



## 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

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].

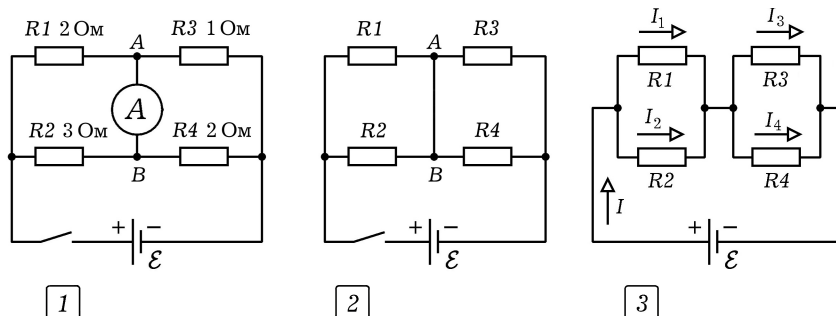


Рис. 1. К решению известной расчетной задачи

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  $2 \text{ Ом}$ . 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  $50 \text{ мА}$ , 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.

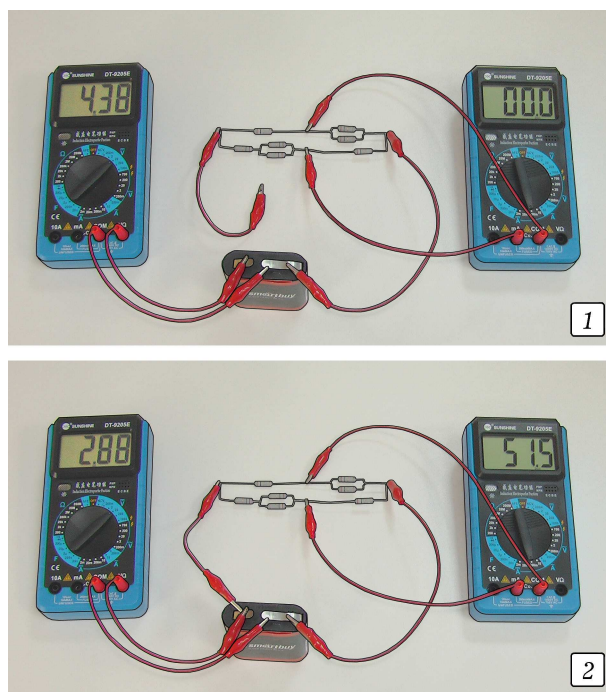


Рис. 2. Экспериментальная проверка решения абстрактной задачи (рис. 1.1): 1 — цепь не замкнута; 2 — цепь замкнута. Использован мультиметр DT9205E, согласно инструкции по эксплуатации: в режиме вольтметра постоянного тока «входное сопротивление:  $10 \text{ МОм}$ », в режиме амперметра постоянного тока «падение измеряемого напряжения:  $200 \text{ мВ}$ » [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.

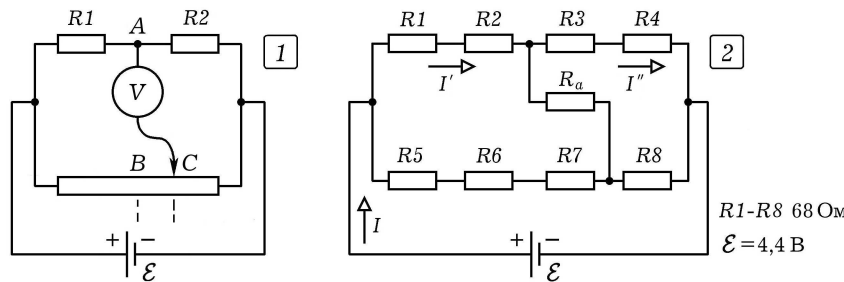


Рис. 3. Изменение условий задачи с целью моделирования потенциометрического датчика координаты: 1 — схема потенциометрического датчика [6]; 2 — задача, подобная рассмотренному примеру (рис. 1.1)

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.

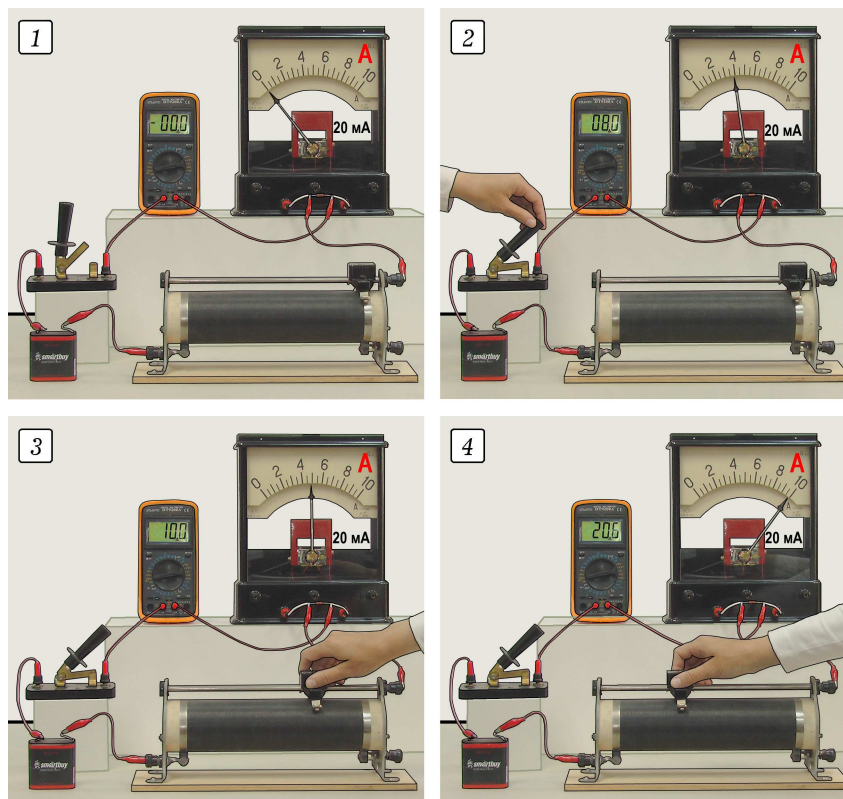


Рис. 4. Экспериментальная проверка шунта (последовательно включены батарея гальванических элементов на 4,5 В, ключ, контрольный амперметр — мультиметр, гальванометр с шунтом 6,2 Ом, реостат на 500 Ом): 1 — цепь разомкнута; 2 — цепь замкнута, контрольный мультиметр и гальванометр с шунтом показывают 8 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.

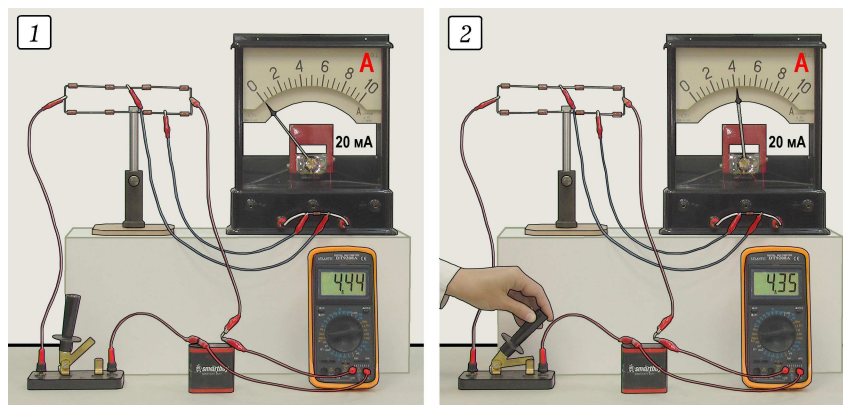


Рис. 5. Проверка решения практически значимой задачи (цепь состоит из батареи гальванических элементов на 4,5 В; ключа; резисторов номинальным сопротивлением 68 Ом, соединенных согласно схеме рис. 3.2, и амперметра; мультиметр измеряет напряжение на полюсах батареи): 1 — цепь разомкнута; 2 — цепь замкнута, 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.

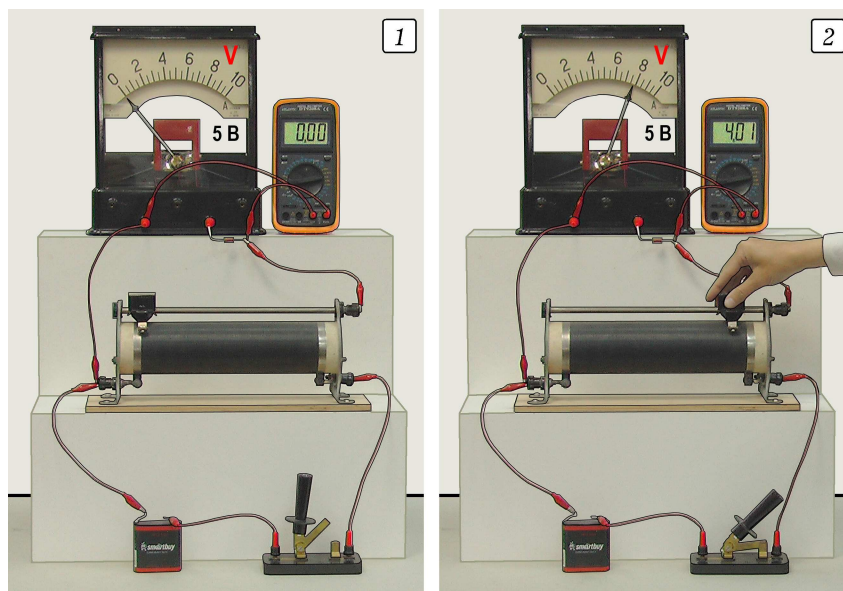


Рис. 6. Проверка добавочного сопротивления (цепь состоит из батареи гальванических элементов на 4,5 В; ключа; потенциометра сопротивлением 500 Ом; гальванометра от амперметра с добавочным сопротивлением 15 кОм, превращающим его в вольтметр с пределом измерения 5 В; мультиметра в качестве контрольного 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.

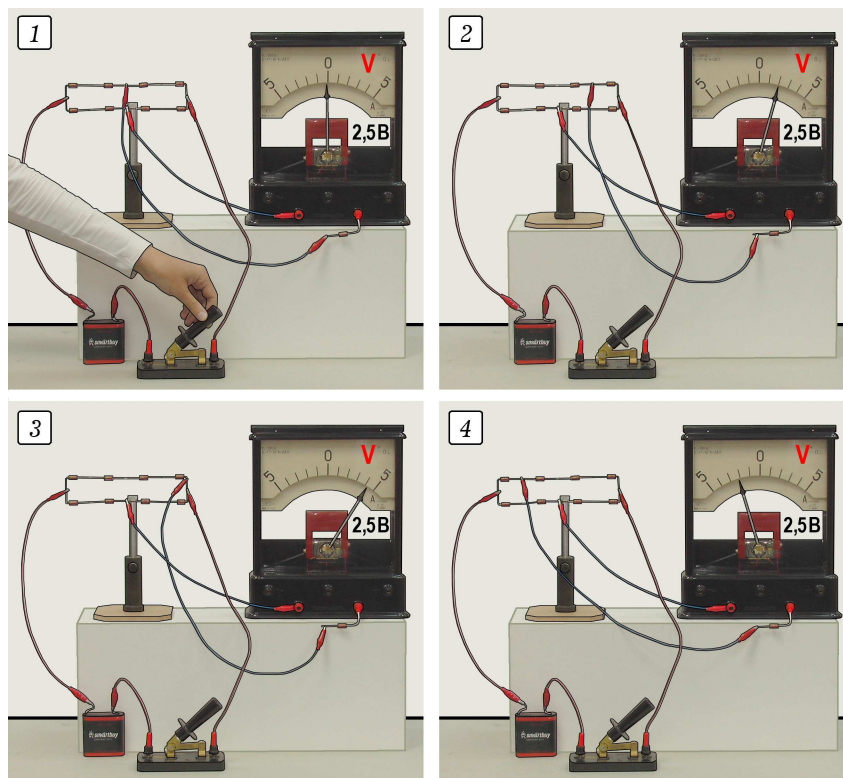


Рис. 7. Моделирование потенциометрического датчика с помощью вольтметра (добавочное сопротивление  $15$  кОм) на основе гальванометра от демонстрационного амперметра: 1 — вольтметр включен между точками равного потенциала; 2, 4 — один из выводов вольтметра неподвижен и всегда подключен к центральной 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 натуральных 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. Зияндинов 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. Зияндинов 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.