

---

## ЗАДАЧІ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТУРУ

1. Як можна визначити густину каменя, якщо немає мензурки для вимірювання об'єму тіла?
2. Є мензурка з водою і невеликий шматок дерева. Як визначити його густину?
3. Визначити густину тіла.

Обладнання. Тіло густиною, більшою за густину води, посудина з водою, гумовий шнур, гиря відомої маси, міліметровий папір.

4. Як при відсутності терезів визначити густину рідини, маючи з вимірювальних приладів лише мензурку, маса якої відома?

5. Визначити густину речовини у твердому стані. Речовина не розчиняється у воді і не вступає з нею в хімічні реакції. Густину води вважати рівною  $10^3 \text{ кг/м}^3$ .

Обладнання. Скляна посудина з водою, пробірка, мірна лінійка, невідома речовина у вигляді невеликих шматків (як невідому речовину можна використати металевий цинк у гранулах, шматочки алюмінієвого або мідного дроту тощо. Кількість речовини має бути достатньою для заповнення пробірки).

6. Визначити густину пластиліну і оргскла.

Обладнання. Шматок пластиліну, брусок оргскла, дві різні за формою посудини, лінійка, смужка міліметрового паперу, вода.

7. Визначити густину невідомої рідини.

Обладнання. Посудина з водою, посудина з невідомою рідиною (розчином солі), дві скляні трубки, дві гумові трубки, лінійка, пластилін, скляний трійник, ножиці, насос Шінца.

Примітка. При визначенні густини невідомої рідини контакту цієї рідини з водою допускати не можна.

8. Визначити густину невідомої рідини.

Обладнання. Мензурка, посудина з водою, посудина з невідомою рідиною (розчином солі), пробірка.

9. Визначити густину рідини.

Обладнання. Одномірний стержень, циліндрична посудина з досліджуваною рідиною і важки, густина речовини яких відома.

10. Визначити густину олії.

Обладнання. U-подібна трубка, лінійка, посудини з водою й олією.

---

11. Визначити густину металу, який міститься в одному з двох шматків пластиліну, якщо відомо, що маси пластиліну в обох шматках однакові. Витягати метал із пластиліну не дозволяється.

Обладнання. Терези з різноважками, склянка з водою, штатив.

12. Є 8 абсолютно однакових за розмірами і виглядом кульок, але в одній з них порожнина. Як визначити, яка кулька має порожнину, користуючись лише терезами, причому дозволяється здійснити лише два зважування?

13. Визначити густину повітря у класній кімнаті.

Обладнання. Куля для зважування повітря, навчальні терези, насос вакуумний Комовського, посудина місткістю 1,5–2 л з водою, мірний циліндр місткістю 1000 мл.

14. Чи можна з газетного паперу виготовити підймальну кулю (її форма може бути якою завгодно), яка зможе піднятися після заповнення гарячим повітрям? Густина атмосферного повітря  $\rho_1 = 1,3 \text{ кг/м}^3$ , густина гарячого повітря  $\rho_2 = 1 \text{ кг/м}^3$ . Якими мають бути розміри кулі?

15. Обчислити роботу, необхідну для занурення у воду дерев'яного бруска, який плаває в ній. Результат обчислень перевірити експериментально.

Обладнання. Посудина з водою, дерев'яний брусок, лінійка, динамометр із стрілкою, міліметровий папір.

16. Визначити питому теплоємність металу.

Обладнання. Металевий брусок, нагрівник, терези, термометр, посудина з водою, нитка, штатив.

17. Визначити ККД нагрівника (спиртівки).

Обладнання. Спиртівка лабораторна, посудина з водою, термометр, терези навчальні, штатив для фронтальних робіт, склянка на 250 мл (хімічна склянка).

18. Визначити потужність нагрівника.

Обладнання. Нагрівник, калориметр, посудина з водою, мензурка, термометр, секундомір.

19. Виміряти опір електричної лампи, маючи джерело струму, реостат, вольтметр і амперметр.

20. Виміряти питомий опір запропонованих зразків дроту і за результатами вимірювань визначити, з чого вони виготовлені.

Обладнання. Батарейка з ЕРС 4,5 В, вольтметр на 6 В, обмежувальний резистор (змінний на  $4,7 \cdot 10^3 \text{ Ом}$ ), точний резистор (100 Ом, 5%), гальванометр на 100 – 200 мкА з відомим опором, лінійка, олівець, два зразки (мід-

ний дріт довжиною 2 – 3 м й діаметром 0,1 – 0,15 мм і ніхромовий довжиною 0,3 – 0,5 м й діаметром 0,3 – 0,5 мм), таблиця питомих опорів різних матеріалів.

21. Визначити опір мотка дроту, не розмотуючи його і не користуючись амперметром і вольтметром. Перевірити отриманий результат амперметром і вольтметром.

**Обладнання.** 1) Моток мідного дроту без каркаса; 2) терези з різноважками; 3) лінійка з міліметровими поділками; 4) амперметр; 5) вольтметр; 6) реостат; 7) батарейка кишенькового ліхтарика; 8) з'єднувальні провідники.

22. Дано амперметр, вольтметр, джерело струму і невідомий опір. Як виміряти цей невідомий опір з найбільшою точністю?

23. Визначити опір резистора. Яка абсолютна й відносна похибка виконаних вимірювань напруги і сили струму та знайденого результату? За яких умов точність виконаних вимірювань при використанні тих самих приладів буде максимальною?

**Обладнання.** Джерело постійного струму, реостат, досліджуваний резистор, амперметр, вольтметр, з'єднувальні провідники.

24. Визначити питомий опір провідника, з якого виготовлено реостат. Встановити абсолютну й відносну похибки проведеного визначення питомого опору.

**Обладнання.** Реостат, амперметр, вольтметр, міліметрова лінійка або штангенциркуль, джерело струму, вимикач, з'єднувальні провідники.

25. Визначити питомий опір провідника, з якого виготовлено даний реостат.

**Обладнання.** 1) Реостат шкільний лабораторний; 2) резистор з відомим опором на панелі з клемами (1, 2 або 4 Ом); 3) амперметр шкільний лабораторний; 4) лінійка; 5) джерело постійного струму; 6) вимикач; 7) з'єднувальні провідники.

26. До джерела зі сталою напругою  $U = 30$  В підключили послідовно реостат  $R_1$  (максимальний опір 15 Ом, припустима сила струму 5 А) та реостат  $R_2$  (максимальний опір 30 Ом, припустима сила струму 5 А). Реостат  $R_1$  увімкнено в коло так, щоб його опір не можна було регулювати, а реостат  $R_2$  — так, щоб можна було задавати на ньому різні значення опору (рис. 90). Встановити експериментально залежність

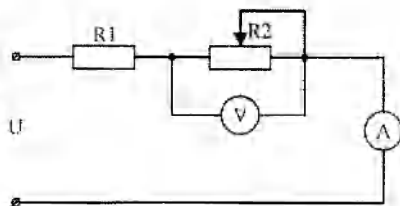


Рис. 90

потужності, споживаної реостатом  $R_2$ , від значення його опору. Опір реостата  $R_2$  змінювати від нуля до максимального значення.

27. Визначити опір резистора.

Обладнання. Джерело струму, амперметр, резистор з невідомим опором, резистор з відомим опором, з'єднувальні провідники, перемикач.

28. Електричне коло зібране з батарейки від кишенькового ліхтарика, резистора з відомим опором і послідовно увімкненого вольтметра з невідомим внутрішнім опором  $R_x$ . Послідовно і паралельно до резистора вмикають перемикачі  $K_1$  і  $K_2$ . Визначити внутрішній опір вольтметра  $R_x$ .

29. Знаючи опір шкільного вольтметра і скориставшись електричним колом, в якому до клем батарейки підімкнено два металеві стержні та послідовно з ними вольтметр, визначити електричний опір ділянки людського тіла від руки до руки. В коло увімкнено два перемикачі —  $K_1$  паралельно стержням, а  $K_2$  — послідовно зі стержнями.

30. Три опори з'єднано зіркою. Визначити значення цих опорів, якщо вимірні прилади не можна підмикати до точки з'єднання всіх трьох опорів.

31. У непрозорих і наглухо закритих ящиках містяться по три резистори опорами 1, 1 і 2 Ом. Визначити схеми їх з'єднання, якщо із ящика виведено лише три клеми, а в розпорядженні є джерело струму й амперметр.

32. На кожній з двох однакових панелей є клеми для підмикання двох лампочок (220 В; 25 Вт) і джерела струму. Коло закрите. Як, маючи джерело струму, амперметр і вольтметр, визначити схеми кіл?

33. На панелі зібрано закрите коло. Видно лише лампи  $L_1$  на 500 Вт,  $L_2$  на 100 Вт і вимикач. Коли вимикач перебуває в положенні “вимкнено”, горить лампа 100 Вт, коли він увімкнений, горить лампа на 500 Вт. Пояснити ефект. Яка схема задовольняє умову даної задачі?

34. В одній закритій коробці міститься електрична лампа від кишенькового ліхтарика, в другій — резистор. Визначити, в якій коробці міститься лампа.

Обладнання. Джерело струму, дві коробки з виводами, реостат, міліамперметр, два мілівольтметри, з'єднувальні провідники.

35. У чорному ящику міститься найпростіша електрична схема. Дізнатися, що це за схема, скориставшись вольтметром із межею вимірювань до 6 В і батарейкою для кишенькового ліхтарика.

## ВІДПОВІДІ ТА РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТУРУ

1. Для обчислення густини тіла слід знати його масу і об'єм. Масу каменю можна виміряти динамометром. Приладу для вимірювання об'єму каменю немає. Тому необхідно вигадати побічні вимірювання, які б дали можливість обчислити об'єм каменю. Можна, наприклад, зважити камінь у воді чи іншій рідині з відомою густиною. 2. Помістивши шматок дерева в мензурку з водою, знаходять об'єм води  $V_1$ , витісненої деревом. Умова рівноваги шматка дерева запишеться:  $mg = F_A$ , але  $m = \rho V$ ,  $F_A = \rho_B g V_1$ , тоді  $\rho = \rho_B \frac{V_1}{V}$ . 3. Для

визначення маси тіла  $m$  і його об'єму  $V$  слід відградувати гумовий шнур. Для цього підвішують до шнура гирю відомої маси  $m_0$  і позначають положення  $x_1$ , яке відповідає силі  $F_1 = m_0 g$ . Потім складають шнур удвоє і позначають положення  $x_2$ , яке відповідає силі  $F_2 = \frac{1}{2} m_0 g$ . Аналогічно знаходять по-

ложення  $x_3$  і  $x_4$ , які відповідають силам  $\frac{1}{3} m_0 g$  і  $\frac{1}{4} m_0 g$ . За допомогою відградуваного шнура визначають вагу  $P_1$  досліджуваного тіла у повітрі й воді  $P_2$ . Звідси маса тіла  $m = \frac{P_1}{g}$ , а об'єм тіла  $V$  можна знайти з виразу для

архімедової сили  $F_A = P_1 - P_2 = \rho_0 g V$ . Звідси  $V = \frac{P_1 - P_2}{\rho_0 g}$ , а  $\rho = \rho_0 \frac{P_1}{P_1 - P_2}$ .

4. Ідея розв'язку полягає в тому, щоб вигадати спосіб порівняння густини рідини з густиною води. Задача має кілька варіантів розв'язання, два з яких розглянемо.

а) наливають у мензурку стільки води, щоб після її занурення в посудину з водою вона плавала в ній. Умова плавання запишеться:  $P_M + P_B = \rho_B g V_B$ . Виливають воду з мензурки і наливають в неї рідину, густину якої хочуть визначити. Мензурку знову опускають у посудину з водою і, доливаючи чи відливаючи рідину, домагаються того, щоб вона занурилася в воду на таку саму глибину. Умова плавання запишеться:  $P_M + P_r = \rho_B g V_B$ . Порівнюючи отримані рівності, дістаємо  $P_B = P_r$  або  $\rho_B V_1 = \rho_r V_2$ , звідки  $\rho_r = \rho_B \frac{V_1}{V_2}$ .

Практична частина роботи зводиться до вимірювання  $V_1$  і  $V_2$ .

б) Візьмемо тіло, яке плаває у воді і в досліджуваній рідині. Опустимо його в мензурку з водою. Вага тіла  $P = \rho g V_1$ . Якщо опустити це саме тіло в мензурку з досліджуваною рідиною, то вага тіла  $P = \rho_x g V_2$ . Порівнюючи записані вирази, дістаємо  $\rho g V_1 = \rho_x g V_2$ , звідки  $\rho_x = \rho \frac{V_1}{V_2}$ . Помістивши невідому речовину в пробірку, занурюють її у воду і позначають глибину занурення. Виймають речовину і наливають замість неї у пробірку стільки води, щоб пробірка занурилась на ту саму глибину. Об'єм порції невідомої речовини можна визначити, опустивши її безпосередньо у воду. Отже, маса відома — це маса води, яка замінила речовину, об'єм якої теж відомий. Якщо при вимірюванні об'єму невідомої речовини опускали у цю саму пробірку, то діаметр пробірки (точніше — площа перерізу) виключається з відповіді і його не потрібно вимірювати. **6.** З пластиліну зробити човник, який би плавав і міг утримувати на поверхні води брусок з оргскла. **7.** Скляні трубки приєднують гумовими до трійника і опускають їх у посудини з рідинами. При відкачуванні повітря вода й рідина піднімаються скляними трубками на висоту  $h_1$  й  $h_2$ . З рівнянь рівноваги  $p + \rho_1 g h_1 = p_0$  й  $p + \rho_2 g h_2 = p_0$  дістають  $\rho_2 =$

$= \rho_1 \frac{h_1}{h_2}$ . **8.** Пробірку опускають у посудину з водою і наливають стільки води, щоб вона плавала вертикально. Потім пробірку переносять у посудину з досліджуваною рідиною. Записують умови плавання пробірки у воді  $m = \rho_0 l_1 S$  і в досліджуваній рідині  $m = \rho_x l_2 S$ . З цих рівнянь  $\rho_x = \rho_0 \frac{l_1}{l_2}$ . **9.** Зважуючи тіло у повітрі й у воді, знаходять його об'єм  $V = \frac{P_1 - P_2}{\rho_B g}$ . Після цього зважують тіло в досліджуваній рідині і знаходять густину цієї рідини  $\rho_P = \frac{P_1 - P_2}{gV} = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_2} \rho_B$ . **10.** Наливають за допомогою лійки в U-подібну трубку певну кількість води, а потім в одне з колін манометра доливають певну кількість олії. З умови рівноваги рідин у манометрі  $\rho_B g h_B = \rho_0 g h_0$  дістають  $\rho_0 = \rho_B \frac{h_B}{h_0}$ . **11.** Знаходять масу склянки з водою  $m_c$  зважуванням.

Так само визначають масу шматка пластиліну без металу  $m_1$  і масу шматка пластиліну з металом  $m_2$ . Оскільки маси в обох шматках пластиліну однакові, то маса металу  $m = m_2 - m_1$ . Підвішують шматок пластиліну без металу до

10

64

нитки і прикріплюють до штатива вільний кінець нитки. Опускають цей шматок у склянку з водою так, щоб він повністю в неї занурився, і знаходять покази терезів  $m'_1$  в цьому випадку. На пластилін діятиме сила Архімеда  $F_A = m'_1 g - m_C g$ . Однак  $F_A = \rho_B g V_1$ , тоді об'єм пластиліну  $V_1 = \frac{m'_1 - m_C}{\rho_B}$ . Так

само знаходять об'єм пластиліну з металом усередині:  $V_2 = \frac{m'_2 - m_C}{\rho_B}$ . Об'єм

металу  $V = V_2 - V_1 = \frac{m'_2 - m'_1}{\rho_B}$ . Оскільки маса металу  $m = m_2 - m_1$ , то  $\rho =$

$= \frac{m_2 - m_1}{m'_2 - m'_1} \rho_B$ . **12.** На шальки терезів кладуть по три кульки. При цьому мож-

ливі два випадки.

а) Шальки з кульками зрівноважуються, і тому кулька з порожниною міститься серед двох, що залишилися. Знявши з шальок попередньо покладені кульки, на кожну з них кладуть по кульці з пари, яка залишилася. Кулька, яка перетягне, не має порожнини.

б) Рівновага не встановиться, отже, кулька з порожниною міститься у трійці кульок, яка легша. Знявши з шальок попередньо покладені кульки, на кожну з них кладуть по кульці з трійки, в якій міститься кулька з порожниною. Якщо кульки зрівноважились, то кулька, що залишилася, має порожнину. Якщо рівноваги немає, то кулька з порожниною та, яка легша. **13.** Для визначення густини  $\rho$  повітря слід знати його масу  $m$  в якомусь об'ємі  $V$ :  $\rho =$

$= \frac{m}{V}$ . Масу знаходять, зваживши кулю до ( $m_1$ ) і після ( $m_2$ ) відкачування з неї

повітря:  $m = m_1 - m_2$ . Об'єм відкачаного повітря при атмосферному тиску визначають, опустивши трубку від кулі в посудину з водою і відкривши затискач, що перекивав її. Вода входить до кулі доти, доки тиск у ній не зрівняється з атмосферним. Переливши воду з кулі в мірний циліндр, знаходять її об'єм, а отже, і об'єм відкачаного повітря  $V$ . **14.** Підймальна сила  $F$  кулі визначається з виразу  $F = (\rho_0 - \rho_1)gV$ . Щоб куля піднімалась, необхідно, щоб підймальна сила перевищувала силу тяжіння  $P$  оболонки кулі:  $F \geq P$ . Останню можна знайти за формулою  $P = \sigma gS$ , де  $\sigma$  — маса одиниці поверхні матеріалу оболонки. Тоді  $(\rho_0 - \rho_1)gV \geq \sigma gS$ .

Якщо зробити підймальну кулю у формі куба, то його об'єм  $V = a^3$ , а площа поверхні  $S = 6a^2$ . Тоді нерівність запишеться  $(\rho_0 - \rho_1)a^3 \geq \sigma 6a^2$ , звідки

$$a \geq \frac{6\sigma}{\rho_0 - \rho_1}.$$

Для виконання практичної частини розв'язання слід знайти масу одиниці поверхні матеріалу кулі  $\sigma$ . Це можна зробити кількома способами. По-перше, зважити газетний листок і визначити його площу. Другий спосіб такий:

$$\sigma = \frac{m}{S} = \frac{\rho_2 6a^2 h}{6a^2}, \text{ звідки } \sigma = \rho_2 h, \text{ де } h \text{ — товщина газетного листа. Остаточ-$$

но дістаємо  $a \geq \frac{6\rho_2 h}{\rho_0 - \rho_1}$ . У цьому випадку практична частина роботи зво-

диться до знаходження  $\rho_2$  (за таблицею) і вимірювання  $h$  за допомогою мікрометра. Прийнятним є й інший варіант розв'язання цієї задачі. Оскільки підймальна сила атмосферного повітря, яка діє на куб з ребром 1 м, заповнений гарячим повітрям, дорівнює приблизно 3 Н ( $1,3 \text{ кг/м}^3 - 1,0 \text{ кг/м}^3$ )  $1 \text{ м}^3 \times 9,8 \text{ м/с}^2 = 3 \text{ Н}$ , то оболонка такої підймальної кулі у формі куба має важити менш як 300 г. Отже, маса кожної грані куба має дорівнювати або бути меншою за 50 г. Визначають масу газетного листка (подвійного звичайного формату  $0,84 \times 0,59 \text{ м}^2$ ). Вона дорівнює приблизно 20 г. Отже, на виготовлення однієї грані можна взяти трохи більше двох газетних листків. **15.** При зануренні бруска у воду робота виконується зовнішньою силою, що дорівнює за модулем роботі додаткової архімедової сили. Ця сила зростає від нуля до максимального значення  $F_M = \rho g S \Delta l$ . Враховуючи, що рівень води в посудині при зануренні бруска зростає, його переміщення  $\Delta L$  відносно води буде меншим за  $\Delta l$ . Вважаючи, що архімедова сила зростає при зануренні

бруска за лінійним законом, шукана робота  $A = \frac{1}{2} F_M \Delta L = \frac{1}{2} \rho g S \Delta l \Delta L$ . Цю роботу можна обчислити й іншим способом — за зміною потенціальної енергії системи “вода – брусок” до і після занурення бруска.

Результат обчислення можна перевірити на досліді, скориставшись динамометром із стрілкою. Побудувавши на міліметровці графік  $F_A(\Delta l)$ , за площею фігури під графіком можна обчислити шукану роботу. **16.** За допомогою терезів визначають масу металу  $m_M$  і масу води в калориметрі  $m_B$ , термометром вимірюють температуру води в калориметрі  $t_1$ . Прив'язавши брусок до витки і прикріпивши другий її кінець до штатива, опускають брусок у по-



судину з водою. Нагрівають посудину, а з нею і брусок до температури  $t_2$  (80 – 90°C). Швидко переносять брусок із посудини в калориметр і вимірюють температуру  $t_0$ , яка там встановиться. З рівняння теплового балансу  $c_M = \frac{(c_D m_D + c_K m_K)(t_0 - t_1)}{m_M(t_2 - t_0)}$ . 17. Якщо на спиртівці нагрівати воду, то ККД наг-

рівника можна обчислити за формулою  $\eta = \frac{cm_2(t_2 - t_1)}{m_1q} \cdot 100\%$ . Масу  $m_1$  спи-

рту, що згорів, визначають за різницею мас спиртівки до і після досліду;  $m_2$  знаходять зважуванням;  $t_1$  й  $t_2$  вимірюють за допомогою термометра. 18. Наливають у калориметр масу води  $m_1$ , яку можна визначити, вимірявши її об'єм мензуркою, і нагрівають на  $\Delta t_1$ . Записують рівняння теплового балансу:  $c_1 m_1 \Delta t_1 + C \Delta t_1 = P \tau_1$ . Потім наливають у калориметр воду масою  $m_2$  і нагрівають на  $\Delta t_2$ . Знову записують рівняння теплового балансу:  $c_1 m_2 \Delta t_2 + C \Delta t_2 = P \tau_2$ . Віднявши від першого рівняння друге, дістанемо:  $c_1 m_1 \Delta t_1 - c_1 m_2 \Delta t_2 + C(\Delta t_1 - \Delta t_2) = P(\tau_1 - \tau_2)$ . Якщо  $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t$  (що легко здійснити на досліді), то  $c_1 \Delta t(m_1 - m_2) = P(\tau_1 - \tau_2)$ , звідки  $P = c_1 \Delta t \frac{m_1 - m_2}{\tau_1 - \tau_2}$ . 19. Спочатку на

основі вимірювань опору лампи за допомогою амперметра і вольтметра встановлюють, що він не залишається сталим, причому зміни опору виходять за межі випадкових помилок. Далі за даними цілеспрямованих вимірювань опору будують графік залежності опору лампи від сили струму і роблять висновок про температурну залежність опору лампи. 20. Виміряти діаметр дротини можна звичайним способом — намотавши кілька витків на олівець: довжину намотки вимірюють лінійкою. Ідея вимірювання полягає в тому, щоб, зібравши послідовну схему з вимірювального резистора і досліджуваного шматка дротини, порівняти напругу на них, скориставшись гальванометром у ролі вольтметра (не забувати про опір вольтметра). Це легко зробити для провідника з великим опором, але важче для іншого. В цьому випадку можна порівнювати напруги на двох шматках дроту, параметри одного з яких уже відомі. Після цього обчислюють питомі опори дротин. 21. Опір однорідного провідника можна визначити за формулою

$R = \rho \frac{l}{S}$ . Значення питомого опору знаходимо з довідникових таблиць.

Площу поперечного перерізу провідника розрахуємо за його діаметром:

$S = \frac{\pi d^2}{4}$ . Діаметр провідника легко виміряти за допомогою лінійки з

міліметровими поділками (на будь-який олівець намотують потрібну кількість витків дроту, визначають довжину намотки і за цими даними визначають діаметр дроту). При бажанні для вимірювання діаметра дроту можна використати мікрометр або штангенциркуль. За допомогою терезів вимірюємо масу мотка дроту  $m$  і, скориставшись даними про густину міді  $D$ , знаходимо довжину провідника:  $l = \frac{4m}{D\pi d^2}$ . Тепер можна визначити опір мотка

дроту:  $R = \frac{16m\rho}{\pi^2 d^4 D}$ . Розрахувавши таким способом значення опору мотка

дроту, складаємо електричне коло з джерела постійного струму, реостата, амперметра, мотка дроту і вольтметра, що приєднаний паралельно до мотка дроту. За даними показів амперметра і вольтметра визначаємо опір провідника  $R = \frac{U}{I}$  і порівнюємо здобуті значення опору. **22.** При визначенні

опору за допомогою амперметра і вольтметра звичайно не враховують опору вимірювальних приладів. Це і вносить похибки в розрахунки. Розглянемо один із варіантів визначення опору провідника з урахуванням опору амперметра. Для цього один раз вимірюють напругу  $U_1$  на амперметрі, а вдруге — на послідовно з'єднаних амперметрі й невідомому опорі. Тоді  $R_x = \frac{I_1 U_2 - I_2 U_1}{I_1 I_2}$ . **23.** Опір резистора можна визначити, скориставшись двома

схемами. Згідно з однією вимірюється сила струму в колі й напруга на резисторі, а згідно з другою — сила струму в послідовно з'єднаних амперметрові й резисторі і напруга на них.

$$\text{За першою схемою опір резистора } R = \frac{U}{I - I_B} = \frac{U}{I - \frac{U}{R_B}}.$$

Відносна похибка вимірювання в цьому разі така:

$$\frac{\Delta R}{R} = \pm \left[ \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta \left( I - \frac{U}{R_B} \right)}{I - \frac{U}{R_B}} \right] = \pm \left[ \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I R_B}{I R_B - U} + \frac{\Delta U}{I R_B - U} \right].$$

За другою схемою опір резистора  $R = \frac{U - U_a}{I}$ .

Відносна похибка вимірювання опору резистора:

$$\frac{\Delta R}{R} = \pm \left[ \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta U_a}{U_a} + \frac{\Delta I}{I} \right].$$

Абсолютні похибки вимірювань:

$$1. \quad \Delta R = \pm \left[ \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I R_B}{I R_B - U} + \frac{\Delta U}{I R_B - U} \right] \frac{U}{I - \frac{U}{R_B}}.$$

$$2. \quad \Delta R = \pm \left[ \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta U_a}{U_a} + \frac{\Delta I}{I} \right] \frac{U - U_a}{I}.$$

24. Вимірюємо силу струму  $I$  й напругу  $U$  на реостаті, тоді  $R = \rho \cdot \frac{l}{S} = \frac{U}{I}$ ,

звідки  $\rho = \frac{US}{Il}$ . Вимірявши діаметр витка  $D$  штангенциркулем і підраховавши число витків  $n$ , для довжини провoda можна записати  $l = \pi Dn$ . Вимірюють лінійкою довжину реостата  $l_1$ , і тоді  $d = \frac{l_1}{n}$ , а  $S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi l_1^2}{4n^2}$ . Отже  $\rho = \frac{U l_1^2}{4 I D n^3}$ . Відносна похибка  $\frac{\Delta \rho}{\rho} = \pm \frac{\Delta U}{U} + 2 \frac{\Delta l_1}{l_1} + \frac{\Delta D}{D}$ , а абсолютна  $\Delta \rho =$

$= \pm \rho \left( \frac{\Delta \rho}{\rho} \right)$ . 25. З'єднавши послідовно джерело постійного струму, ампер-

метр, резистор з відомим опором, вимикач, визначимо силу струму в колі. Замість резистора ввімкнемо реостат і змінюватимемо його опір доти, доки в колі встановиться струм такої сили, як і при резисторі з відомим опором. Тоді опір активної частини реостата дорівнює відомому опорі резистора. Лінійкою вимірюємо довжину  $l_1$  активної частини реостата, підрахуємо кількість витків  $n$  та їх діаметр  $D$ . За довжиною  $l_1$  і кількістю витків  $n$  знаходимо

діаметр провідника, з якого виготовлено реостат:  $d = \frac{l_1}{n}$ . Площа поперечно-

го перерізу провідника  $S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi l_1^2}{4n^2}$ . Довжина провідника  $l = \pi Dn$ . За

формулою  $R = \rho \cdot \frac{l}{S}$  визначимо питомий опір провідника:  $\rho = \frac{RS}{l} = \frac{Rl_1^2}{4Dn^3}$ .

26. Позначимо опір реостата I через  $R_1$ , а частину опору реостата II, яка вводиться в коло, через  $R_2$ . Потужність, яка виділяється на змінному опорі  $R_2$ , дорівнює  $P_x = IU_x$ . Якщо опір  $R_2$  зменшувати, то струм у колі збільшуватиметься, а спад напруги на  $R_2$  зменшуватиметься, і навпаки. При  $R_2$ , близькому до нуля, потужність також наблизитиметься до нуля, оскільки напруга на реостаті II дуже мала. При збільшенні опору потужність спочатку зростає до певного максимального значення, після чого при подальшому збільшенні опору, який вводиться в коло реостатом II, спадає. Знайдемо максимальне значення потужності, яка виділяється на реостаті II. До кола

підведемо незмінну напругу. Струм у колі  $I = \frac{U}{R_1 + R_2}$ , а потужність, що

споживається реостатом II,  $P_x = \frac{U^2 R_2}{(R_1 + R_2)^2} = \frac{U^2 R_2}{R_1^2 + 2R_1 R_2 + R_2^2}$ . Виконуючи

перетворення знаменника  $R_1^2 + 2R_1 R_2 + R_2^2 = (R_1 - R_2)^2 + 4R_1 R_2$ , поділимо

чисельник і знаменник на  $R_2$ . Дістанемо:  $P_x = \frac{U^2}{\frac{(R_1 - R_2)^2}{R_2} + 4R_1}$ . Щоб знайти

максимальне значення потужності  $P_x$ , слід узяти те значення опору  $R_2$ , при якому знаменник із усіх можливих набуває найменшого значення. З останнього виразу для  $P_x$  видно, що найменше значення знаменника буде тоді, коли  $R_2 = R_1$ . Отже, при вимірюванні потужності значення  $R_2$  зручно змінювати від нуля через кожні  $\frac{R_1}{n}$  одиниць опору, звернувши особливу

увагу на момент, коли  $R_2 = R_1$ . 27. Задачу можна розв'язати двома способами.

1-й спосіб. Скласти три кола і виміряти силу струму в них. У цих колах до джерела струму підключають послідовно: 1) амперметр і резистор з відомим опором; 2) амперметр і резистор з невідомим опором; 3) амперметр з

послідовно увімкнутими обома резисторами. Вимірюють сили струму  $I_1$ ,  $I_2$  і  $I_3$  і визначають  $R_x = \frac{I_2(I_3 - I_1)}{I_1(I_3 - I_2)} R$ .

2-й спосіб. Резистори з'єднують паралельно і підмикають послідовно з амперметром до джерела струму. В цьому випадку  $R_x = \sqrt{\frac{I_1(I_4 - I_2)}{I_2(I_4 - I_1)}} R$ .

28. Замикають перемикачі  $K_1$  і  $K_2$ . Вольтметр вимірює деяку напругу  $U$  на зовнішній ділянці кола. Тепер, розімкнувши попередньо перемикач  $K_2$ , перемикачем  $K_1$  вводять у коло резистор опором  $R$ . Оскільки вольтметр і резистор увімкнуті послідовно, то напруга  $U$  розподіляється між ними пропорційно їхнім опорам. Нехай вольтметр показує напругу  $U_1$ , тоді напруга на резисторі  $R$  буде  $U - U_1$  (при всіх перемиканнях напругу  $U$  на зовнішній ділянці кола можна вважати незмінною, оскільки опір цієї ділянки у багато разів більший за внутрішній опір батареї). Отже,  $\frac{U_1}{U - U_1} = \frac{x}{R}$ , звідки  $x =$

$R \frac{U_1}{U - U_1}$ . 29. Один з учнів, попередньо змочивши руки для поліпшення

контакту, береться за стержні і міцно стискає їх. При цьому перемикач  $K_2$  має бути замкнутий, а перемикач  $K_1$  розімкнутий. Нехай вольтметр показує напругу  $U_B$ . Тоді напруга на ділянці людського тіла "від руки до руки" пропорційна опоріві  $x$  цієї ділянки, дорівнюватиме  $U - U_B$ . Тоді  $\frac{U - U_B}{U_B} = \frac{x}{R_B}$ , звідки  $x = R_B \frac{U - U_B}{U_B}$ . 30. Підмикають до вітки, яка містить

опори  $R_1$  і  $R_2$ , прилад і джерело струму. Тоді неважко показати, що  $I_1 = \frac{U_1}{R_1 + R_2}$ . Записуючи це рівняння, припускали, що опір амперметра малий, а

вольтметра — великий. Аналогічно для вітки, яка містить опори  $R_2$  і  $R_3$ , дістанемо  $I_2 = \frac{U_2}{R_2 + R_3}$ , для вітки з опорами  $R_1$  і  $R_3$  дістанемо  $I_3 = \frac{U_3}{R_1 + R_3}$ .

Розв'язуючи ці рівняння, дістаємо:  $R_1 = \frac{1}{2} \left( \frac{U_1}{I_1} + \frac{U_3}{I_3} - \frac{U_2}{I_2} \right)$ ;  $R_2 =$

---

$$= \frac{1}{2} \left( \frac{U_1}{I_1} + \frac{U_2}{I_2} - \frac{U_3}{I_3} \right); R_3 = \frac{1}{2} \left( \frac{U_2}{I_2} + \frac{U_3}{I_3} - \frac{U_1}{I_1} \right).$$

**31.** Спочатку слід розглянути можливі варіанти з'єднання резисторів, а потім до кожної пари клем підімкнути батарейку і амперметр і виміряти сили струмів, за якими можна оцінити схеми з'єднання в кожному з чорних ящиків. **32.** Спочатку до схеми вмикають джерело і обидві лампи. Вони горять нормальним розжаренням. Вигвинтивши одну із ламп, з'ясовують, як вони з'єднані між собою — послідовно чи паралельно. Скориставшись амперметром і вольтметром, обґрунтовують отримані висновки. **33.** Лампи з'єднані послідовно, і паралельно лампі на 100 Вт увімкнено перемикач. **34.** Будують вольтамперні характеристики кожного з чорних ящиків і, враховуючи температурну залежність опору, визначають, в якому з них міститься лампа. **35.** Вмикають до клем 1-2 батарейку, яка дає напругу  $U_0$ , а до другої пари — вольтметр.

Вольтметр показує  $\frac{1}{2}U_0$ . Міняють місцями джерело струму й вольтметр і вимірюють напругу на клеммах 1-2; вона дорівнює  $U_0$ . При двох інших варіантах увімкнення батарейки і вольтметра до чорного ящика покази вольтметра дорівнюють нулю.

З проведених вимірювань випливає, що в ящику міститься дільник напруги. При підборі обладнання слід подбати, щоб опір вольтметра був набагато більший за опір  $R$ , оскільки опір вольтметра спотворює роботу дільника.  $R$  зручно брати рівним 470 Ом.

---

*Навчальне видання*

Гончаренко Семен Устимович

Коршак Євген Васильович

**Фізика. Олімпіадні задачі**

**Випуск 1. 7-8 класи**

Підписано до друку 29.10.1998 р. Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Таймс.  
Друк офсетний. Умовн. друк. арк. 4,19. Умовн. фарбо-відб. 4,19. Обл. видав. арк. 2,63.  
Зам. 458-8.

Видавництво "Навчальна книга – Богдан", 282008, м. Тернопіль, вул. Танцорова, 11. А/с 534

Свідоцтво №24637417 від 13.11.1997р.

Тел.: (0352) 43-00-46; тел./факс: (0352) 25-18-09; E-mail: publishing@budny.te.ua

Віддруковано з готових діапозитивів  
на Львівській державній книжковій фабриці "Атлас".  
290005, Львів, вул. Зелена, 20.