможность изучения электронных устройств различного типа (радиоэлектронных, цифровых, измерительных (датчики), автоматических, программно–управляемых и др.); 3) возможность усиления физико–технической составляющей курса по программированию микроконтроллеров. На рис. 1–рис. 4 показана *серия простых опытов*, которые могут быть предложены учащимся 5–7 классов для знакомства с мультиметром.

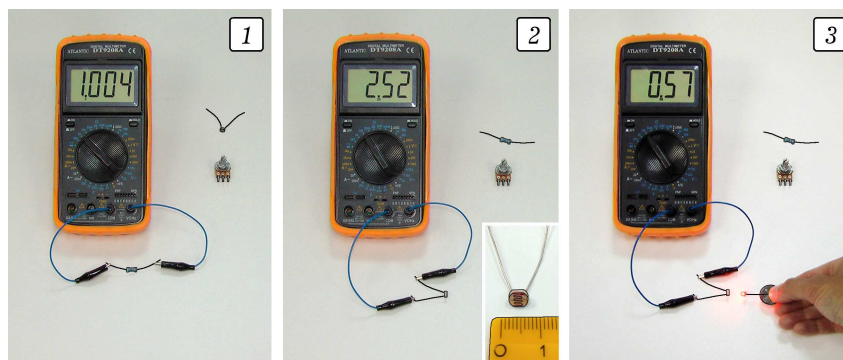


Рис. 2. Измерение сопротивления мультиметром: 1 — измерение сопротивления постоянного резистора; 2 — к мультиметру подключен фоторезистор (снизу показано увеличенное изображение); 3 — при освещении фоторезистора светом от светодиода сопротивление фоторезистора уменьшается

Целью разработанного автором мастер–класса является создание условий для осознания обучающимися собственных интересов и способностей. В ходе проведения занятия решаются задачи развития познавательного интереса обучающихся к электронике и формирования первичных инженерно–технических знаний и умений в данной области.

Поскольку мастер-класс направлен на работу с оборудованием, мы сочли необходимым соединить структуру мастер-класса, описанную Е. А. Худоренко, со структурой лабораторного занятия. *Индукция* — соответствует вводу к занятию; *трансляция опыта* и *инсайт* — основной части; *рефлексия* — подведению итогов и приведению рабочего места в порядок.

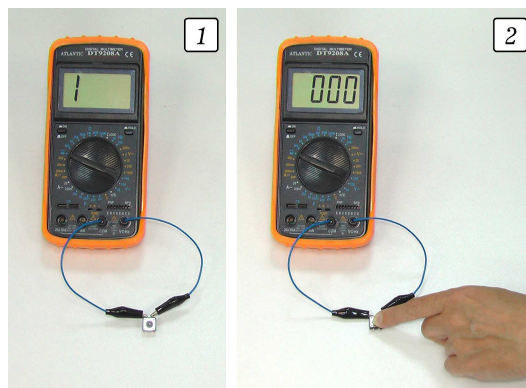


Рис. 3. Применение мультиметра для «прозвона» участка цепи. Учащиеся исследуют кнопку с четырьмя выводами, определяют местоположение нормально замкнутых и нормально разомкнутых выводов: 1 — к мультиметру подключена кнопка с четырьмя выводами, мультиметр показывает отсутствие электрического контакта между выбранными для подключения двумя выводами; 2 — при нажатии на кнопку мультиметр издает звуковой сигнал, значит эти два вывода нормально разомкнутые

На вводной части занятия были реализованы следующие действия: 1) актуализация основных понятий: «электрическая цепь», «электрический ток», «напряжение», «сопротивление»; 2) знакомство с устройством макетной платы; 3) знакомство с радиодеталями (светодиод, тактовая кнопка, резистор, фоторезистор), обучение их установке на макетную плату; 4) знакомство с мультиметром, использование его в режиме прозвонки для установления исправности радиодеталей; 5) знакомство с источником питания, проверка его напряжения; 6) обсуждение правил техники безопасности при сборке электронных схем на макетной плате.

Последовательность действий на основном этапе мастер-класса представлена в табл. 2. Принципиальные схемы всех собранных устройств фиксировались на рабочем листе. Устройства собирались синхронно с преподавателем, трансляция способа сборки электрической цепи осуществлялась через документ-камеру.

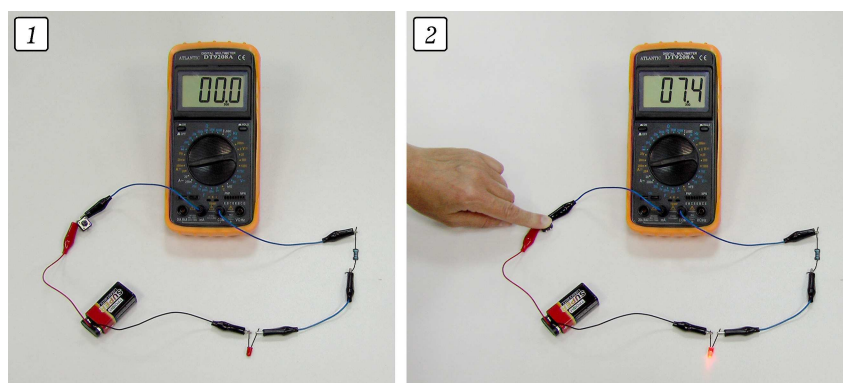


Рис. 4. Применение мультиметра для измерения силы тока. Учащиеся собирают цепь, состоящую из источника тока, кнопки, мультиметра в качестве миллиамперметра, резистора и светодиода: 1 — цепь разомкнута, сила тока равна нулю, светодиод не горит; 2 — при нажатии на кнопку в цепи возникает электрический ток, светодиод загорается

Таблица 2

Основной этап мастер–класса «Физика на макетной плате»

№	Содержание деятельности	Образное название схемы
1	Сборка последовательной цепи «светодиод, резистор, источник питания» (рис. 5.1) — трансляция опыта	Комнатный светильник
2	Сборка последовательной цепи «светодиод–резистор–тактовая кнопка–источник питания» (рис. 5.2) — трансляция опыта	Телеграф
3	Сборка цепи из трех параллельно соединенных ветвей «светодиод–резистор–тактовая кнопка–источник питания» (рис. 5.3) — инсайт № 1	Светофор на ручном управлении
4	Наблюдение зависимости сопротивления фоторезистора от освещенности с помощью мультиметра — трансляция опыта	Зависимость сопротивления фоторезистора от освещенности
5	Сборка последовательной цепи «фоторезистор, светодиод, резистор, источник питания» (рис. 5.4) — трансляция опыта	Управляемый светильник
6	Задача в виде монтажной схемы — инсайт № 2	Умный светильник

Ключевым этапом мастер–класса является *инсайт*. Первый инсайт заключается в осознании обучающимися того, что они могут самостоятельно собрать «светофор на ручном управлении» (рис. 5.3), присоединив две параллельные ветви, аналогичные электрической схеме «телеграф» (рис. 5.2). Второй инсайт заключает-

ся в том, что для сборки «умного светильника» недостаточно собрать простую последовательную цепь (рис. 5.4), нужна иная схема с предложенным набором радиодеталей. На этот раз участникам мастер-класса предлагается монтажная схема. Эта схема не является сложной, но в ней необходимо разобраться с полярностью подключения светодиода и участками цепи, которые следует соединить параллельно. Знаний и умений, сформированных на мастер-классе, достаточно, чтобы решить задачу по сборке «умного светильника».

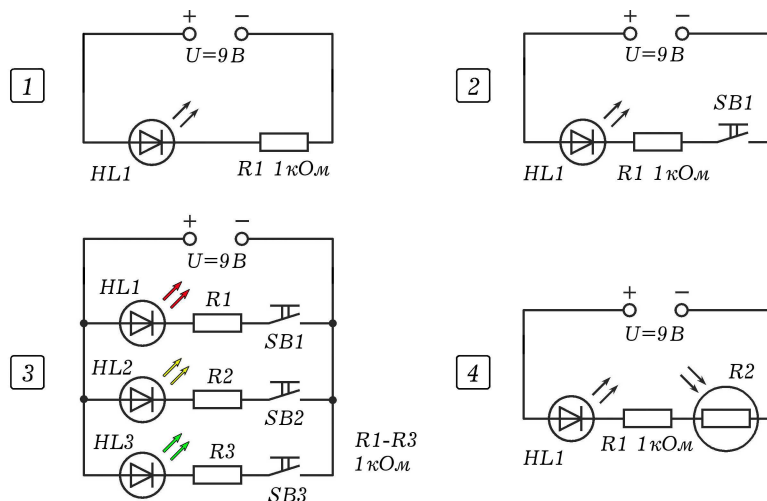


Рис. 5. Принципиальные схемы электрических цепей, собираемых обучающимися на мастер-классе: 1 — «комнатный светильник»; 2 — «телеграф»; 3 — «светофор на ручном управлении»; 4 — «управляемый светильник»

Первые участники мастер-класса, которые справлялись с заданием, чертили принципиальную схему собранного устройства на доске. Остальные участники собирали устройство по принципиальной схеме, и это оказывалось гораздо проще, чем при использовании монтажной схемы. Результатом данного мастер-класса во всех случаях являлось *чувство интеллектуальной радости и успеха*. Все участники справлялись со сборкой электронных схем, в течение занятия работали заинтересованно, не отвлекались. Сборка «умного светильника» без помощи преподавателя по монтажной либо принципиальной схеме свидетельствует об усвоении первичных инженерно-технических знаний и умений по сборке схем на макетной плате. На основе данных наблюдений можно судить о результативности проведенного занятия.

В ходе изучения научно-педагогической литературы, собственной опытно-поисковой работы и наблюдением за работой других

педагогов удалось выявить методические требования к проектированию мастер-класса: данные требования удовлетворяют модели проектирования ARCS (*attention* — внимание, *relevance* — значимость, *confidence* — уверенность, *satisfaction* — удовлетворение), которая смещает фокус от предметных результатов обучения, к работе с мотивацией обучающихся [19]. Приведенные методические требования справедливы для других образовательных событий (профессиональные пробы, профильные смены городских и загородных лагерей и др.). В табл. 3 приведены конкретные приемы, используемые в разработанном мастер-классе, для соблюдения данных требований.

Таблица 3
Методические требования к проведению мастер-класса и их реализация на примере занятия «Физика на макетной плате»

Внимание
Фиксация на практических действиях преподавателя с помощью документ-камеры; предупреждение возможных ошибок в сборке схем в форме вопросов: «Как можно устроить короткое замыкание на макетной плате? (найдите два способа)», «Как не сжечь светодиод?»; осуществление обучения работы с мультиметром, который может использоваться в быту.
Значимость
Содержание первого и второго инсайтов, факт о том, что электроника является одним из ключевых направлений развития производства.
Уверенность
Предложенные задания посильны и интересны различным категориям обучающихся (установлено эмпирически), в мастер-классе используются типовые радиодетали, которые встречаются в бытовых приборах, собранные модели устройств демонстрируют принцип работы знакомых обучающимся приборов и технологий — светильник, телеграф, светофор, умный свет.
Удовлетворение
Навыки, полученные при сборке предыдущих схем, используются при сборке последующих схем; все обучающиеся работают заинтересовано, доводят работу до конца.

5. Заключение

Электроника является одним из наиболее динамично развивающихся направлений современной науки и техники. Сложившаяся в стране ситуация требует восстановления производственных процессов, и в частности, особенно, элементной базы радиоэлектронных и цифровых устройств. Увлечение новыми технологиями в учебном процессе (робототехника, 3D-печать, беспилотные транспортные средства и др.) несколько отодвинуло вопросы содержания курса физики и его прикладного значения. В то же время в инженерных классах в ходе реализации внеурочной деятельности является целесообразным усиление физико-технического содержания образо-

вания обучающихся. Представляется возможным это реализовать через образовательные события физико–технической направленности. Необходимо разрабатывать научно–методические основы к такой деятельности.

Научная новизна. В статье описана методика проектирования мастер–класса — образовательного события, которое основано на практических действиях по демонстрации образовательно значимого опыта, мастерства. Доказано, что мастер–класс повышает осведомленность обучающихся в области физико–технической деятельности и является способом осознания ими собственных интересов и склонностей. Выявлены требования к проектированию образовательных событий физико–технической направленности, а именно содержание познавательного материала и практических работ должно удовлетворять требованиям: 1) фокусировка внимания обучающихся; 2) выбор тем, значимых для обучающихся и для развития критических технологий (согласно Стратегии развития научно–технологического развития страны); 3) обеспечение уверенности обучающихся в доступности выполнения предлагаемых практических заданий; 4) обеспечение удовлетворенности обучающихся от проделанной работы.

Теоретическая значимость заключается в выявлении этапов и методических особенностей мастер–класса, реализуемого на основе экспериментальной деятельности по физике. Ключевым этапом, отвечающим за эмоциональный отклик учащихся в виде ситуации интеллектуальной радости и успеха, является инсайт. Исследование образовательной области «Электроника» позволило выделить ее физико–технический компонент и определить содержание мастер–класса, осуществить выбор оборудования.

Практическая значимость. Полученные результаты вносят вклад в методику обучения физике учащихся инженерных классов, позволяют усиливать физико–техническое содержание образования. В ходе мастер–класса обучающимся передается опыт преподавателя по сборке простых электронных схем на макетной плате. В первую очередь, его содержание нацелено на обучающихся 5–7 классов, но может быть реализовано и на других уровнях образования, в том числе, в педагогическом вузе при подготовке педагогов естественнонаучных предметов и дополнительного образования. Предложенный в статье мастер–класс, проведенный в основной школе, будет способствовать выполнению учебных проектов из курса программирования микроконтроллеров на более высоком уровне, поскольку обучающиеся получают знания и умения о способах устранения неисправностей в программируемых электронных схемах, имеющих физическую природу. Освоение данного мастер–класса вне связи практикумом по программированию микроконтроллеров также может иметь положительный педагогический эффект.

ческий эффект, связанный с развитием познавательного интереса к электронике и получением первичных инженерно–технических знаний и умений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента РФ от 28.02.2024 № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» // <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358>.
2. Зуев П. В. Дидактическая ценность цитаты академика П. Л. Капицы о подготовке инженера // *Учебная физика*. — 2023. — № 1. — С. 55–58.
3. Зуев П. В., Сидоров В. Е. Пропедевтика обучения физике учащихся инженерных классов начальной школы в условиях образовательного кластера // *Учебная физика*. — 2025. — № 3. — С. 66–75.
4. Зуев П. В. Простые опыты и наблюдения как средство повышения эффективности экспериментальной подготовки учащихся // *Учебная физика*. — 2022. — № 2. — С. 51–54.
5. Фаддеев М. А., Масленникова Ю. В. Практикум по физике как один из этапов подготовки учащихся к обучению в передовой инженерной школе // *Учебная физика*. — 2024. — № 3. — С. 3–11.
6. Бохонская И. Е., Грачева Н. Ю. Образовательные события как средство формирования предпрофессионального самоопределения // *Образ действия*, 2023. — Вып. 2 «Реализуем ФГОС ОО. Инженерно–технологическое образование. Лучшие практики». — С. 21–26.
7. Сергеев И. С. Образовательная профориентация — методологическая основа профориентационной работы с детьми и молодежью // *Профессиональное образование и рынок труда*. — 2023. — Т. 11, № 1. — С. 24–44.
8. Худоренко Е. А. Мастер–класс как одна из форм практико–ориентированного обучения студентов высшей школы (на примере деятельности кафедры МЭиМО МЭСИ) // *Экономика, статистика, информатики*. — 2010. — № 4. — С. 2–8.
9. Русских Г. А. Мастер–класс — технология подготовки учителя к творческой профессиональной деятельности // *Методист*. — 2002. — № 1. — С. 38–40.
10. Бородулина С. Ю. Формирование у будущих учителей основ мастерства убеждения: автореферат дис. ... кандидата педагогических наук: 13.00.08. — Москва, 1999. — 15 с.
11. Жукова Т. В. Педагогическое обеспечение работы с молодежью. — Оренбург: ФГБОУ ВПО Оренбургский государственный аграрный университет, 2015. — 263 с.
12. Богатырев А. Н. Радиоэлектроника, автоматика и элементы ЭВМ / Учеб. пособие для 8–9–х кл. сред. шк. — М.: Просвещение, 1990. — 175 с.
13. Головин П. П. Фронтальные лабораторные работы и практикум по электродинамике: учебное пособие. — Ульяновск: Корпорация технологий продвижения, 2005. — 256 с.
14. Хорошавин С. А. Физико–техническое моделирование: учеб. пособ. для учащихся по факультативному курсу, 8–10–е классы. — М.: Просвещение, 1983. — 207 с.
15. Блум Дж. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства; пер. с англ. — Санкт–Петербург: БХВ–Петербург, 2020. — 544 с.
16. Платт Ч. Электроника для начинающих. — Санкт–Петербург: БХВ–Петербург, 2017. — 416 с.
17. Марков С. В. Доступная цифровая лаборатория на базе платформы Arduino MEGA 2560 для учебного физического эксперимента // *Учебная физика*. — 2024. — № 3. — С. 52–66.
18. Шваб К. Четвертая промышленная революция: пер. с англ. — М.: Эксмо, 2016. — 209 с.
19. Милявская Н. Б., Филиппова В. В. Модель ARCS как средство развития учебной мотивации в системе дистанционного обучения // *Научно–методический электронный журнал «Калининградский вестник образования»*. — 2022. — № 2 (14). — С. 13–21.

Снежинский физико–технический
институт НИЯУ МИФИ

Поступила в редакцию 21.05.26.

Научная статья

ББК 74.262.23

УДК 372.853

Ш. Г. Зиятдинов

ИДЕАЛЬНЫЕ И РЕАЛЬНЫЕ АМПЕРМЕТРЫ И ВОЛЬТМЕТРЫ В ЗАДАЧАХ И ОПЫТАХ

Выполнено дидактическое исследование применения школьного демонстрационного гальванометра для проверки решения расчетной задачи. Новизна определяется тем, что на основе натурных опытов сделан переход от абстрактной расчетной задачи на вычисление силы тока через перемычку в разветвленной цепи к практически значимой задаче по расчету модели потенциометрического датчика смещения. Решение новой задачи тоже проверяется опытами с применением стандартных школьных демонстрационных гальванометров магнитоэлектрической системы. Практическое значение работы состоит в ее направленности на развитие навыков расчета шунта и добавочного сопротивления, сборки электрических цепей, сравнения результатов решения задач с результатами натурных опытов.

Ключевые слова: электрическая цепь, гальванометр, амперметр, вольтметр, идеальные и реальные электроизмерительные приборы, потенциометрический датчик.

Sh. G. Ziyatdinov

IDEAL AND REAL AMPERMETERS AND VOLTMETERS IN TASKS AND EXPERIMENTS

A didactic study of the application of a school demonstration galvanometer for checking the solution of a calculation task has been carried out. The novelty is determined by the fact that, based on field experiments, a transition has been made from an abstract calculation task on calculating the current through a jumper in a branched circuit to a practically significant task on calculating the model of a potentiometric displacement sensor. The solution of a new task is also tested by experiments using standard school demonstration galvanometers of the magneto-electric system. The practical significance of the work lies in its focus on developing the skills of calculating the shunt and additional resistance, assembling electrical circuits, and comparing the results of solving problems with the results of full-scale experiments.

Keywords: electrical circuit, galvanometer, ampermeter, voltmeter, ideal and real electrical measuring devices, potentiometric sensor.

DOI: 10.62957/2307-5457-2026-2-16-25

1. Введение

Проблема идеальных и реальных амперметров и вольтметров актуальна не только при решении многочисленных расчетных задач [7, 8], но и при выполнении учебного физического эксперимента. В докладе, представленном на XXXI Всероссийской Глазовской конференции по учебному физическому эксперименту [1], обсуждались понятия амперметра и вольтметра, предлагаемые в учебной и справочной литературе, а также простые выводы формул для расчета шунта и добавочного сопротивления к гальванометру, обеспечивающих его применение в качестве амперметра или вольтметра с заданными пределами измерения.

В современном школьном физическом образовании, нацеленном на развитие физического мышления, важна проверка решения задач учебным экспериментом. В настоящей статье представлены результаты учебного исследования применения школьного демонстрационного гальванометра для проверки решения расчетной практически значимой задачи. Описанное исследование может стать основой проекта, в котором школьники под руководством учителя анализируют расчетную задачу, учатся рассчитывать шунт и добавочное сопротивление, осваивают навыки сборки электрических цепей.

2. Количественная задача

Задачи на расчет цепей и их решения имеются в задачаниках для профильных школ известных авторов Л. П. Баканиной, И. М. Гельфгата, Н. И. Гольдфарба, Л. А. Кирика, С. М. Козела, Г. Н. Степановой, Н. В. Турчиной, А. И. Черноуцана и др. Можно назвать следующие типы задач.

1. Известны предел измерения и внутреннее сопротивление гальванометра. Требуется рассчитать шунт или добавочное сопротивление для расширения пределов измерения до заданной величины силы тока или напряжения. Нередко предлагается найти длину нихромового провода, позволяющего изготовить соответствующие резисторы.

2. Известны параметры гальванометра, снабженного шунтом (добавочным сопротивлением). Требуется рассчитать параметры нового шунта (добавочного сопротивления), чтобы предел измерения прибора изменился в нужное число раз по сравнению с исходным.

3. На основе показаний реального прибора, подключенного к участку некоторой цепи, требуется определить характеристики (предел измерения, внутреннее сопротивление) измерительного прибора и параметры исследуемого участка цепи.

В большинстве же расчетных физических задач измерительные приборы предлагается считать идеальными. Рассмотрим одну из та-

ких задач и покажем возможность проведения учебного исследования на ее основе.

Задача. На рис. 1.1 дана принципиальная схема электрической цепи. ЭДС источника тока $\mathcal{E} = 4$ В, сопротивления резисторов $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 1$ Ом, $R_4 = 2$ Ом, амперметр идеальный. Каковы показания амперметра?

Решение. Сопротивление идеального амперметра равно нулю $R_a = 0$, поэтому разность потенциалов между точками A и B равна нулю (рис. 1.2), и точки A и B можно объединить. Получается эквивалентная схема, показанная на рис. 1.3 [2].

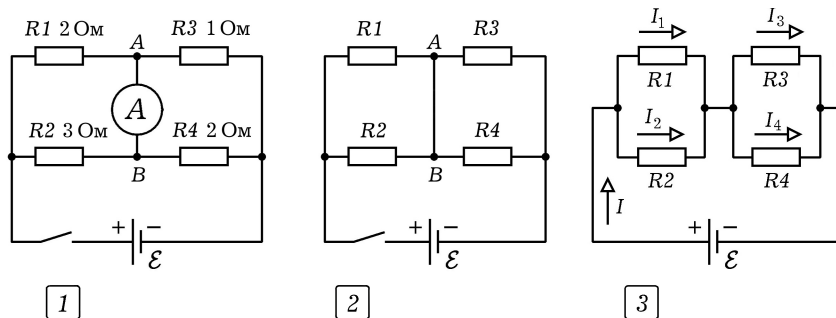


Рис. 1. К решению известной расчетной задачи

Сила тока через проводник AB I_{AB} определяется как разность сил токов I_1 и I_3 : $I_{AB} = I_1 - I_3$. Напряжение на параллельно соединенных резисторах R_1 и R_2 :

$$U_1 = U_2 = I \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{\mathcal{E}}{R} \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2},$$

где R — общее сопротивление цепи:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{28}{15} \text{ Ом} \approx 1,87 \text{ Ом}.$$

Тогда напряжения равны: $U_1 = U_2 = 18/7 \text{ В} \approx 2,57 \text{ В}$, $U_3 = U_4 = 10/7 \text{ В} \approx 1,43 \text{ В}$; силы токов: $I_1 = 9/7 \text{ А} \approx 1,29 \text{ А}$ и $I_3 = 10/7 \text{ А} \approx 1,43 \text{ А}$. В итоге показания идеального амперметра составят $I_{AB} = 1/7 \text{ А} \approx 0,14 \text{ А}$.

Ответ: $I = 0,14 \text{ А}$.

3. Экспериментальная проверка

Для проверки полученного результата в условиях школьного кабинета физики или учебной лаборатории педагогического вуза логично использовать демонстрационный амперметр [3]. Из описания в инструкции к прибору [3] и пособию по демонстрационному эксперименту [4] известно, что предел измерения демонстрационного амперметра может быть расширен штатными шунтами до 3 А и 10 А, а без шунта предел измерения составляет доли миллиампера. В задаче требуется измерить силу тока $I_{AB} = 0,14 \text{ А}$. Это меньше одного деления на пределе измерения 3 А. Поэтому для проверки решения задачи используют мультиметр.

Подбирают резисторы большой мощности, так как сила тока, согласно расчетам, велика. На рис. 2.1 показана фотография экспериментальной установки (цепь не замкнута). Первый мультиметр показывает напряжение на полюсах батареи гальванических элементов, которое при разомкнутой цепи соответствует ЭДС источника,

и в задаче не упоминается. Второй выполняет функцию амперметра согласно условиям задачи. Требуемые сопротивления $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$, $R_3 = 1 \text{ Ом}$ и $R_4 = 2 \text{ Ом}$ составлены из двухваттных резисторов номинальными сопротивлениями 2 Ом . Замыкая цепь (рис. 2.2), наблюдают, что напряжение на полюсах источника тока заметно падает и продолжает уменьшаться с течением времени, амперметр показывает силу тока примерно 50 мА , резисторы нагреваются. Существенное изменение напряжения на полюсах источника в процессе опыта свидетельствует о разрядке батареи, она быстро «садится»: общее сопротивление цепи мало, и сила тока велика. Отличие показаний амперметра от рассчитанного в задаче говорит о том, что при используемых сопротивлениях резисторов внутреннее сопротивление амперметра нельзя считать нулевым. Резисторы нагреваются благодаря большой силе электрического тока.

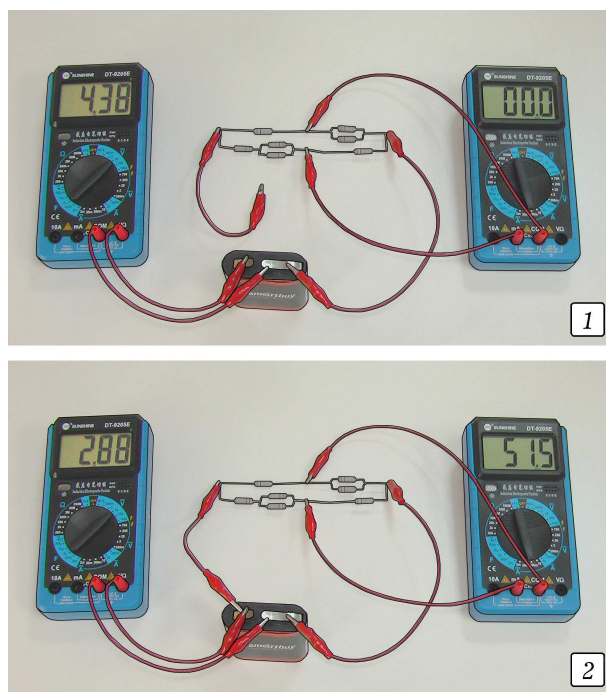


Рис. 2. Экспериментальная проверка решения абстрактной задачи (рис. 1.1): 1 — цепь не замкнута; 2 — цепь замкнута. Использован мультиметр DT9205E, согласно инструкции по эксплуатации: в режиме вольтметра постоянного тока «входное сопротивление: 10 МОм », в режиме амперметра постоянного тока «падение измеряемого напряжения: 200 мВ » [Цифровой мультиметр. Инструкция по эксплуатации]; в явном виде величина внутреннего сопротивления в режиме амперметра не обнаружена

4. Практически значимая расчетная задача

Для устранения выявленных недостатков эксперимента (нагревание резисторов, разрядка батареи, несоответствие показаний мультиметра расчетному значению силы тока) нужно увеличить сопротивление резисторов. Но чтобы появился смысл сделать это и дальше продолжить исследование, желательно перейти от абстрактной задачи к практически значимой [5, с. 65]. Например, в натурном компьютерном эксперименте применяется потенциометрический датчик координаты (рис. 3.1), в котором имеются две параллельные ветви [6]. Измерительный прибор включается между центральной точкой A первой ветви и подвижным контактом, подключенным к некоторой точке C другой ветви. Разность потенциалов, регистрируемая измерительным прибором, пропорциональна длине участка BC . На рис. 3.2 показана схема для экспериментального исследования.

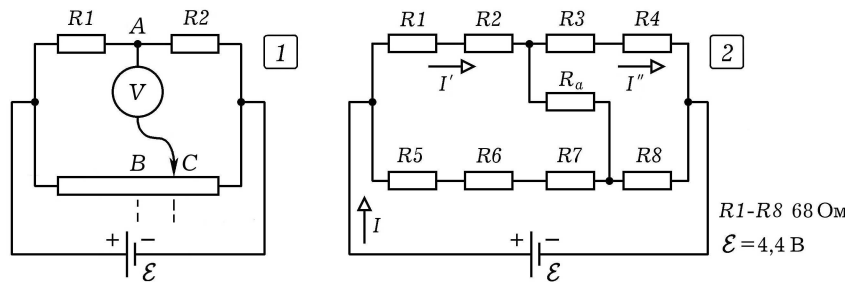


Рис. 3. Изменение условий задачи с целью моделирования потенциометрического датчика координаты: 1 — схема потенциометрического датчика [6]; 2 — задача, подобная рассмотренному примеру (рис. 1.1)

Если амперметр идеальный $R_a = 0$, то решение будет подобным рассмотренному выше. Поскольку $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = R_8 = R = 68 \text{ Ом}$, общее сопротивление схемы: $R_{\text{общ}} = 2R \cdot 3R / (2R + 3R) + R \cdot 2R / (R + 2R) = 127 \text{ Ом}$. Сила тока в неразветвленном участке цепи: $I = \mathcal{E} / R_{\text{общ}} = 0,035 \text{ А}$. Сопротивление и напряжение на участке слева от измерительного прибора: $R' = 2R \cdot 3R / (2R + 3R) = 6R/5 = 81,6 \text{ Ом}$, $U' = IR' = 2,86 \text{ В}$. Справа: $R'' = R \cdot 2R / (R + 2R) = 2R/3 = 45,3 \text{ Ом}$, $U'' = IR'' = 1,59 \text{ В}$. Сила тока в резисторах верхней ветви слева от измерительного прибора: $I' = U' / 2R = 0,021 \text{ А}$. Справа: $I'' = U'' / 2R = 0,012 \text{ А}$. Разница составляет $I_a = 0,009 \text{ А} = 9 \text{ мА}$.

5. Экспериментальная проверка практически значимой расчетной задачи

Обнаруженные в опыте отличия показаний мультиметра-амперметра (50 мА) от расчетных (140 мА) объясняются неидеальностью

измерительного прибора. Информация о внутреннем сопротивлении мультиметра–амперметра в паспорте прибора (см. подпись к рис. 2) в явном виде не обнаружена. Выход — воспользоваться демонстрационным гальванометром, рассчитав шунт. Для измерения силы тока порядка 9 мА целесообразно выбрать предел измерения 20 мА.

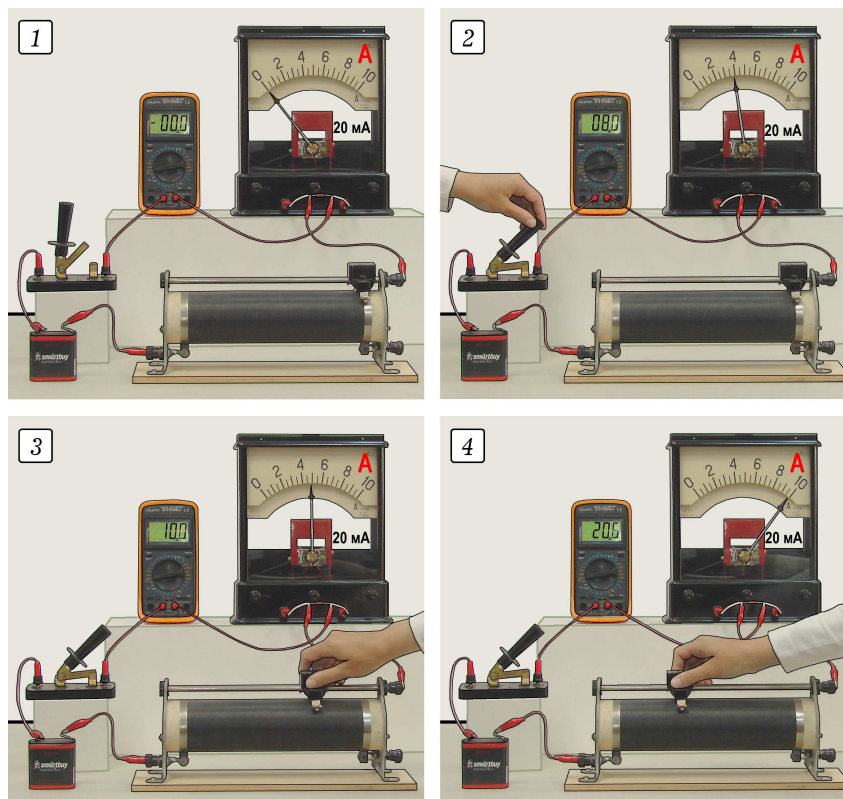


Рис. 4. Экспериментальная проверка шунта (последовательно включены батарея гальванических элементов на 4,5 В, ключ, контрольный амперметр — мультиметр, гальванометр с шунтом 6,2 Ом, реостат на 500 Ом): 1 — цепь разомкнута; 2 — цепь замкнута, контрольный мультиметр и гальванометр с шунтом показывают 8 мА; 3 — показания обоих амперметров совпадают и равны 10 мА; 4 — стрелка гальванометра с шунтом отклонилась на всю шкалу, что действительно соответствует силе тока 20 мА

На шкале гальванометра указаны его параметры: внутреннее сопротивление $R_0 = 385 \text{ Ом}$, цена деления $C_I = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ А}$. Из инструкции к прибору известно, что эти параметры относятся к нижним клеммам «Гальванометр». Шкала гальванометра имеет 10 делений, поэтому предел измерения $I_0 = 32 \cdot 10^{-5} \text{ А}$. Требуемый пре-

дел измерения $I = 20$ мА. Шунт параллелен гальванометру, значит напряжения на них одинаковы: $I_0 R_0 = I_{\text{ш}} R_{\text{ш}} = R_{\text{ш}}(I - I_0)$. Отсюда сопротивление шунта:

$$R_{\text{ш}} = \frac{I_0 R_0}{I - I_0} = \frac{32 \cdot 10^{-5} \text{ А} \cdot 385 \text{ Ом}}{20 \cdot 10^{-3} \text{ А} - 32 \cdot 10^{-5} \text{ А}} = 6,26 \text{ Ом}.$$

Для изготовления шунта подбирают резистор номинальным сопротивлением, близким к найденному значению. Из существующих резисторов — это резистор сопротивлением 6,2 Ом. На рис. 4 показана проверка правильности расчета шунта.

Последовательно соединены: батарея гальванических элементов, ключ, мультиметр в режиме амперметра и демонстрационный гальванометр, снабженный проверяемым шунтом на 20 мА. Эксперимент показывает приемлемое для учебных опытов соответствие показаний обоих приборов. Значит шунт сопротивлением 6,2 Ом для измерения силы тока 20 мА посредством гальванометра рассчитан верно.

Теперь применяют амперметр для проверки решения задачи (рис. 3.2). Экспериментальная установка и результаты эксперимента показаны на рис. 5.1 и рис. 5.2. Амперметр на основе демонстрационного гальванометра с шунтом 6,2 Ом в схеме на рис. 3.2 действительно показывает примерно 9 мА.

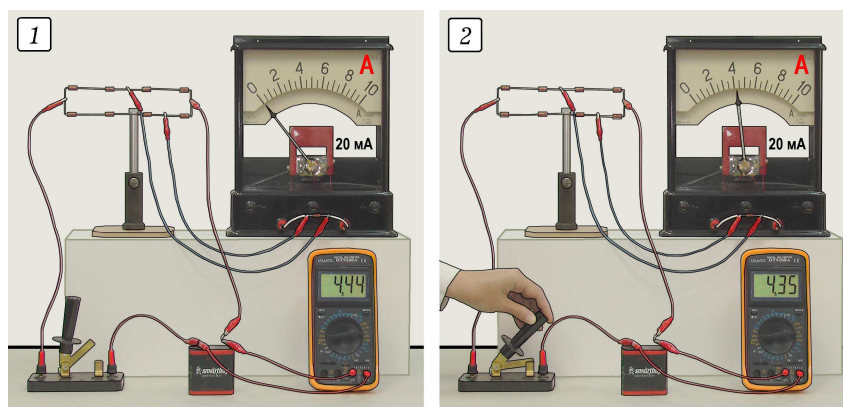


Рис. 5. Проверка решения практически значимой задачи (цепь состоит из батареи гальванических элементов на 4,5 В; ключа; резисторов номинальным сопротивлением 68 Ом, соединенных согласно схеме рис. 3.2, и амперметра; мультиметр измеряет напряжение на полюсах батареи): 1 — цепь разомкнута; 2 — цепь замкнута, амперметр с пределом измерения 20 мА показывает значение силы тока примерно 9 мА

6. Идеальный и реальный вольтметр

Проведенные выше расчеты и опыты позволяют понять, почему в потенциометрическом датчике (рис. 3.1) используется не амперметр,

а вольтметр. Амперметр, обладая малым сопротивлением, существенно изменяет общее сопротивление всей цепи (рис. 3.2) при подключении его к точкам, потенциалы которых различны.

Для того же гальванометра рассчитывают добавочное сопротивление, чтобы получить вольтметр с пределом измерения $U = 5$ В. Добавочное сопротивление включается последовательно с гальванометром, поэтому сила тока в них одинакова, а сумма падений напряжения равна новому пределу измерения $I_0 R_0 + I_0 R_d = U$. Отсюда добавочное сопротивление:

$$R_d = \frac{U}{I_0} - R_0 = \frac{5 \text{ В}}{32 \cdot 10^{-5} \text{ А}} - 385 \text{ Ом} = 15,24 \text{ кОм}.$$

Резистор с близким номинальным значением сопротивления — это резистор на 15 кОм.

На рис. 6 показана проверка рассчитанного добавочного сопротивления. Цепь содержит батарею гальванических элементов, ключ, потенциометр, испытуемый вольтметр с предполагаемым пределом 5 В и контрольный вольтметр — мультиметр. Напряжение на вольтметрах регулируется потенциометром. Эксперимент показывает правильность расчета добавочного сопротивления.

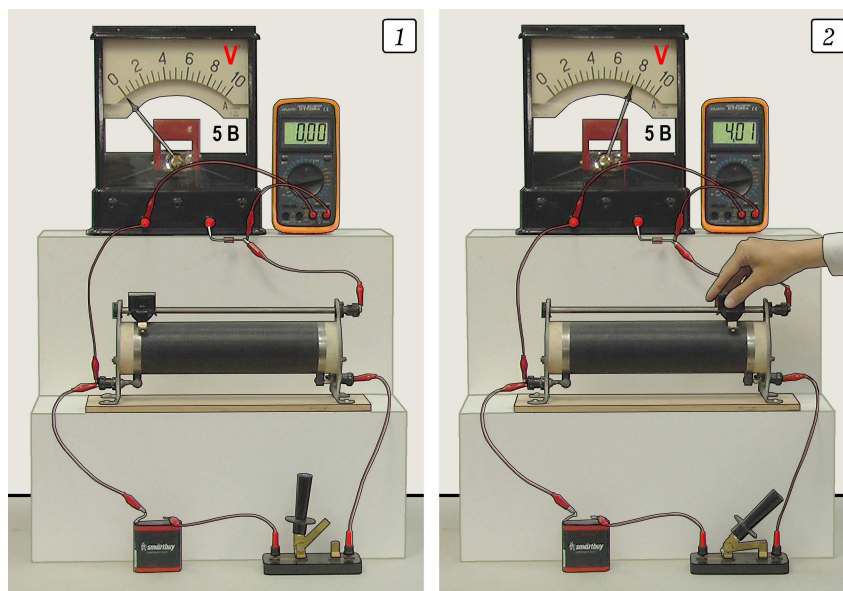


Рис. 6. Проверка добавочного сопротивления (цепь состоит из батареи гальванических элементов на 4,5 В; ключа; потенциометра сопротивлением 500 Ом; гальванометра от амперметра с добавочным сопротивлением 15 кОм, превращающим его в вольтметр с пределом измерения 5 В; мультиметра в качестве контрольного вольтметра): 1 — цепь разомкнута; 2 — цепь замкнута, потенциометром на вольтметрах установлено напряжение 4 В, их показания совпадают

Если установить стрелку в центральное положение, то, очевидно, предел измерения вольтметра будет от $-2,5$ В до $2,5$ В. Применение такого вольтметра для исследования модели потенциометрического датчика представлено на рис. 7. Предлагаем читателям самостоятельно выполнить соответствующие теоретические расчеты.

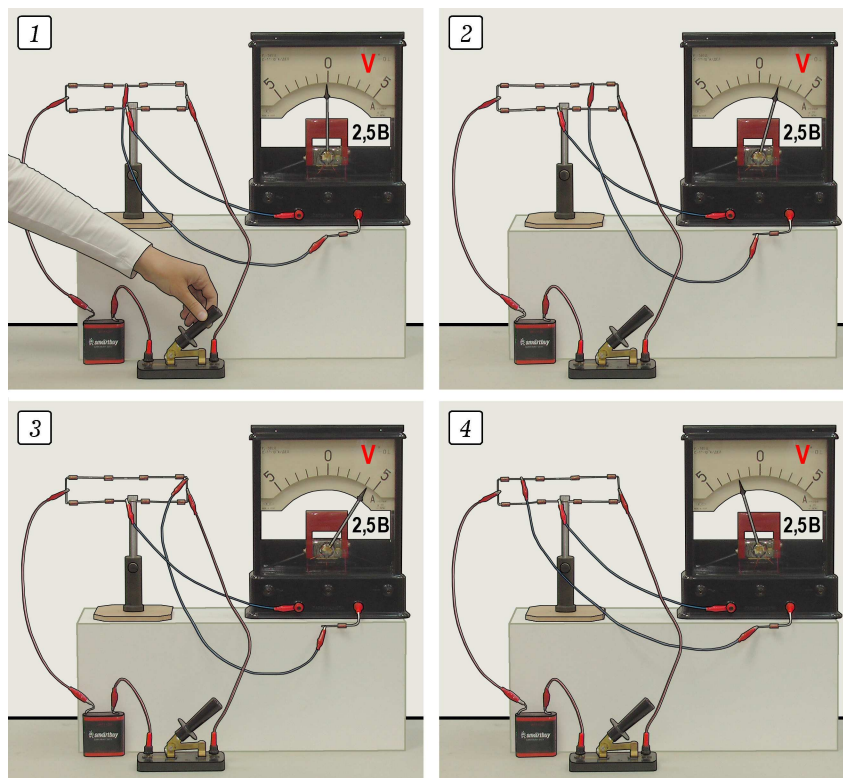


Рис. 7. Моделирование потенциометрического датчика с помощью вольтметра (добавочное сопротивление 15 кОм) на основе гальванометра от демонстрационного амперметра: 1 — вольтметр включен между точками равного потенциала; 2, 4 — один из выводов вольтметра неподвижен и всегда подключен к центральной точке нижней ветви модели датчика, а второй подключают правее (2) и левее (4) центральной точки верхней ветви; 3 — величина измеренного напряжения пропорциональна количеству резисторов между центральной точкой верхней ветви и точкой подключения подвижного вывода вольтметра

7. Заключение

Научная новизна выполненного исследования заключается в разработке методики применения известных задач для организации практически значимой экспериментальной деятельности. На основе натурных опытов сделан переход от абстрактной расчетной задачи на

вычисление силы тока через перемычку в разветвленной цепи к практически значимой задаче по расчету модели потенциометрического датчика смещения. Решение новой задачи тоже проверяется опытами с применением стандартных школьных демонстрационных гальванометров магнитоэлектрической системы.

Практическое значение работы состоит в ее направленности на развитие навыков расчета шунта и добавочного сопротивления, сборки электрических цепей, сравнения результатов решения задач с результатами натурных опытов. Полученные результаты могут применяться в старшей школе при изучении постоянного тока и в педагогическом вузе с целью формирования навыков работы с демонстрационными измерительными приборами. Студенты педагогического вуза должны знать и уметь использовать дидактические возможности демонстрационных амперметра и вольтметра, иметь представление об их расширении.

Работа вносит вклад в решение проблемы развития физического мышления при решении задач, рассмотренной ранее в статье Б. А. Мукушева [9], путем их экспериментальной проверки; в решение проблемы расширения дидактических возможностей школьных электроизмерительных приборов кабинета физики, обоснованной, например, в статье И. Ю. Зворыкина и М. Р. Катковой [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Зияйтинов Ш. Г. Электрические цепи с гальванометрами, амперметрами и вольтметрами // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 43. — М.: ИСРО РАО, 2026. — С. 60–62.
2. Зияйтинов Ш. Г. Эквивалентные схемы в курсе электродинамики // Учитель Башкортостана. — 2024. — № 4. — С. 60–67.
3. Амперметр и вольтметр с гальванометрами (демонстрационные). — М.: Просвещение, 1991. — 16 с.
4. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Т. 2. Электричество. Оптика. Физика атома. Пособие для учителей. Под ред. А. А. Покровского. — М.: Просвещение, 1972. — 448 с.
5. Зуев П. В. Теоретические основы эффективного обучения физике в средней школе (праксеологический подход): Монография / Урал. гос. пед. ун-т. — Екатеринбург, 2000. — 153 с.
6. Майер В. В. Жидкостные потенциометрические датчики смещения // Учебная физика. — 2013. — № 1. — С. 26–33.
7. Майер В. В. Постоянный электрический ток // Учебная физика. — 2005. — № 2. — С. 152–205.
8. Тартаковский Д. Ф., Ястребов А. С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений: Учеб. для вузов. — М.: Высш. шк. — 2008. — 209 с.
9. Мукушев Б. А. Обучение школьников составлению задач по физике // Учебная физика. — 2022. — № 3. — С. 7–16.
10. Зворыкин И. Ю., Каткова М. Р. Учебный проект по созданию высокоомной приставки к вольтметру // Учебная физика. — 2025. — № 1. — С. 34–38.

Уфимский университет
науки и технологий

Поступила в редакцию 06.11.25.

Научная статья

ББК 74.262.23

УДК 378

С. В. Барышников

ЭЛЕКТРОМЕТР НА ОСНОВЕ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ГАЛЬВАНОМЕТРА

В статье рассматривается создание приставки к демонстрационному гальванометру для использования его в качестве чувствительного электрометра. В основу работы приставки положены свойства полевых транзисторов с изолированным затвором. Такой электрометр имеет значительно большую чувствительность механического электрометра и позволяет определять знак заряда, создающего поле. Приставка имеет простую конструкцию и может быть собрана студентами или школьниками старших классов в рамках развития инженерного мышления.

Ключевые слова: методика преподавания физики, учебный физический эксперимент, электростатика, МОП–транзисторы.

S. V. Baryshnikov

AN ELECTROMETER BASED ON A DEMONSTRATION GALVANOMETER

This article discusses the creation of an attachment to a demonstration galvanometer for using as a sensitive electrometer. The attachment's operation is based on the properties of insulated-gate field-effect transistors. This electrometer has a significantly greater sensitivity than a mechanical electrometer and allows one to determine the sign of the charge creating the field. The attachment has a simple design and can be assembled by college or high school students as part of their engineering thinking development program.

Keywords: physics teaching methods, educational physics experiment, electrostatics, MOSFETs.

DOI: 10.62957/2307-5457-2026-2-26-31

1. Введение

Электрометр — это чувствительный измерительный прибор, предназначенный для измерения разности электрических потенциалов, электрического заряда или напряженности электрического поля. Он отличается от обычного вольтметра значительно более высоким входным сопротивлением, что позволяет измерять напряжение без заметного влияния на исследуемую цепь, что особенно важно при работе с цепями, имеющими очень малые токи или высокое сопротивление [1].

Первым создателем устройств для регистрации электричества был Алессандро Вольта, сконструировавший первый электроскоп. Конструкция представляла собой стеклянный сосуд, закрытый резиновой пробкой, через которую проходил металлический проводник. Внешняя часть стержня заканчивалась шаром, а внутренняя несла на себе пару соломинок. Принцип действия базировался на отталкивании одноименных зарядов: при контакте с заряженным объектом соломинки расходились, подтверждая наличие электричества. Впоследствии чувствительность прибора повысили, заменив соломинки на легкую бумагу или тончайшую золотую фольгу, что позволило фиксировать даже незначительные заряды. Следующим этапом эволюции стало появление электрометров, оснащенных отклоняющейся стрелкой.

На сегодняшний день механические электрометры используются преимущественно в образовательном процессе. Однако в первой четверти XX века они играли ключевую роль в научных исследованиях, в частности, для изучения радиоактивности и космических лучей. Ученые фиксировали скорость утечки заряда, возникающую из-за ионизации воздуха под действием излучения.

В учебном процессе электрометры находят широкое применение на уроках физики в школе и на занятиях по физике в вузах. Их использование помогает учащимся наглядно понять фундаментальные понятия электростатики и электричества, а также развить навыки проведения точных измерений.

В преподавании раздела «Электростатика» в школе электрометр часто используется для иллюстрации [2–4]: 1) наличия электрического заряда на телах (например, при трении эбонитовой палочки о шерсть); 2) передачи заряда от одного тела к другому (через контакт или индукцию); 3) разделения зарядов и явления электростатической индукции; 4) экранирования электрического поля (опыты с клеткой Фарадея).

В вузах электрометры применяются в лабораторных работах по физике, например, [5, 6]: 1) измерение потенциала заряженных тел; 2) определение знака заряда (в комбинации с заряженными эталонными телами); 3) исследование зависимости потенциала от расстоя-

ния (в электростатическом поле); 4) изучение емкости проводников и конденсаторов; 5) демонстрация внешнего фотоэффекта.

Современные электрометры часто основаны на полевых транзисторах с изолированным затвором (МОП-транзисторы) или электрометрических усилителях (на электронных лампах), которые практически не потребляют ток от измеряемой цепи [7, 8].

В данной статье описана возможность создания приставки к демонстрационному гальванометру, которая обладает не только более высокой чувствительностью, чем механический электрометр, но и определяет знак электрического заряда тела.

2. Схема и конструкция приставки

Основу приставки составляет полевой транзистор с изолированным затвором и встроенным каналом. МОП-транзисторы в зависимости от мощности и наличия цепей защиты от пробоя обладают входным сопротивлением 10^9 – 10^{15} Ом и емкостью затвора от 5 пФ до 15 нФ [8].

Схема одного из возможных вариантов приставки показана на рис. 1.1, где используется российский МОП-транзистор КП305. Номиналы резисторов: $R_1 = 1$ МОм, $R_2 = 1$ кОм, $R_3 = 2$ кОм; емкость конденсатора $C = 100$ – 500 пФ; элемент питания CR2032 с напряжением 3 В.

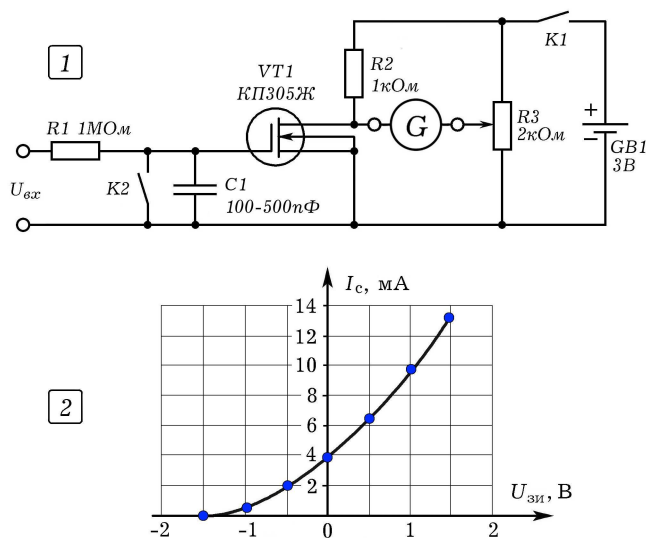


Рис. 1. Приставка для создания чувствительного электрометра на основе демонстрационного гальванометра с использованием транзистора КП305Ж: 1 — принципиальная схема приставки; 2 — затворно-стоковая характеристика для транзисторов КП305Ж и КП305В при напряжении исток-сток 5 В

В таком транзисторе на затвор можно подавать как положительное, так и отрицательное напряжение, при этом проводимость канала будет увеличиваться или уменьшаться (рис. 1.2). Транзистор включен в одно из плеч моста, в диагональ которого подключается гальванометр. Переменный резистор R_3 служит для установки стрелки гальванометра в нулевое положение (при замкнутом ключе K_2). Заряд Q , поступая на конденсатор C , создает на нем напряжение $U = Q/C$, что в зависимости от знака заряда приводит к отклонению стрелки гальванометра вправо или влево. Заряд на конденсаторе может сохраняться долгое время, поэтому для разрядки конденсатора перед следующим измерением служит ключ K_2 . Чувствительность такого электрометра можно менять, подбирая емкость конденсатора. Однако, несмотря на свои достоинства, такая приставка обладает одним недостатком — при попадании высокого напряжения (величина которого зависит от емкости конденсатора) на затвор полевой транзистор может выйти из строя (предельное напряжение затвор–исток для транзистора КП305 составляет ± 15 В).

Этот недостаток можно устранить, если вместо маломощного полевого транзистора использовать силовые, высоковольтные полевые транзисторы, которые обычно используются в импульсных блоках питания. Достоинство таких транзисторов заключается в том, что они имеют внутреннюю схему защиты от перенапряжения. Но есть и недостаток, который состоит в том, что это МОП–транзисторы с индуцированным каналом, поэтому для нормальной работы ему необходимо задавать начальное напряжение на затворе. При этом делитель напряжения для задания рабочей точки должен обладать сопротивлением $\sim 10^9$ Ом или более (рис. 2).

В качестве такого транзистора был выбран полевой транзистор с индуцированным каналом n -типа К1058. Номиналы резисторов: $R_1 = R_2 = 1$ МОм, $R_3 = 5$ ГОм, $R_4 = 10$ ГОм, $R_5 = 1$ кОм, $R_6 = 2$ кОм; конденсатор в такой схеме отсутствует, так как емкость затвора для транзистора К1058 составляет 2000 пФ. Высокоомные резисторы R_3 , R_4 служат для задания рабочей точки на линейном участке вольт–амперной характеристики. Если сравнить затворно–стоковые характеристики рис. 1.2 и рис. 2.2, то одинаковые изменения напряжения на затворе транзистора К1058 по сравнению с КП305 приводят к значительно большему изменению тока стока. Поэтому резистор R_4 еще обеспечивает отрицательную обратную связь для ограничения чувствительности электрометра. Отсутствие ключа K_2 объясняется наличием резистора R_3 , который вместе с емкостью затвора образует RC –цепочку со временем релаксации 5–7 секунд. Благодаря этому стрелка гальванометра через 10 секунд автоматически возвращается в нулевое положение после устранения источника заряда.

Стоит отметить, что демонстрационные гальванометры, в зависимости от производителя, обладают разной чувствительностью обычно от $0,5 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-5}$ А/дел. Поэтому для уменьшения чув-

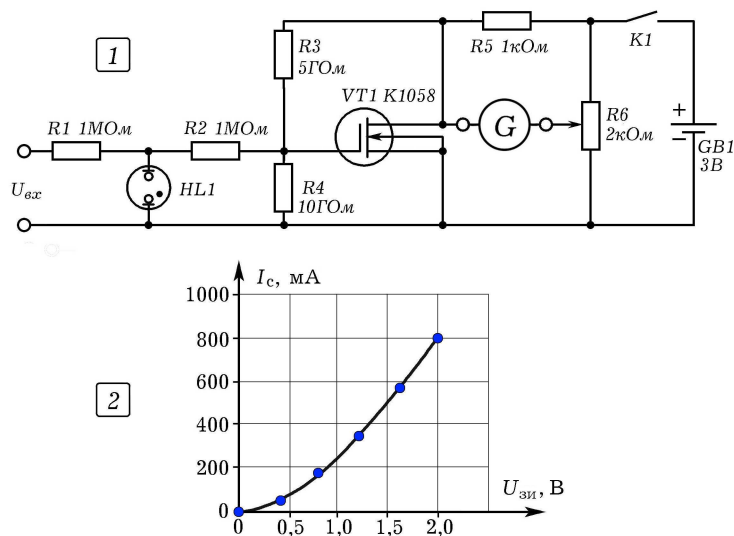


Рис. 2. Приставка с использованием транзистора К1058: 1 — принципиальная схема приставки; 2 — затворно-токовая характеристика для транзисторов К1058 при напряжении исток-сток 5 В

ствительности в схеме приставки (рис. 2) можно добавить на затвор конденсатор емкостью ~ 1000 пФ или уменьшить сопротивление резистора $R4$ с 10 ГОм до 5 ГОм.

Резисторы $R1$, $R2$ и неоновая лампа $HL1$ образуют дополнительную защитную цепочку. В качестве неоновой лампы можно использовать лампы ИНС-1, ТН0.2-2 или другие с напряжением зажигания 80–90 В. При попадании высокого напряжения на вход неоновая лампа зажигается, принимая разряд на себя. Приставка имеет малые размеры, автономный источник питания и штекеры для подключения к клеммам гальванометра (рис. 3).

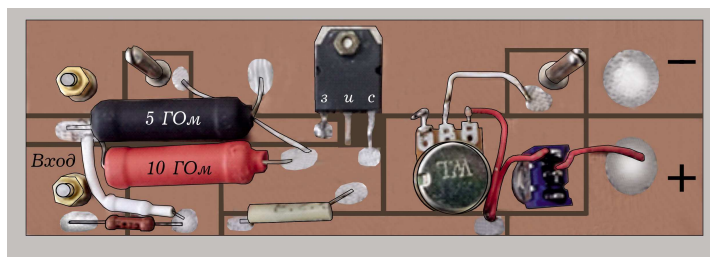


Рис. 3. Фотография приставки со стороны монтажа

В качестве примера на рис. 4 показана демонстрация разделения зарядов при натирании стеклянной трубки тефлоновой пленкой.

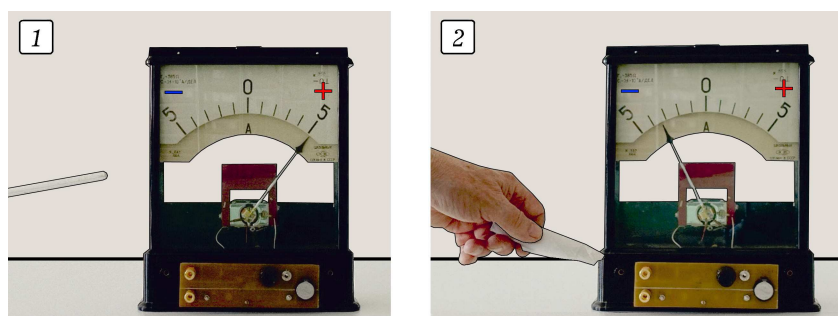


Рис. 4. Отклонение стрелки гальванометра при приближении стеклянной трубки (1) и тефлоновой пленки, которой трубка была электризована (2)

3. Заключение

Таким образом, предложенная приставка для демонстрационного гальванометра показывает высокую эффективность и удобство в эксплуатации. Приставка позволяет определять знак зарядов, породивших электрическое поле, обладает более высокой чувствительностью по сравнению с механическим электрометром, тем самым позволяет расширить возможности демонстраций по электростатике. Благодаря своей простоте приставка может быть изготовлена студентами в качестве задания для курсовой работы или школьниками старших классов в качестве проектной деятельности, что будет содействовать развитию инженерного мышления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Межгосударственный стандарт. ГОСТ ИЕС TR 61340-1. Электростатика. Электростатические явления. Физические основы и методы измерений. — М.: Изд. Российский институт стандартизации, 2023. — 33 с.
2. Шахмаев Н. М., Шилов В. Физический эксперимент в средней школе: Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. — М.: Просвещение, 1989. — 255 с.
3. Майер В. В., Вараксина Е. И., Корнев Ю. А. Простые демонстрационные опыты на уроках по электростатике // Учебная физика. — 2022. — № 2. — С. 24–34.
4. Федорова Н. Б., Кузнецова О. В., Ельцов А. В. Школьный физический эксперимент. Демонстрационные опыты. — Рязань: Изд. РГУ, 2017. — 180 с.
5. Грабовский М. А., Млодзеевский А. Б., Телеснин Р. В., Шаскольская М. П., Яковлев И. А. Лекционные демонстрации по физике., под ред. В. И. Ивероновой, изд. 2-е, переработанное. — М.: Наука, Глав. ред. физ.-мат. лит., 1972. — 639 с.
6. Галкин А. Ф., Грунская Л. В., Дорожков В. В., Кулиш А. А., Кунин В. Н., Кондаков В. П., Мизонова О. Г., Пичужкина Л. И., Плешивцев В. С., Шишелов А. А. Физика в лекционных демонстрациях: учеб. пособие. — Владимир: Изд. ВГУ, 2012. — 130 с.
7. Забродин Ю. С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. — М.: Альянс, 2008. — 496 с.
8. Игнатов А. Н. Полевые транзисторы и их применение в технике связи. — Новосибирск, Изд: СибГУТИ, 2008. — 319 с.

Благовещенский государственный педагогический университет имени М. И. Калинина

Поступила в редакцию 11.03.26.

Научная статья

ББК 74.262.23

УДК 372.853

С. Э. Потоскуев, А. В. Проскуряков
УЧЕБНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАДЕНИЯ
СПУТНИКА В ПОЛЕ ТЯЖЕСТИ ЗЕМЛИ

Сделана теоретическая оценка погрешности применения формулы для времени равноускоренного падения к случаю падения спутника на земную поверхность при отсутствии атмосферы. Проведены оценки погрешности при разных высотах, с которых начинает радиально падать спутник с нулевой начальной скоростью. Для оценки достоверности результатов, полученных сложными для школы и педагогического вуза математическими методами, проведено графическое сопоставление времени равноускоренного падения и падения в условиях, когда ускорение свободного падения зависит от высоты. Для создания наглядного образа изученных теоретически явлений, происходящих в поле тяжести Земли, выполнен и описан натурный модельный эксперимент. Изготовлена двумерная модель искривленного пространства в виде упругой мембраны. Изучена деформация мембраны телами разной массы, по результатам чего создан прибор для исследования скатывания тела (модель спутника) по деформированной мембране. Результаты натурального моделирования на качественном уровне хорошо согласуются с теоретическими положениями работы.

Ключевые слова: время падения, задача Кеплера, методическая погрешность, закон сохранения механической энергии.

S. E. Potoskuev, A. V. Proskuryakov
AN EDUCATIONAL STUDY OF A SATELLITE
FALL IN THE EARTH'S GRAVITY FIELD

A theoretical estimate of the error in applying the formula for the time of uniformly accelerated fall to the case of a satellite falling to the Earth's surface in the absence of an atmosphere was made. Error estimates were made for different altitudes from which the satellite begins its radial fall with zero initial velocity. To assess the reliability of the results obtained using mathematical methods that are difficult for schools and pedagogical universities, a graphical comparison of the time of uniformly accelerated fall was made and the fall under conditions where the acceleration of gravity depends on altitude. To create a visual representation of the theoretically studied phenomena occurring in the Earth's gravitational field, a full-scale model experiment was conducted and described. A two-dimensional model of curved space in the form of an elastic membrane was constructed. The membrane's deformation by bodies of varying masses was studied, leading to the creation of a device for studying the rolling of a body (a satellite model) along a deformed membrane. The results of the full-scale modeling are in good qualitative agreement with the theoretical premises of the study.

Keywords: fall time, Kepler problem, methodological error, law of conservation of mechanical energy.

DOI: 10.62957/2307-5457-2026-2-32-43

1. Введение

Теоретические аспекты представленного ниже исследования опубликованы авторами в сборнике научных трудов [1].

За какое время упадет на земную поверхность спутник, если вдруг прекратит свое движение по орбите? Например, при условии, что атмосфера отсутствует? Если при падении тела с небольшой высоты h вблизи поверхности Земли время падения вычисляется по формуле

$$\tau_0 = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad (1)$$

то, как вычислить время, если исходная высота равна 100 км? Насколько правильно использовать при этом школьную формулу для движения с постоянным ускорением? Подобные вопросы нередко возникают при изучении тем, связанных с движением в поле тяготения Земли. Чаще всего это происходит при решении задач по физике и астрономии олимпиадного уровня. Подкрепленная количественным расчетом методическая сторона этого познавательного аспекта, на наш взгляд, недостаточно освещена в учебной литературе. Данная статья — попытка преодолеть эту трудность.

Случай радиального движения тела в поле центральной силы рассмотрен в книге [2, с. 333–339]. Там отмечается, что свободное падение или вертикальный подъем имеют большое практическое значение для запуска ракет в исследовательских целях. Рассмотрена задача радиального движения в условиях, когда ускорение свободного падения постоянно, а также с учетом изменения ускорения свободного падения с высотой. В этой книге получено выражение для времени радиального свободного падения в безвоздушной среде. Практическую значимость изучаемого случая радиального движения подтверждает наличие задачи [2, с. 401]. В задаче дана высота над поверхностью Земли, на которой отключается двигатель ракеты, поднимающейся вертикально, и скорость ракеты в момент выключения. Требуется, пренебрегая сопротивлением среды, найти максимальную высоту, на которую поднимается ракета, и ошибку, обусловленную непостоянством ускорения свободного падения в зависимости от высоты.

С точки зрения классической механики падение спутника из состояния покоя на поверхность Земли в инерциальной системе отсчета — частный случай радиального движения в так называемой задаче Кеплера. Для анализа явления на «школьном» уровне будем использовать модель, основные допущения которой следующие: 1) система отсчета — геоцентрическая, для рассматриваемого движения может считаться приближенно инерциальной; 2) Земля — шар радиуса R и массы M , которая распределена сферически симметрично; 3) спутник — материальная точка массы m , в начальный момент времени находящаяся в покое на высоте h от земной поверхности; 4) атмосфера отсутствует.

2. Учебная теория

Приведем общеизвестные этапы решения задачи на основе закона сохранения механической энергии [3, с. 39; 4, с. 228–229.].

Уравнение закона сохранения энергии для начального положения, то есть при $t = 0$, и положения в момент времени t имеет вид:

$$-G \frac{Mm}{r_0} = -G \frac{Mm}{r} + \frac{mv^2}{2}, \quad (2)$$

где r_0 — расстояние от центра Земли до спутника в начальный момент времени, r — расстояние от центра Земли до спутника в момент времени t . На рис. 1 показаны ось системы координат и эти расстояния.

Выражая скорость из формулы (2) и учитывая, что $v_r = dr/dt$, приходим к следующей связи между малыми приращениями времени и координаты

$$dt = \frac{\sqrt{r_0 r} dr}{\sqrt{2GM(r_0 - r)}}. \quad (3)$$

Интегрируя (3), получаем формулу для времени полета с расстояния r_0 до расстояния r :

$$\tau = \sqrt{\frac{r_0}{2GM}} \int_r^{r_0} \frac{\sqrt{r} dr}{\sqrt{r_0 - r}}. \quad (4)$$

Вычисляя интеграл [5, с. 45; 6] в формуле (4) и учитывая, что $r_0 = R + h$ и при достижении земной поверхности $r = R$, приходим к следующему выражению для времени падения с высоты h :

$$\tau = \sqrt{\frac{R+h}{2GM}} \left(\sqrt{Rh} + (R+h) \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{h}{R}} \right). \quad (5)$$

Выражение (5) и есть точная формула в рамках модели для времени падения с высоты h , учитывающая изменение ускорения в процессе движения. Данной формуле можно придать разный вид, выражение (5) — один из возможных вариантов. Удобно, используя стандартное обозначение ускорения свободного падения вблизи земной поверхности как g и учитывая, что $GM = gR^2$, придать формуле вид

$$\tau = \sqrt{\frac{R+h}{2gR^2}} \left(\sqrt{Rh} + (R+h) \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{h}{R}} \right). \quad (6)$$

Приведенные выражения позволяют оценить методическую погрешность «школьной» формулы для времени падения — погреш-

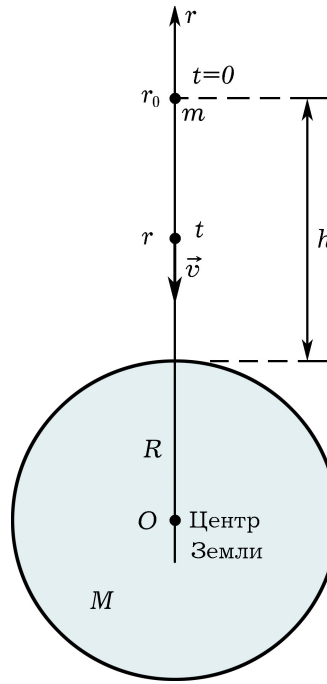


Рис. 1. К теоретическому решению задачи о радиальном свободном падении спутника в поле тяжести Земли

ность, обусловленную принятием допущения о постоянстве ускорения g . Под «школьной» формулой имеется в виду выражение (1): $\tau_0 = \sqrt{2h/g}$. На основании (6) для данной относительной погрешности получаем следующую оценку:

$$\varepsilon = \frac{\tau - \tau_0}{\tau_0} = \sqrt{\frac{R+h}{4R}} \left(1 + \frac{R+h}{\sqrt{Rh}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{h}{R}} \right) - 1. \quad (7)$$

Если выполняется неравенство $h < R$, разложение в ряд по параметру малости, приводит к упрощению формулы (7) до вида

$$\varepsilon = \frac{5h}{6R} - \frac{1}{40} \left(\frac{h}{R} \right)^2 + \dots \quad (8)$$

При грубой оценке погрешности для высот меньших радиуса Земли достаточно ограничиться первым слагаемым в разложении (8):

$$\varepsilon \approx \frac{5h}{6R}. \quad (9)$$

В табл. 1 приведены значения относительной методической погрешности, округленные в сторону увеличения, для разных начальных высот.

Приведенные в табл. 1 результаты получены по формулам (7) и (9), вывод которых непросто как для школьных, так и для вузовских курсов физики и математики. Поэтому на рис. 2 выполнено наглядное сравнение формул (1) и

Таблица 1

h , км	ε , %
100	1,4
200	3
380	5
600	8
1000	14
2000	26
4000	51
6300	83

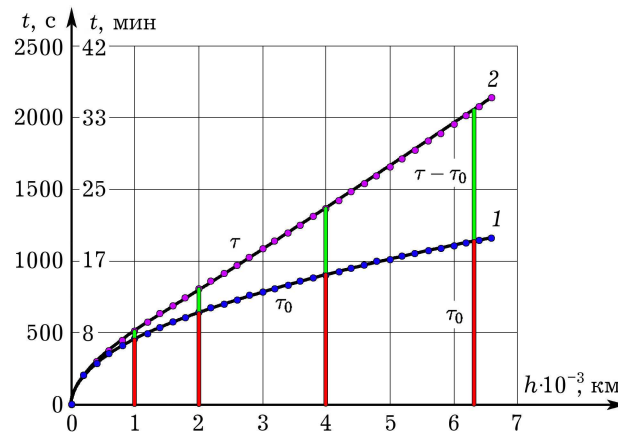


Рис. 2. Графики зависимости времени падения на поверхность Земли от высоты, с которой свободно падает тело: 1 — график построен при условии постоянства ускорения свободного падения по «школьной формуле (1)»; 2 — график построен по формуле (6), учитывающей зависимость ускорения свободного падения тела от высоты. Графики построены по точкам с шагом 200 км в электронных таблицах *Excel*

(6) графическим методом. Из рисунка видно, что при малых высотах до нескольких сотен километров результаты применения формул (1) и (6) практически совпадают, значит допустимо считать ускорение свободного падения постоянным с небольшой погрешностью. С увеличением высоты падения результаты применения формул (1) и (6) отличаются все сильнее. Зелеными отрезками показана разница между этими результатами $\tau - \tau_0$ при некоторых значениях высоты, взятых из табл. 1. Красные отрезки соответствуют времени падения τ_0 , вычисленному по «школьной» формуле (1). Отношение длин этих отрезков, оцененное на глаз, примерно равно погрешности, вычисленной по формуле (8) и приведенной в табл. 1.

Таким образом, «школьная» формула $\tau_0 = \sqrt{2h/g}$ для расчета времени падения спутника с высоты h на земную поверхность при отсутствии атмосферы может быть вполне использована для высот порядка нескольких сотен километров с указанной в таблице относительной погрешностью.

3. Проблема создания натурального учебного эксперимента

Доказательный натуральный эксперимент по проверке полученных теоретических выводов затруднителен. Однако *интересно* провести модельный эксперимент.

Общеизвестна «двумерная аналогия» [7, с. 73] искривленного пространства. Она встречается в научно-популярной литературе (рис. 3), поскольку способствует созданию наглядных образов движения тела и искривления пучка света вблизи массивной звезды или иного космического объекта. В книгах [7, 8, 9], которым принадлежат иллюстрации на рис. 3, мы не обнаружили прямого сравнения двумерной аналогии с деформированной упругой пластинкой. В книге В. С. Бескина [10, с. 60] аналогичная иллюстрация используется для объяснения отклонения траектории тела от прямолинейной вблизи массивного тела и сказано, что массивное тело, искривляя пространство, как будто деформирует «двумерную мембрану».

Моделирование искривленного пространства упругой мембраной, деформируемой массивным телом, подвергается критике. Richard Price в аннотации к своей статье [11] пишет следующее:

«Вера в то, что гравитация в искривленном пространстве-времени не может быть представлена просто и корректно, приводит к таким вводящим в заблуждение представлениям, как упругие двумерные слои, деформирующиеся при удержании тяжелых предметов. В этой статье предпринята попытка показать, что концептуальная основа искривленной пространственно-временной гравитации может быть представлена просто и корректно, и что пространственная кривизна деформированного эластичного листа сильно отличается от пространственно-временной кривизны, лежащей в основе гравитации» [11]. В оригинале: «The belief that curved spacetime gravity cannot be simply and correctly presented results in such misleading presentations as elastic two-dimensional sheets deformed as they support heavy objects. This article attempts to show that the conceptual basis of curved spacetime gravity can be simply and correctly presented, and that the spatial curvature of a deformed elastic sheet is very different from the spacetime curvature underlying gravity. This article introduces the idea of a «splittable» spacetime that has spatial curvature, but is missing most of the manifestations of gravity» [11].

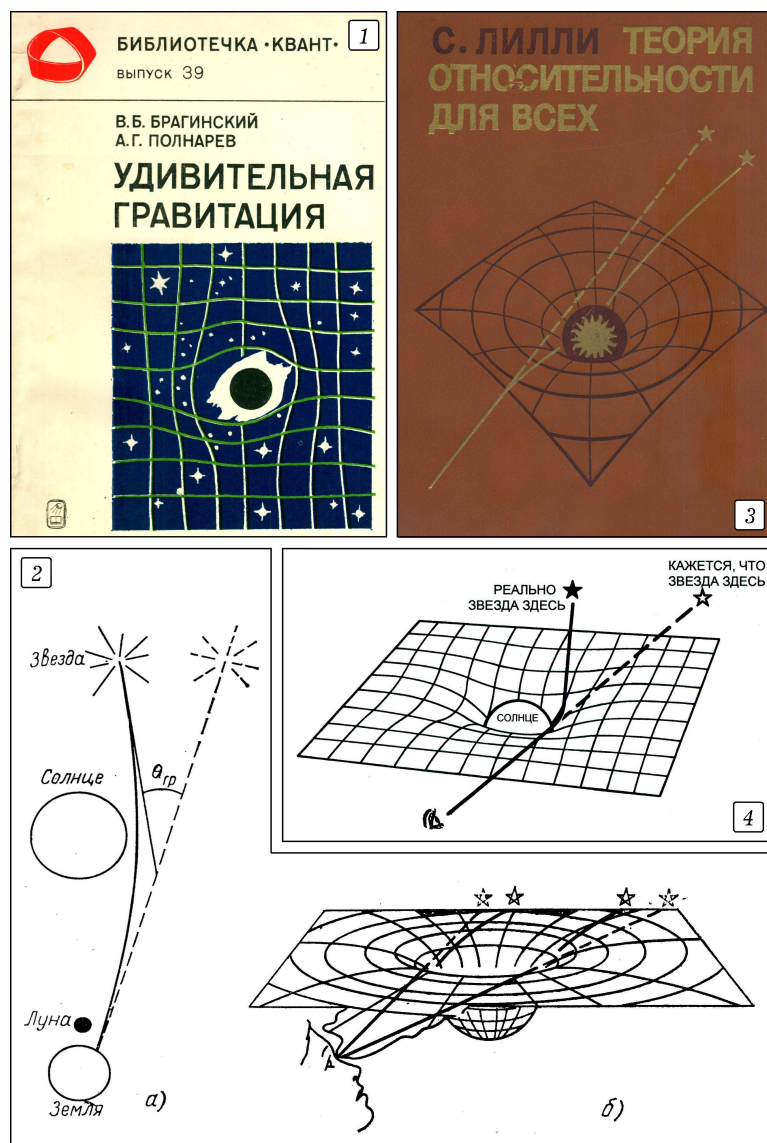


Рис. 3. Иллюстрации из научно-популярной литературы: 1 — обложка книги В.Б.Брагинского и А.Г.Полнарева [7]; 2 — рисунок из той же книги [7, с.73]; 3 — обложка книги С.Лилли [8]; 4 — иллюстрация из книги Л.М.Шлэйна (перевод с английского языка А.В.Рыбкиной и В.Н.Чувильдеева; под редакцией В.Н.Чувильдеева) [9, с.337].

Полный текст статьи оказался недоступен авторам, что не позволило им ознакомиться с заявленным в аннотации простым описанием кривизны пространства. Однако в аннотации не говорится про создание *наглядного образа* протекающих в гравитационном поле явлений посредством *натурного эксперимента*. Согласно исследованиям Т. Н. Шамало [12] наглядные образы изучаемых явлений, созданные в натурных опытах, являются совершенно необходимым условием развития мышления обучающихся, возникает проблема поиска такого эксперимента для изучения падения спутника в поле тяжести Земли. Делал ли кто-нибудь то, что изображено на рис. 3, помещал ли массивное тело на упругую мембрану и наблюдал ли движение тел в полученной модели искривленного пространства? *Гипотеза*: натурное воплощение двумерной аналогии искривленного массивным телом пространства позволит предложить модельные опыты, создающие наглядный образ радиального свободного падения в поле тяжести Земли с учетом изменения ускорения свободного падения с высотой над ее поверхностью.

4. Натурный модельный эксперимент

На рис. 4 показан прибор для воплощения двумерной аналогии: 1 — квадратная рама внутренним размером 250×275 мм, внешним 280×305 мм (ширина плоских сторон рамы 15 мм), изготовленная из гетинакса толщиной 5 мм; 2 — двумерная мембрана — сетка из швейной резиновой нити в тканевой оплетке, имеющая квадратные ячейки со стороной 15 мм; 3 — ножки дюралевые длиной 180 мм, диаметром 12 мм. Сетка изготовлена следующим образом. В рамке через 15 мм просверлены отверстия диаметром 2 мм. В

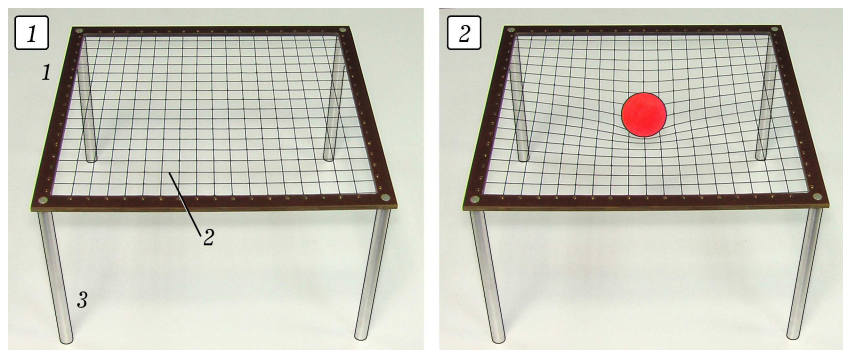


Рис. 4. Экспериментальная установка для моделирования гравитационного поля Земли упругой двумерной мембраной

них продеты концы нити так, чтобы нить не была натянута, но и не провисала. В отверстиях концы нитей заклинены отрезками деревянной зубочистки и проклеены секундным клеем. В местах пересечения перпендикулярно идущие нити точно соединены секундным клеем.

Слева на рис. 4 показан внешний вид прибора, справа — на мембрану помещено массивное тело — силиконовый шарик массой 37,8 г, диаметром 42 мм.

На рис. 5 мембрана деформирована телами разной массы и можно действительно видеть, что профиль деформированной мембраны похож на изображаемый в литературе. Далее нужно исследовать, как небольшие тела скатываются по этой деформированной мембране радиально — это будет моделью свободного радиального падения тела в поле тяжести, например, Земли.

Гипотеза дальнейшего исследования. Очевидно, что если бы профиль был прямолинейным, тело скатывалось бы по деформированной мембране с постоянным ускорением. Поскольку профиль не прямолинейный, то ускорение тела при скатывании должно изменяться, а именно, увеличиваться, поскольку по мере скатывания угол наклона поверхности по отношению к горизонту возрастает. По изготовленной сетке непросто скатить маленькое легкое тело, которое попросту провалится в ее ячейки или застрянет. Придется изготовить еще один прибор. Он должен состоять из двух

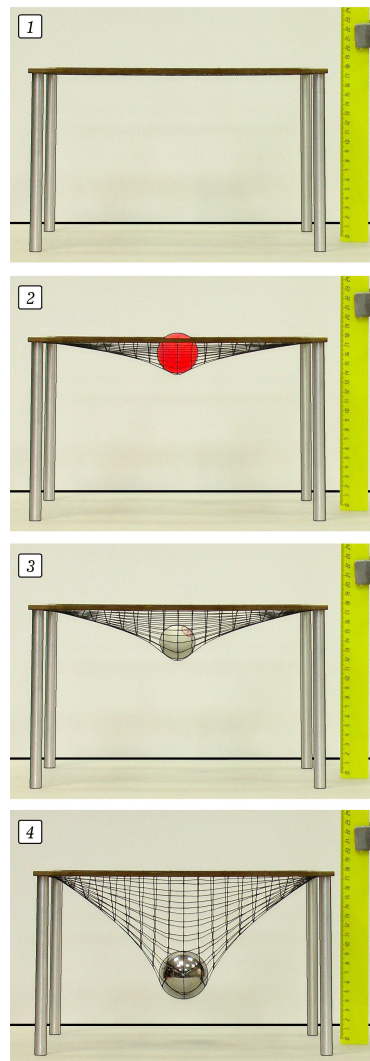


Рис. 5. Деформация мембраны массивным телом: 1 — мембрана не деформирована, тело отсутствует; 2 — масса тела (силиконовый шарик) составляет 37,8 г, радиус 21 мм; 3 — масса тела (шарик от пинг-понга, заполненный гайками) составляет 87,5 г, радиус 18,5 мм; 4 — масса тела (стальной шар) составляет 523,3 г, радиус 25 мм

горок — прямолинейной и искривленной согласно профилю деформированной мембраны. При скатывании по прямолинейной горке моделируется движение в поле тяжести с постоянным ускорением свободного падения, при скатывании по искривленной — с непостоянным ускорением свободного падения. Поскольку массивное тело, в гравитационном поле которого изучается движение, в обоих случаях одно и то же, углы наклона горок должны совпадать в их нижних участках. Следует иметь в виду, что скатывание в поле тяжести происходит быстро, поэтому, чтобы уменьшить «эффективное ускорение», горки располагают наклонно. Этот прием использован В. В. Майером и Р. В. Майером при изучении движения тела по циклоидальной горке в поле тяжести Земли [13]. Для пуска шариков в указанной работе использован электромагнит. На основе идей статьи [13] собран прибор для модельного исследования скатывания тела по деформированной упругой мембране.

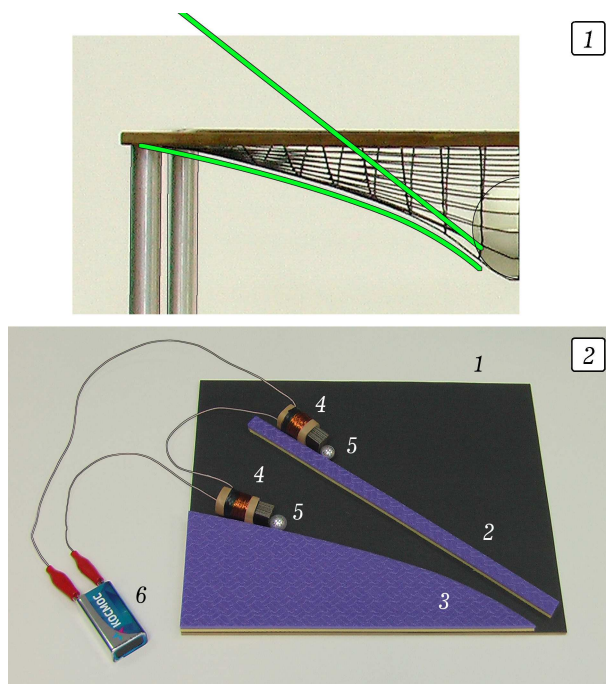


Рис. 6. Изготовление прибора для моделирования радиального падения спутника в поле тяжести Земли: 1 — формы двух горок находят по одной из фотографий деформированной мембраны (рис. 5.3); 2 — прибор, готовый к модельной демонстрации (цифровые обозначения пояснены ниже в тексте)

Этот прибор представлен на рис. 6. Сверху показано, как найти профиль искривленной горки. Снизу дан внешний вид готового

прибора: 1 — пластина ХДФ, обклеенная черной бумагой (с целью дальнейшего стробоскопического фотографирования) 250×210 мм; 2 — прямолинейная горка из изолона; 3 — искривленная горка из изолона; 4 — два электромагнита; 5 — модели спутников, движение которых исследуется, а именно, два стальных шарика диаметром 11 мм. Для изготовления электромагнита взяты 20 пластинок трансформаторного железа 12×32 мм так, что при их плотном сжатии получился сердечник сечением $10,5 \times 12$ мм из магнитомягкой стали. На длине сердечника 25 мм он покрыт двумя слоями изоленды. Поверх изоленды надеты два резиновых колечка шириной 5 мм, внутренним диаметром 11 мм, внешним диаметром 17 мм. Между ними намотаны аккуратно, но не виток к витку 200 витков медного провода диаметром 0,3 мм в лаковой изоляции. Начало и конец обмотки пайкой соединены с многожильными тонкими гибкими проводами. Таким образом изготовлены два одинаковых электромагнита. Они соединены последовательно и питаются от батарейки типа 6LR61 (PP3) 9 В.

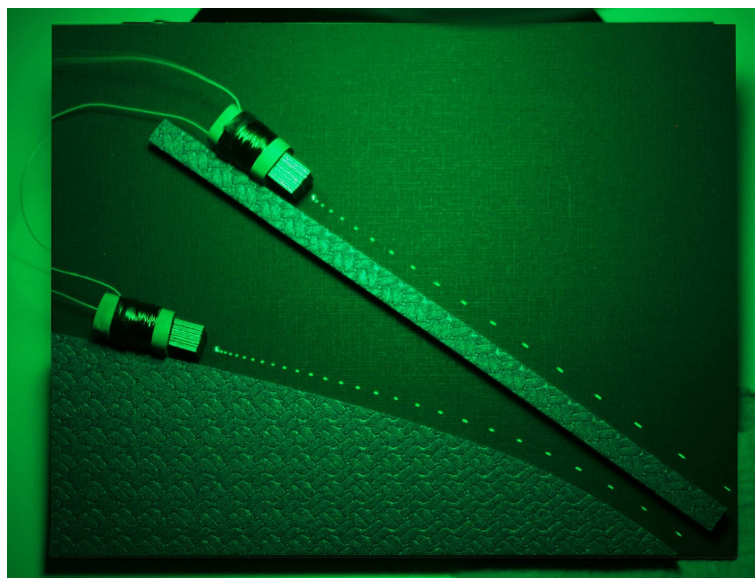


Рис. 7. Стробоскопическое фотографирование скатывания двух шариков. Шарик — модели спутников — отпущены с нулевой начальной скоростью с одной «высоты» («высота» соответствует *длине* пути шарика, скатывающегося по горке). Верхний спутник движется в гравитационном поле с постоянным ускорением свободного падения. Нижний спутник движется в гравитационном поле, в котором по мере приближения к Земле ускорение свободного падения возрастает и становится таким же, как в случае верхнего шарика

На рис. 7 приведены результаты стробоскопического фотографирования. Частота вспышек стробоскопа составляет 25 Гц. Прибор расположен под углом примерно 18° к горизонту, значит «эффективное ускорение свободного падения» [13] $g' = g \sin 18^\circ = 3 \text{ м/с}^2$.

5. Заключение

С. Е. Каменецкий и Н. А. Солодухин в классической книге [14] по применению моделей в обучении физике рассматривают разные виды соответствия между моделью и объектом: «Соответствие между моделью и моделируемым объектом может существовать на разных уровнях: на уровне совпадения отдельных элементов структуры модели и оригинала, на уровне совпадения некоторых их существенных характеристик, на уровне совпадения функциональной связи между характеризующими их величинами, на уровне сходства отношений между элементами модели и элементами объекта изучения» [14, с. 4]. Рассмотренная в статье натурная модель позволяет изучить свободное падение спутника в поле тяжести Земли на последнем из перечисленных уровней.

Натурная новизна выполненного исследования состоит в рассмотрении предела малых высот в изучении свободного радиального падения спутника в поле тяжести Земли; в разработке и описании натурального модельного эксперимента, позволяющего наглядно показать движение тела в поле тяжести Земли при условии изменения ускорения свободного падения с высотой.

Направления дальнейшего исследования могут быть связаны с более убедительным обоснованием применимости предложенной натурной модели к описанию явлений в поле тяжести Земли. Это может быть сделано, например, по стробоскопической фотографии на рис. 7, которая позволяет найти экспериментальную зависимость «ускорения свободного падения» от «высоты» и сравнить ее с теоретической зависимостью. Также интересно проверить, позволяют ли другие учебные модели гравитационного поля, описанные, например, в работе [15], убедительно продемонстрировать методическую погрешность применения школьной формулы для вычисления времени падения спутника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потоскуев С. Э., Проскуряков А. В. О методической погрешности применения школьной формулы для вычисления времени падения спутника // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 44. — М.: ИСПО РАО, 2026. — С. 87–89.
2. Эрике К. Космический полет. Том 1. Окружающие условия и небесная механика. Перевод с английского Г. А. Лебедева. — М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963. — 586 с.

3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: учеб. пособие: для вузов. Т. 1. Механика. — М.: Физматлит, 2001. — 222 с.
4. Мултановский В. В. Курс теоретической физики: Классическая механика. Основы специальной теории относительности. Релятивистская механика: учебное пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов. — М.: Просвещение, 1988. — 304 с.
5. Двайт Г. Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы. — М.: Наука, 1978. — 228 с.
6. Интеграл Кеплера. — URL: <https://lisakov.com/blog/kepler-integral/> (дата обращения 01.08.2025).
7. Брагинский В. Б., Полнарев А. Г. Удивительная гравитация (или как измеряют кривизну мира). — М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. — 160 с. — (Библиотечка «Квант». Вып. 39).
8. Лилли С. Теория относительности для всех: пер. с англ. З. А. Штейнграда / Под ред. Л. П. Грищука. — М.: Мир, 1984. — 503 с.
9. Шлэйн Л. М. Искусство и физика. Параллельные образы пространства, времени и света / Л. М. Шлэйн; авториз. пер. с англ. А. В. Рыбкиной, В. Н. Чувильдеева; под ред. проф., доктора физ.-мат. наук В. Н. Чувильдеева. — Н. Новгород: Изд-во ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2015. — 470 с.
10. Бескин В. С. Гравитация и астрофизика. — М.: Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН, 2008–2025. — 190 с.
11. Price R. Spatial curvature, spacetime curvature, and gravity // American Journal of Physics. — 2016. — V. 84. — Pp. 588–592.
12. Шамало Т. Н. Учебный эксперимент в процессе формирования физических понятий: Кн. для учителя. — М.: Просвещение, 1986. — 96 с.
13. Майер В. В., Майер Р. В. Экспериментальное изучение движения по циклоиде в поле тяжести // Учебная физика. — 2003. — № 5. — С. 31–53.
14. Каменецкий С. Е., Солодухин Н. А. Модели и аналогии в курсе физики средней школы: Пособие для учителей. — М.: Просвещение, 1982. — 96 с.
15. Мукушев Б. А. Экспериментальная установка, моделирующая силу всемирного тяготения // Учебная физика. — 2022. — № 1. — С. 27–32.

Городской дворец детского
и юношеского творчества
(Нижний Тагил)

Поступила в редакцию 08.10.25.

Научная статья

ББК 74.262.23

УДК 372.853

В. Е. Сидоров, А. П. Усольцев, А. А. Сабирзянов

Б. А. Русанов, Б. М. Игошев

ИЗУЧЕНИЕ РАЗДЕЛА «ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ» В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ

В статье рассматриваются особенности изучения темы «Электромагнитное поле в веществе» в школьном курсе физики в соответствии с тремя иерархическими уровнями: концептуальный, базовый, предпрофессиональный. Проводится анализ представленности этой темы в отечественных учебниках. Предлагаются содержательные элементы темы для каждого уровня, приводятся примеры представления средств наглядности разной степени детализации.

Ключевые слова: электромагнитное поле в веществе, обучение физике, содержательные уровни обучения физике.

V. E. Sidorov, A. P. Usoltsev, A. A. Sabirzyanov

B. A. Rusanov, B. M. Igoshev

STUDYING THE SECTION «ELECTROMAGNETIC FIELD IN MATTER» IN THE SCHOOL PHYSICS COURSE

The article discusses the specifics of studying the topic «Electromagnetic field in matter» in school physics course in accordance with three hierarchical levels: conceptual, basic and pre-professional. The analysis of Russian textbooks is carried out. Substantive elements of the topic for each level are proposed, and examples of visual aids with varying details are provided.

Keywords: electromagnetic field in matter, teaching of physics, meaningful levels of teaching physics.

DOI: 10.62957/2307-5457-2026-2-44-52

1. Постановка проблемы

Тема «Электромагнитное поле в веществе» в школьном курсе физики занимает весьма скромное место как по объему времени, отводимого на ее изучение, так и по вниманию к ней методистов и учителей. Особенно тема «пострадала» при введении ЕГЭ по физике [5], в котором взаимосвязь вещества с полем отражена в лишь в двух элементах содержания: «3.1.7. Проводники в электростатическом поле. Условие равновесия зарядов: внутри проводника $E = 0$, внутри и на поверхности проводника $\varphi = \text{const}$. 3.1.8. Диэлектрики в электростатическом поле. Диэлектрическая проницаемость вещества ε ».

Взаимодействие вещества с магнитным полем в кодификаторе вообще не представлено. Это в итоге отразилось и на современных учебниках физики, в которых эта тема отражается весьма кратко или вообще не рассматривается. Также тема «Электролиты» почти совсем исчезла из поля зрения методистов и учителей физики. Такое положение нельзя назвать удовлетворительным, поскольку ЕГЭ должны соответствовать содержанию школьного курса физики, а не наоборот, а содержание школьного курса физики должно отражать тот уровень развития науки и техники, знания о котором важны для формирования научного мировоззрения и представления о текущем уровне технического прогресса не только будущих физиков и инженеров, но и всех других.

Тема взаимодействия вещества и поля в этом аспекте важна, потому что формирует диалектическое понимание взаимовлияния поля и вещества на разных масштабах; показывает практическое применение в современном производстве и технике материалов, по-разному изменяющих магнитное и электростатические поля и изменяющихся под его воздействием, позволяет понимать физические принципы работы окружающих нас технических устройств (например, датчика Холла в смартфоне и автомобиле).

Идея создания единых базовых учебников физики в стране и линейки альтернативных учебников для профильного обучения должна найти свое воплощение в отборе физического содержания, в том числе и того, что касается взаимодействия магнитного и электрического поля с веществом. Но даже на уровне базового физического образования важно строить иерархию содержания, позволяющую, с одной стороны, акцентировать внимание обучающихся на главном, а с другой стороны, обеспечить им выбор глубины усвоения. В зависимости от этого выбора должен быть обеспечен различный уровень глубины и точности описания происходящих процессов. Например, в одном случае стоит лишь указать разделение веществ на диа- пара- и ферро- магнетики и перечислить

сферы применения каждого из них, тогда как в профильных классах следует объяснять механизмы, объясняющие то или иное изменение магнитного поля в веществе, и изменение самого вещества под действием магнитного поля.

В учебниках важна наглядность представления физических процессов в схемах и рисунках: чрезмерно упрощенные рисунки могут создавать неверный наглядный образ в сознании ученика, тогда как перегруженные деталями рисунки отпугивают его, не позволяют выделить существенное. Иногда объяснение процессов в веществе под действием электромагнитного поля является неточным.

В качестве иллюстрации к вышесказанному проведем ретроспективный анализ изложения темы «Электрическое поле в веществе» в учебниках физики, используемых за последние 20 лет.

Например, в учебнике В. А. Касьянова [2] вводится понятие полярных и неполярных диэлектриков, а затем написано: «В неполярных диэлектриках электростатическое поле сначала поляризует молекулы, растягивая в разные стороны положительные и отрицательные заряды, а затем поворачивает их оси вдоль напряженности поля» — что не соответствует действительности, так как никакого поворота молекул не происходит. Отметим, что эта фраза исправлена в последних изданиях учебника [3, 4]. Сам процесс поляризации диэлектриков рассматривается на примере полярных диэлектриков, при этом рисунок, объясняющий их поляризацию, является неточным (молекулы должны быть развернуты на 180°). В учебниках [8, 14] ничего не сказано ни про влияние теплового движения молекул на поляризацию, ни про другие виды поляризации.

В классическом учебнике [6] корректно и достаточно понятно показано, что такое полярные и неполярные диэлектрики, и как они поляризуются во внешнем электрическом поле. Но при этом в качестве полярного диэлектрика рассматривают кристалл поваренной соли NaCl , для которого, на самом деле, характерна ионная поляризация смещения.

Несколько раньше под общей редакцией Г. Я. Мякишева вышел учебник для углубленного изучения физики [7], в котором довольно подробно и понятно рассматривается влияние диэлектрика на электростатическое поле, отдельно вводится термин «электрический диполь», рассматривается поляризация полярных и неполярных диэлектриков, даются объяснения смысла диэлектрической проницаемости и поляризуемости диэлектрика, обсуждаются свойства сегнетоэлектриков.

В книге Б. М. Яворского и А. А. Пинского [15] вводятся такие понятия как «Вектор поляризации», «Электрическая восприимчивость», «Деформационная поляризуемость», «Ориентационная поляризуемость», что на базовом уровне представляется излишним. Также сложно этот вопрос описан в [3].

Что касается описания взаимодействия магнитного поля и вещества в учебниках, то тут можно обнаружить еще более значительный разброс в детализации: от полного отсутствия этой темы до введения понятия орбитального магнитного момента и описания его квантования, намагниченности, магнитной восприимчивости, описания природы намагниченности в диа-, пара- и ферромагнетиках [14].

Таким образом, можно поставить проблему: в каком объеме и детализации представлять тему взаимодействия поля и вещества при обучении на базовом и профильных уровнях обучения физике в школе?

2. Решение проблемы

Решение обоснованной выше проблемы строится на следующих базовых основаниях.

1. Содержательные элементы школьного курса физики имеют разную потенциальную ценность для школьников даже в одном классе, поэтому предметное содержание целесообразно разделить на три иерархических уровня по их значимости [10].

2. Наглядное сопровождение изучаемых содержательных элементов в виде схем, таблиц, средств физического эксперимента должно быть направлено на акцентирование внимания обучающихся на существенных в контексте уровня характеристиках изучаемых объектов [9].

Раскроем эти основания и рассмотрим их применение относительно обсуждаемой темы.

Деление учебного материала на три иерархических уровня позволяет обеспечить интерес к физике не только тех, кто собирается стать инженером или физиком и выбирает ЕГЭ по физике, но и остальных 85% школьников. Такое деление позволяет учителю при острой нехватке учебного времени в непрофильных классах сосредоточиться на том, что, во-первых, пригодится каждому человеку в его дальнейшей жизни, а во-вторых, формирует мировоззрение, базирующееся на научной картине мира. Такой уровень можно назвать *концептуальным*. Знание этого уровня — это знание современного человека, которое он имеет и через много лет после окончания школы.

На этом уровне вводятся физические явления, качественно описываются модели и составляющие их основные понятия. Далее рассматриваются мировоззренческие аспекты, каждый раз демонстрируется научный цикл познания, и при этом показывается практическое применение выявленных закономерностей в жизни. Этот материал должен в идеальном варианте помнить каждый человек через много лет, даже если после школы он совсем не учил физи-

ку. Средства наглядности, соответственно, акцентируют внимание именно на этих аспектах.

Концептуальный уровень раздела «Электромагнитное поле в веществе» стоит ограничить рассмотрением лишь внешних проявлений процессов поляризации и намагничивания материалов и объяснить эти проявления тем, что вещество состоит из частиц, имеющих электрические заряды, а значит, эти частицы взаимодействуют с внешними электромагнитными полями и одновременно создают собственные электромагнитные поля, а результат — суперпозиция этих полей внутри вещества. Также на этом уровне достаточно указать, что по электрическим свойствам все вещества можно разделить на диэлектрики (не проводят электрический ток) и проводники, а по магнитным свойствам указать ферромагнетики и сферы их практического применения.

При изучении диэлектриков отмечается, что они могут быть твердыми (дерево, кирпич, пластик, стекло), жидкими (вода) и газообразными. При внесении во внешнее поле диэлектрик поляризуется, то есть на одной его стороне появляются заряды одного знака, а на противоположной стороне — другого. Рисунок должен быть крупным, без излишней детализации (рис. 1). Главное, что ученики должны увидеть в этом рисунке: «перестроение» структуры вещества под действием внешнего поля, характеризуемого напряженностью $\vec{E}_0$, и создание в результате поля внутреннего, напряженность которого равна $\vec{E}_{\text{внутр}}$.

Мы считаем, что здесь не надо описывать, как именно поляризуются диэлектрики. Делают они это по-разному, но итог всегда один — на одной стороне появляются нескомпенсированные заряды одного знака, на противоположной — другого. При этом диэлектрик

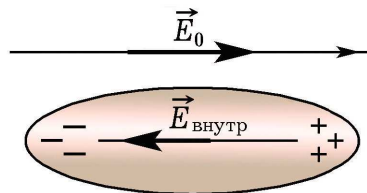


Рис. 1. Схема поляризации диэлектрика

в целом остается электронейтральным. И даже если разбить его на маленькие кусочки, то все они будут электронейтральными.

Поведение проводников (металлов) во внешнем электрическом поле описывается на этой же модели, но указывается, что в этом случае внутреннее поле полностью компенсирует внешнее, и если мы распилим образец на две половинки и даже выключим внешнее поле, то окажется, что вся левая половинка заряжена отрицательно, а вся правая — положительно. Это возникает из-за того, что электроны проводимости как газ (или жидкость) «отхлынули» к левому краю и при разделении образца там и остались. Дальше показывается демонстрация электростатической защиты и обсуждается ее применение.

Рассмотрение взаимодействия магнитного поля с веществом стоит начать с упоминания того факта, что практически все вещества в природе «прозрачны» для магнитного поля, то есть защиты от магнитного поля не существует. По магнитным свойствам все вещества можно разделить на две группы: слабомагнитные и сильномагнитные. В слабомагнитных веществах магнитное поле почти не меняется, а в сильномагнитных многократно усиливается. Далее рассказывается только про ферромагнетики и разбирается сфера их практического применения. Как видно, на этом уровне вполне можно обойтись без введения понятия магнитной проницаемости среды.

Второй уровень условно можно назвать *базовым*. Этот уровень определяет то содержание, которое помнит выпускник средней школы сразу после ее окончания [11].

Этот базовый объем должен обеспечивать человеку возможность в дальнейшем получить любое профессиональное образование, в том числе, и связанное с техникой и естественными науками. Если же этот базовый объем человеком остается не востребован, то через некоторое время вследствие естественных процессов забывания он уменьшается, но не ниже, чем до концептуального уровня. Именно этот объем и составляет предметный образовательный результат, определяемый Федеральными государственными образовательными стандартами базового уровня, а также кодификатором ЕГЭ по физике.

На этом уровне содержание темы взаимодействия поля и вещества концептуального уровня дополняется более детальным и строгим объяснением механизмов возникновения электростатического поля в диэлектриках и проводниках.

Для количественного описания изучаемых явлений вводят понятие диэлектрической проницаемости среды ϵ и магнитной проницаемости среды — μ . По магнитной проницаемости среды дается классификация вещества на слабомагнитные (магнитонеупорядоченные структуры) и сильномагнитные (магнитоупорядоченные структуры). В качестве слабоупорядоченных рассматриваются диа- и пара- магнетики и сферы их применения, а в качестве сильноупорядоченных рассматриваются по-прежнему только ферромагнетики. На этом уровне указывается, что своими уникальными магнитными свойствами ферромагнетики обладают только до определенных температур, называемых температурами Кюри (у каждого ферромагнетика эта температура индивидуальная). При перегреве за температуру Кюри ферромагнетик превращается в обычный парамагнетик.

Предпрофессиональный уровень предлагается обучающимся профильных классов с углубленным изучением физики или на дополнительных занятиях по физике [12]. На этом уровне обес-

печивается максимально подробное изучение материала, доступное школьникам на их уровне, и внимание к деталям, которое излишне на предыдущих уровнях. Например, можно отметить тот факт, что силовые линии внешнего электрического поля всегда входят и выходят из поверхности проводника под прямым углом (рис. 2).

Наличие электронов проводимости позволяет использовать металлические проводники как хранилища для электрических зарядов. Если проводнику сообщить заряд, то он локализуется лишь в тонком приповерхностном слое проводника. При этом если поверхность проводника гладкая, без выступов, то заряд размазывается равномерно по поверхности (рис. 3.1), если же есть выступы, то заряды «любят» скапливаться на выступах (рис. 3.2).

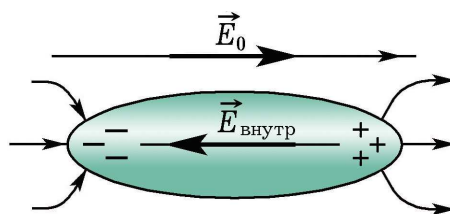


Рис. 2. Металлический проводник во внешнем электрическом поле

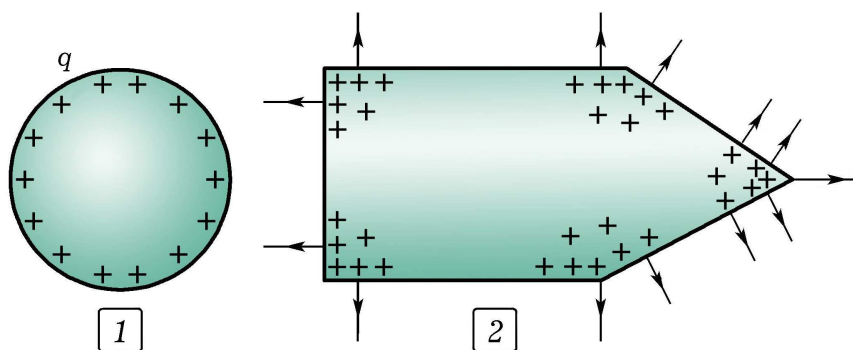


Рис. 3. Распределение зарядов на проводнике

В общем случае заряды распределяются по поверхности проводника неравномерно, поле вокруг проводника становится неоднородным, но при этом все точки проводника имеют одинаковый потенциал.

Эту неоднородность электрического поля можно использовать для создания более высокой концентрации молекул газов, позволяющей «выкачивать» в этой области вещество, добываясь более высокого разрежения газа.

При изучении магнитных свойств вещества, рассматривая магнитоупорядоченные структуры, можно рассмотреть не только ферромагнетики, но и ферримагнетики и антиферромагнетики. На

этом уровне целесообразно рассмотреть домены при намагничивании, тогда как на предыдущих уровнях такой необходимости нет. Также необходимо рассмотреть эффект Холла, его простейшее объяснение на основе силы Лоренца и сферы применения. Возможно выполнение работ физического практикума на изучение свойств ферромагнетиков, изучение работы датчика Холла.

В классах медицинского профиля вполне допустимо и целесообразно знакомство с методом ядерного магнитного резонанса, который позволяет изучать организм человека на основе особенностей магнитных свойств разных тканей организма человека.

3. Выводы

Содержание темы «взаимодействие электромагнитного поля с веществом» целесообразно разделить на три иерархических содержательных уровня: концептуальный, базовый и предпрофессиональный. На концептуальном уровне рассматривается их взаимовлияние друг на друга, их философское диалектическое значение и основные сферы практического применения. На базовом уровне необходимо обеспечить усвоение, соответствующее уровням советских учебников, рассмотреть элементарное объяснение свойств диэлектриков и проводников, а также сильно- (только ферромагнетиков) и слабо- магнитных веществ.

На предпрофессиональном уровне рассматриваются распределения зарядов в проводнике, особенности создаваемых ими электрических полей вне проводника. Магнитные свойства вещества объясняются на основе изучения доменных структур, изучается эффект Холла, возможно знакомство с методом ядерного магнитного резонанса.

Средства наглядности на концептуальном уровне не должны содержать излишней детализации, не перегружать внимание обучающихся, тогда как на предпрофессиональном уровне должно обеспечиваться внимание на деталях, имеющих важное техническое прикладное значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изергин Э. Т. Физика. Учебник для 10 класса общеобразовательных организаций. — М.: Русское слово, 2021. — 272 с.
2. Касьянов В. А. Физика, 10 класс. — М.: Дрофа, 2002. — 416 с.
3. Касьянов В. А. Физика, 10 класс, базовый уровень. — М.: Просвещение, 2022. — 301 с.
4. Касьянов В. А. Физика, 10 класс, углубленный уровень. — М.: Дрофа, 2020. — 480 с.
5. Кодификатор проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по ФИЗИКЕ. — URL: <https://phys.pro/media/files/code-2026.pdf>. (дата обращения: 23.02.2026).

6. Мякишев Г. Я. Физика, 10 класс, базовый и углубленный уровень / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский. — М.: Просвещение, 2024. — 432 с.
7. Мякишев Г. Я. Физика: Электродинамика. 10–11 кл.: Учеб. для углубленного изучения физики / Г. Я. Мякишев, А. З. Синяков, Б. А. Слободсков. — 4-е изд., стереотип. — М.: Дрофа, 2002. — 180 с.
8. Пурешева Н. С. Физика, 10 класс, базовый и углубленный уровень / Н. С. Пурешева, Н. Е. Важеевская, Д. А. Исаев. — М.: Дрофа, 2019. — 329 с. — Текст : непосредственный.
9. Усольцев А. П., Шамало Т. Н. Наглядность и ее функции в обучении // Педагогическое образование в России. — 2016. — № 6. — С. 102–109.
10. Усольцев, А. П., Сидоров В. Е. О повышении эффективности обучения естественно-научным предметам // Химия в школе. — 2025. — № 10. — С. 16–19.
11. Федеральная рабочая программа | Физика. 10–11 классы (базовый уровень). — URL: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/23_ФРП_Физика_10-11-классы_база.pdf (дата обращения: 23.02.2026).
12. Федеральная рабочая программа | Физика. 10–11 классы (углубленный уровень). — URL: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/24_ФРП_Физика-10-11-классы_угл.pdf (дата обращения: 23.02.2026).
13. Физика, 10 класс, базовый и углубленный уровень / А. В. Грачев, В. А. Погожев, А. М. Салецкий, П. Ю. Боков. — М.: Вентана-Граф, 2019. — 458 с.
14. Физика, 10 класс. Учебник / Л. Э. Генденштейн, А. А. Булатова, И. Н. Корнильев, А. В. Кошкина. — М.: БИНОМ, 2019. — 256 с.
15. Яворский Б. М. Основы физики / Б. М. Яворский, А. А. Пинский. — Т. 2. — М.: Наука, 1972. — 734 с.

Уральский государственный
педагогический университет

Поступила в редакцию 24.02.26.

Научная статья

ББК 74.262.23

УДК 372.853

А. С. Медведева

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ УЧЕНИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ФИЗИКЕ В УСЛОВИЯХ ГИБРИДНОГО ОБУЧЕНИЯ В ГОСПИТАЛЬНОЙ ШКОЛЕ

Данная статья посвящена особенностям преподавания физики в госпитальной школе. На уроках физики предлагается использовать дифференцированные ученические эксперименты, которые будут учитывать индивидуальные потребности и возможности учащихся, а также и условия гибридного обучения. Для каждого уровня подготовки (базовый, достаточный, высокий) показана деятельность учащихся во время эксперимента на примере темы «Закон Ома». Рассмотрен один из вариантов учебного опыта по исследованию связи между величинами напряжения и силы тока через лампу накаливания.

Ключевые слова: ученический эксперимент, гибридное обучение, госпитальная школа, дети, находящиеся на длительном лечении, дифференцированное оценивание.

A. S. Medvedeva

DIFFERENTIATED STUDENT EXPERIMENT IN PHYSICS IN A HYBRID LEARNING ENVIRONMENT AT A HOSPITAL SCHOOL

This article is devoted to the peculiarities of teaching physics in a hospital school. In physics lessons, it is proposed to use differentiated student experiments that will take into account the individual needs and capabilities of students, as well as the conditions of hybrid learning. For each level of training (basic, sufficient, high), the activity of students during the experiment is shown using the example of the topic «Ohm's Law». One of the options for studying the relationship between voltage and current through an incandescent lamp is considered.

Keywords: student experiment, hybrid learning, hospital school, children in long-term treatment, differentiated assessment.

DOI: 10.62957/2307-5457-2026-2-53-60

1. Введение

Госпитальная школа — это уникальная образовательная среда, где дети, проходящие длительное лечение, могут продолжать обучение [1, 2]. Главная особенность такого обучения — это индивидуальный подход к каждому ученику с учетом его физического и эмоционального состояния. Успешная работа госпитальной школы невозможна без тесного сотрудничества с врачами, учета их рекомендаций и создания атмосферы поддержки и понимания [3, 4].

При проведении занятий по физике в госпитальной школе учителя сталкиваются с нехваткой времени на изучение предмета. Учебный план приходится сокращать, чтобы не перегружать детей, что приводит к уменьшению количества практических занятий. Поэтому возникает необходимость искать новые способы организации практики, которые позволят ученикам получить необходимые навыки и закрепить теоретические знания [5, 6, 7].

В диссертации А. Ф. Лоскутова предлагается модульный подход к обучению физике. Уроки состоят из трех частей: изучение основного материала, физический практикум и дополнительный материал для самостоятельного изучения по выбору ученика [8]. Также автор предлагает использовать адаптированное пособие для практических работ по физике в 7-ом классе [9].

Наше исследование направлено на изучение возможностей организации практических занятий по физике в госпитальной школе с использованием ученического эксперимента. В качестве примера мы рассмотрим изучение темы «Закон Ома» в 8-ом классе.

2. Уровни ученического эксперимента в госпитальной школе

Ученический эксперимент можно включать в разные этапы урока, позволяя детям самостоятельно проводить небольшие исследования, анализировать результаты и делать выводы. Это помогает развить интерес к предмету, активизировать мышление и сформировать практические навыки, не требуя много времени. Ученический эксперимент связывает теорию с реальной жизнью, показывая, как физические законы работают вокруг нас, что особенно важно для детей, оторванных от обычной школьной жизни.

Использование ученического эксперимента акцентирует внимание на развитии исследовательских навыков через простые, безопасные и доступные опыты, которые учащиеся могут проводить с использованием подручных средств и материалов. Основной акцент смещается с точного соблюдения инструкций на самостоятельное исследование, выдвижение гипотез и анализ результатов, что способствует формированию научного мышления.

Ученический эксперимент позволяет создать более комфортную и мотивирующую обучающую среду. Дети вовлекаются в процесс познания через собственные открытия, что повышает их интерес к

предмету и помогает формированию целостного представления о мире. Учитель в данном случае направляет и поддерживает учеников. Такой подход способствует развитию самостоятельности, инициативы и уверенности в своих силах, что особенно важно для детей, находящихся в условиях длительного лечения. Ученический эксперимент, таким образом, становится не просто альтернативой лабораторной работы, но и ценным инструментом реабилитации и социализации в госпитальной школе.

В нашем исследовании используется дифференцированный подход к проведению ученического эксперимента. По одной теме подготавливается несколько уровней: базовый, достаточный и высокий.

В табл. 1 представлены различия в организации ученического эксперимента по уровням сложности.

Таблица 1. Организация ученического эксперимента по уровням сложности

Этап/Уровень	Базовый	Достаточный	Высокий
<i>Постановка задач опыта</i>	Формулирует учитель	Формулирует учитель совместно с учениками	Формируют ученики
<i>Сборка установки и описание хода опыта</i>	Учитель демонстрирует, ученики повторяют	Учащиеся собирают по подробной инструкции, описывают самостоятельно	Самостоятельная сборка по обобщенной инструкции и описание
<i>Проведение опыта</i>	Под руководством учителя	Самостоятельно по инструкции	Самостоятельно. Встречаются подсказки по ключевым моментам
<i>Получение результатов</i>	Качественные результаты без фиксации результатов прямых измерений	Фиксация прямых измерений без подсчета абсолютной погрешности	Фиксация прямых измерений и подсчетов абсолютной погрешности с дополнительными выводами

В госпитальных школах обучение в группах зачастую проводится в *гибридном формате*. По мнению Скорняковой «гибридное обучение — это такой формат обучения, когда часть учащихся находится в аудитории, а часть подключается онлайн» [10]. Важным элементом гибридного обучения является активное использование информационных технологий, которые позволяют обеспечить доступ к учебным материалам, организовать интерактивное взаимодействие с учителем и одноклассниками, а также проводить виртуальные эксперименты и исследования.

В нашем исследовании при проведении занятий ученического эксперимента ученики могут, подключаясь на занятие из своих палат или из дома, могут наблюдать за ходом эксперимента, проводимого в классе с помощью видеоконференцсвязи, выполнять самосто-

ятельно эксперимент с помощью виртуальных лабораторий. Учитель может использовать онлайн-доски и инструменты для совместной работы, чтобы организовывать взаимодействие между учащимися, находящимися в классе и в своих палатах/дома. Фиксация результатов эксперимента и подсчеты возможны как в своих тетрадях, так и в электронных таблицах, электронных документах, онлайн-досках и чатах. В табл. 2 описана организация ученического эксперимента в условиях гибридного обучения.

Таблица 2. Организация ученического эксперимента
в условиях гибридного обучения

Этап	Очное обучение	Дистанционное обучение	Особые случаи
<i>Постановка цели и задач эксперимента</i>	Обсуждение, формулировка цели и задач эксперимента совместно с учителем или самостоятельно		Упрощенная формулировка цели, разбиение на более мелкие задачи, визуализация цели (схема, рисунок), связь цели эксперимента с личными интересами, игровой формат. Адаптация под сенсорные нарушения
	Очное участие	Участие с помощью видео-конференц-связи или чата	
<i>Сборка установки</i>	Физическая сборка экспериментальной установки	Сборка экспериментальной установки в виртуальной лаборатории	Видео с экспериментальной установкой или интерактивные модели. Использование крупных и удобных инструментов. Разбиение сборки на короткие этапы, визуальные инструкции.
<i>Фиксация результатов</i>	Запись результатов измерений в таблицы		Упрощенные таблицы. Фиксация результатов с помощью голоса (учитель записывает под диктовку ученика или использование голосового ввода)
	Бумажные таблицы	Электронные таблицы, чат	
<i>Расчеты</i>	Применение соответствующих формул и законов физики для обработки полученных данных		Упрощение подсчетов, использование примеров подсчетов
<i>Выводы</i>	Анализ полученных результатов, формулировка выводов на основе проведенного эксперимента и сравнение их с теоретическими знаниями		Использование шаблонов, наводящих вопросов
	Письменно	Устно, в чате	

Данная таблица представляет собой общую информацию для организации ученического эксперимента в госпитальной школе в условиях гибридного обучения. Конкретные детали и адаптация будут зависеть от темы эксперимента, доступного оборудования, индивидуальных особенностей учащихся и других факторов.

Рассмотрим организацию ученического эксперимента по физике в 8-ом классе госпитальной школы на примере темы «Закон Ома».

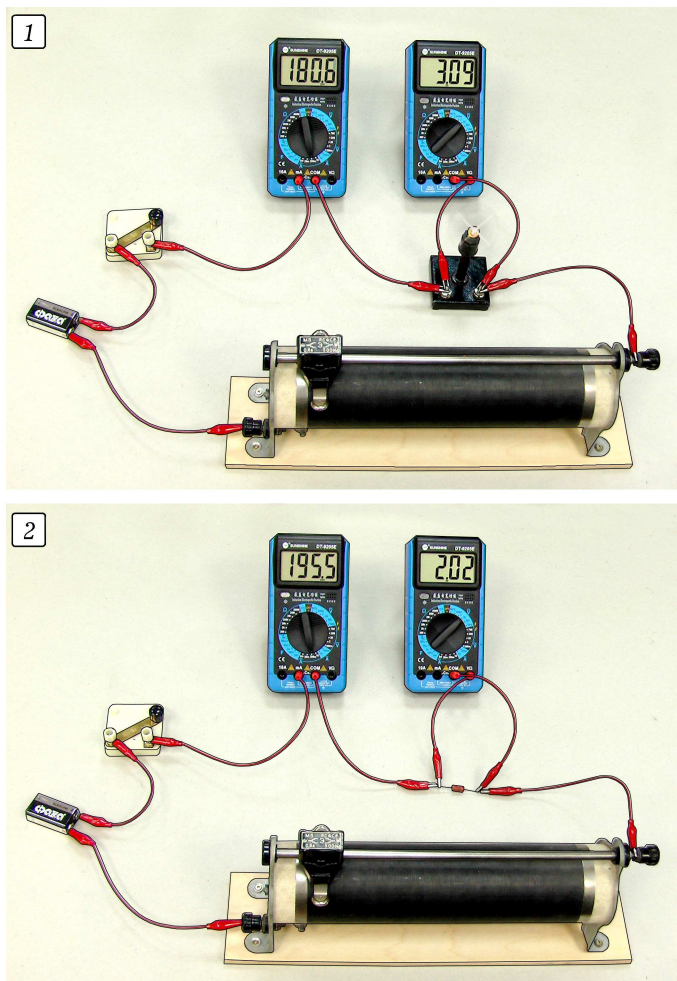


Рис. 1. Вариант учебного эксперимента по изучению зависимости силы тока от напряжения на лампе накаливания. Параметры экспериментальной установки 1: лампа накаливания рассчитана на напряжение 3,5 В и силу тока 0,26 А, реостат имеет сопротивление 100 Ом, источник тока — батарея гальванических элементов типа 6LR61 на 9 В; в экспериментальной установке 2 вместо лампы накаливания включен резистор сопротивлением 10 Ом и мощностью 1 Вт, подобранный по линейному участку зависимости $I = I(U)$ лампы

В эксперименте *базового уровня* собирается электрическая цепь, состоящая из источника тока, соединительных проводов, резистора,

цифрового амперметра и цифрового вольтметра. Эксперимент состоит из двух опытов. В первом опыте ученики наблюдают зависимость силы тока от напряжения. При неизменном сопротивлении ученики меняют напряжение (например, изменяя количество батареек в цепи) и наблюдают за изменением силы тока на амперметре. Фиксируя показания вольтметра и амперметра, ученики должны построить график зависимости силы тока от напряжения, который представляет собой прямую зависимость. Во втором опыте учащиеся наблюдают зависимость силы тока от сопротивления. При неизменном напряжении учащиеся меняют резисторы (с фиксированным сопротивлением) в электрической цепи и наблюдают за изменением силы тока на амперметре. Фиксируя показания амперметра и значения сопротивлений на резисторах, ученики должны построить график зависимости силы тока от сопротивления, который представляет собой обратную зависимость величин. В ходе эксперимента учащиеся должны сделать вывод о справедливости закона Ома.

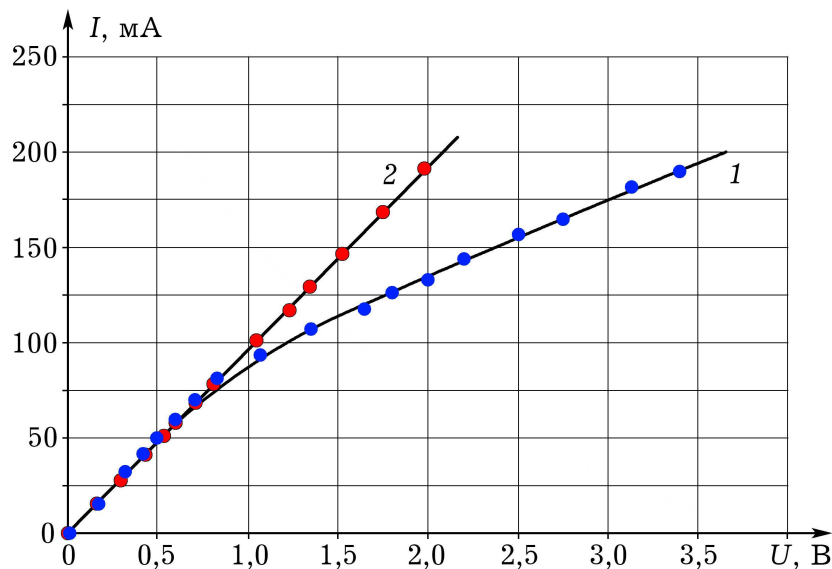


Рис. 2. Результаты эксперимента, показанного на рис. 1: 1 — зависимость силы тока от напряжения на лампе 3,5 В, 0,26 А; 2 — зависимость силы тока от напряжения на резисторе номинальным сопротивлением 10 Ом

В эксперименте *достаточного уровня* собирается электрическая цепь, состоящая из источника тока, соединительных проводов, лампы накаливания, цифрового амперметра и цифрового вольтметра. Эксперимент состоит из двух опытов. В первом опыте ученики наблюдают зависимость силы тока от напряжения. Учащиеся меняют напряжение в цепи (например, изменяя количество батареек в цепи)

и наблюдают за изменением силы тока на амперметре. Фиксируя показания вольтметра и амперметра, ученики должны построить график зависимости силы тока от напряжения. Во втором опыте учащиеся рассчитывают сопротивление лампы для каждого значения силы тока и напряжения из первого опыта. Затем ученики строят график зависимости сопротивления от напряжения. В ходе эксперимента ученики должны прийти к выводу о том, что сопротивление лампы не постоянно, а зависит от температуры нити накала. Закон Ома для лампы накаливания выполняется лишь приближенно.

В эксперименте *высокого уровня* электрическая цепь собирается несколько раз. Эксперимент состоит из трех частей.

В первой части учащиеся собирают электрическую цепь, состоящую из источника тока, соединительных проводов, резистора, цифрового амперметра и цифрового вольтметра. Ученики меняют напряжение в цепи и наблюдают за изменением силы тока. Фиксируя показания приборов (вольтметр и амперметр), учащиеся строят график зависимости силы тока от напряжения.

Во второй части эксперимента учащиеся собирают электрическую цепь, состоящую из источника тока, соединительных проводов, лампы накаливания, цифрового амперметра и цифрового вольтметра. Меняя напряжение в цепи, учащиеся наблюдают за изменением силы тока. Фиксируя показания приборов (вольтметр и амперметр), учащиеся строят график зависимости силы тока от напряжения. Совместно с этим ребята измеряют температуру нити накала и строят график зависимости температуры накала нити от напряжения, а также график зависимости сопротивления от напряжения. После этого ученики сравнивают два полученных графика зависимости силы тока от напряжения, объясняют причину нелинейности графика для лампы. В третьей части эксперимента ученики измеряют сопротивление лампы в холодном состоянии, выбирают несколько точек на графиках (сопротивление от напряжения и температура накала нити от напряжения), для каждой точки рассчитывают температурный коэффициент сопротивления и оценивают среднее значение температурного коэффициента сопротивления для лампы.

На рис. 1 и рис. 2 представлены возможный вариант экспериментальной установки и результаты эксперимента по изучению зависимости силы тока от напряжения, соответствующие достаточному уровню ученического эксперимента.

Таким образом, ученический эксперимент по физике можно проводить разного уровня: базовый, достаточный, высокий. Адаптируя его к особенностям учащихся, особенностям образовательной среды госпитальной школы, проводя эксперимент в гибридном формате, мы получаем эффективный инструмент для формирования научного мировоззрения, развития исследовательских навыков, поддержания мотивации к обучению длительно болеющих детей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведева А. С. Разноуровневый ученический эксперимент при гибридном обучении физике в госпитальной школе // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 44. — М.: ИСПО РАО, 2026. — С. 33–35.
2. Разъяснения по вопросам организации обучения по основным общеобразовательным и дополнительным общеразвивающим программам для детей, нуждающихся в длительном лечении в медицинских организациях / письмо Минпросвещения России № ТВ–1693/03, Минздрава России № 1/и/2–15398 от 24.08.2023. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_455872/ (дата обращения 24.06.2025).
3. Шариков, С. В. Особенности проектирования образовательной среды для детей, находящихся на длительном лечении в стационарах медицинских учреждений / С. В. Шариков, Н. М. Курикалова // Третий меж. ин. форум «Чтение на евразийском перекрестке» (Челябинск, 24–25 сентября 2015 г.): материалы форума / М–во культуры РФ, М–во культуры Челяб. Обл., Рос. Библ. Ассоциация, Челяб. Гос. Акад. Культуры и искусств; ред.–сост. В. Я. Аскарова. — Челябинск: ЧГАКИ, 2015. — С. 301–307.
4. Шариков, С. В. Педагогическая поддержка образовательных возможностей детей, находящихся на длительном лечении в медицинских стационарах / Альманах Института коррекционной педагогики. — Альманах № 40. — 2020. — URL: <https://allded.ru/ru/articles/almanac-no-40/support-educational-opportunities-for-children-in-long-term-treatment-in-medical-hospitals> (дата обращения 24.06.2025).
5. Лоскутов, А. Ф. Обеспечение непрерывности обучения физике школьников, находящихся на длительном лечении в стационарах медицинских учреждений / А. Ф. Лоскутов, Н. С. Пурышева // Наука и школа. — № 1. — 2022. — С. 134–148.
6. Медведева, А. С. Дифференциация, индивидуализация и персонализация на уроках физики в госпитальной школе // Физика в школе. — № 4. — 2025. — С. 23–30.
7. Медведева, А. С. Интеграция химии и физики в условиях госпитальной школы / А. С. Медведева, И. И. Вагизова // Химия в школе. — № 4. — 2025. — С. 38–41.
8. Лоскутов, А. Ф. Обучение физике школьников, находящихся на длительном лечении в стационарах медицинских учреждений : дис. канд. пед. наук : 13.00.02 / А. Ф. Лоскутов. — Москва, 2020. — 218 с.
9. Лоскутов, А. Ф. Адаптированные лабораторные работы по физике / А. Ф. Лоскутов, Н. В. Коровин // Учебное пособие для учащихся 7 классов госпитальных школ. — Москва. — 2020. — С. 77.
10. Скорнякова, Н. Что такое гибридное обучение и в чем его особенность. — 2022. — URL: <https://skillbox.ru/media/education/chto-takoe-gibridnoe-obuchenie-i-v-chem-ego-osobennost> (дата обращения 24.06.2025).

Школа № 109, «Госпитальная
школа «УчимЗнаем»;
Московский государственный
педагогический университет

Поступила в редакцию 18.10.25.

Научная статья

ББК 74.262.23

УДК 372.853

Ю. А. Сауров

ЮРИЙ ИВАНОВ: ШАГИ В БУДУЩЕЕ. . .

В статье по случаю 50-летия раскрывается образовательная и научно-методическая деятельность моего бывшего аспиранта. Всегда считал и считаю, что такой могучий образовательный ресурс как методисты-физики надо аккуратно выращивать, внимательно пестовать, активно вовлекать в деятельность и не жалеть оценок. И это вечный принцип.

Ключевые слова: история методики обучения физике, модели, деятели физического образования, экспериментирование.

Yu. A. Saurov

YURIY IVANOV: STEPS INTO THE FUTURE. . .

The article on the occasion of the 50th anniversary reveals the educational and scientific-methodological activities of my former graduate student. I have always believed and still believe that such a powerful educational resource as physics methodologists should be carefully cultivated, carefully nurtured, actively involved in activities, and not spared in assessments. This is an eternal principle.

Keywords: history of physics teaching methods, models, figures in physical education, experimentation.

DOI: 10.62957/2307-5457-2026-2-61-67

Из истории. Юрий Владимирович Иванов был третьим моим аспирантом, первый иногородним, первым и единственным руководимым в соавторстве. Так получилось, что в Глазове на время окончания вуза Ю. В. Ивановым аспирантуры еще не было, В. В. Майер рекомендовал его к нам в аспирантуру, а я ввиду особенностей темы и трудностей материальной базы предложил совместное руководство. В итоге не менее половины времени аспирант работал в Глазовском пединституте. Быстро пролетело время аспирантуры, подавляющее большинство публикаций соискателя вышло в Глазове, причем в соавторстве, со мной была подготовлена только одна работа: Сауров Ю. А., Иванов Ю. В. Изучение отношения учителей к учебно-исследовательской деятельности школьников // Исследование процессов обучения физике. Киров, 2000. С. 9–13.

Защита диссертации проходила в Уральском государственном педагогическом университете 28 ноября 2001 года [1]. Вот как оценивал работу оппонент, доктор физико-математических наук, профессор Ф. А. Сидоренко: во-первых, отмечено, что актуальность исследования «обусловлена необходимостью формирования у учащихся исследовательского подхода к познанию явлений окружающего мира»; во-вторых, на примере реальных капель жидкости доказана «возможность и целесообразность развития исследовательских умений учащихся при организации самостоятельного познания различных физических свойств целостного объекта ноосферы». И такое отношение Ю. В. Иванова к изучению явлений природы, к методике обучения физике осталось до сих пор.

Учебная работа в вузе. После защиты диссертации в 2001 году закономерно Ю. В. Иванов продолжил работать в Глазовском государственном педагогическом институте им. В. Г. Короленко, сначала старшим преподавателем, а потом доцентом кафедры физики, которая в конечном итоге стала называться кафедрой физики и дидактики физики. С первых дней работы на кафедре физики он включился в издательскую деятельность, которую активно вела кафедра. Участвовал в разработке и издании серии рабочих тетрадей по физике для 7–11 классов, входил в редколлегию сборника «Проблемы учебного физического эксперимент» и журнала «Учебная физика».

Все двадцать лет работы в ГГПИ Ю. В. Иванов активно участвовал в различных проектах. И его научно-методическая работа стала еще теснее связана с вузом [2, 3]. Он заинтересовано вовлекся в подготовку и проведение Глазовской ежегодной Всероссийской научно-практической конференции по учебному эксперименту. И успешно освоил многие роли от сборки демонстрационных столов и верстки сборника докладов до ведущего заседания конференции.

В 2005 г. решением Ученого Совета вуза по его инициативе была организована научная лаборатория содержания и методов исследовательской деятельности учащихся. И за девять лет было выиграно пять грантов, организован Глазовский олимпийский турнир по физике, обучено



Ю. В. Иванов ведет заседание Глазовской ежегодной Всероссийской научно-практической конференции по учебному эксперименту

около сотни учителей школ Удмуртии, подготовлено более тысячи исследовательских проектов школьников, издано учебное пособие по исследовательским работам и др.

В 2009 году Ю. В. Иванов был избран деканом Математического факультета ГПИ, одновременно стал секретарем Ученого совета института. В 2010 году стал деканом объединенного факультета Информатики, физики и математики. В первые годы работы относительно нового факультета были открыты несколько научно-исследовательских лабораторий, в том числе, лаборатория систем реального времени, для которой было приобретено современное оборудование американской фирмы *National Instruments*. Это позволило повысить качество подготовки математиков-программистов и учителей информатики. Факультет жил многими конкретными делами: так, были организованы платные дополнительные образовательные услуги для школьников города по математике, программированию и робототехнике, активизировалась работа по грантовым программам, была открыта магистратура. . . .

После ухода с должности декана (2015) некоторое время Ю. В. Иванов продолжал участвовать в ряде факультетских проектов. Но позднее (2021) из-за объективных и субъективных причин его учебная деятельность почти полностью переместилась в другие учебные заведения Глазова (ФМЛ, Глазовский инженерно-экономический институт).

Духовные поиски в методике обучения физике. Ю. В. Иванов активный участник олимпиадного движения школьников. В основном, его привлекали олимпиады и турниры, в которых необходимо было решать исследовательские задачи: Естественно-научный образовательный турнир (ЕНОТ, г. Ижевск), Международный Турнир юных физиков (ТЮФ, Москва, Санкт-Петербург), Уральский физический турнир (Екатеринбург).

Для подготовки команд — вспоминает Ю. В. Иванов — была разработана формула-технология «Ученый-Учитель-Ученик». Такой подход позволил достаточно быстро ученикам ФМЛ войти в число победителей и финалистов Всероссийского уровня. Наиболее значимой и переломной победой, после которой дети и учителя перестали сомневаться в своих возможностях, была победа в Зональном Туре ТЮФа в Санкт-Петербурге, где мы обошли фаворита прошлых лет — команду Академической гимназии СПбГУ.

Многие наши лицеисты, члены команд, связали свою жизнь с физикой. Из понимания высокого образовательного потенциала Турниров и был организован Глазовский Олимпийский турнир по физике (ГОТФ), а также — многопредметный турнир «Грани».

Учебно-исследовательские проекты лицеистов. В XXI веке в школе и вузе востребованным оказалась творческая деятельность в форме проектов. Где-то осенью 2021 года в Киров-

ском физико–математическом лицее состоялась встреча с ведущими преподавателями Глазовского физико–математического лицея на предмет сотрудничества. В итоге одним из эффективных образовательных дел оказалась подготовка, конкурсный отбор, редактирование и издание сборника «Творческие поиски лицеистов в мирах физики и математики». Редакционная коллегия была определена в составе: Ю. В. Иванов, М. В. Исупов (редактор), Д. А. Кельдышев, Ю. А. Сауров (научный консультант). С самого начала доцент Ю. В. Иванов ревностно включился в эту работу: руководил проектами школьников, рецензировал статьи, писал предисловия и др. И главное, он так заинтересовано проникает в суть каждого исследования, так естественно, незаметно и аккуратно правит–руководит мыслью автора, что этот образец–опыт деятельности остается надолго интеллектуальным ресурсом ученика. В целом, сейчас можно твердо говорить о замечательной, редкой и эффективной традиции двух лицеев [4–7].



Доцент Ю. В. Иванов и директор Кировского физико–математического лицея, кандидат педагогических наук М. В. Исупов (Киров, 2008)

Изучение опыта преподавания физики в ЦЕРНЕ. В ЦЕРН Ю. В. Иванов попал впервые в 2017 году благодаря совету Сорокина Антона Петровича, педагога дополнительного образования Кировского ЦДООШ, который ранее там побывал на программе для русскоговорящих учителей. Второй раз он там оказался в 2019 году, выиграв конкурс для участия в Международной школе для учителей физики, в которой приняли участие педагоги из 37 стран мира. Общение с педагогами из разных стран и учеными ЦЕРНа позволило провести сравнительный анализ современных тенденций развития физического образования, а также изучить методики преподавания физики в других странах. В 2020 году Ю. В. Иванову предложили

войти в группу экспертов ЦЕРНа для проведения оценки качества образовательных ресурсов, посвященных изучению вопросов современной физики. По итогам этой работы были отбракованы низко-сортные и устаревшие ресурсы, и была создана новая общедоступная база методических материалов по изучению в школе курсов физики высоких энергий, космологии и теории относительности. Работа продолжалась больше года и завершилась созданием современного международного информационно-методического ресурса, на котором также стали представлены и российские методические материалы по современной физике.

По итогам посещения ЦЕРНа была составлена программа научно-популярных лекции по современной физике. Эти лекции удалось более десятка раз прочитать учителям, преподавателям вуза, школьникам. В частности, такая лекция проводилась в рамках Фестиваля «Наука 0+», проводимого МГУ, лекции читались также для школьников, принимавших участие в соревнования по профессиональному мастерству корпорации ТВЭЛ, школьникам Ташкента, участникам смены по физике в Центре одаренных детей «Талант и успех» в Ижевске. . . .

О личности Ю. В. Иванова. Мы живем в разных городах, творческие темы наши тоже довольно разные, но даже на первых взгляд странно, что Юрий Владимирович вот уже двадцать пять лет проявляет внимание к своему бывшему научному руководителю. Он чаще чем другие звонит по телефону, не забывает о поздравлениях, пишет деловые письма по электронной почте, дарит мне свои книги. . . . Вижу его близкие духовные движения в оценке проблем и достижений физического образования, мне радостно фиксировать его профессиональный рост. Вот совсем недавно он сделал вдумчивый, сложный доклад «Актуальные вопросы методики формирования миропонимания в постнеклассической дидактике физики» на нашей юбилейной конференции [8]. Это было неожиданно для меня, тем более ценно как внимание к близким мне научным поискам.

Стремление к научно-образовательной деятельности — характерная и устойчивая черта Ю. В. Иванова, даже не смотря на самочувствие. А легко в науке ничего не дается.

Из писем и оценок. Добрая и принципиальная коммуникация в устной или письменной форме — высшая оценка. Порою она остается на десятилетия. Отсюда понятно желание представить доступные мне отзывы. Итак, сначала из моего архива часть большого письма.

«12.10.22. Здравствуйте, Юрий Аркадьевич! Благодарю Вас за Вашу книгу! (Речь идет о книге: Построение постнеклассической методики обучения физике. Киров, 2022. 212 с.)

Я воспринимаю ее как Манифест развития отечественной методики физики. Очень впечатлен объемом исследований, лежащих в основе книги! И прочтение Вашей монографии для меня — луч-

ший курс повышения квалификации. Вместо того, чтобы учителя физики слушали нудные вебинары по формированию компетенций, лучше бы они изучали Вашу книгу!

Сейчас какое-то безвременье в образовании, и не только в нашем. Ориентиры постоянно меняются, а, по сути, — их нет. В этом хаотическом состоянии изобретаются велосипеды, учителя наступают «на грабли» казалось бы там, где уже все давно определено. Непонятными Академиями развития образования придумываются антинаучные методики, и с авторитетным видом преподносятся как Откровение учителям. А те, не имея должного методического опыта, под копирку все бегут исполнять, пополняя свое портфолио очередными сертификатами о внедрении, проведении, участии и т.д.

И вот в Вашей книге, от прошлого в будущее, проложена нить верных ориентиров, и, я думаю, не только для методики физики. Вопросы Вы задаете в книге сложные и интересные. Я планирую обсудить их на следующей неделе с моим коллегой из Германии. Он является ведущим методистом-физиком в федеральной земле Гамбург. . . .

С уважением и благодарностью, Ю. Иванов».

Что меня в «идейном остатке» привлекает в таком письме? Не каждый может страстно заинтересовано и мгновенно ответить на многосложную книгу учителя по аспирантуре. И особенно важна нацеленность автора на действие. . . .

И в дополнение оценка коллеги из его поколения. Вот что думает и говорит *доцент К. А. Коханов из Кирова*.

Так уж получилось, что в наших судьбах по странному стечению обстоятельств оказалось много сходных событий, дел, а отсюда и переживаний: учеба в аспирантуре, подготовка учеников к олимпиадам, разработка занятий курса теоретической физики, заведование кафедрой или деканатом, поступление наших детей в вуз. . . . И эта череда событий была практически всегда синхронна. . . . А поэтому и каждая наша встреча, будь то телефонная, то ли «живая», всегда взаимно актуальна, близка по душевному наклону, внутренним оценкам. И так до сего дня. Для меня лично такая ситуация уникальна!

Юрий Владимирович чуть младше меня. Но его подходы к построению процессов и дел отличаются настолько серьезной основательностью, глубиной проработки, что нередко задают для меня ориентиры, корректируют мои оценки и дела. Я, например, вслед стараюсь, чтобы обучение школьников было пронизано творчеством учителя, обучение студентов — интенсивным саморазвитием преподавателя, руководство взрослым коллективом — искренностью и честностью руководителя. . . .

Сколько знаю, во все времена Юрий Владимирович целенаправленно и ревностно служил и служит нашему образовательному делу и нашей методике обучения физике (см. подробнее [9–13]). И это уже само по себе высшая награда судьбы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Ю. В. Учебные исследования капель жидкости в системе обучения физике: автореф. . . . канд. пед. наук. — Екатеринбург, 2003. — 20 с.
2. Саранин В. А., Иванов Ю. В. Равновесие жидкостей и его устойчивость. — М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2009. — 172 с.

3. Иванов Ю. В. Краткий курс математической физики: Учебное пособие. — Глазов: ООО «Глазовская типография», 2012. — 48 с.
4. Творческие поиски лицейстов в мирах физики и математики: Сб. учебно-исследовательских работ: Выпуск 1. — Киров, Глазов: ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС», 2022. — 80 с.
5. Творческие поиски лицейстов в мирах физики и математики: Сб. учебно-исследовательских работ: Выпуск 2. — Киров, Глазов: ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС», 2023. — 67 с.
6. Творческие поиски лицейстов в мирах физики и математики: Сб. учебно-исследовательских работ: Выпуск 3. — Киров, Глазов: ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС», 2024. — 82 с.
7. Творческие поиски лицейстов в мирах физики и математики: Сб. учебно-исследовательских работ: Выпуск 4. — Киров, Глазов: ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС», 2025. — 95 с.
8. Иванов Ю. В. Актуальные вопросы методики формирования миропонимания в постнеклассической дидактике физики // Модели и моделирование в методике обучения физике: Материалы X всероссийской научно-практической конференции. — Киров: «ООО «Радуга-ПРЕСС», 2025. — С. 34–38.
9. Иванов Ю. В., Майер В. В. Капли жидкости: Учебное пособие. — Глазов: ГГПИ, 2000. — 64 с.
10. Майер В. В., Иванов Ю. В. Изучение и использование капель жидкости в учебной физике // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 7. — Глазов-СПб.: ГГПИ, 1998. — С. 17–19.
11. Майер В. В., Иванов Ю. В. Подпрыгивающая капля // Учебная физика. — 1997. — № 1. — С. 37–39.
12. Иванов Ю. В., Майер В. В. Красивый опыт по определению коэффициента поверхностного натяжения воды // Учебная физика. — 2001. — № 4. — С. 15–16.
13. Сауров Ю. А., Иванов Ю. В. Достижения глазовской научно-методической школы физического экспериментирования // Учебная физика. — 2017. — № 1. — С. 45–53.

Российская академия
образования

Поступила в редакцию 11.04.26.

АВТОРЫ ЖУРНАЛА

1. БАРЫШНИКОВ СЕРГЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ доктор физико–математических наук, профессор; профессор кафедры физического и математического образования Благовещенского государственного педагогического университета имени М. И. Калинина.
2. ЗИЯТДИНОВ ШАМИЛЬ ГАБДИНУРОВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент; доцент кафедры высшей математики и физики Бирского филиала Уфимского университета науки и технологий.
3. ИГОШЕВ БОРИС МИХАЙЛОВИЧ доктор педагогических наук, профессор, Уральский государственный педагогический университет (Екатеринбург).
4. МЕДВЕДЕВА АНАСТАСИЯ СЕРГЕЕВНА аспирант кафедры теории и методики обучения физике имени А.В.Перышкина Московского педагогического государственного университета, тьютор (физика) Госпитальной школы «УчимЗнаем» (на базе школы № 109 г. Москвы).
5. НИКИТИНА ТАТЬЯНА ВЛАДИМИРОВНА кандидат педагогических наук; доцент кафедры общей физики Снежинского физико–технического института НИЯУ МИФИ.
6. ПОТОСКУЕВ СЕРГЕЙ ЭРВИНОВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент ВАК, педагог дополнительного образования высшей квалификационной категории Городского дворца детского и юношеского творчества г. Нижнего Тагила.
7. ПРОСКУРЯКОВ АНАТОЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ педагог дополнительного образования первой квалификационной категории Городского дворца детского и юношеского творчества г. Нижнего Тагила.
8. РУСАНОВ БОРИС АНДРЕЕВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент кафедры физики, технологии и методики обучения физике и технологии Уральского государственного педагогического университета (Екатеринбург).
9. САБИРЗЯНОВ АЛЕКСАНДР АДЕЛЕВИЧ кандидат физико–математических наук, доцент; доцент кафедры «Естественнонаучные дисциплины» Уральского государственного университета путей сообщения (Екатеринбург).
10. САУРОВ ЮРИЙ АРКАДЬЕВИЧ доктор педагогических наук, профессор, член–корреспондент РАО (Киров).
11. СИДОРОВ ВАЛЕРИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ доктор физико–математических наук, профессор; профессор кафедры физики, технологии и методики обучения физике и технологии Уральского государственного педагогического университета (Екатеринбург).
12. УСОЛЬЦЕВ АЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой физики, технологии и методики обучения физике и технологии Уральского государственного педагогического университета (Екатеринбург).

ISSN 2307-5457



9 772307 545188 >