

Григорій КОБЕЛЬ,
кандидат педагогічних наук, доцент кафедри експериментальної фізики,
інформаційних та освітніх технологій ВНУ імені Лесі Українки;
Валентин САВОШ,
доктор педагогічних наук, доцент кафедри теорії
та методики викладання шкільних предметів ВІППО

Третій етап LXI Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики



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

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

Kobel H. P., Savosh V. O. The Third Stage of the LXIst 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 LXIst All-Ukrainian Student Olympiad in physics are given.

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

13 січня 2025 року в м. Луцьку проводився теоретичний тур третього етапу LXI Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики. У ньому взяли участь 94 учні – переможці міських та районних олімпіад Волинської області. З них – 15 учнів 7 класу, 17 – 8-го, 18 – 9-го, 19 – 10-го і 23 учні 11 класу. 18 січня проводився експериментальний тур, на нього запросили: 11 учнів 8 класу, 10 – 9-го, 10 – 10-го і 12 учнів 11 класу.

Наводимо умови та авторські розв'язання задач теоретичного туру.

7 клас

Задача 1. Два хлопці одночасно вирушили із райцентру в селище з однаковою швидкістю. Пройшовши половину шляху, перший втомився і зменшив швидкість руху в півтора рази. Другий хлопець теж зменшив свою швидкість у півтора рази, витративши половину часу свого руху.

У скільки разів відрізняються середні швидкості руху хлопців? Скільки часу був у дорозі кожен, якщо один випередив іншого на 6 хв?

Задача 2. Кубик Рубіка складається з однакових маленьких кубиків (рис. 1), що мають густину ρ_1 і довжину ребра $a/3$. Якщо всі маленькі кубики, яких не видно на рисунку, замінити на кубики такого самого розміру, але густиною ρ_2 , то середня густина кубика Рубіка збільшиться у три рази.

Визначте відношення густин ρ_2 / ρ_1 . Довжина ребра кубика Рубіка дорівнює a .

Задача 3. Шматок льоду ковзає по нахилений до горизонту під деяким кутом металевій гарячій поверхні зі швидкістю $5/7$ см/с. Під час свого руху лід тане із масовою витратою на одиницю часу $3/14$ г/с. Густина льоду становить $\rho = 900$ кг/м³.

Визначте максимальне переміщення шматка льоду та його масову витрату на одиницю шляху, якщо об'єм льоду становить 10 мл.

Задача 4. Спочатку в циліндричну посудину помістили однакові металеві кульки. Потім за допомогою шприца цю посудину повільно наповнюють водою (рис. 2). У табл. 1 подано значення висоти рівня води у посудині залежно від об'єму наливої води.

Визначте площу перерізу склянки й об'єм однієї кульки.

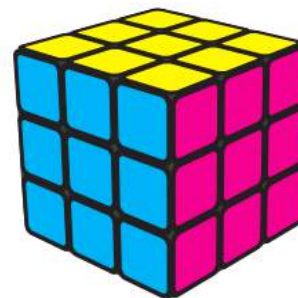


Рисунок 1

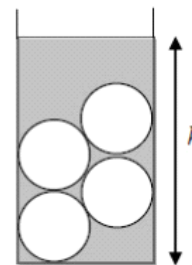


Рисунок 2

Таблиця 1

$V, \text{см}^3$	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
$h, \text{см}$	0	1,2	2,7	4,1	5,3	7,0	9,0	10,5	12,0	13,0	14,0	15,0

Задача 5. Виконуючи лабораторну роботу з визначення періоду обертання тіла, учень взяв нитку в руку і надав кульці руху вздовж кола так, як показано на рис. 3. За допомогою секундоміра (рис. 4) він зафіксував час, за який кулька зробила 20 повних обертів.

Визначити період, обертову частоту та швидкість руху кульки.

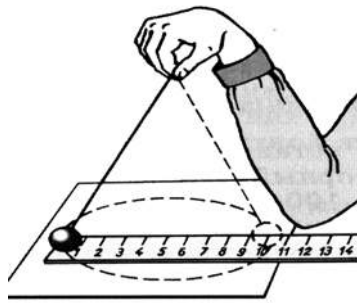


Рисунок 3

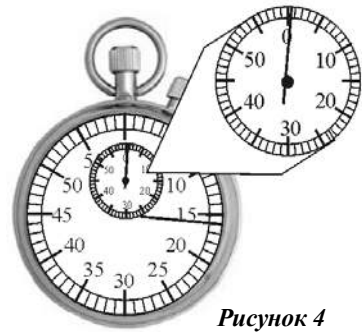


Рисунок 4

8 клас

Задача 1 (див. задачу 1, 7 клас).

Задача 2. У теплоізолювану посудину, де міститься $m = 2$ кг води при температурі $t_1 = 5^\circ\text{C}$, поклали шматок льоду масою $m_{\text{л}} = 5$ кг, який мав температуру $t_2 = -17^\circ\text{C}$.

Визначити температуру й об'єм суміші після встановлення теплової рівноваги. Теплоємністю посудини та втратами теплоти знехтувати. Питома теплоємність води $c_{\text{в}} = 4200$ Дж/(кг · К), питома теплоємність льоду $c_{\text{л}} = 2100$ Дж/(кг · К), питома теплота плавлення льоду $\lambda = 330$ кДж/кг.

Задача 3 (див. задачу 3, 7 клас).

Задача 4. На невагомий важіль помістили дві однакові широкі невагомі посудини. Коли в ліву посудину поклали вантаж масою m_1 , а у праву m_2 , то важіль перебував у рівновазі. Коли вантажі переставили місцями, то важіль знову став перебувати у рівновазі (рис. 5).

Знайдіть відношення плечей важеля l_1 / l_2 .

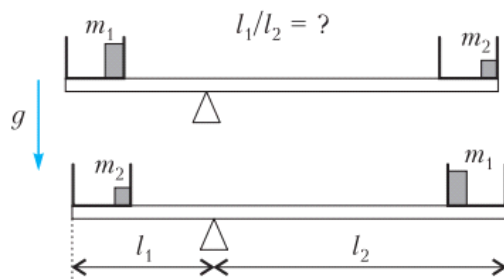


Рисунок 5

Задача 5. Вантаж, густина якого $\rho_1 = 0,8$ г/см³, прикріплено до пружини жорсткістю $k = 50$ Н/м, нижній кінець якої приєднано до дна циліндричної посудини (рис. 6). Довжина пружини у недеформованому стані становить $L_0 = 10$ см. Висота вантажу $L = 12,5$ см, а його площа поперечного перерізу $S = 10$ см². Посудину повільно починають наповнювати водою.

Побудуйте графік залежності деформації Δx пружини від рівня висоти води h у посудині. Вважайте, що коли пружина стиснута, то $\Delta x < 0$. Густина води $\rho_0 = 1000$ кг/м³, вважати, що коефіцієнт g дорівнює 10 Н/кг.

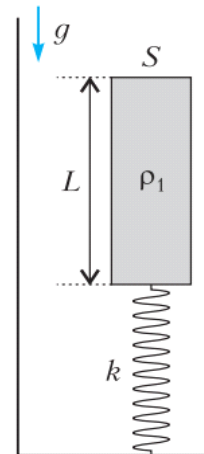


Рисунок 6

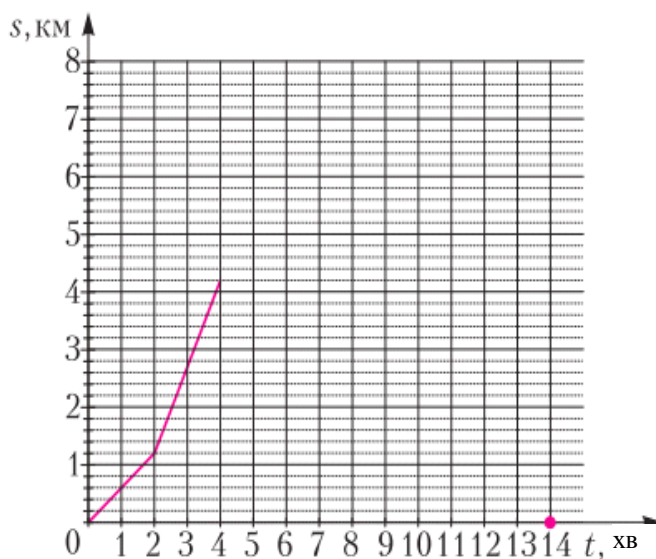


Рисунок 7

Задача 6. Два автомобілі одночасно розпочали рух із пункту А в пункт В прямолінійним шляхом. Перший автомобіль рухається рівномірно зі швидкістю v_1 без зупинок (рис. 7). Після прибуття в кінцеву точку він зупиняється й очікує прибуття другого. Другий автомобіль рухається рівномірно зі швидкістю v_2 , яка менша за v_1 . Проїхавши деяку відстань, другий зупинився і продовжив свій рух зі швидкістю v_2 одночасно із прибуттям першого у пункт В. На рис. 7 подано графік залежності відстані між автомобілями s від часу t до моменту часу $t_1 = 4$ хв. У момент часу $t_2 = 14$ хв другий автомобіль прибув у пункт В.

Визначте швидкості автомобілів і відстань між пунктами А та В.

9 клас

Задача 1 (див. задачу 1, 7 клас).

Задача 2 (див. задачу 2, 8 клас).

Задача 3. Схема містить 50 різних амперметрів та 50 однакових вольтметрів (рис. 8). Покази першого вольтметра $U_1 = 5$ В, першого амперметра – $I_1 = 10$ мА, другого амперметра – $I_2 = 9,5$ мА.

Який опір вольтметра? Визначити суму показів усіх п'ятдесяти вольтметрів.

Задача 4. Фокусна відстань збиральної лінзи становить $F = 10$ см. Промінь світла перетинає головну оптичну вісь на відстані $d = 7,5$ см від лінзи під кутом $\alpha = 60^\circ$ (рис. 9).

Показати на рисунку хід променя після проходження через лінзу. Який кут він утворює з головною оптичною віссю?

Задача 5 (див. задачу 5, 8 клас).

Задача 6 (див. задачу 6, 8 клас).

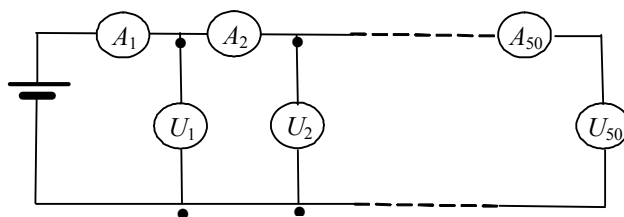


Рисунок 8

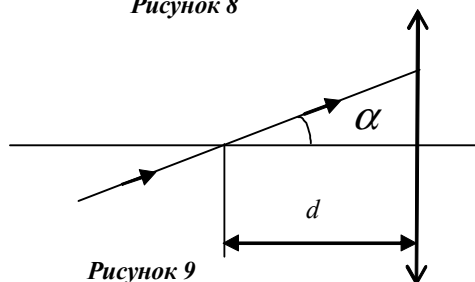


Рисунок 9

10 клас

Задача 1. Однорідний канат завдовжки l перекинули через невеликий блок так, що з кожного боку звисає половина каната. Від легкого поштовху блок починає обертатися.

Визначити швидкість руху каната в момент, коли дві третини довжини каната перебуває по один бік від блока.

Задача 2 (див. задачу 2, 8 клас).

Задача 3 (див. задачу 3, 8 клас).

Задача 4 (див. задачу 4, 8 клас).

Задача 5 (див. задачу 5, 8 клас).

Задача 6. Із САУ «KRAB» зроблено постріл у безвітряну пору під кутом 45° до горизонту. Артилерист почув звук від розриву снаряда через 2 хв 30 с після пострілу.

Яка була початкова швидкість снаряда? На якій відстані від гармати перебувала ціль? Швидкість звуку в повітрі 340 м/с. Опір повітря не враховувати.

11 клас

Задача 1 (див. задачу 1, 10 клас).

Задача 2 (див. задачу 2, 8 клас).

Задача 3. Запаяну з одного кінця циліндричну трубку завдовжки $L = 60$ см занурили у воду озера так, що її запаяний кінець виявився на рівні з поверхнею води. Коли температура повітря в трубці і води вирівнялась, виявилося, що вода у трубці піднялась на висоту $1/10 L$.

Знайти початкову температуру t_1 повітря у трубці, якщо температура води – $t_2 = 10^\circ \text{C}$, а атмосферний тиск – $P_a = 10^5$ Па.

Задача 4. У квадратній рамці, яка має 200 витків мідного дроту діаметром 0,2 мм, індукується змінний струм. Площа рамки становить 200 см^2 . Рамка рівномірно обертається в однорідному магнітному полі, індукція якого 150 мТл, з кутовою швидкістю 80 с^{-1} .

Який електричний опір цієї рамки? Визначити діюче значення сили струму, що протікатиме по резистору опором 200 Ом, який приєднали до рамки. Питомий опір міді

$$\rho_m = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Задача 5 (див. задачу 5, 8 клас).

Задача 6. П'ять однакових вольтметрів з'єднані в коло (рис. 10). Покази вольтметрів: $U_1 = 5$ В, $U_2 = 4$ В, $U_3 = 2$ В, $U_4 = 1$ В, $U_5 = 1$ В. Покази одного неправильні.

Який із вольтметрів зіпсований? Чому дорівнює напруга на цьому вольтметрі?

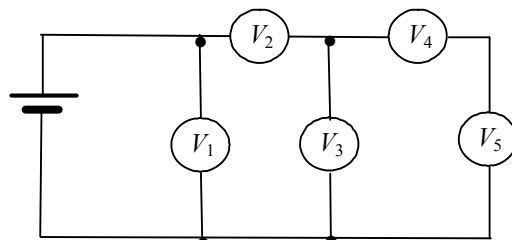


Рисунок 10

Розв'язування задач

7 клас

Задача 1. Середня швидкість руху першого хлопця $v_{c1} = \frac{s'_1 + s''_1}{t'_1 + t''_1}$. Для першого хлопця $s'_1 = s''_1 = s$,

Дано: $v_1 = 1,5 v_2$ $s'_1 = s''_1$ $t'_2 = t''_2$ $\Delta t = 6 \text{ хв}$	то $v_{c1} = \frac{2s}{t'_1 + t''_1} = \frac{2s}{\frac{s}{v_1} + \frac{s}{v_2}} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} = \frac{6}{5} v_2$. Для руху другого хлопця $t'_2 = t''_2$, тоді $v_{c2} = \frac{s'_2 + s''_2}{2t'_2} = \frac{v_1 t'_2 + v_2 t'_2}{2t'_2} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{5}{4} v_2$. Знаходимо відношення швидкостей $\frac{v_{c2}}{v_{c1}} = \frac{5v_2 \cdot 5}{4 \cdot 6v_2} = \frac{25}{24}$. Тоді $\frac{t_1}{t_2} = \frac{25}{24}$. Перший хлопець був у дорозі довше $t_1 - t_2 = \Delta t$. $t_1 = \frac{25}{24} t_2$, тоді $\frac{25}{24} t_2 - t_2 = \Delta t$. Звідси знаходимо: $t_2 = 24\Delta t$. $t_2 = 24 \cdot 6 \text{ хв} = 144 \text{ хв}$. Час руху першого хлопця $t_1 = t_2 + \Delta t$.
---	--

$$t_1 = 150 \text{ хв} = 2,5 \text{ год.}$$

Задача 2. Кількість маленьких кубиків становить 27. Видно хоча б одну грань у 19 кубиків, вісім кубиків не видно (рис. 1).

Знаходимо середню густину кубика Рубіка: $\rho_{cp} = \frac{19\left(\frac{a}{3}\right)^3 \rho_1 + 8\left(\frac{a}{3}\right)^3 \rho_2}{a^3} = \frac{19\rho_1 + 8\rho_2}{27} = 3\rho_1$,

$$19\rho_1 + 8\rho_2 = 81\rho_1, \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{62}{8} = \frac{31}{4}.$$

Дано:

$$V = 10 \text{ мл}$$

$$v = \frac{5 \text{ см}}{7 \text{ с}}$$

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{3 \text{ г}}{14 \text{ с}}$$

$$\rho = 900 \text{ кг/м}^3$$

$$l_m - ?; \frac{\Delta m}{\Delta l} - ?$$

Задача 3. Шлях, пройдений шматком льоду за час Δt , $\Delta l = v\Delta t$. Масова

витрата на одиницю шляху: $\frac{\Delta m}{\Delta l} = \frac{\Delta m}{v\Delta t} \cdot \frac{\Delta m}{\Delta l} = \frac{7 \cdot 3}{5 \cdot 14} = 0,3 \frac{\text{г}}{\text{см}}$.

Маса шматка льоду $m = \rho V = \frac{\Delta m}{\Delta l} l_m$. Максимальне переміщення шматка льоду

$$l_m = \frac{\rho V \Delta l}{\Delta m} \cdot l_m = \frac{0,9 \cdot 10}{0,3} = 30 \text{ (см)}.$$

Задача 4. Із табл. 1 бачимо, що починаючи з висоти 12 см, вона залежить лінійно від об'єму наливої води. Тому $\Delta V = S\Delta h$, $S = \frac{\Delta V}{\Delta h}$.

$$S = \frac{550 - 500}{15 - 14} = 50 \text{ (см}^2\text{)}.$$

Знайдемо об'єм однієї кульки. Об'єм вмісту склянки $V = Sh = V_{\text{в}} + 4V_{\text{к}}$. Звідси $V_{\text{к}} = \frac{Sh - V_{\text{в}}}{4}$.

$$V_{\text{к}} = \frac{50 \cdot 12 - 400}{4} = 50 \text{ (см}^3\text{)}.$$

Задача 5. Використовуючи рисунок, визначимо радіус кола $R = 5 \text{ см}$ та час, протягом якого кулька зробила 20 повних обертів: $t = 16 \text{ с}$. Знайдемо період та частоту обертання: $T = \frac{t}{N} = 0,8 \text{ с}$;

$$n = \frac{1}{T} = 1,25 \text{ об/с. Лінійна швидкість обертального руху кульки становить: } v = \frac{2\pi R}{T} \approx 0,39 \text{ м/с.}$$

8 клас

Задача 1 (див. розв. задачі 1, 7 клас).

Задача 2. Без попереднього аналізу невідомо, які процеси будуть відбуватися в калориметрі. Визначимо, яка кількість теплоти виділиться при охолодженні води до нуля градусів Цельсія.

Дано:

$$m_1 = 2 \text{ кг}$$

$$t_1 = 5^\circ \text{C}$$

$$m_2 = 5 \text{ кг}$$

$$t_2 = -17^\circ \text{C}$$

$$c_{\text{в}} = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$$

$$c_{\text{л}} = 2100 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$$

$$\lambda = 330 \text{ кДж/кг}$$

$$\rho_1 = 1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_2 = 900 \text{ кг/м}^3$$

$$t_{\text{к}} - ?; V - ?$$

$Q_1 = c_{\text{в}} m_1 (t_1 - t_0) = 4200 \cdot 2 \cdot 5 = 42\,000 \text{ (Дж)}$. Потім знаходимо, яка кількість

теплоти необхідна для нагрівання льоду до нуля градусів Цельсія.

$Q_2 = c_{\text{л}} m_2 (t_0 - t_2) = 2100 \cdot 5 \cdot 17 = 178\,500 \text{ (Дж)}$. Тепер визначимо, яку масу води

потрібно ще заморозити, щоб весь лід у калориметрі нагріти до нуля градусів

Цельсія. $Q_2 - Q_1 = \lambda m_x$, $m_x = \frac{Q_2 - Q_1}{\lambda}$, $m_x = \frac{178,5 \cdot 10^3 - 42 \cdot 10^3}{330 \cdot 10^3} = 0,414 \text{ (кг)}$.

Отже, кінцева температура в калориметрі буде $t_{\text{к}} = 0^\circ \text{C}$ і в ньому міститиметься 5,414 кг льоду та 1,586 кг води. Знаходимо об'єм вмісту калориметра:

$$V = \frac{m_1 - m_x}{\rho_1} + \frac{m_2 + m_x}{\rho_2}. \quad \text{Виконаємо обчислення в СІ:}$$

$$V = \frac{2 - 0,414}{10^3} + \frac{5 + 0,414}{900} = 7,6 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{)} = 7,6 \text{ дм}^3.$$

Задача 3 (див. розв. задачі 3, 7 клас).

Задача 4. Позначимо ширину посудини a (рис. 11).

Дано:

$$m_1$$

$$m_2$$

$$\frac{l_1}{l_2} - ?$$

$$l_2$$

Запишемо умову рівноваги важеля з тілами у посудинах і в першому випадку:

$$m_1 g (l_1 - a) = m_2 g l_2 \quad (1).$$

А в другому випадку:

$$m_2 g (l_1 - a) = m_1 g (l_2 - a) \quad (2).$$

З рівняння (1) знаходимо a .

$$m_1 g (l_1 - a) = m_2 g l_2, \quad a = l_1 - \frac{m_2}{m_1} l_2.$$

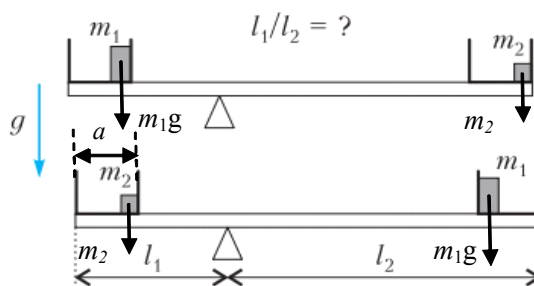


Рисунок 11

$m_2 l_1 - m_2 a = m_1 l_2 - m_1 a$. Підставимо a в останнє рівняння. $m_2 l_1 - m_2 l_1 + \frac{m_2^2}{m_1} l_2 = m_1 l_2 - m_1 l_1 + m_2 l_2$. Поділимо

останнє рівняння на l_2 : $\frac{m_2^2}{m_1} = m_1 - m_1 \frac{l_1}{l_2} + m_2$. Остаточнo знаходимо: $\frac{l_1}{l_2} = 1 + \frac{m_2}{m_1} - \left(\frac{m_2}{m_1} \right)^2$.

Задача 5. Знаходимо масу вантажу $m = \rho_1 V = \rho_1 L S$, $m = 0,8 \cdot 12,5 \cdot 10 = 100 \text{ (г)}$. Знаходимо початкову

Дано:

$$k = 50 \text{ Н/м}$$

$$L_0 = 10 \text{ см}$$

$$L = 12,5 \text{ см}$$

$$S = 10 \text{ см}^2$$

$$\rho_1 = 0,8 \text{ г/см}^3$$

$$\rho_0 = 1 \text{ г/см}^3$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\Delta x = f(h) - ?$$

деформацію (стиснення пружини). $\Delta x_0 = \frac{mg}{k}$; $\Delta x_0 = \frac{0,1 \cdot 10}{50} = 0,02 \text{ (м)} = 20 \text{ мм}$.

При наливанні води заввишки від 0 до $L_0 - \Delta x_0 = 8 \text{ см}$ деформація пружини Δx не змінюється. Знайдемо висоту води, при якій $\Delta x = 0$, тобто пружина недеформована.

$mg = \rho_0 g V_3$, $m = \rho_0 S h_3$, $h_3 = \frac{m}{\rho_0 S}$. $h_3 = \frac{100}{1 \cdot 10} = 10 \text{ (см)}$. Пружина недеформована,

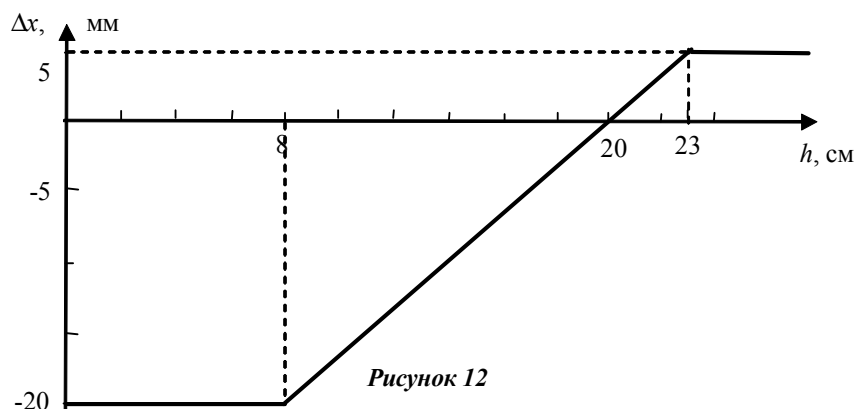
тому $h = L_0 + h_3$, $h = 20 \text{ (см)}$. Знайдемо висоту води, при якій вантаж повністю занурений. Для цього знайдемо максимальний розтяг пружини Δx_p .

$$F_A - mg - F_{\text{пр}} = 0, \quad \rho_0 g V - mg - k \Delta x_p = 0, \quad \Delta x_p = \frac{\rho_0 g S L - mg}{k}.$$

Виконаємо обчислення в СІ: $\Delta x_p = \frac{1 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10^{-4} \cdot 0,125 - 0,1 \cdot 10}{50} = \frac{0,25}{50} = 0,005 \text{ (м)} = 5 \text{ мм}$. Отже,

$h = L_0 + L + \Delta x_p$ $h = 10 + 12,5 + 0,5 = 23 \text{ (см)}$. При подальшому збільшенні висоти води деформація

пружини не змінюється. Будуємо графік залежності $\Delta x = f(h)$ (рис. 12).



Задача 6. Із графіка видно, що через $\Delta t_1 = 120$ с руху відстань між автомобілями становила $L_1 = 1200$ м. Якщо v_1 та v_2 – швидкості першого та другого автомобілів відносно землі, то $L_1 = (v_1 - v_2)\Delta t_1$ (1). Із формули (1) отримаємо: $v_1 - v_2 = \frac{L_1}{\Delta t_1}$; $v_1 - v_2 = \frac{1200 \text{ м}}{120 \text{ с}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ (2). Із графіка також визначимо, що перший автомобіль проїхав відстань $L_2 = 4200 \text{ м} - 1200 \text{ м} = 3000 \text{ м}$ за проміжок часу $\Delta t_2 = 4 \text{ хв} - 2 \text{ хв} = 2 \text{ хв} = 120 \text{ с}$. Отже, швидкість першого автомобіля становить: $v_1 = \frac{L_2}{\Delta t_2}$; $v_1 = \frac{3000 \text{ м}}{120 \text{ с}} = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Знаючи швидкість першого автомобіля і врахувавши (2), знайдемо швидкість другого: $v_2 = v_1 - 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Із графіка видно, що другий автомобіль зупинився через проміжок часу $\Delta t_1 = 120$ с. Перший за цей час подолав відстань $L_3 = v_1 \Delta t_1 = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 120 \text{ с} = 3000 \text{ м}$.

Позначимо через L та Δt відстань між пунктами A й B та час стоянки другого автомобіля відповідно. Врахувавши ці позначення й те, що загальний час руху від пункту A до B для другого автомобіля становить 840 с, отримаємо: $L - L_3 = v_1 \Delta t$ (3); $L = v_2 (840 - \Delta t)$ (4). З рівнянь (3) і (4) визначимо час стоянки другого автомобіля Δt :

$$v_2 (840 - \Delta t) - L_3 = v_1 \Delta t; 840 \cdot v_2 - \Delta t \cdot v_2 - L_3 = v_1 \Delta t; 840 \cdot v_2 - L_3 = (v_1 + v_2) \Delta t; \Delta t = \frac{840 \cdot v_2 - L_3}{v_1 + v_2};$$

$$\Delta t = \frac{840 \text{ с} \cdot 15 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 3000 \text{ м}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 240 \text{ с. Із рівняння (4) отримаємо: } L = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}} (840 \text{ с} - 240 \text{ с}) = 9000 \text{ м.}$$

9 клас

Задача 1 (див. розв. задачі 1, 7 клас).

Задача 2 (див. розв. задачі 2, 8 клас).

Задача 3. Вольтметр показує спад напруги на самому собі: $U_1 = I_{B1} r_B$. Зі схеми видно (рис. 13), що сила струму через перший вольтметр $I_{B1} = I_1 - I_2$. Знаходимо опір вольтметра:

Дано:

$$n = 50$$

$$U_1 = 5 \text{ В}$$

$$I_1 = 10 \text{ мА}$$

$$I_2 = 9,5 \text{ мА}$$

$$r_B = ?,$$

$$U_1 + U_2 + \dots + U_{50} = ?$$

$$r_B = \frac{U_1}{I_1 - I_2}.$$

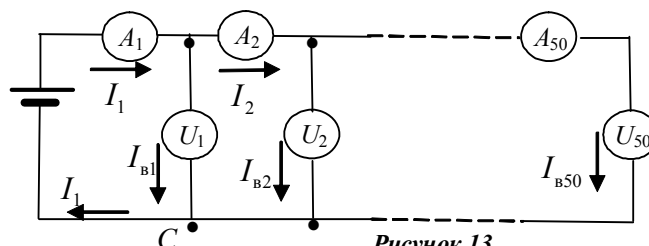


Рисунок 13

Сума показів усіх вольтметрів: $U = U_1 + U_2 + \dots + U_{50} = I_{B1}r_B + I_{B2}r_B + \dots + I_{B50}r_B$.

$U = r_B(I_{B1} + I_{B2} + \dots + I_{B50})$. У точці C сходяться усі струми, які течуть у всіх вольтметрах: $I_1 = I_{B1} + I_{B2} + \dots + I_{B50}$. Тоді $U = r_B I_1$.

Виконаємо обчислення в СІ: $r_B = \frac{5}{(10-9,5) \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^4 \text{ (Ом)} = 10 \text{ кОм}$; $U = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 10^4 = 100 \text{ (В)}$.

Задача 4.

Дано:

$$\alpha = 60^\circ$$

$$d = 7,5 \text{ см}$$

$$F = 10 \text{ см}$$

$$\beta - ?$$

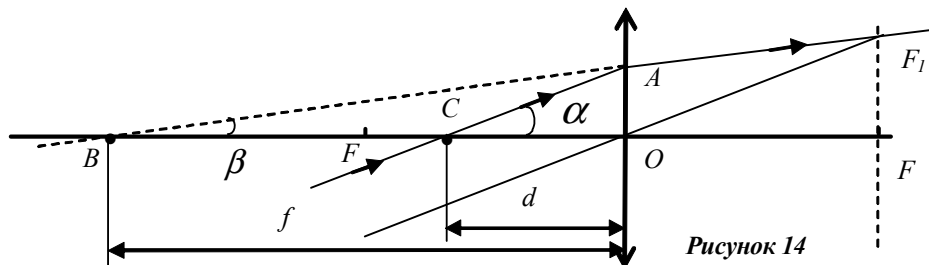


Рисунок 14

Побудуємо хід променя CA через лінзу (рис. 14). Паралельно до CA проводимо через оптичний центр лінзи O побічну оптичну вісь. Знаходимо точку перетину побічної осі з фокальною площиною лінзи F_1 , яка є побічним фокусом лінзи. Після лінзи промінь CA проходить через побічний фокус F_1 . Продовжуємо хід променя AF_1 до його перетину з головною оптичною віссю в точці B . Це буде уявне зображення точки C у лінзі. Шуканий кут знаходимо із $\triangle AOB$: $\tan \beta = \frac{AO}{OB}$. Із $\triangle AOC$ знаходимо: $AO = OC \tan \alpha$. Тоді

$$\tan \beta = \frac{OC}{OB} \tan \alpha. \quad OC = d - \text{відстань від предмета (точка } C) \text{ до лінзи; } OB = f - \text{відстань від лінзи до зображення (точка } B).$$

Запишемо формулу тонкої лінзи для випадку уявного зображення: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$ і знаходимо $\frac{d}{f}$.

$$\frac{d}{f} = 1 - \frac{d}{F} = \frac{F-d}{F}. \quad \text{Тоді } \tan \beta = \frac{F-d}{F} \tan \alpha.$$

Виконаємо обчислення: $\beta = \arctg 0,433 = 23,4^\circ$.

Задача 5 (див. розв. задачі 5, 8 клас).

Задача 6 (див. розв. задачі 6, 8 клас).

10 клас

Задача 1. Для розв'язування задачі використаємо закон збереження механічної енергії. Для цього за нульовий рівень потенціальної енергії каната у гравітаційному полі візьмемо

Дано:

$$l$$

$$l_1 = \frac{l}{2}$$

$$l_2 = \frac{2l}{3}$$

$$v - ?$$

рівень, який знаходиться на відстані $\frac{l}{3}$ від осі блока

(рис. 15). Запишемо закон збереження механічної енергії для двох станів, які описано в умові задачі.

$$2 \frac{m}{2} g \left(\frac{l}{3} - \frac{l}{4} \right) = \frac{mv^2}{2} + \frac{m}{3} g \frac{l}{6}. \quad g \frac{l}{12} = \frac{v^2}{2} + g \frac{l}{18},$$

$$v^2 = \frac{gl}{18}, \quad v = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{gl}{2}}.$$

За нульовий рівень потенціальної енергії каната можна було б вибрати рівень, який знаходиться на відстані $\frac{l}{4}$ від осі блока.

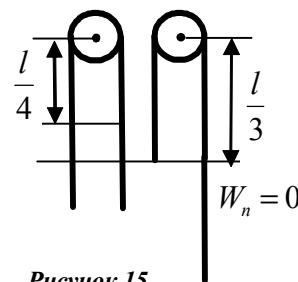


Рисунок 15

Задача 2 (див. розв. задачі 2, 8 клас).

Задача 3 (див. розв. задачі 3, 9 клас).

Задача 4 (див. розв. задачі 4, 9 клас).

Задача 5 (див. розв. задачі 5, 8 клас).

Задача 6. Заданий час $t = t_1 + t_2$, де t_1 – час польоту снаряда, t_2 – час поширення звуку від вибуху снаряда.

Дано:

$$t = 150 \text{ с}$$

$$v_{\text{зв}} = 340 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$v_0 = ?, l = ?$$

Вертикальна складова швидкості снаряда

$v_y = v_0 \sin \alpha - gt$ (рис. 16). У верхній точці

траєкторії $v_y = 0$. Якщо не враховувати

опір повітря, то $t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$. $t_2 = \frac{l}{v_{\text{зв}}}$, де l

– дальність польоту снаряда в

горизонтальному напрямі. $l = v_x t_1 = v_0 \cos \alpha \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$.

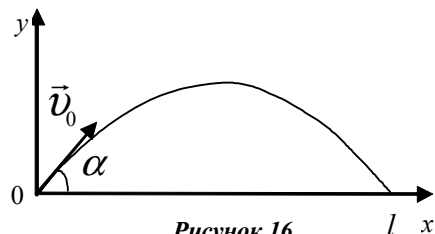


Рисунок 16

горизонтальному

напрямі.

$$l = v_x t_1 = v_0 \cos \alpha \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}, \text{ тоді } t_2 = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{v_{\text{зв}} g}. \text{ Отже, } t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} + \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{v_{\text{зв}} g}. \text{ Отримали квадратне рівняння відносно } v_0.$$

Підставимо у нього числові значення величин у СІ. $v_0^2 + \sqrt{2} \cdot 340 \cdot v_0 - 340 \cdot 10 \cdot 150 = 0$,

$$v_0 = -170\sqrt{2} + \sqrt{2 \cdot 170^2 + 510 \, 000} = 513 \text{ (м/с)}. l = \frac{513^2 \sin 90^\circ}{10} = 26 \, 328 \text{ (м)}.$$

11 клас

Задача 1 (див. розв. задачі 1, 10 клас).

Задача 2 (див. розв. задачі 2, 8 клас).

Задача 3 Оскільки маса повітря не змінюється, то процес можна описати рівнянням Клапейрона:

Дано:

$$L = 60 \text{ см}$$

$$L_2 = \frac{9L}{10}$$

$$P_1 = P_a$$

$$t_2 = 10^\circ \text{C}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$t_1 = ?$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

У початковому стані тиск газу $P_1 = P_a$, об'єм $V_1 = LS$.

У кінцевому стані $P_2 = P_0 + \rho g \frac{9L}{10}$, $V_2 = \frac{9}{10} LS$ (рис. 17).

$$\text{Тоді } T_1 = \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} T_2 = \frac{P_a L S T_2}{(P_a + 0,9 \rho g L) 0,9 L S} = \frac{P_a T_2}{0,9(P_a + 0,9 \rho g L)}.$$

Виконаємо обчислення в СІ:

$$T_1 = \frac{10^5 \cdot 283}{0,9(10^5 + 0,9 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,6)} = \frac{28 \, 300}{0,9 \cdot 105,4} = 298,33 \text{ (К)},$$

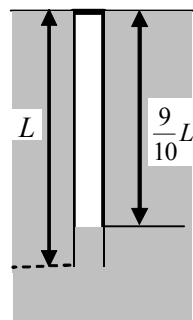


Рисунок 17

$$t_1 = 25,33^\circ \text{C}.$$

Задача 4. Опір рамки $r = \rho \frac{l}{S}$. Довжина дроту $l = N4a$. Сторона квадратної рамки $a = \sqrt{S}$. Площа

Дано:

$$N = 200$$

$$d = 0,2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$S = 200 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$B = 150 \text{ мТл} = 0,15 \text{ Тл}$$

$$\omega = 80 \text{ с}^{-1}$$

$$R = 200 \text{ Ом}$$

$$\rho_m = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$r = ?, I_d = ?$$

перерізу дротини $s = \frac{\pi d^2}{4}$. Остаточню $r = \rho \frac{16N\sqrt{S}}{\pi d^2}$. Виконаємо обчислення в

$$\text{СІ: } r = \frac{16 \cdot 200 \sqrt{0,02} \cdot 1,7 \cdot 10^{-8}}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-8}} = \frac{4 \cdot 200 \sqrt{0,02} \cdot 1,7}{3,14} = 61,25 \text{ (Ом)}. \text{ Діюче значення}$$

сили струму $I_d = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$. У рамці виникає е.р.с. індукції

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi}{dt} = -N \frac{d}{dt} (BS \cos \omega t) = NBS \omega \sin \omega t. \text{ Максимальне значення}$$

е.р.с. $\varepsilon_m = NBS\omega$. Максимальне значення сили струму $I_m = \frac{\varepsilon_m}{R+r} = \frac{NBS\omega}{R+r}$. Діюче значення сили струму

$$I_d = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{NBS\omega}{\sqrt{2}(R+r)}. \text{ Виконаємо обчислення в СІ: } I_d = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{200 \cdot 0,15 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 80}{\sqrt{2}(200 + 61,25)} = 0,13 \text{ (А)}.$$

Задача 5 (див. розв. задачі 5, 8 клас).

Задача 6. Для справних вольтметрів будуть виконуватися

Дано: такі рівності: $U_1 = U_2 + U_3(1),$

$U_1 = 5 \text{ В}$ $U_3 = U_4 + U_5(2).$ Друга рівність

$U_2 = 4 \text{ В}$ $2 = 1 + 1$ виконується. Отже, усі ці

$U_3 = 2 \text{ В}$ вольтметри (3-й, 4-й та 5-й) справні.

$U_4 = 1 \text{ В}$ Несправний перший або другий

$U_5 = 1 \text{ В}$ вольтметр. Розпишемо другу рівність.

$U_x - ?$ $I_3 R = I_4 R + I_4 R. I_4 = \frac{I_3}{2}.$ Для вузла А

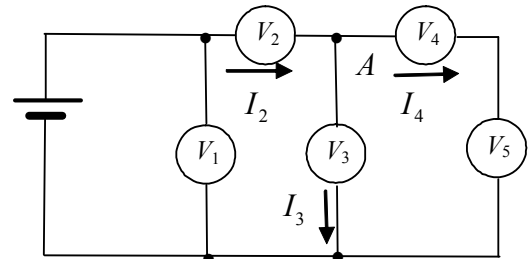


Рисунок 18

маємо $I_2 = I_3 + I_4 = 1,5I_3$ (рис. 18). Отже, $U_2 = 1,5U_3$, $U_2 = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ (В)}$. Другий вольтметр несправний.

Використані джерела

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 : LUCKY, 2016. 60 с.
3. Їх же. Олімпіадні задачі з фізики (обласна учнівська олімпіада з фізики: Волинська область, 2015–2019 навч. рік). Луцьк : Вежа-Друк, 2020. 96 с.
4. Їх же. Практикум розв'язування олімпіадних задач з фізики. Луцьк : Вежа-Друк, 2023. 112 с.

УДК 37.091.212.3:62

Василь ВАРЕМЧУК,
методист відділу фізико-математичних дисциплін ВПШО, вчитель-методист
КЗЗСО «Луцький ліцей № 26 Луцької міської ради»;
Леонід ДОГОЙДА,
вчитель-методист КЗЗСО «Луцька гімназія № 3 Луцької міської ради»;
Іванна КОСТЮК,
вчитель-методист КЗЗСО «Луцький ліцей № 2 Луцької міської ради»

III етап Всеукраїнської учнівської олімпіади з технологій (трудового навчання)



Наведено завдання теоретичного та практичного турів третього етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з технологій (трудового навчання).

Ключові слова: проєкт, технічна документація, пристрій, дитяча іграшка, прапор, подушка на табуретку.

Vasyl Varemchuk, Leonid Dohoida, Ivanna Kostiuk. The Third Stage of the All-Ukrainian Student Olympiad in Technology (Labor Training).

The article presents the tasks of the theoretical and practical rounds of the third stage of the All-Ukrainian Student Olympiad in Technology (Labor Training).

Keywords: project, technical documentation, device, children's toy, flag, stool cushion.