

*Результаты анкетирования преподавателей и учителей физики на курсах повышения квалификации в областном институте последипломного педагогического образования дают основание выдвинуть гипотезу о соответствующих направлениях эффективной учебной деятельности преподавателя и студентов в подготовке специалистов нефизического профиля с высшим образованием.*

***Ключевые слова:** преподавание физики, подготовка высококвалифицированных специалистов, особенности, нефизический профиль, деятельность преподавателя, деятельность студентов, другие факторы.*

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Величко Степан Петрович** – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри фізики та методики її викладання Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.

**Сірик Едуард Петрович** – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізики та методики її викладання Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.

*Коло наукових інтересів:* підготовка висококваліфікованого вчителя фізики.

УДК 53(07)

**В.П. Вовкотруб**

*Центральноукраїнський державний педагогічний університет  
імені Володимира Винниченка*

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАДАЧІ З КУРСУ ФІЗИКИ ОСНОВНОЇ ШКОЛИ

*Аналізуються чинники підвищення якості і ефективності експериментального відтворення змісту курсу фізики основної школи через розробку і постановку експериментальних задач, організованих переважно на базі саморобних і модернізованих засобів і пристосувань, а також типового лабораторного обладнання. Вагому роль відведено конструюванню і виготовленню засобів і, відповідно, запропонованим варіантам порядку виконання типових експериментальних завдань. Проблеми пов'язані умовами недостатньої наявної матеріальної бази фізичного кабінету, за якої вчитель може замінювати окремі роботи або демонстраційні досліди рівноцінними, використовувати різні їхні можливі варіанти, разом доповнювати цей перелік додатковими дослідями, короткочасними експериментальними завданнями, об'єднувати кілька робіт в одну залежно від обраного плану уроку.*

*Постановка експериментальних задач з фізики покликана забезпечити виконання вимог навчальних програм щодо шкільного фізичного експеримента, як органічної складової методичної системи навчання фізики, покликаних суттєво забезпечити формування в учнів необхідних практичних умінь, дослідницьких навичок та особистісного досвіду експериментальної діяльності, завдяки яким вони стають спроможними у межах набутих знань розв'язувати пізнавальні завдання засобами фізичного експерименту.*

***Ключові слова:** компетентнісний підхід, фізичний експеримент, експериментальні задачі, саморобні прилад, оцінка експериментальних умінь.*

Важливими напрямками удосконалення сучасного змісту освіти стають проблеми засвоєння понять як класичної так і сучасної фізики. Навчальний фізичний експеримент є вагомим складовим процесом якісного засвоєння фізичних знань і їх застосування в структурі багатьох галузей і покликаний сприяти оволодінню теоретичними й експериментальними методами пізнання і науковим стилем мислення. Кожний фізичний дослід учні розуміють

лише тоді, коли вони виконують його самостійно, опанувавши конкретний образний зміст, прийоми, способи і методи експериментування, спостереження, одержання результатів. В основній школі виконання учнями експериментальних завдань дидактично забезпечує процесуальну складову навчання фізики, формує експериментальні вміння і дослідницькі явища, озброює інструментарієм дослідження, стає засобом навчання.

Постановка проблеми. Навчання фізики в загальноосвітній школі покликане забезпечити засвоєння навчального матеріалу, формування узагальнених практичних здобутків, компонентами яких є теоретичне обґрунтування методу дослідження і планування експерименту та розвиток вмінь і навичок використання матеріальних засобів навчальних експериментальних установок, їх окремих вузлів, пристрої і приладів. Тож програмами вивчення фізики в основній школі визначено [2], що під час організації навчального процесу належна увага повинна приділятися удосконаленню методів навчання, впровадженню проблемних, пошуково-дослідницьких, інтерактивних та інших технологій. Разом з тим мають створюватись умови для забезпечення диференціації експериментальних завдань відповідно з рівнями складності, відтворення творчого підходу учня до виконання завдання. Забезпечення формування експериментальних вмінь і навичок в процесі навчання фізики в основній школі потребують постійної модернізації і розширення обсягу і змісту експериментальних завдань за причин відсутності в фізичних кабінетах комплектів приладів для постановки експериментальних досліджень.

Мета статті. Проблема реалізації вимог навчальних програм щодо експериментального вивчення вузлових питань курсу фізики в основній школі, зокрема організації і виконання лабораторних робіт, потребує вирішення проблем експериментального відображення змісту курсу через суттєве розширення обсягу експериментальних задач і, відповідно, здійснення заходів щодо матеріального забезпечення їх постановки через поповнення традиційних матеріальних засобів саморобними зразками обладнання. Наведені в статті варіанти таких засобів і пропозиції до вирішення проблем на даному етапі є вчасними і доречними.

Виклад основного матеріалу. Програмами основної школи привертається увага учителів фізики до вказівок щодо реалізації наскрізних змістових ліній, які полягають в тому, щоб на уроках більше використовувати ситуативні завдання і вправи, які описують проблеми реального життя і для розв'язання яких дітям потрібно застосовувати здобутті знання. Має бути сбалансованим співвідношення задач з абстрактним і прикладним змістом [3].

Як відомо, шкільний фізичний експеримент як органічна складова методичної системи навчання фізики забезпечує формування в учнів необхідних практичних умінь, дослідницьких навичок та особистісного досвіду експериментальної діяльності, завдяки яким вони стають спроможними у межах набутих знань розв'язувати пізнавальні завдання засобами фізичного експерименту.

Разом з тим перелічені в програмі демонстраційні досліди й лабораторні роботи є необхідними й достатніми щодо вимог Державного стандарту базової і повної загальної середньої освіти. Проте залежно від умов і наявної матеріальної бази фізичного кабінету вчитель може доповнювати цей перелік додатковими дослідженнями, короткочасними експериментальними завданнями та експериментальними задачами. Такі ж рекомендації застосовні і до організації й проведення навчальних проєктів.

Оцінювання рівня оволодіння учнем узагальненими експериментальними уміннями та навичками здійснюється не лише за результатами виконання фронтальних лабораторних робіт, а й за іншими видами експериментальної діяльності (експериментальні завдання, експериментальні задачі, домашні досліди й спостереження, навчальні проекти, конструювання, моделювання), що дають змогу їх виявити [2].

Експериментальною вважають таку задачу, дані для якої знаходять експериментально. Ці дані можуть відшукувати самі учасники фронтально; вони можуть одержувати такі дані і з однієї установки, виготовленої в демонстраційному варіанті. Під терміном "дані для розв'язування задачі" слід розуміти не лише певні значення фізичних величин, а й перевірку (експериментальну) тих чи інших висновків [4].

Слід розмежовувати поняття експериментальна задача і експериментальне завдання. Завдання, що вимагає лише безпосередніх вимірювань, дальшого використання результатів вимірювань як вихідних даних для визначення інших величин, не відносять до експериментальних задач. Основною ознакою експериментальної задачі є не просто присутність експерименту, виконаного в зв'язку з її розв'язуванням, а неможливість постановки задачі або здійснення її розв'язку без експерименту.

Самостійне експериментування учнів, особливо в основній школі, необхідно розширювати позаурочними експериментами та спостереженнями, використовуючи найпростіше устаткування, інколи навіть саморобні або побутові прилади, дотримуючись правил безпеки життєдіяльності.

Розв'язування експериментальних задач на заняттях фізики дає можливість виявити свідомість засвоєння учасниками матеріалу, сприяє формуванню практичних умінь і навичок у використанні різноманітних приладів, ознайомленню з досягненнями науки і техніки. Через постановку експериментальних задач значною мірою ліквідовуються прогалини експериментального відображення ряду питань теоретичного курсу.

Особливо вагома роль експериментальних задач у формуванні дослідницьких здібностей, спонукає і готує учнів до участі в конкурсах фізичних олімпіадах тощо. Нижче наведені варіанти експериментальних задач до розділів курсу фізики основної школи.

Задача 1: Визначити середнє значення густини піску.

У звіті наведіть:

- план проведення експерименту;
- теоретичні розрахунки та обґрунтування вибору методики вимірювань;
- отримане значення густини піску;
- аналіз і оцінку отриманих результатів, висновки.

Обладнання: 1. Мензурка з поділками. 2. Посудина з водою. 3. Посудина (коробка) з піском, густину якого визначають. 4. Склянка з водою.

Примітка: При плануванні і виконанні експериментальної частини дотриматись порядку за якого операції з піском виконують в першу чергу для запобігання контакту піску з вологою стінкою посудин.

Розв'язок: Запишемо умову плавання мензурки з піском:

$$P_{\text{м}} + P_{\text{піску}} = \rho_{\text{в}} g V_{\text{в}}. \quad (1)$$

В мензурку висипають пісок і визначають його об'єм  $V_1$ . Мензурку з піском опускають у воду і відмічають глибину її занурення.

Виймають мензурку з піском із посудини з водою, висипають з неї пісок і замість нього наливають в мензурку воду. Мензурку з водою опускають у посудину з водою і зміною води в мензурці досягають, щоб її занурення було таким, яке було з піском. Визначають об'єм води в мензурці  $V_2$ .

Запишемо умову плавання мензурки з водою:

$$P_m + P_{\text{води}} = \rho_B g V_B \cdot (2)$$

Порівнюючи (1) і (2), дістанемо:

$$P_{\text{піску}} = P_{\text{води}}$$

або

$$\rho_{\text{піску}} g V_1 = \rho_{\text{води}} g V_2 \cdot$$

Звідси:

$$\rho_{\text{піску}} = \rho_{\text{води}} \frac{V_2}{V_1}$$

Задача 2: Визначити коефіцієнт тертя дерев'яного бруска по горизонтальній поверхні стола, якщо довжина і ширині бруска менші за його висоту.

Обладнання: 1. Брусок. 2. Нитка. 3. Лінійка.

Розв'язок: Для рівномірного переміщення бруска по столу біля його основи слід прикласти силу  $F$ , яка дорівнює силі тертя. При зміщенні сили  $F$  паралельно вгору від основи рівномірний прямолінійний рух бруска продовжуватиметься доти, доки обертальний момент сили  $F$  відносно ребра основи не перевищить моменту сил тяжіння  $mg$  відносно цього ребра.

Тоді з умови

$$Fh = mg \frac{1}{2} a,$$

(де  $h$  – плече сили  $F$ ,  $a$  – довжина ребра основи) знаходимо

$$\mu = \frac{F}{mg} = \frac{a}{2h}.$$

Отже в процесі виконання експерименту знаходять висоту  $h$  і довжину ребра основи  $a$ .

Задача 3: Визначити питому теплоту плавлення льоду.

У звіті наведіть:

- план проведення експерименту;
- теоретичні розрахунки та обґрунтування вибору методики вимірювань;
- отримане значення питомої теплоти плавлення льоду;
- аналіз і оцінку отриманих результатів, висновки.

Прилади і матеріали: 1. Термометр. 2. Посудина з водою. 3. Шматок льоду. 4. Мірний стакан. 5. Порожній стакан.

Розв'язок: У порожню посудину покласти шматок льоду і налити в неї з мірного стакана води масою  $m_1$ . Вимірюють температуру води  $t_1$ . В цю воду опускають шматок льоду. Після того, як лід повністю розтане, вимірюють температуру  $t_2$  і загальний об'єм води і льоду  $V_{\text{заг}}$ . Записують рівняння теплового балансу:

$$cm_1(t_1 - t_2) = \lambda m_2,$$

де:  $m_2$  – маса льоду,  $m_1$  – маса наливої води,  $t_1$  – початкова температура води,  $t_2$  – кінцева температура води,  $\lambda$  - питома теплота плавлення льоду.

З цього рівняння знаходять:

$$\lambda = \frac{cm_1(t_1 - t_2)}{m_2}.$$

Загальну масу льоду і води  $M$  знаходять і розраховують за формулою:

$$M = m_1 + m_2 = \rho_V V_{\text{заг}}.$$

Оскільки  $m_2 = M - m_1$ , то

$$\lambda = \frac{cm_1(t_1 - t_2)}{M - m_1}.$$

Примітка: В процесі виконання завдання температура  $t_2$  буде на 1-3 градуси вищою із-за теплообміну з оточуючим середовищем, про що можуть свідчити одержані результати щодо теплоти плавлення, відмінні від табличних, про що має бути вказано в аналізі і висновках виконаної роботи.

Задача 4: Визначити питомий опір провідника, з якого виготовлений даний реостат [1, с. 204].

Обладнання: 1. реостат шкільний лабораторний (із закритим маркуванням параметрів); 2. резистор з відомим опором на панелі з клемми; 3. амперметр лабораторний; 4. джерело постійного струму; 5. вимикач; 6. провідники; 7. лінійка з міліметровими поділками.

Варіант розв'язку: Збирають електричне коло, з'єднавши послідовно джерело постійного струму, амперметр, резистор з відомим опором й вимикач. Замкнувши коло, вимірюють силу струму в колі.

Замість резистора вмикають реостат і, замкнувши коло, змінюють опір реостата доти, поки в кола встановить така ж сила струму, яка була при резисторі. Тоді опір активної частини обмотки реостата дорівнює відомому опорю резистора  $R$ .

Вимірюють лінійкою довжину активної частини обмотки реостата  $l_1$ , діаметр витків  $D$  і підраховують кількість витків  $n$ . За значеннями вимірювань  $l_1$  і  $n$  розраховують діаметр видка  $d$ ,

$$d = \frac{l_1}{n}.$$

Площу поперечного перерізу провідника розраховують за формулою:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi l_1^2}{4n^2}.$$

Довжину провідника розраховують за формулою:

$$l = n\pi D.$$

Підставляють вирази для  $S$  і  $l$  у формулу для опорю  $R = \rho \frac{l}{S}$ , одержують робочу формулу для розрахунку питомого опорю провідника:

$$\rho = \frac{RS}{l}, \text{ або } \rho = \frac{Rl_1^2}{4n^3 D}.$$

Отже експериментальна частина зводиться до вимірювань довжини активної частини обмотки реостата, її діаметра та підрахунку кількості в ній витків дроту.

Задача 5: Визначити показник заломлення води

Обладнання: 1. Прозора посудина з водою. 2. Поплавок. 3. Булавка.  
4. Лінійка.

Варіант розв'язку: У поплавок пропустити булавку донизу головкою. Опустити поплавок на поверхню води. Дивлячись вздовж поверхні води спостерігати за головкою булавки. Здійснюючи спостереження з моменту максимальної довжини нижньої частини булавки, поступово зменшуйте довжину до моменту зникнення головки булавки.

Вийнявши поплавок з булавою, вимірюють довжину нижньої частини булавки  $h$ , на відстань від булавки до краю поплавка зі сторони спостереження  $R$ . Відповідно до умови повного відбивання промінь, відбитий від головки булавки, падаючи на межу воді-повітря біля краю поплавка зазнає повне відбивання і ковзає вздовж межі середовищ вода-повітря. Як видно з рисунка синуса кута падіння променя (синуса граничного кута) запишемо:

$$\sin \alpha_0 = \frac{R}{\sqrt{R^2 + h^2}} = \frac{1}{n}.$$

Звідси для показника заломлення води маємо:

$$n = \frac{\sqrt{R^2 + h^2}}{R}.$$

Задача 6: Визначити масу дерев'яного бруска.

Обладнання: 1. Штатив з двома муфтами. 2. Дротяний підвіс-маятник з гачком. 3. Короткий металевий стержень. 4. Металева тіло відомої маси. 5. Лабораторний трибометр. 6. Дерев'яний брусок. 7. Біла паперова смужка і кнопки. 8. Лінійка з міліметровими поділками.

#### Теоретичні розрахунки

У відхиленому положенні металеве тіло з масою  $m$  володіє запасом енергії  $W = mgl$ . За рахунок цієї енергії при переміщенні дерев'яного бруска з металевим тілом силою тертя виконується робота  $A = \mu(M + m)g$ . Коефіцієнт тертя визначається за тангенсом кута нахилу трибометра до горизонталі в момент початку ковзання бруска по поверхні трибометра, тобто  $\mu = tg \alpha = \frac{h}{L}$ . Враховуючи останнє, запишемо:

$$mgl = \frac{h}{L}(M + m)g,$$

звідки для визначення маси бруска знаходимо:

$$M = m\left(\frac{L}{h} - 1\right).$$

#### Виконання експерименту:

1. Складають установку наступним чином: біля основи штативу кладуть трибометр із закріпленою на краю смужкою паперу. На трибометр кладуть дерев'яний брусок заглибленням догори. На штативі закріплюють вісь підвісу-маятника з одягнутим на гачок металевим тілом так, щоб останнє, перебуваючи у найнижчому положенні, знаходилось у заглибленні бруска, не торкаючись дна заглиблення. В

іншій муфті штатива закріплюють короткий металевий стержень (цвях) так, щоб підвіс-маятник, перебуваючи у вертикальному положенні, торкався стержня, як упору.

2. Відмічають на смужці паперу початкове положення дерев'яного бруска.

3. Тримаючи однією рукою трибометр, другою рукою беруть металеве тіло на гачку відхиляють підвіс-маятник до його горизонтального положення і відпускають.

Досягши заглиблення в дерев'яному бруску металеве тіло вивільняється з гачка і разом з бруском зміщується на певну відстань  $s$  по трибометру.

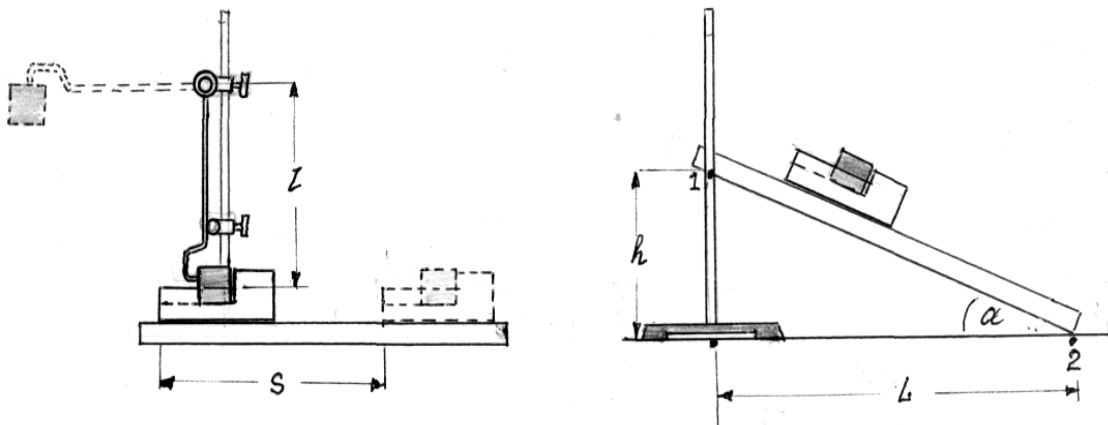
4. Відмічають нове положення бруска з металевим тілом.

5. Вимірюють довжину підвісу-маятника  $l$ , та пройдений шлях  $s$ , результати вимірювань, а також значення маси металевого тіла  $m$  записують до таблиці.

6. Прикладають однією стороною трибометр до стержня штатива. Поклавши на трибометр дерев'яний брусок з металевим тілом у заглиблення, однією рукою повільно піднімають один кінець трибометра вздовж стержня штатива і фіксують положення в момент початку ковзання бруска. Крейдою відмічають точку дотику трибометра до стержня штатива 1 та точку дотику нижнього кінця трибометра до столу 2. Вимірюють з допомогою лінійки катети трикутника: висоту  $h$  над поверхнею столу відміченої точки 1 на стержні штатива та відстань  $L$  від основи стержня штатива до точки 2, відміченої на поверхні столу. Результати вимірювань записують до таблиці.

7. Дослід повторюють кілька разів, визначають середнє значення шуканої величини, абсолютну і відносну похибки.

№ досліду	$m$ , кг	$h$ , м	$l$ , м	$L$ , м	$\text{tg } \alpha$	$M$ , кг	$\Delta M$ , кг	$\varepsilon \%$



У цілому щодо оцінювання навчальних досягнень учнів, то учителю слід враховувати, що упровадження компетентнісного підходу зумовлює переосмислення технологій контролю й оцінювання: з оцінювання предметних знань, умінь і навичок до оцінювання компетентностей – готовності і здатності учнів застосовувати здобуті знання і сформовані навички у своїй практичній діяльності.

**Висновки.** Забезпечення умов для повнішого експериментального відображення теоретичних основ курсу фізики потребує добору, розробки чи модернізації експериментальних завдань і відповідного матеріального забезпечення до визначених навчальними програмами різних рівнів фронтальних лабораторних робіт та постановки експериментальних задач. Забезпечення постановки останніх потребує наявності відповідного матеріального забезпечення яке б задовольняло вирішенню завдань: вибір

виконання завдання з різним обладнанням; вибір і виконання завдань іншими способами; оцінка якості і ефективності використання того чи іншого обладнання; дослідження залежності між фізичними величинами; визначення інших умов для виконання завдання. Вирішення проблеми потребує доробок через створення саморобного обладнання, а також залучення елементів і розробок новітніх засобів як навчального так і технічного призначення.

**Перспективи подальших пошуків у напрямі дослідження.** Дослідження варто продовжувати в напрямку вдосконалення методики організації і проведення варіативних лабораторних робіт та постановки експериментальних задач, спрямованих на охоплення ширшого кола експериментальних завдань до вивчення тем і розділів курсів; на реалізацію дидактичних принципів, зокрема, підвищення коефіцієнта використання залучених засобів через їх використання в процесі постановки експериментальних задач до вивчення інших розділів шкільного курсу фізики.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вовкотруб В.П., Ковальов І.З., Подопрігора Н.В. Розв'язування олімпіадних задач з фізики: Випуск 2. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В.Винниченка, 2007. – 174 с.
2. Навчальні програми для загальноосвітніх навчальних закладів: Фізика. 7-9 класи. – К.: Видавничий дім «Освіта», 2013. – 32 с.
3. Основы методики преподавания физики в средней школе / В.Г.Разумовский, А.И.Бугаев, Ю.И.Дик и др.; Под ред. А.В.Перышкина и др. – М.: Просвещение, 1984. – 398 с.
4. Розв'язування навчальних задач з фізики: питання теорії і методики //С.У.Гончаренко, Є.В.Коршак, А.І.Павленко, О.В.Сергеев, В.І.Баштовий, Н.М.Коршак /За заг. ред. Є.В.Коршака. – К.: НПУ ім. М.П.Драгоманова, 2004. – 185 с.

### Viktor Vovkotrub

*Central Ukrainian State Pedagogical University named after Vladimir Vinnichenko*

#### EXPERIMENTAL OBJECTIVES OF THE BASIC SCHOOL OF BASIC SCHOOL

*Analizuyutsya chinniki pivschennya anchori i efektyvnosti eksperymentalnoho vidtvorennya zmistny course of the mainstream of the school through the set-up and setting of the experimental tasks, the organiza- tions are very important at the bases of self-defense and modernizations, and also the type of laboratory labor. To Vagomu the role is given to the construction and the vigilance of the holdings, in order, we arrest the order of the vikonannya of the typical experimental wanderers. Problems of pov'yazani Minds nedostatnoi nayavnoï materialnoi bazi fizichnogo kabinetu for yakoi vchitel Mauger zaminyuvati okremi robot abo demonstratsiyini doslidi rivnotsinnimi, vikoristovuvati rizni ihni mozhlivi varianti, once dopovnyuvati Tsey perelik dodatkovimi doslidami, korotkochasnymi experiental zavdanniyami, ob'ednuvati kilka robit one fallow od reverse the plan of the lesson.*

*Staging experiental tasks of fiziki poklikane zabezpechiti vikonannya vimog The Teaching programs schodo shkilnogo fizichnogo eksperimenta, yak organichnoi skladovoï metodichnoi sistemi navchannya fiziki, poklikanih suttevo zabezpechiti formuvannya in uchniv neobhidnih practicality umin, doslidnitskih navichok that osobistisnogo dosvidu eksperimentalnoi diyalnosti, zavdyaki Yakima stink stayut spromozhnimi in furrows Nabutov znan rozv'yazuvati piznavalni zwadnnia zasolami fizichnogo eksperimentu.*

**Keywords:** *competency approach, physical experiment, experimental tasks, self-made devices, estimation of experimental skills.*

### В.П. Вовкотруб

*Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка*

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ КУРСА ФИЗИКИ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ

*Анализируются условия повышения качества и эффективности экспериментального отображения содержания курса физики основной школы путём разработки и постановки экспериментальных задач, поставленных на основе самодельных и модернизированных средств и приспособлений, а также лабораторного оборудования с целью обеспечения формирования в учеников необходимых практических умений, исследовательских навыков и личностного опыта*



експериментальної діяльності, благодаря которым они становятся способными в рамках полученных знаний решать познавательные задания средствами физического эксперимента.

**Ключевые слова:** компетентносний похід, фізический експеримент, експериментальні задачі, самодельні прилади, оцінювання експериментальних умінь.

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Вовкотруб Віктор Павлович** – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри фізики та методики її викладання Центральноукраїнського державного педагогічного університету ім. В. Винниченка.

*Коло наукових інтересів:* проблеми навчального середовища з фізики.

УДК 53 (077)

**Т.П. Желонкина, С.А. Лукашевич, Е.Б. Шершнёв**

*Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины*

**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МОСТИКА УИТСТОНА**

У статті проводиться дослідження містка Уитстона в лабораторній роботі по визначенню невідомого опору. На основі роботи даного містка вивчається точність і відносна похибка при вимірюванні опору. При визначенні опору застосовуються правила Кірхгофа.

**Ключові слова:** опору, потенціал, правило Кірхгофа, електричний струм, похибка, гальванометр.

**Постановка проблемы.** Одним из применений правил Кирхгофа является измерение сопротивлений на основе универсальных мостов постоянного тока, принцип действия которых основан на условии равновесия моста Уитстона (Рисунок 1). Мостик Уитстона представляет собой схему, употребляемую для сравнения некоторого неизвестного сопротивления  $R_x$  с известным сопротивлением  $R_2$  [1].

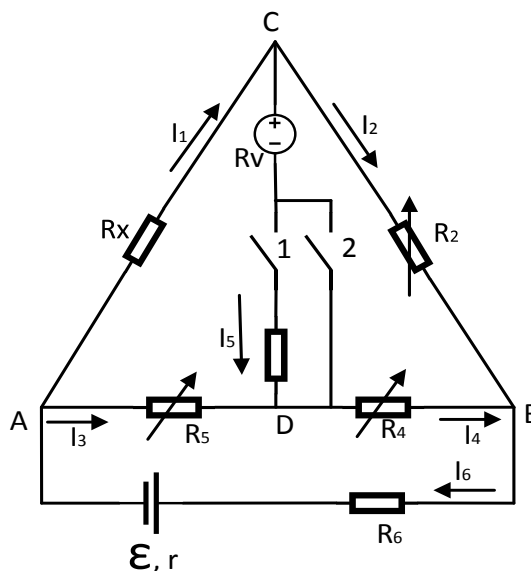


Рисунок 1 -- Схема мостика Уитстона

Однако при использовании моста Уитстона возникает вопрос: с какой точностью можно измерить сопротивление  $R_x$ , если эталонные сопротивления  $R_2$ ,  $R_3$  и  $R_4$  подобраны с