

УДК 373.5.016:53

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

**В. О. Савош,**  
кандидат педагогічних наук, доцент кафедри теорії та методики викладання шкільних предметів ВІШПО

## Третій етап LIX Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики



Наведено умови задач та їх авторські розв'язання для 7–11 класів теоретичного туру третього етапу LIX Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики.

**Ключові слова:** швидкість, температура, маса, потужність, густина, питома теплоємність, лінза, вольтметр.

**Kobel H. P., Savosh V. O. The Third Stage of the LIXth All-Ukrainian Student Olympiad in Physics.**

Terms of tasks and their authorial decisions for 7–11 classes of theoretical turn of the third stage of the LIXth All-Ukrainian Student Olympiad in physics are given.

**Keywords:** velocity, temperature, mass, power, density, specific heat capacity, lens, voltmeter.

10 січня 2023 року в м. Луцьку проводився теоретичний тур третього етапу LIX Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики. У ньому взяли участь 123 учні – переможці міських та районних олімпіад Волинської області. З них – 24 учні 7 класу, 27 – 8-го, 26 – 9-го, 21 – 10-го і 25 учнів 11 класу. 14 січня проводився експериментальний тур, у ньому взяли участь 12 учнів 8 класу, 12 – 9-го.

Наводимо умови та авторські розв'язання задач теоретичного туру.

### 7 клас

**Задача 1.** Два туристи вийшли назустріч один одному: перший з пункту А о 09:00, а другий – з пункту В о 10:00. Перший спочатку йшов повільно, а потім поступово збільшував свою швидкість. Другий навпаки – спочатку швидше, а потім повільніше. Графіки залежності швидкості руху туристів від часу подано на рис. 1. Визначте: 1) відстань між пунктами А та В; 2) о котрій годині відбулася зустріч туристів.

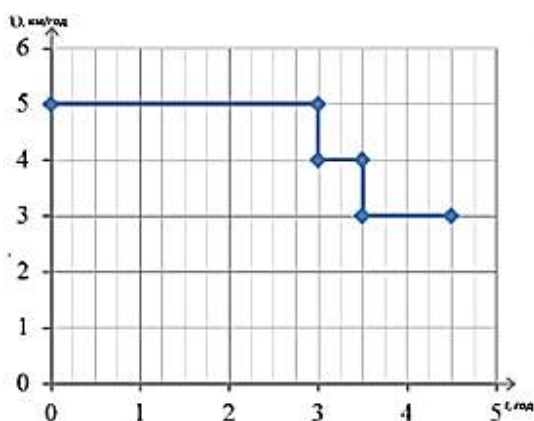


Рисунок 1-А

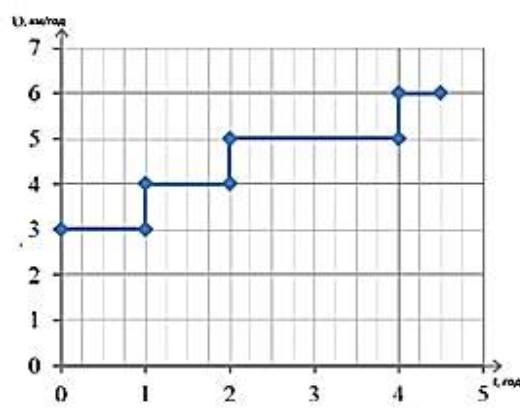


Рисунок 1-Б

**Задача 2.** У дві широкі циліндричні посудини різних діаметрів налили однакові об'єми води при кімнатній температурі. Час, протягом якого повністю випарувалася вода з першої посудини, становить  $t_1$ . Однак час  $t_2$ , протягом якого вода повністю випарувалася з другої посудини, забули зафіксувати. Потім у ці посудини знову налили такі ж самі порції води й знизу з'єднали їх тоненькою трубкою. Вода випарувалася повністю з обох посудин через час  $t_3$ . Визначте час  $t_2$ , якщо відомо  $t_1$  та  $t_3$ .

**Задача 3.** Металевий брусок має форму прямокутного паралелепіпеда. Семикласники з'ясували, що площа першої грані становить  $S_1$ , другої –  $S_2 = \frac{S_1}{5}$ , третьої –  $S_3 = 2 \cdot S_2$ . Якщо цей брусок помістити в посудину, яка повністю заповнена рідиною, то маса рідини, що виллється з неї, становитиме  $m = 80$  г, брусок при цьому буде повністю занурений у рідину. Відомо, що об'єм  $V_1 = 5$  см<sup>3</sup> рідини має масу  $m_1 = 4$  г. Визначте довжину, ширину та висоту бруска.

**Задача 4.** Плівку перемотують з однієї котушки на іншу. Частота обертання котушки, на яку намотують плівку, стала і дорівнює  $n$ . Початковий радіус мотка  $R_0$ , товщина плівки –  $h$ . Визначте швидкість подачі плівки через час  $t$ .

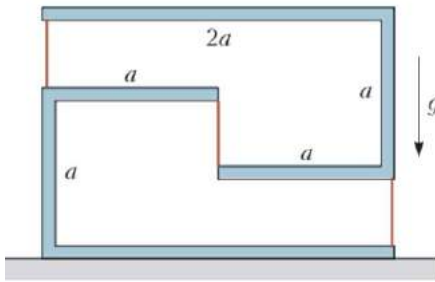


Рисунок 2

8 клас

**Задача 1.** На горизонтальній поверхні розташовані дві однакові деталі масами  $m$  (рис. 2), які з'єднані між собою трьома невагомими нерозтяжними нитками. Деталі виготовлено із двох однакових металевих брусків, які зігнуто в двох місцях під прямим кутом. Довжини горизонтальних ділянок  $2a$  й  $a$ , довжини вертикальних –  $a$ . Уся система знаходиться в стані рівноваги. Визначте мінімальне значення сили натягу середньої нитки.

**Задача 2.** Див. № 2, 7 клас.

**Задача 3.** Електричним чайником, потужність якого 1000 Вт, нагрівають воду. Протягом 1 хв температура води підвищилася від 90 °С до 100 °С. Коли чайник вимкнули, то за 5 хв температура води знизилася на 10 °С. Який об'єм води був у чайнику? Теплоємність

чайника  $C = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ . Питома теплоємність води 4200 Дж/(кг·°С).

**Задача 4.** Металевий брусок у формі прямокутного паралелепіпеда має масу 800 г. Якщо його по чергово покласти на горизонтальну поверхню трьома різними гранями, то його тиск на цю поверхню становитиме

$p_1 = 1,6$  кПа,  $p_2 = 5 \cdot p_1$ ,  $p_3 = \frac{p_2}{2}$ . Визначте густину матеріалу, з якого виготовлено брусок.

9 клас

**Задача 1.** Див. № 1, 8 клас.

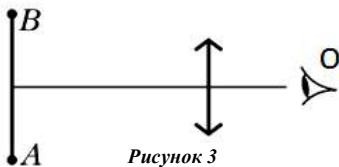


Рисунок 3

**Задача 2.** Тонку лінзу з фокусною відстанню 18 см закріплено на штативі. На відстані 72 см від лінзи на стіні розміщено круглу картину невеликих розмірів (рис. 3). Людина розглядає (бачить) оком  $O$  дійсне зображення картини в лінзі. Вважати, що відстань найкращого зору для ока цієї людини становить 24 см. Центр картини й око розміщені на головній оптичній осі лінзи. Виконайте рисунок і зобразіть хід променів. Визначте відстань між оком людини та лінзою.

**Задача 3.** Див. № 3, 8 клас.

**Задача 4.** У схемі, яка зображена на рис. 4,  $U = 16$  В, резистори мають однакові опори, всі вольтметри також однакові. Покази першого вольтметра  $U_1 = 6$  В. Знайти покази другого  $V_2$  і третього  $V_3$  вольтметрів.

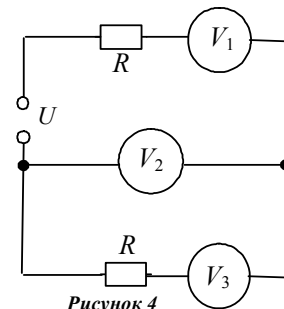


Рисунок 4

10 клас

**Задача 1.** Дві кульки загальною масою  $M$  одночасно вилітають горизонтально у протилежних напрямках із двохстороннього пружинного пістолета. Кулька меншої маси  $m_1 = \frac{M}{5}$  отримала початкову швидкість  $v_{01} = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Яка початкова швидкість кульки більшої маси? Визначити відстань між кульками у той момент, коли вектори їх швидкостей будуть перпендикулярними. Опором повітря знехтувати.  $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

**Задача 2.** До стелі зали заввишки  $H = 8$  м на легкій нерозтяжній нитці підвішено лінзу. Лінза рівномірно обертається по колу в горизонтальній площині так, що її головна оптична вісь завжди напрямлена вздовж нитки. Нитка утворює кут  $\alpha = 60^\circ$  із вертикаллю. При цьому на підлозі видно чітке зображення точки підвісу. Яка відстань  $d$  від предмета (точки підвісу) до лінзи? Визначити лінійну швидкість руху цього зображення, якщо фокусна відстань лінзи  $F = 3$  м.  $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

Задача 3. Див. № 3, 8 клас.

Задача 4. Див. № 4, 9 клас.

## 11 клас

Задача 1. Див. № 1, 10 клас.

Задача 2. Див. № 2, 10 клас.

Задача 3. В U-подібну трубку з площею поперечного перерізу  $S = 1 \text{ см}^2$  налито ртуть. Правий кінець трубки закривають корком так, що у закритій частині міститься  $V_1 = 10 \text{ см}^3$  повітря. Яку масу ртуті потрібно долити у ліве, відкрите коліно, щоб його повністю заповнити? Атмосферний тиск становить 760 мм рт. ст. Густина ртуті  $\rho = 13,6 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .  $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

Задача 4. Див. № 4, 9 клас.

## Розв'язування задач

### 7 клас

Задача 1. З рис. 1 видно, що графік а) відповідає руху другого туриста, графік б) – першого. Використовуючи графік а), визначимо загальну відстань  $l$  між пунктами:

$$l = l_{b1} + l_{b2} + l_{b3}. \quad (1)$$

$$l = v_{b1} \cdot t_{b1} + v_{b2} \cdot t_{b2} + v_{b3} \cdot t_{b3}.$$

$$l = 5 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot 3 \text{ год} + 4 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot 0,5 \text{ год} + 3 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot 1 \text{ год} = 20 \text{ км}.$$

З іншого боку, для першого туриста:

$$l = l_{a1} + l_{a2} + l_{a3} + l_{a4}.$$

$$l = v_{a1} \cdot t_{a1} + v_{a2} \cdot t_{a2} + v_{a3} \cdot t_{a3} + v_{a4} \cdot t_{a4}.$$

$$l = 3 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot 1 \text{ год} + 4 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot 1 \text{ год} + 5 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot 2 \text{ год} + 0,5 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot 6 \text{ год} = 20 \text{ км}.$$

Із графіків видно, що через 2 год від початку руху першого туриста (об 11:00) перший пройде 7 км, другий – 5 км, відстань між туристами становитиме:  $l_2 = 20 \text{ км} - 7 \text{ км} - 5 \text{ км} = 8 \text{ км}$ . Отже:  $l_2 = v_{b3} \cdot t + v_{a1} \cdot t$ . Звідси:

$$t = \frac{l_2}{v_{b3} + v_{a1}}; \quad t = \frac{8 \text{ км}}{10 \frac{\text{км}}{\text{год}}} = 48 \text{ хв}. \quad \text{Це означає, що туристи зустрінуться об 11:48.}$$

Задача 2. Нехай  $N$  – кількість молекул у кожній посудині. Швидкість вилітання молекул із першої та другої посудин відповідно становитиме:  $\frac{N}{t_1}$  (1) та  $\frac{N}{t_2}$  (2). Коли посудини з'єднали трубкою, то очевидно, що загальна

кількість молекул в них становитиме  $2N$ , а, відповідно, швидкість вилітання молекул  $\frac{2 \cdot N}{t_3}$  (3). Оскільки процес

вилітання молекул із посудин в обох випадках є неперервним, то, врахувавши рівняння (1)–(3), можна записати

$$\text{рівність: } \frac{2 \cdot N}{t_3} = \frac{N}{t_1} + \frac{N}{t_2}. \quad \text{Звідси: } \frac{N}{t_2} = \frac{2 \cdot N}{t_3} - \frac{N}{t_1}; \quad \frac{1}{t_2} = \frac{2}{t_3} - \frac{1}{t_1} = \frac{2 \cdot t_1 - t_3}{t_1 t_3}; \quad t_2 = \frac{t_1 t_3}{2 \cdot t_1 - t_3}.$$

Задача 3. Нехай  $a, b, c$  – лінійні розміри бруска. Площу граней бруска можна записати:  $S_1 = a \cdot b$  (1);

$$S_2 = a \cdot c$$
 (2);  $S_3 = c \cdot b$  (3). Врахувавши умову задачі, отримаємо:  $a \cdot c = \frac{a \cdot b}{5}$ ;  $c = \frac{b}{5}$  (4).

$b \cdot c = 2 \cdot a \cdot c$ ;  $b = 2 \cdot a$  (5). Оскільки брусок має форму прямокутного паралелепіпеда, то його об'єм визначимо з формули:  $V = a \cdot b \cdot c$  (6). Врахувавши (4) та (5), формула (6) набере вигляду:

$$V = a \cdot 2 \cdot a \cdot \frac{2 \cdot a}{5} = \frac{4 \cdot a^3}{5} \quad (7).$$

Для рідини, яку витісняє брусок з посудини, буде справедлива рівність:  $\frac{m}{V_p} = \frac{m_1}{V_1}$  (8).

З рівняння (8):  $V_p = \frac{m}{m_1} V_1$ ;  $V_p = \frac{80 \text{ г}}{4 \text{ г}} 5 \text{ см}^3 = 100 \text{ см}^3$ . Очевидно, що брусок витісняє об'єм рідини, що дорівнює об'єму бруска:  $V_p = V$ ;  $\frac{4 \cdot a^3}{5} = 100 \text{ см}^3$ ;  $a = 5 \text{ см}$ . Врахувавши (4) та (5), знайдемо інші сторони:  $b = 2 \cdot 5 \text{ см} = 10 \text{ см}$ ;  $c = \frac{10 \text{ см}}{5} = 2 \text{ см}$ .

**Задача 4.** Кількість обертів котушки, на яку намотують плівку за час  $t$ , становитиме:  $N = n \cdot t$  (1). Очевидно, що радіус котушки за цей час збільшиться на величину  $h \cdot N = h \cdot n \cdot t$  й становитиме:  $R = R_0 + h \cdot n \cdot t$  (2). Отже, швидкість руху плівки через час  $t$ :  $v = 2\pi \cdot n \cdot (R_0 + h \cdot n \cdot t)$ .

8 клас

**Задача 1.** Нехай  $\vec{T}_1, \vec{T}, \vec{T}_2$  – сили натягу лівої, середньої та правої ниток відповідно. Верхня деталь підвішена до середньої нитки й розтягує її, тому сила  $\vec{T}$  напрямлена вгору, а ліва та права нитки не дозволяють деталі обертатися, тому  $\vec{T}_1$ , та  $\vec{T}_2$  напрямлені вертикально вниз. Запишемо умови рівноваги верхньої деталі:

а) рівнодійна сума всіх сил, що діють на деталь, дорівнює нулю. В проєкціях на вертикальну вісь:  $mg + T_1 + T_2 - T = 0$  (1);

б) алгебраїчна сума моментів сил, що діють на деталь, дорівнює нулю:  $T_1 \cdot a + \frac{mg}{4} \cdot \frac{a}{2} - T_2 \cdot a - \frac{2mg}{4} \cdot \frac{a}{2} - \frac{mg}{4} \cdot a = 0$  (2);  $T_1 - T_2 - \frac{3mg}{8} = 0$  (3); із формули (1):  $T_1 = T - mg - T_2$  (4).

Підставивши (4) в (3), отримаємо:  $T - mg - T_2 - T_2 - \frac{3mg}{8} = 0$ ;  $T = \frac{11 \cdot mg}{8} + 2 \cdot T_2$ . Сила натягу буде мінімальною, коли  $T_2 = 0$ . Отже:  $T_{\min} = \frac{11 \cdot mg}{8}$ .

**Задача 2. Див. розв. № 2, 7 клас.**

**Задача 3.** Запишемо рівняння теплового балансу для процесу нагрівання з урахуванням втрат енергії:

Дано:  
 $P = 1000 \text{ Вт}$   
 $t_1 = 90^\circ \text{ C}$   
 $t_2 = 100^\circ \text{ C}$   
 $\tau_1 = 1 \text{ хв}$   
 $\Delta t_2 = 10^\circ \text{ C}$   
 $\tau_2 = 5 \text{ хв}$   
 $C = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$   
 $c_b = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ \text{ C})$   
 $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$   
 $V = ?$

$P\tau_1 = c_b m \Delta t_1 + C \Delta t_1 + P_{\text{вт}} \tau_1$  (1), де  $P_{\text{вт}}$  – потужність втрат,  $\Delta t_1 = t_2 - t_1$ . При охолодженні середня потужність втрат така ж сама, бо різниці температур чайника з водою та навколишнього середовища такі ж, як і при нагріванні. При охолодженні чайника з водою:  $c_b m \Delta t_2 + C \Delta t_2 = P_{\text{вт}} \tau_2$ . Звідси:  $P_{\text{вт}} = \frac{c_b m \Delta t_2 + C \Delta t_2}{\tau_2}$ . Підставимо в

(1):  $P\tau_1 = c_b m \Delta t_1 + C \Delta t_1 + \frac{c_b m \Delta t_2 + C \Delta t_2}{\tau_2} \tau_1$ . Знаходимо масу води:

$m = \frac{P\tau_1\tau_2 - C(\Delta t_1\tau_2 + \Delta t_2\tau_1)}{c_b(\Delta t_1\tau_2 + \Delta t_2\tau_1)}$ ,  $m = \frac{P\tau_1\tau_2}{c_b(\Delta t_1\tau_2 + \Delta t_2\tau_1)} - \frac{C}{c_b}$ . Виконаємо обчислення в СІ:

$m = \frac{10^3 \cdot 60 \cdot 5 \cdot 60}{4200 \cdot (10 \cdot 5 \cdot 60 + 10 \cdot 60)} - \frac{380}{4200} = 1,1 \text{ (кг)}$ . Об'єм води  $V = \frac{m}{\rho}$ .

$V = \frac{1,1}{10^3} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{)} = 1,1 \text{ л}$ .

**Задача 4.** Нехай  $a, b, c$  – лінійні розміри бруска. Площу граней бруска можна записати:  $S_1 = a \cdot b$  (1);  $S_2 = a \cdot c$  (2);  $S_3 = c \cdot b$  (3). За умовою задачі:  $p_2 = 5 \cdot p_1$  (4) і  $p_3 = \frac{p_2}{2}$  (5). Відомо, що

$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}$  (6). Врахувавши (1)–(3) та (6), отримаємо:  $p_1 = \frac{mg}{a \cdot b}$  (7);  $p_2 = \frac{mg}{a \cdot c}$  (8);  $p_3 = \frac{mg}{c \cdot b}$  (9).

Врахувавши (4)–(9), отримаємо:  $\frac{mg}{a \cdot c} = \frac{5 \cdot mg}{a \cdot b}$ ;  $b = 5 \cdot c$  (10);  $\frac{mg}{b \cdot c} = \frac{1}{2} \cdot \frac{mg}{a \cdot c}$ ;  $a = \frac{b}{2}$  (11).

# Методичні публікації

Враховавши (7) та (11), отримаємо:  $p_1 = \frac{2 \cdot mg}{b^2}$  (12). Визначимо з останньої формули  $b$ :  $b = \sqrt{\frac{2 \cdot mg}{p_1}}$ ;

$b = \sqrt{\frac{2 \cdot mg}{p_1}}$ ;  $b = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{1600 \text{ Па}}} = 0,1 \text{ м}$ . Визначимо об'єм бруса:  $V = a \cdot b \cdot c = \frac{1}{2} \cdot b \cdot b \cdot \frac{1}{5} \cdot b = \frac{1}{10} \cdot b^3$ . Густина

бруса знайдемо з формули:  $\rho = \frac{m}{V} = \frac{10 \cdot m}{b^3}$ ;  $\rho = \frac{10 \cdot 800 \text{ г}}{(10 \text{ см})^3} = 8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ .

## 9 клас

**Задача 1.** Див. розв. № 1, 8 клас.

**Задача 2.** На рис. 5 побудовано зображення картини  $A_1B_1$ . З умови задачі випливає, що  $F = 18 \text{ см}$ ,  $d = 72 \text{ см}$ ,  $d_0 = 24 \text{ см}$ ,  $x$  – відстань між оком людини та лінзою. Очевидно, що  $x = f + d_0$  (1). Із формули тонкої лінзи визначимо відстань від лінзи до зображення:

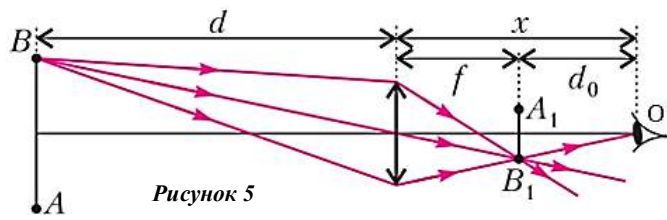


Рисунок 5

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ ;  $f = \frac{d \cdot F}{d - F}$  (2). Враховавши (2), отримаємо:  $x = \frac{72 \text{ см} \cdot 18 \text{ см}}{72 \text{ см} - 18 \text{ см}} + 24 \text{ см} = 48 \text{ см}$ .

**Задача 3.** Див. розв. № 3, 8 клас.

**Задача 4.** Зобразимо трохи інакше електричну схему (див. рис. 6). Нехай  $r$  – опір кожного із вольтметрів.

Дано:

$U = 16 \text{ В}$

$U_1 = 6 \text{ В}$

$U_2 = ?$ ,

$U_3 = ?$

Вольтметр завжди показує спад напруги на самому собі. Напруги на паралельно з'єднаних вітках однакові:  $U_2 = U_3 + \frac{U_3}{r} R$  (1). Через вольтметр  $V_3$  проходить струм силою  $I_3 = \frac{U_3}{r}$ . Спад напруги на всьому

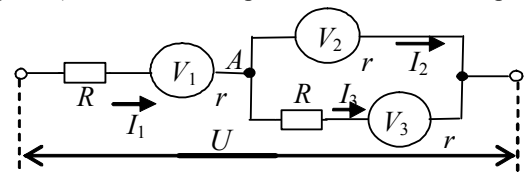


Рисунок 6

колі дорівнює сумі спадів на окремих, послідовно з'єднаних ділянках:  $U = U_1 + \frac{U_1}{r} R + U_2$

(2). Через вольтметр  $V_1$  проходить струм силою  $I_1 = \frac{U_1}{r}$ . Із рівнянь (1) та (2) виключаємо  $\left(1 + \frac{R}{r}\right)$ . Із (1)

знаходимо:  $1 + \frac{R}{r} = \frac{U_2}{U_3}$ . Із (2) маємо:  $1 + \frac{R}{r} = \frac{U - U_2}{U_1}$ . Отримуємо рівняння відносно напруг  $\frac{U_2}{U_3} = \frac{U - U_2}{U_1}$  (3).

Для вузла A маємо:  $I_1 = I_2 + I_3$ , або  $\frac{U_1}{r} = \frac{U_2}{r} + \frac{U_3}{r}$ . Звідси:  $U_1 = U_2 + U_3$  (4).

Розв'язуємо рівняння (3) і (4) як систему. Із (4) маємо:  $U_3 = U_1 - U_2$ .  $\frac{U_2}{U_1 - U_2} = \frac{U - U_2}{U_1}$ ,

$U_2 U_1 = (U_1 - U_2)(U - U_2)$ ,  $U_2 U_1 = U U_1 - U U_2 - U_1 U_2 + U_2^2$ . Або:  $U_2^2 - 2U_1 U_2 - U U_2 + U U_1 = 0$ . Перейдемо в отриманому квадратному рівнянні до числових коефіцієнтів:  $U_2^2 - 28U_2 + 96 = 0$ .  $U_2 = 14 \pm \sqrt{196 - 96} = 14 \pm 10$ . Значення  $U_2 = 24 \text{ В}$   $16 \text{ В} = U$ , тому його відкидаємо. Отже,  $U_2 = 4 \text{ В}$ , а  $U_3 = 6 - 4 = 2 \text{ В}$ .

## 10 клас

**Задача 1.** Знайдемо початкову швидкість кульки більшої

Дано:

$m_1 = \frac{M}{5}$

$v_{01} = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$l = ?$

маси:

$m_1 v_{01} = m_2 v_{02}$ ,

$v_{02} = \frac{m_1 v_{01}}{m_2} = \frac{M \cdot 5}{5 \cdot 4M} v_{01} = \frac{v_{01}}{4} = 3 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$ .

Запишемо залежність швидкості від часу

для кожної кульки у векторній формі:  $\vec{v}_1 = \vec{v}_{01} + \vec{g}t$  та  $\vec{v}_2 = \vec{v}_{02} + \vec{g}t$ . Зобразимо на рисунку момент, коли вектори швидкостей кульок будуть перпендикулярними. Відстань між кульками:

$l = l_1 + l_2 = v_{01}t + v_{02}t = (v_{01} + v_{02})t$ . Потрібно знайти час  $t$ . Із рис. 7 видно:

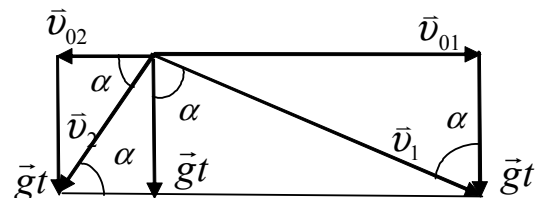


Рисунок 7

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_{01}}{gt} = \frac{gt}{v_{02}}. \quad (gt)^2 = v_{01} \cdot v_{02}, \quad t = \frac{\sqrt{v_{01} \cdot v_{02}}}{g}. \quad \text{Тоді шукана відстань: } l = (v_{01} + v_{02}) \frac{\sqrt{v_{01} \cdot v_{02}}}{g}.$$

Виконаємо обчислення в СІ:  $l = (12 + 3) \frac{\sqrt{12 \cdot 3}}{10} = 9 \text{ (м)}$ .

**Задача 2.** Лінза (її оптичний центр – точка  $O$ ) рухається по колу радіусом  $r$  із центром у точці  $C$  з доцентровим прискоренням. Запишемо закон руху лінзи:  $\vec{F} + m\vec{g} = m\vec{a}_0$ ,

Дано:  
 $H = 8 \text{ м}$   
 $\alpha = 60^\circ$   
 $F = 3 \text{ м}$   
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
 $d = ?$ ,  $v = ?$

$a_0 = \omega^2 \cdot r = g \cdot \operatorname{tg} \alpha$ . Радіус  $r = d \cdot \sin \alpha$ , де  $d$  – відстань від предмета  $S$  до лінзи. Кутова

швидкість лінзи:  $\omega = \pm \sqrt{\frac{g \cdot \operatorname{tg} \alpha}{r}} = \pm \sqrt{\frac{g}{d \cos \alpha}}$ . Для визначення  $d$  розв'яжемо систему

рівнянь:  $d + f = \frac{H}{\cos \alpha}$  і  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ .  $f = \frac{H}{\cos \alpha} - d$ ,  $\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$ ,  $f = \frac{dF}{d - F}$ .

$\frac{H}{\cos \alpha} - d = \frac{dF}{d - F}$ ,  $\frac{H}{\cos \alpha} d - \frac{FH}{\cos \alpha} - d^2 = 0$ ,  $d^2 - \frac{H}{\cos \alpha} d + \frac{FH}{\cos \alpha} = 0$ . Підставимо в останнє

рівняння числові значення в СІ.  $d^2 - 16d + 48 = 0$ ,  $d = 8 \pm \sqrt{64 - 48} = 8 \pm 4$ ,  $d_1 = 12 \text{ (м)}$ ,  $d_2 = 4 \text{ (м)}$ .

Знаходимо модулі лінійної швидкості обертання зображення точки підвісу на підлозі.

$$v_1 = \omega_1 R = \sqrt{\frac{g}{d_1 \cos \alpha}} \cdot H \operatorname{tg} \alpha, \quad v_2 = \omega_2 R = \sqrt{\frac{g}{d_2 \cos \alpha}} \cdot H \operatorname{tg} \alpha. \quad v_1 = \sqrt{\frac{10}{12 \cos 60^\circ}} \cdot 8 \cdot \operatorname{tg} 60^\circ = 17,9 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right),$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{10}{4 \cos 60^\circ}} \cdot 8 \cdot \operatorname{tg} 60^\circ = 31 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

**Задача 3.** Див. розв. № 3. 8 клас.

**Задача 4.** Див. розв. № 4. 9 клас.

### 11 клас

**Задача 1.** Див. розв. № 1. 10 клас.

**Задача 2.** Див. розв. № 2. 10 клас.

**Задача 3.** Маса долиної ртуті:  $m = \rho V = \rho(2V_1 - Sh)$  (рис. 8). До повітря

Дано:  
 $S = 1 \text{ см}^2$   
 $V_1 = 10 \text{ см}^3$   
 $p_{\text{ат}} = 76 \text{ см рт. ст.}$   
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
 $m = ?$

у закритій частині трубки застосуємо закон Бойля–Маріотта:  $p_1 V_1 = p_2 V_2 = p_2 Sh$ . Початковий тиск

$p_1 = p_{\text{ат}}$ , кінцевий –  $p_2 = p_{\text{ат}} + \rho gh$ .  $p_{\text{ат}} = \rho g H$ , де  $H = 76 \text{ см}$ . Тоді  $\rho g H V_1 = (\rho g H + \rho gh) Sh$ , або  $H V_1 = (H + h) Sh$ . Отримуємо квадратне рівняння відносно  $h$ :  $Sh^2 + SHh - HV_1 = 0$ . Підставимо числові значення і знайдемо  $h$  в сантиметрах.

$$h^2 + 76h - 760 = 0, \quad h = -38 + \sqrt{38^2 + 760} = -38 + 46,95 = 8,95 \text{ (см)}.$$

$$m = 13,6(2 \cdot 10 - 1 \cdot 8,95) = 150,3 \text{ (г)}.$$

**Задача 4.** Див. розв. № 4. 9 клас.

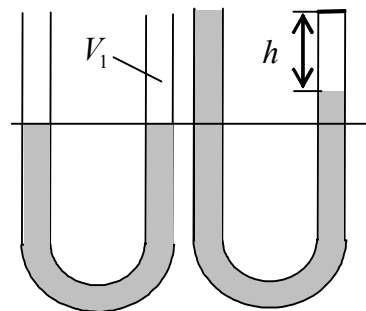


Рисунок 8

### Література

1. Алексейчук В., Гальчинський О., Шопя Г. Обласні олімпіади з фізики. Задачі та розв'язки. Львів : Євросвіт, 2004. 184 с.: іл.
2. Гончаренко С. У., Коршак Є. В. Фізика. Олімпіадні задачі. Вип. 2. 9–11 класи. Тернопіль : Навч. кн. – Богдан, 1999. 200 с.
3. Кобель Г. П., Савош В. О. Олімпіадні задачі з фізики (Районна та обласна учнівська олімпіада з фізики: Волинська область, 2013/2014 навч. рік). Луцьк : LUCKY, 2016. 60 с.
4. Їх же. Олімпіадні задачі з фізики (обласна учнівська олімпіада з фізики: Волинська область, 2015–2019 навч. рік). Луцьк : Вежа-Друк, 2020. 96 с.
5. Їх же. Практикум розв'язування олімпіадних задач з фізики. Луцьк : Вежа-Друк, 2023. 112 с.