Відповіді на завдання I етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

2026-2027 н.р.

10 клас

Приймати g = 10 м/с², густину води ρ = 1000 кг/м³. Температуру в кельвінах обчислювати за формулою T = t + 273, де t — температура у °C.

Нумерація відповідає окремому документу з умовами задач.

КОЖНЕ ЗАВДАННЯ ОЦІНЮЄТЬСЯ В 5 БАЛІВ

Задача 1 Скільки сходинок ховає ескалатор

Частину шляху Олена проходить сама, а частину її переносить ескалатор.

Позначимо через v кількість сходинок, які вона проходить за секунду під час першого підйому, через u — швидкість ескалатора у сходинках за секунду, через N — шукану кількість сходинок.

Перший підйом тривав 40/v, тому

$$N = 40 + u\frac{40}{v}.$$

Другий підйом тривав 60/(2v), отже,

$$N = 60 + u\frac{60}{2v}.$$

Прирівняємо:

$$40 + 40\frac{u}{v} = 60 + 30\frac{u}{v}, \quad \frac{u}{v} = 2.$$

Тоді N = 40 + 40 · 2 = 120.

Більша кількість власних кроків під час швидшого підйому пояснюється тим, що ескалатор устигає перенести Олену на меншу відстань.

Відповідь: 120 сходинок.

Задача 2 Вплив термометра на вимірювання

Термометр показує температуру, що встановилася після теплообміну. Його нагрівання охолоджує невелику пробу води.

Позначимо теплоємності води й термометра через C з відповідними індексами «в» і «т».

Під час другого вимірювання вода охолола від 24 до 23,2 °C, а термометр нагрівся від 20 до 23,2 °C:

$$C_{\text{в}}(24 - 23{,}2) = C_{\text{т}}(23{,}2 - 20).$$

Звідси

$$C_{\text{т}} = \frac{1}{4}C_{\text{в}}.$$

Під час першого вимірювання термометр нагрівся від 20 до 24 °C, тобто на 4 °C. Для цього вода мала охолонути на

$$\Delta t = \frac{C_{\text{т}}}{C_{\text{в}}} \cdot 4 = 1\ ^\circ\text{C}.$$

Отже, початкова температура води t_0 = 24 + 1 = 25 °C.

Відповідь: 25 °C.

Задача 3 Два різкі зображення

Нехай a — відстань від слайда до лінзи, b — від лінзи до екрана. Тоді

$$a + b = 90 \text{ см}, \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}.$$

Два положення відповідають перестановці відстаней a і b: формула лінзи при цьому не змінюється. Відстань між положеннями дорівнює їхній різниці:

$$b - a = 30 \text{ см}.$$

Разом із a + b = 90 см це дає a = 30 см, b = 60 см.

Лінійні збільшення за модулем у двох положеннях:

$$\Gamma_1 = \frac{b}{a} = 2, \quad \Gamma_2 = \frac{1}{2}.$$

Отже, більше зображення у 2/(1/2) = 4 рази більше за менше за кожним лінійним розміром.

Фокусна відстань:

$$f = \frac{ab}{a+b} = \frac{30 \cdot 60}{90} = 20 \text{ см}.$$

Відповідь: лінзу слід поставити ближче до слайда — за 30 см від нього. Зображення буде вдвічі більше за слайд і вчетверо більше за зображення в іншому положенні. Фокусна відстань — 20 см.

Задача 4 Коли опуститься вода в басейні

Поки вантаж лежить на платформі, його вага змушує її додатково витісняти

$$V_1 = \frac{m}{\rho_в} = \frac{16}{1000} = 0{,}016 \text{ м}^3 = 16 \text{ л}.$$

Об’єм самого вантажу:

$$V_{ст} = \frac{m}{\rho_{ст}} = \frac{16}{8000} = 0{,}002 \text{ м}^3 = 2 \text{ л}.$$

Коли вантаж висить у воді, на нього діє виштовхувальна сила. На стільки ж зменшується натяг троса і навантаження на платформу. Тому платформа витісняє на 2 л води менше, зате ці 2 л витісняє сам вантаж.

Сумарний витіснений об’єм і рівень води не змінюються. Таке саме взаємне компенсування відбувається й під час часткового занурення.

Коли вантаж лежить на дні, а трос послаблений, платформа вже зовсім не несе його ваги. Замість початкових додаткових 16 л витісненими залишаються лише 2 л, зайняті сталлю.

Зменшення витісненого об’єму:

$$\Delta V = 16 - 2 = 14 \text{ л} = 0{,}014 \text{ м}^3.$$

Зниження рівня:

$$\Delta h = \frac{\Delta V}{S} = \frac{0{,}014}{4} = 0{,}0035 \text{ м} = 3{,}5 \text{ мм}.$$

Учень правильно передбачив підняття платформи, але не врахував воду, яку витісняє занурений вантаж.

Відповідь: поки вантаж висить на тросі, рівень незмінний; після укладання вантажу на дно й послаблення троса рівень знизиться на 3,5 мм.

Задача 5 Амортизатор і посилка на візку

Зовнішніх горизонтальних сил немає, тому імпульс системи зберігається. У момент найбільшого стискання посилка й візок мають однакову швидкість V:

$$2 \cdot 4 = (2 + 6)V, \;\; V = 1 \text{ м/с}.$$

Початкова кінетична енергія і кінетична енергія спільного руху:

$$E_0 = \frac{2 \cdot 4^2}{2} = 16 \text{ Дж}, \;\; E_{\text{сп}} = \frac{8 \cdot 1^2}{2} = 4 \text{ Дж}.$$

Отже, на нагрівання й стискання пружини до цього моменту може перейти 12 Дж. Сила тертя:

$$F_{\text{тер}} = \mu mg = 0{,}2 \cdot 2 \cdot 10 = 4 \text{ Н}.$$

Для всієї системи втрати механічної енергії на тертя дорівнюють силі тертя, помноженій на шлях ковзання посилки **відносно візка**. Якщо пружина стиснулася на x, цей шлях становить 1 + x.

$$12 = 4(1 + x) + \frac{80x^2}{2}, \;\; 40x^2 + 4x - 8 = 0.$$

Додатний корінь x = 0,40 м. Це менше за дозволені 50 см, тому удару об обмежувач не буде.

Але стиснута пружина штовхне посилку назад: її сила в цей момент 80 · 0,4 = 32 Н, що перевищує можливу силу тертя спокою 4 Н.

У пружині накопичено енергію; під час її розпрямлення частина цієї енергії перетвориться на тепло:

$$E_{\text{п}} = \frac{80 \cdot 0{,}4^2}{2} = 6{,}4 \text{ Дж}, \;\; Q = 4 \cdot 0{,}4 = 1{,}6 \text{ Дж}.$$

Після втрати контакту з пружиною сумарна кінетична енергія становитиме E = 4 + 6,4 − 1,6 = 8,8 Дж.

Щоб ковзання припинилося, швидкості знову мають зрівнятися. За незмінного імпульсу кінетична енергія тоді знову дорівнюватиме 4 Дж. Тертя повинно розсіяти ще 4,8 Дж, для чого потрібний відносний шлях

$$s = \frac{4{,}8}{4} = 1{,}2 \text{ м}.$$

До заднього краю є лише 1 м.

Відповідь: максимальне стискання — 40 см; обмежувач не спрацює, але після відштовхування пружиною посилка зісковзне із заднього краю візка.