

УДК 37.091.27:53

Г. П. Кобель,
кандидат педагогічних наук, доцент кафедри експериментальної фізики,
інформаційних та освітніх технологій ВНУ імені Лесі Українки;
В. О. Савош,
кандидат педагогічних наук, доцент кафедри теорії
та методики викладання шкільних предметів ВШПО

Експериментальний тур третього етапу LVIII та LIX Всеукраїнських олімпіад з фізики



Наведено умови задач та їх авторські розв'язання для 8–11 класів експериментального туру третього етапу LVIII та LIX Всеукраїнських олімпіад з фізики.

Ключові слова: секундомір, лінійка, гумова нитка, посудина з водою, циліндричне тіло, мензурка.

Kobel H. P., Savosh V. O. Experimental Tour of the Third Stage of the LVIII and LIX All-Ukrainian Physics Olympiads.

The conditions of the problems and their author's solutions for grades 8–11 of the experimental round of the third stage of the LVIII and LIX All-Ukrainian Physics Olympiads are given.

Keywords: stopwatch, ruler, rubber thread, vessel with water, cylindrical body, beaker.

15 січня 2022 року проводився експериментальний тур третього (обласного) етапу LVIII Всеукраїнської олімпіади юних фізиків. У ньому взяли участь: 34 учні 7 класу, 14 – 8-го, 17 – 9-го, 13 – 10-го і 16 учнів 11 класу.

14 січня 2023 року проводився експериментальний тур третього етапу LIX Всеукраїнської олімпіади. У ньому взяли участь: 12 учнів 8 класу, 12 – 9-го.

Учасникам було запропоновано експериментальні задачі. При виконанні першого завдання перед ними ставилися такі проблеми:

- розробити теорію експерименту, вивести розрахункову формулу;
- скласти план вимірювань; провести вимірювання;
- виконати обчислення шуканої величини; при потребі побудувати графічні залежності; обчислити похибки;
- вказати шляхи підвищення точності експерименту.

Як друге експериментальне завдання учням 8–11 класів було запропоновано демонстраційний тур олімпіади, який містив по п'ять демонстрацій.

8 клас

Завдання 1. Визначити масу пачки паперу (500 аркушів) формату А3.

Обладнання: нитка, важок невідомої маси, секундомір, штатив, обгортка із пачки паперу, аркуш паперу формату А3.

Довідка: період коливальних математичного маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Розв'язування. На обгортці з пачки офісного паперу вказано поверхневу густину паперу ρ . Маса пачки паперу: $m = NS\rho$, де N – кількість аркушів у пачці.

Аркуш має форму прямокутника, тому його площа $S = a \cdot b$. Для визначення площі необхідно виміряти довжину та ширину прямокутника, але серед обладнання немає лінійки. Візьмемо нитку та прив'яжемо до неї кульку. Нитку візьмемо такої довжини, щоб вона разом із радіусом кульки дорівнювала довжині аркуша a . Отриманий математичний маятник закріплюємо у штативі та вимірюємо час t_1 , протягом якого відбувається

N_1 коливань. Тоді $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{a}{g}} = \frac{t_1}{N_1}$. Звідси знаходимо довжину аркуша: $a = \frac{t_1^2 g}{4\pi^2 N_1^2}$. Аналогічно

знаходимо ширину аркуша: $b = \frac{t_2^2 g}{4\pi^2 N_2^2}$. Остаточно площа аркуша: $S = \frac{t_1^2 g}{4\pi^2 N_1^2} \cdot \frac{t_2^2 g}{4\pi^2 N_2^2}$.

$S = \frac{t_1^2 t_2^2 g^2}{16\pi^4 N_1^2 N_2^2}$. Шукана маса пачки паперу $m = N\rho \frac{t_1^2 t_2^2 g}{16\pi^4 N_1^2 N_2^2}$.

Відносна похибка: $\varepsilon_m = \frac{\Delta m}{m} = 2 \frac{\Delta t}{t_1} + 2 \frac{\Delta t}{t_2}$.

8, 9 класи

Завдання 1. Визначити висоту і діаметр циліндричного тіла.

Обладнання: циліндричне тіло, мензурка, посудина з водою, нитка.

Розв'язування. Об'єм циліндричного тіла $V = SH = \frac{\pi d^2}{4} H$. Виміряємо висоту та діаметр основи циліндричного тіла з допомогою поділок мензурки. $H = 17$ поділок, $d = 22$ поділки. Обчислимо об'єм

тіла у поділках кубічних: $V = \frac{3,14 \cdot 22^2}{4} 17 = 6458,98$ (поділки³). Об'єм циліндричного тіла можемо

виміряти мензуркою у сантиметрах кубічних. Опускаємо тіло в мензурку з допомогою нитки. Наливаємо воду до поділки 100 мл. Виймаємо тіло з мензурки і відмічаємо об'єм води. У нашому випадку це 74 мл. Знаходимо об'єм тіла: $V = 26 \text{ см}^3 = 26\,000 \text{ мм}^3$. Прирівнюємо отримані об'єми:

$6458,98 \text{ поділки}^3 = 26\,000 \text{ мм}^3$. Тоді 1 поділка $= \sqrt[3]{\frac{26\,000}{6458,98}} \text{ мм} = 1,59 \text{ мм} = 1,6 \text{ мм}$. Знаходимо

висоту і діаметр циліндричного тіла у міліметрах: $H = 17 \cdot 1,6 \text{ мм} = 27,2 \text{ мм} \approx 27 \text{ мм}$,
 $d = 22 \cdot 1,6 = 35,2 \text{ мм} \approx 35 \text{ мм}$.

Для порівняння – виміри, зроблені штангенциркулем: $H = 26,5 \text{ мм}$, $d = 34 \text{ мм}$.

Виконуємо дослід для другого тіла.

$H = 25$ поділок, $d = 12$ поділок.

Обчислюємо об'єм: $V = \frac{3,14 \cdot 12^2}{4} 25 = 2826$ (поділок³).

Вимірюємо об'єм: $V = 60 - 48 = 12$ (см³) = 12 000 мм³.

Знаходимо лінійну ціну поділки: 1 поділка $= \sqrt[3]{\frac{12\,000}{2826}}$ (мм) $\approx 1,6 \text{ мм}$.

$H = 25 \cdot 1,6 \text{ мм} = 40 \text{ мм}$, $d = 12 \cdot 1,6 \text{ мм} = 19,2 \text{ мм} \approx 19 \text{ мм}$.

Для порівняння – виміри, зроблені штангенциркулем: $H = 39,8 \text{ мм}$, $d = 20 \text{ мм}$.

9 клас

Завдання 1. Визначити відношення внутрішніх діаметрів двох прозорих трубок.

Обладнання: дві прозорі трубки невеликих перерізів, з'єднані між собою, невелика кількість підфарбованої води, лінійка, шприц невідомого об'єму.

Розв'язування. Шприц приєднано до трубки більшого діаметра. Вільний кінець трубки меншого діаметра опускаємо у посудину з підфарбованою водою і з допомогою шприца повністю заповнюємо її водою. Після цього вимірюємо довжину l_1 циліндричного стовпчика води у трубці. З допомогою шприца переміщуємо воду у другу трубку більшого діаметра. Знову з допомогою лінійки вимірюємо довжину l_2 циліндричного стовпчика того ж

об'єму води у другій трубці. Прирівнюємо об'єми води: $V_1 = V_2$, $S_1 l_1 = S_2 l_2$. $\frac{\pi d_1^2}{4} l_1 = \frac{\pi d_2^2}{4} l_2$.

З останнього співвідношення знаходимо: $\frac{d_2}{d_1} = \sqrt{\frac{l_1}{l_2}}$. У нашому випадку $l_1 = 226$ мм, $l_2 = 54$ мм.

$$\frac{d_2}{d_1} = \sqrt{\frac{226}{54}} = 2,05.$$

10 клас

Завдання 1. Визначити жорсткість гумової нитки.

Обладнання: гумова нитка, тіло правильної геометричної форми невідомої маси та густини, штатив, посудина з водою, лінійка, нитка.

Розв’язування. Важок необхідно з допомогою нитки прикріпити до гумової нитки. Вільний кінець гумової нитки закріплюють з допомогою лапки штатива, яку фіксують на потрібній висоті. На важок діє сила тяжіння та сила пружності гумової нитки: $\vec{F}_{\text{пр1}} + m\vec{g} = 0$ (1). Сила пружності $F_{\text{пр1}} = kx_1$, де k – жорсткість гумової нитки, x_1 – видовження нитки в повітрі. Тоді рівняння (1) запишемо у вигляді: $kx_1 = mg$ (2).

Наливаємо в посудину стільки води, щоб важок повністю занурився у неї, не торкаючись стінок і дна посудини (рис. 1). У цьому випадку умова рівноваги важка має вигляд: $kx_2 = mg - F_a$ (3), де x_2 – видовження нитки у воді.

Відніmemo рівняння (2) та (3) і врахуємо, що $F_a = \rho_B g V$. $k(x_1 - x_2) = \rho_B g V$. Звідси знаходимо жорсткість гумової нитки: $k = \frac{\rho_B g V}{x_1 - x_2}$. Об’єм важка V циліндричної форми можемо

визначити з допомогою лінійки: $V = S \cdot h = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h$, де d –

діаметр циліндричного важка, h – його висота. Для зменшення похибки при визначенні діаметра циліндра лінійкою можна визначити з допомогою нитки та лінійки довжину кола:

$l = \pi d$. Звідси знаходимо діаметр. Остаточоно: $k = \frac{\rho_B g \pi d^2 h}{4(x_1 - x_2)}$.

Різниця видовжень гумової нитки дорівнює різниці довжин.

$k = \frac{\rho_B g \pi d^2 h}{4(l_1 - l_2)}$. Для підвищення точності вимірювань варто вимірювати не довжини гумової нитки

до і після занурення каменя l_1 та l_2 , а зміну видовження $\Delta l = l_1 - l_2$. Для цього потрібно у лапку штатива разом із вільним кінцем гумової нитки закріпити вертикальну смужку паперу. На цій смужці двічі відмічають нижній кінець гумової нитки і вимірюють відстань між цими мітками.

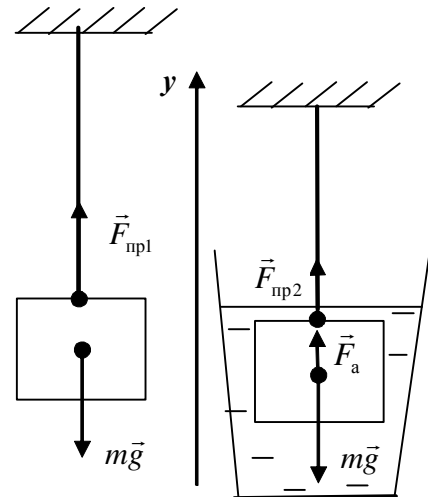


Рисунок 1

11 клас

Див. розв’язування задачі за 10 клас.

Література

1. Гончаренко С. У., Коршак Є. В. Фізика. Олімпіадні задачі. Вип. 2. 9–11 класи. Тернопіль : Навч. кн. – Богдан, 1999. 200 с.
2. Кобель Г. П., Савош В. О. Олімпіадні задачі з фізики (Районна та обласна учнівська олімпіада з фізики: Волинська область, 2013/2014 навч. рік). Луцьк : ЛУСКУ, 2016. 60 с.
3. Їх же. Олімпіадні задачі з фізики (обласна учнівська олімпіада з фізики: Волинська область, 2015–2019 рр.). Луцьк : Вежа-Друк, 2020. 96 с.