

Лабораторне заняття 5. Методика проведення лабораторних робіт з фізики та астрономії в профільній школі.

Завдання. Підготувати методичні рекомендації щодо проведення обраної лабораторної роботи (бажано авторської).

Методичні матеріали

Які недоліки мають місце за традиційного підходу до проведення лабораторних робіт? За традиційного підходу експериментальна діяльність учнів на уроці, зазвичай, регламентована інструкціями. Останні часто є детально розписаним алгоритмом усіх дій, які необхідно виконати для досягнення результату, зазначеного в меті лабораторної роботи. Виконання лабораторних робіт за інструкціями знижує ступінь самостійності учнів, при цьому всі учні (і сильні, і слабкі) знаходяться в однакових умовах, тобто їх індивідуальні особливості не враховуються. Також певні труднощі виникають і при оцінюванні учнівських робіт. Часто при цьому оцінку виставляють за якість оформлення звіту про проведення роботи.

Виконання роботи за докладними інструкціями стримує ініціативу учнів, гальмує розвиток їх творчого мислення. Виконання роботи перетворюється на реалізацію набору команд, над логічним зв'язком між якими учні часто навіть не замислюються. Зрозуміло, що за такого підходу практично унеможлиблюється прояв інноваційного пошуку учнів у процесі виконання ними лабораторних робіт. Непоодинокими є випадки, коли найбільш підготовлені до проведення фізичного експерименту учні не виявляють інтересу до виконання традиційних лабораторних робіт. Це пояснюється, насамперед, тим, що теоретичний матеріал роботи таким учням добре відомий, тому вони не мають сумніву в тому, що легко й правильно розв'яжуть запропоноване завдання, а отримані в експерименті дані узгоджуватимуться з теорією. Від таких учнів можна почути питання на кшталт: «Навіщо перевіряти виконання закону збереження імпульсу (або енергії), якщо ніхто не сумнівається в їх справедливості?», «Навіщо визначати наближені значення сталих Авогадро, Больцмана та інших, якщо вони вже відомі з досить високою точністю?».

Отже, виникає проблема створення таких лабораторних робіт, виконання яких уможлиблювало б активне включення до пізнавальної діяльності всіх учнів – і тих, хто бере участь в олімпіадах та конкурсах з фізики й техніки, і навіть тих, хто зазвичай не виявляє особливого зацікавлення фізикою.

Які підходи до розв'язання цієї проблеми відомі? Нормативно можливість вносити певні зміни в цикл лабораторних робіт зазначена в пояснювальній записці до чинної навчальної програми з фізики для 10–11 класів загальноосвітніх шкіл. Там, зокрема, вказано, що залежно від умов і наявної матеріальної бази кабінету фізики вчитель може замінювати окремі роботи (серед тих, що наведені в навчальній програмі) або демонстраційні досліди рівноцінними, використовувати різні їх можливі варіанти. Він може доповнювати наведений у програмі перелік додатковими дослідженнями, короткочасними експериментальними завданнями,

збільшувати їх кількість під час виконання фронтальних лабораторних робіт або робіт фізичного практикуму, об'єднувати кілька робіт в одну тощо. Підкреслимо, що така нагода надається вчителю також і Законом України «Про освіту».

Відповідаючи на питання про те, як зробити лабораторну роботу творчою, М. Ю. Галатюк, Ю. М. Галатюк, В. І. Тищук [123] зазначають, що для цього робота має виконуватися в контексті розв'язування пізнавальної проблеми, моделлю якої є творча експериментальна фізична задача. Ключовим творчим моментом процесу розв'язування експериментальної задачі, на думку цих авторів, є необхідність пошуку самого алгоритму (послідовності дій), а також відповідних засобів організації та виконання фізичного досліджу.

Методичні пропозиції щодо вдосконалення лабораторних робіт. Розроблений нами методичний підхід, що уможливорює організацію інноваційної діяльності учнів у процесі виконання ними лабораторних робіт, передбачає внесення відповідних методичних удосконалень як до навчальних текстів робіт, так і до методики їх проведення. Головна мета цих удосконалень полягає в допомозі вчителю організовувати активне залучення до пізнавальної діяльності (що може мати ознаки інноваційної) учнів із різним рівнем навчальних досягнень із фізики. Розглянемо методичні пропозиції до розроблення таких лабораторних робіт. Відповідні методичні вдосконалення проілюструємо навчальними текстами до конкретної лабораторної роботи. Як приклад розглянемо роботу, яку можна запропонувати учням 11 класу під час вивчення розділу «Електродинаміка».

Тема роботи. Вимірювання електричного опору провідника.

Завдання. Виміряти опір дрітного реостата. Визначити питомий опір матеріалу дроту та встановити, з якого металу його зроблено.

Коментар. У темі роботи вчителю потрібно окреслити експериментальну навчальну проблему (у даному випадку – вимірювання електричного опору). У пункті «Завдання» конкретизується проблема, подана в темі. Чітко формулюється завдання, яке потрібно розв'язати в роботі, із вказівкою на конкретний кінцевий результат, що має досягти учень (у нашому випадку йому потрібно знайти опір дрітного реостата, питомий опір матеріалу дроту та визначити який це матеріал).

Обладнання. Досліджуваний дрітаний реостат (опір реостата кілька Ом), амперметр (опір амперметра $R_a = 0,1$ Ом), вольтметр (опір вольтметра $R_v = 2$ кОм), міліметрова лінійка або штангенциркуль, джерело струму (батарейка або блок живлення постійного струму), вимикач, з'єднувальні провідники (рис. 3.6).

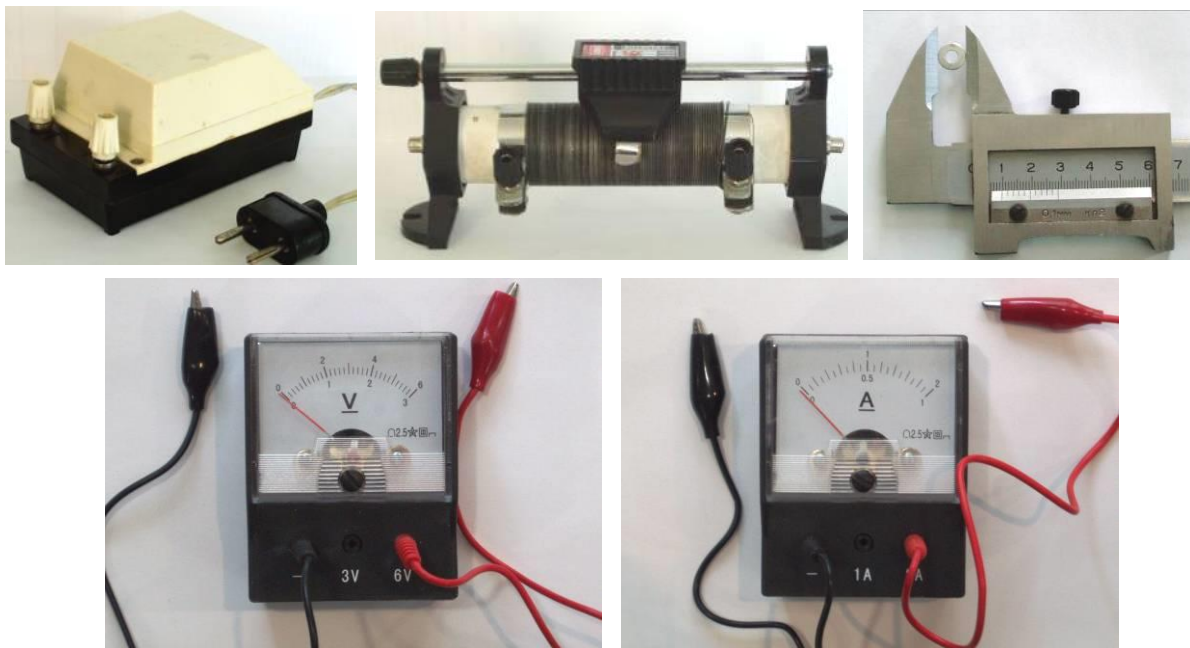


Рис. 3.6. Деякі пристрої, що використовуються при виконанні досліду

Коментар. У цьому пункті наведено перелік засобів (вимірювальні прилади, пристрої, досліджувані об'єкти, довідкова література) для проведення експерименту, за даними якого можна було б розв'язати поставлене завдання. Відмінною ознакою подання такого переліку є додаткове наведення фотографій деяких пристроїв без вказівок на їх назви (учні мають встановити це самостійно). Доцільність цього прийому пов'язана з тим, що часто за назвою пристрою старшокласники не бачать його подумки. Непоодинокі є також випадки, коли з певним пристроєм вони мають справу вперше (такими пристроями можуть бути: магазин опорів, насос Комовського, тангенс-гальванометр і багато інших).

Слід зазначити, що сформульовані таким чином пункти «Завдання» та «Обладнання» в сукупності утворюють умову певної *експериментальної задачі*. Може виявитися, що деяким учням цієї інформації цілком достатньо для самостійного виконання роботи (насамперед це стосується тих учнів, які беруть участь в олімпіадах з фізики). У цьому разі вчитель може дозволити їм приступити до безпосереднього виконання експериментального завдання. Якщо ж подальші дії для учня не є очевидними, корисною є попередня теоретична підготовка до виконання роботи (з нею пов'язані наступні два структурні компоненти лабораторної роботи).

Теоретичні відомості. *Коментар.* У цій частині лабораторної роботи вчитель має коротко розглянути основні поняття теорії, пов'язані з темою роботи, пояснити можливий спосіб проведення вимірювання шуканої величини, привернути увагу учнів на можливі джерела похибок при вимірюваннях. На наш погляд, не слід обтяжувати цю частину суто теоретичними поняттями – учні повинні детально з ними ознайомитися за допомогою підручників і довідкової літератури. Доцільніше детально розглянути метод вимірювання (з аналізом його переваг і недоліків порівняно з іншими), а також звернути увагу на значення та галузь застосування цього методу у фізиці й техніці. Останнє дозволить учню з'ясувати для себе *навіщо*

потрібна ця лабораторна робота, де можна використати розглядуваний у роботі спосіб вимірювання тощо. Такий методичний прийом сприятиме збагаченню життєвого досвіду учня (а останній є важливим фактором при перетворенні знань на цінності). Наведемо далі авторський варіант навчального тексту до пункту «Теоретичні відомості» розглядуваної лабораторної роботи.

Метод амперметра – вольтметра. Вимірювання електричного опору є поширеною фізико-технічною задачею. Однією з умов працездатності певного електричного пристрою (електронагрівальні пристрої, електричні машини та апарати, електровимірювальні прилади тощо) є відповідність опору його струмопровідних частин (нагрівальні спіралі, обмотки) розрахунковим (номінальним) даним. Вимірювати (або принаймні оцінювати) опір інколи доводиться й вдома для з'ясування причини несправності побутових пристроїв (лампи розжарювання, електроплитки, праски, електросвердлильної машини).

Опір провідника, у якому протікає постійний струм, ще називають *омічним* опором. У разі проходження змінного струму, повний опір провідника визначається не лише омічним опором, а залежить, наприклад, від частоти змінного струму та форми провідника. У цій роботі йдеться про вимірювання саме омічного опору.

Для прямого вимірювання електричного опору існує спеціальний прилад – *омметр*. Проте визначити опір можна й без нього (непрямим методом). Для одного з таких способів потрібні амперметр і вольтметр. Цей спосіб, який ґрунтується на застосуванні закону Ома для ділянки кола, відомий у теорії електричних вимірювань як *метод амперметра й вольтметра*. Він може бути реалізований за двома схемами вимірювання (рис. 3.7).

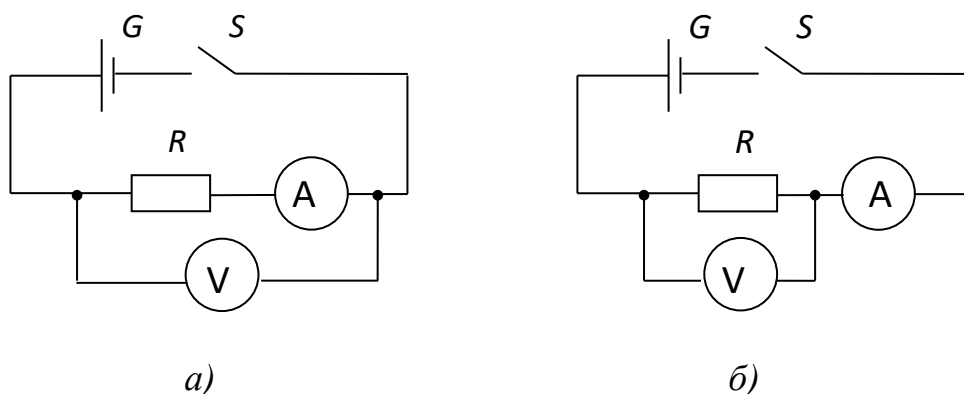


Рис. 3.7. Схеми вимірювання опору за методом амперметра та вольтметра

При вимірюванні за схемою (а), опір резистора визначається за формулою:

$$R = \frac{U - U_a}{I} = \frac{U - I \cdot R_a}{I}, \quad (3.18)$$

де U – напруга на резисторі та амперметрі (напруга, яку показує вольтметр); U_a – напруга на амперметрі; I – сила струму, що протікає через резистор та амперметр (сила струму, яку показує амперметр); R_a – опір амперметра.

При вимірюванні за схемою (б):

$$R = \frac{U}{I - I_B} = \frac{U}{I - (U/R_B)}, \quad (3.19)$$

де U – напруга на резисторі (напруга, яку показує вольтметр); I – сила струму, що протікає через амперметр; I_B – сила струму, що протікає через вольтметр; R_B – опір вольтметра.

Формули (3.18) та (3.19) спрощуються, якщо $R_a \ll R$ та $R_B \ll R$. У цих випадках

$$R \approx U/I. \quad (3.20)$$

Відносну похибку вимірювання опору, з урахуванням формул (3.18) та (3.19), можна оцінити за формулами:

- для схеми (а):

$$\varepsilon_R \equiv \frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U - IR_a} + \frac{\Delta I \cdot R_a}{U - I \cdot R_a}, \quad (3.21)$$

де ΔI , ΔU – межі абсолютних похибок при прямих вимірюваннях сили струму та напруги відповідно;

- для схеми (б):

$$\varepsilon_R = \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I \cdot R_B}{IR_B - U} + \frac{\Delta U}{IR_B - U}. \quad (3.22)$$

Якщо ж користуватися наближеною формулою (3.20), то

$$\varepsilon_R = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U}. \quad (3.23)$$

В останньому випадку буде мати місце ще й систематична похибка, пов'язана з переходом від «точних» формул (3.18) та (3.19) до наближеної – (3.20).

Для визначення питомого опору ρ матеріалу дроту, з якого виготовлено реостат, скористаємося відомою формулою для опору R однорідного провідника довжиною l з постійним поперечним перерізом S : $R = \rho l / S$. Звідки

$$\rho = RS/l.$$

Площу поперечного перерізу S та довжину l дроту можна знайти непрямыми методами. Кінцева формула для ρ матиме вигляд:

$$\rho = \frac{RL^2}{4n^3 D}, \quad (3.24)$$

де L – довжина обмотки реостата; n – кількість витків обмотки; D – діаметр витка обмотки.

Отже, для визначення питомого опору матеріалу обмотки реостата потрібно знати його опір, довжину обмотки та діаметр її витків. Врахувавши вигляд робочої формули (3.24), похибку вимірювання можна оцінити так:

$$\varepsilon_\rho \equiv \frac{\Delta \rho}{\rho} = \varepsilon_R + 2 \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta D}{D}. \quad (3.25)$$

Після знаходження значення ρ , за відповідною таблицею питомих опорів можна встановити матеріал провідника реостата.

Підготовчі завдання. Зазвичай у дидактичних матеріалах описи лабораторних робіт містять пункт «Порядок виконання роботи». У ньому

наводиться детальна інструкція щодо проведення експерименту. Проте часто ці вказівки зводяться переважно до команд: «Ввімкніть ...», «Натисніть ...», «Виміряйте три рази ...» тощо. На наш погляд, надто докладні інструкції є зайвими, адже за такої умови робота перетворюється на пасивне виконання послідовності вимог. Відтак експериментальна діяльність набуває репродуктивного характеру, що ускладнює розвиток творчих здібностей того, хто навчається.

Саме з проблемою підготовки до виконання лабораторної роботи пов'язане наступне методичне вдосконалення. Його відмінна ознака полягає у формулюванні вказівок щодо порядку виконання роботи мовою відповідних *підготовчих завдань*). Зміст цих завдань пов'язаний із тими діями (розумовими й практичними), з якими доведеться мати справу учням (студентам) у процесі виконання конкретної лабораторної роботи. Розглянемо далі приклади підготовчих завдань до розглядуваної лабораторної роботи.

Рівень А

1. Установіть відповідність:

- | | |
|-----------|--------|
| 1. I | А В |
| 2. U | Б Кл |
| 3. R | В Ом·м |
| 4. ρ | Г А |
| | Д Ом |

2. Установіть відповідність:

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1 $I = \frac{dq}{dt}$ | А Вираз для сили постійного струму в провіднику |
| 2 $I = \frac{U}{R}$ | Б Закон Ома для повного кола |
| 3 $I = \frac{E}{R+r}$ | В Визначення сили струму |
| 4 $I = e \cdot n \cdot v \cdot S$ | Г Закон Ома для ділянки кола |
| | Д Закон Ома в диференціальній формі |

3. Чому дорівнює електричний опір мідного провідника довжиною 100 м з площею поперечного перерізу 0,25 мм²? Питомий опір міді (при 20°C) складає 1,7·10⁻⁸ Ом·м.

- А. 4,25 мОм. Б. 0,68 Ом. В. 6,8 Ом. Г. 68 Ом.

4. Яким має бути опір амперметра для вимірювання сили струму в певній ділянці кола?

А. Порівнянним з опором ділянки кола. Б. Набагато меншим за опір ділянки кола.

В. Набагато більшим за опір ділянки кола. Г. Порівнянним з опором вольтметра.

5. Шкала вольтметра має 150 поділок. Вольтметр розрахований на вимірювання напруги до 3 В. Стрілка приладу відхиляється на 50 поділок при проходженні через нього струму 1 мА. Чому дорівнює електричний опір приладу?

- А. 0,5 кОм. Б. 1 кОм. В. 1,5 кОм. Г. 2 кОм.

Рівень Б

6. На рис. 3.8 наведені шкали приладів з однією границею вимірювання. Визначте: призначення приладу; ціну поділки шкали; границю вимірювання. Результат вимірювання запишіть із зазначенням меж абсолютної та відносної похибок. Клас точності обох приладів дорівнює 4.

7. Отримайте формули (3.18) та (3.19).

8. Накресліть схему електричного кола, що дозволяє реалізувати дослід з вимірювання опору резистора за методом амперметра – вольтметра, якщо відомо, що опір амперметра складає декілька Ом, опір вольтметра – декілька кОм, а передбачуваний опір резистора – декілька Ом? (декілька кОм?)

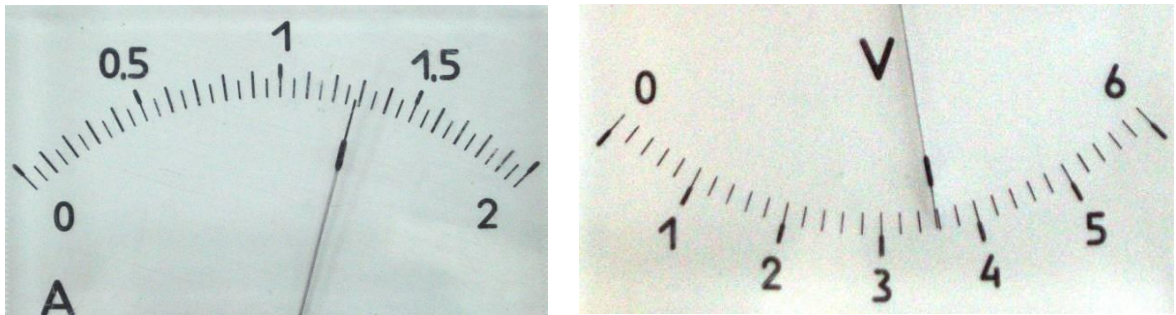


Рис. 3.8. До завдання 6

9. Як з'ясувати експериментально (за допомогою наданого обладнання), чи можна вважати опір вольтметра набагато більшим, а опір амперметра набагато меншим за опір досліджуваного резистора?

10. Чи можна в цій роботі скористатися наближеною формулою (3.20)? Вимірюний за цією формулою опір виявиться більшим або меншим, ніж насправді?

11. Чи правильно працює ватметр, який показує потужність $P = 600$ Вт постійного струму, що протікає у резисторі, якщо справні прилади показують: напругу на резисторі $U = 120$ В, силу струму в ньому $I = 6$ А?

12. Доведіть формули (3.21), (3.22) та (3.23).

13. Як знайти діаметр проводу реостата за допомогою лінійки?

14. Отримайте формули (3.24) та (3.25).

15. У досліді з визначення питомого опору проводу були отримані такі результати прямих вимірювань: довжина проводу $l = 200,0 \text{ см} \pm 0,5 \text{ см}$; його діаметр $d = 0,80 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$; сила струму у проводі та напруга на ньому відповідно складала $I = 0,50 \text{ А} \pm 0,05 \text{ А}$, $U = 3,0 \text{ В} \pm 0,1 \text{ В}$. За наведеними результатами визначте питомий опір проводу та оцініть похибку результату.

Коментар. Використання підготовчих завдань дозволяє організувати теоретичну підготовку учнів (студентів) до лабораторної роботи. Ця підготовка передбачає, зокрема, повторення теоретичних відомостей, що пов'язані з тематикою роботи; засвоєння окремих елементів методу вимірювання, що використовується в роботі; підготовку плану експерименту та з'ясування способів обробки його результатів. Зрозуміло, що така діяльність вже не є репродуктивною. Якщо учень (студент) упорався зі всіма підготовчими вправами, то зникає

необхідність у детальних поясненнях і вказівках (що та як робити). Тому пункт «Порядок виконання роботи» у звичайному вигляді виявляється непотрібним.

Важливе значення попередньої підготовки до виконання лабораторної роботи визнають П. С. Атаманчук, О. І. Ляшенко, В. В. Мендерецький. Вони зазначають, що формулюючи питання для підготовки, викладач створює проблемну ситуацію, аналогічну тій, у яку потрапляють виконавці під час експериментального дослідження. Відповідаючи на ці запитання, студенти (або учні) заздалегідь шукають шлях вирішення проблемної ситуації. Це підвищує рівень їх підготовленості до практичного виконання роботи на занятті та оформлення письмового звіту.

Зазначимо, що пункти, які були нами розглянуті вище, є тим мінімумом, якого цілком достатньо для розв'язання поставленого завдання, а, отже, для успішного виконання лабораторної роботи. Однак для учнів (студентів), які виявляють особливий інтерес до фізики, у кожній роботі слід передбачити додаткові творчі завдання. Особлива цінність цих завдань полягає в уможливленні підготовки й активного включення учнів до інноваційного пошуку. Розглянемо далі можливі види цих завдань.

Завдання для засвоєння способів розв'язування творчих задач. Самостійне розв'язання певного творчого завдання (наприклад, експериментальної або винахідницької задачі) передбачає попереднє набуття тим, хто навчається, досвіду розв'язання менш складних (підготовчих) завдань. Наш досвід показує, що найефективніше засвоєння способів розв'язання таких задач відбувається за умови їх подання в цікавій формі. Наприклад, у задачі може бути запропоновано вказати спосіб вимірювання певної фізичної величини за допомогою нестандартного обладнання. Розв'язуючи такі задачі, учні *відкривають для себе* їх можливі розв'язки, набуваючи досвіду здійснення самостійної пошукової діяльності. Велике початкове значення виявляє також підбір та складання цікавих задач. Розглянемо авторський приклад такого завдання.

З а д а ч а «Моток проводу». Як за допомогою олівця, лінійки, аркуша паперу відомої густини та довідника з фізики, не розмотуючи моток мідного проводу, виміряти: а) діаметр проводу; б) масу мотка; в) довжину проводу у мотку. *Примітки:* а) поверхню стола можна використовувати як обладнання; б) густину паперу звичайно вказують на його упаковці (наприклад, значення густини $\gamma = 80 \text{ г/м}^2$ означає, що аркуш площею 1 м^2 матиме масу 80 г).

Розв'язання. Для вимірювання діаметру проводу можна намотати на олівець певну кількість N витків. Нехай довжина намотки L , тоді діаметр проводу $d = L/N$.

Виміряти масу мотка проводу можна за методом важеля. Для цього слід покласти лінійку на стіл так, щоб її половина звисала (рис. 3.9). Перебуваючи

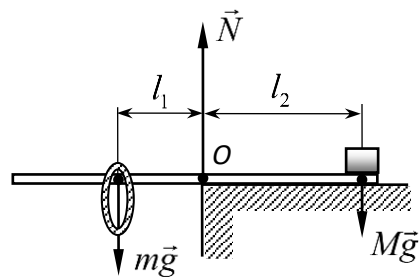


Рис. 3.9. Вимірювання маси мотка за правилом важеля

у стані рівноваги, лінійка спирається лише на край стола. Розмістивши на одному кінці лінійки згорнутий аркуш паперу, потрібно переміщувати вздовж її іншої половини моток дроту, шукаючи таке його положення, при якому лінійка знову спиратиметься лише на край стола (перебуваючи в рівновазі). З умови рівноваги лінійки можна знайти масу мотка $m = M(l_2/l_1)$, де M – маса аркуша паперу (її можна знайти за відомою густиною паперу та виміряною площею аркуша); l_1 , l_2 – плечі сил $m\vec{g}$ і $M\vec{g}$ відносно полюса O (центр мас лінійки).

Для визначення довжини дроту слід скористатися формулою $l = V/S$, де V – об'єм проводу (який можна знайти за вже відомою нам масою і густиною матеріалу проводу (мідь), що можна взяти з довідника); S – площа поперечного перерізу проводу, $S = \pi d^2/4$.

Наведемо приклади інших завдань, пов'язаних із тематикою лабораторної роботи:

1. Як виміряти діаметр тонкого дроту за допомогою аркуша міліметрового паперу?
2. Як за допомогою декількох однакових амперметрів виміряти силу струму на ділянці кола, якщо її передбачуване значення перевищує границю вимірювання одного амперметра?
3. Як виміряти опір вольтметра за допомогою резистора з відомим опором і джерела струму (відомо, що опір вольтметра набагато більший за внутрішній опір джерела)?
4. Як знайти опір електричної праски в робочому режимі (паспортні дані відсутні) за допомогою електролічильника та радіоприймача? Розглянути окремо випадки, коли радіоприймач живеться від мережі та від батареї гальванічних елементів.

Додаткові експериментальні та винахідницькі задачі. Цей структурний компонент лабораторних робіт є факультативним. Він розрахований, передусім, на тих учнів, які виявляють особливий інтерес до фізики (зокрема на тих, хто готується до фізико-технічних конкурсів та олімпіад). Учитель може запропонувати учням вибрати на свій розсуд одну-дві задачі та самостійно їх розв'язати. Зазначимо, що роботу над задачами цього блоку учні можуть продовжити вдома, адже більшість із таких задач не потребує складного обладнання.

У нашому дослідженні *експериментальними* ми називаємо задачі, дані для розв'язання яких знаходяться шляхом проведення фізичного експерименту, що можна реалізувати за допомогою поданого в умові задачі обладнання. Важливо, що, розв'язуючи експериментальні задачі, учні оволодівають різними способами вимірювання фізичної величини (залежно від наданого обладнання) та навчаються діяти самостійно (без інструкцій). У пояснювальній записці до чинної навчальної програми з фізики для 10–11 класів загальноосвітніх шкіл [263] зазначається: «Самостійне експериментування учнів необхідно розширювати, використовуючи найпростіше обладнання, інколи навіть саморобні прилади й побутове обладнання. Такі роботи повинні мати пошуковий характер, завдяки чому учні збагачуються новими фактами, узагальнюють їх і роблять висновки. У процесі такої діяльності

учні мають навчитися ставити мету дослідження, обирати адекватні методи й засоби дослідження, планувати та здійснювати експеримент, обробляти його результати й робити висновки».

Згідно з визначенням А. А. Давиденка [140, с. 106], *винахідницькою* називають задачу, у результаті технічного розв'язання якої можна отримати новий продукт або спосіб досягнення корисного ефекту. Їх розв'язки можуть включати створення діючої моделі та часто супроводжуються цікавими фізичними демонстраціями. Важливо, що у процесі розв'язання винахідницьких задач учні отримують досвід перенесення теоретичних знань у галузь практики. Часто розв'язання таких задач перетворюється у довгострокові творчі роботи, результатами яких стають інноваційні продукти. Їх представлення (апробація) відбувається на фізико-технічних конкурсах різних рівнів. Наведемо приклади додаткових експериментальних і винахідницьких задач до лабораторної роботи «Вимірювання електричного опору провідника».

Експериментальні задачі.

1. Виміряти опір резистора. *Обладнання*: досліджуваний резистор; дротяний реостат, максимальний опір якого перевищує опір досліджуваного резистора (максимальний опір реостата $R = 6$ Ом); джерело струму (батарейка); амперметр; три з'єднувальні провідники; смужка міліметрового паперу. *Примітки*. 1) Зверніть увагу на те, що є лише *три* з'єднувальні провідники; 2) про опір амперметра нічого не відомо.

2. Виміряти опір резистора. *Обладнання*: досліджуваний резистор; резистор з відомим опором; джерело струму (батарейка); амперметр; з'єднувальні провідники. *Примітка*. Відомо, що опір амперметра набагато менший за опори вказаних резисторів.

3. Визначити опір резистора з найбільшою точністю. *Обладнання*: резистор з невідомим опором, амперметр, вольтметр, джерело струму, з'єднувальні провідники.

4. Визначити опори трьох резисторів, з'єднаних зіркою. Підключати вимірювальні прилади до точки з'єднання всіх трьох резисторів не можна. *Обладнання*: три резистори (з'єднані зіркою), амперметр, вольтметр, джерело струму, з'єднувальні провідники.

5. В одному чорному ящику знаходиться резистор, в іншому – лампочка від ліхтаря. Встановити, у якому ящику знаходиться лампочка. *Обладнання*: два ящики з виводами, батарея гальванічних елементів, реостат, амперметр, вольтметр, з'єднувальні провідники.

Перша з наведених експериментальних задач є авторською. Решта мають свої аналоги у збірниках [57; 116; 133; 134] та інших.

Винахідницькі задачі.

1. Як із шести резисторів 1 Ом, 2 Ом, 4 Ом, 8 Ом, 16 Ом та 32 Ом зробити магазин опорів, за допомогою якого можна було б отримувати будь-яке ціле значення опору від 1 Ом до 63 Ом? Як розширити діапазон можливих значень опору в такому пристрої?

2. Запропонуйте, як на основі вольтметра зробити омметр (накресліть схему, визначте ціну поділки та границю вимірювання омметра, виготовте запропонований пристрій).

3. Один із проводів двожильного кабелю має електричний контакт із землею. Запропонуйте спосіб визначення місця пошкодження (кабель прокладено під землею).

4. На основі шкільного вольтметра з границею вимірювання 6 В розробіть вольтметр зі змінною границею вимірювання: 6 В, 12 В, 30 В.

Перша винахідницька задача є авторською. Її розв'язок став основою для створення інноваційного продукту «Демонстраційний магазин опорів» (докладніше про нього йдеться в пункті 3.4.3).

Конструкторські завдання. Конструкторською А. А. Давиденко [140, с. 118] називає задачу, в умові якої міститься вимога щодо розробки технічного пристрою з наперед заданими характеристиками на основі вже зробленого винаходу або відомої фізико-технічної ідеї. Доцільність використання подібних завдань у лабораторних роботах обумовлена, головним чином, необхідністю розвитку в учнів моторних умінь і навичок [26]. Від сформованості останніх залежить успішність важливого етапу інноваційної діяльності, пов'язаного з виготовленням діючих моделей запропонованих технічних рішень. Окрім цього, процес створення технічних пристроїв (вимірювальних приладів, макетів тощо) є для деяких учнів ефективним прийомом посилення інтересу до вивчення фізики. Останнє, як і у випадку винахідницьких задач, стосується учнів з різним рівнем теоретичної підготовки з фізики. Наведемо приклади таких завдань.

1. З 12 однакових резисторів спаяйте куб (рис. 3.10). Обчисліть опір між будь-якими вершинами такого куба. Розрахункові дані перевірте шляхом прямих вимірювань.

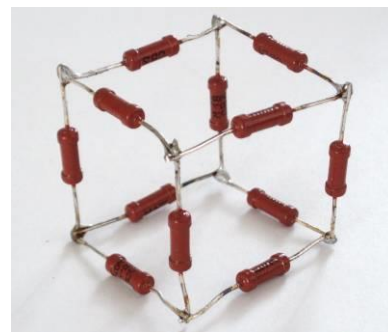


Рис. 3.10. Куб з резисторів

2. Виготовте пристрій для пошуку розриву в електричному колі («пробник»), який стане в нагоді в домашньому господарстві. Конструкцію та принцип дії найпростішого пробника легко зрозуміти за його принциповою схемою (рис. 3.11). Замість лампи *HL* можна застосувати світлодіод.

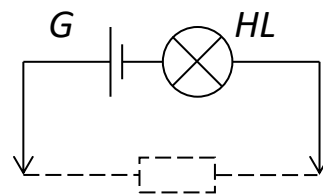


Рис. 3.11. Принципова схема найпростішого пробника

Отже, використання вчителем зазначених методичних підходів до розробки лабораторних робіт із розглянутою структурою створює умови для залучення учнів до продуктивної навчально-пізнавальної діяльності, що може мати ознаки інноваційної. Наведені методичні вдосконалення сприяють також набуттю учнями дослідницьких умінь і навичок, розвитку самостійності, формуванню у старшокласників творчого мислення та виникненню в них мотивів до

інноваційного пошуку. Запропонований підхід реалізувався нами під час професійної підготовки майбутніх вчителів фізики, зокрема, при виконанні ними лабораторних робіт зі шкільного фізичного експерименту дисципліни «Теорія і методика навчання фізики». У процесі виконання таких лабораторних робіт майбутні вчителі фізики набували дослідницьких вмінь та досвіду творчої діяльності, розуміння особливостей здійснення відповідної експериментальної діяльності та здатності передати цей досвід учням, що сприяло формуванні їх готовності до організації інноваційної діяльності учнів у процесі навчання фізики.