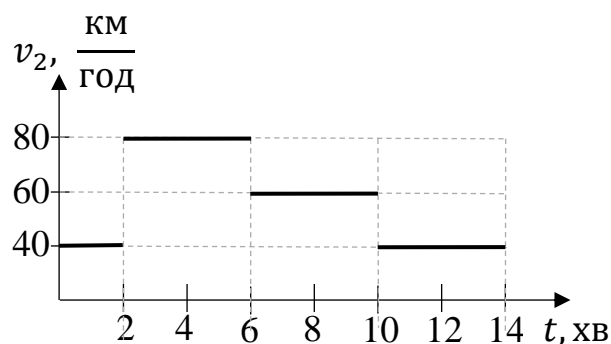
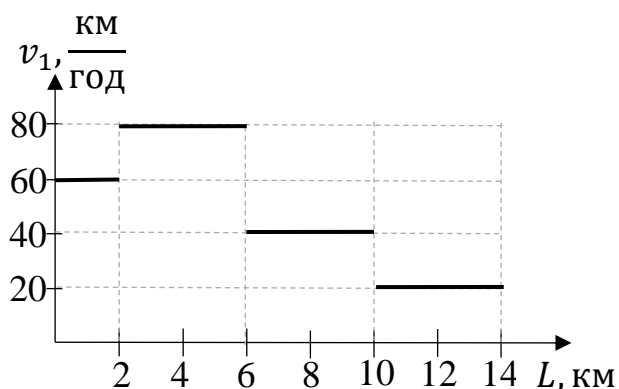


**Відповіді до завдання II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики
(2020-2021 навчальний рік)
9 клас**

Задача 1

Дві машини одночасно почали рух назустріч один одному по прямій дорозі з двох населених пунктів. Реєстратор першої машини записує значення швидкості в залежності від пройденого шляху. Реєстратор другої – фіксує значення швидкості в залежності від часу руху. Покази реєстраторів наведені на графіках. Через 10 хв машини проїхали один повз одного. Яка відстань між машинами буде через 2 години після зустрічі?



Розв'язок

З графіка залежності швидкості другого автомобіля від часу руху видно, що після зустрічі другий автомобіль рухався з швидкістю $v_2 = 40 \frac{\text{км}}{\text{год}}$. За час $t = 2 \text{ хв} = \frac{1}{30} \text{ год}$ він проїхав від місця зустрічі шлях:

$$L_2 = v_2 t = 40 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot \frac{1}{30} \text{ год} = \frac{4}{3} \text{ км} \approx 1,3 \text{ км}.$$

Щоб визначити швидкість першого після зустрічі, необхідно визначити його шлях, який він проїхав до зустрічі.

На першій ділянці: $t_1 = \frac{L_1}{v_1} = \frac{2 \text{ км}}{60 \frac{\text{км}}{\text{год}}} = \frac{1}{30} \text{ год} = 2 \text{ хв}.$

На другій ділянці: $t_2 = \frac{L_2}{v_2} = \frac{4 \text{ км}}{80 \frac{\text{км}}{\text{год}}} = \frac{1}{20} \text{ год} = 3 \text{ хв}.$

На третій ділянці: $t_3 = \frac{L_3}{v_3} = \frac{4 \text{ км}}{40 \frac{\text{км}}{\text{год}}} = \frac{1}{10} \text{ год} = 6 \text{ хв}.$

На перших трьох ділянках автомобіль рухався час:

$$t' = t_1 + t_2 + t_3 = 2 \text{ хв} + 3 \text{ хв} + 6 \text{ хв} = 11 \text{ хв}.$$

Оскільки до зустрічі автомобілі рухалися 10 хв, то перший автомобіль у момент зустрічі знаходився на третій ділянці, й після зустрічі продовжив рух з швидкістю $v_{13} = 40 \frac{\text{км}}{\text{год}}$ впродовж $t'_{13} = 1 \text{ хв}$, проїхавши шлях

$$L_{13} = v_{13} t'_{13} = 40 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot 1 \text{ хв} = 40 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot \frac{1}{60} \text{ год} = \frac{2}{3} \text{ км}.$$

Потім перший автомобіль

рухався $t'_{14} = 1 \text{ хв}$ з швидкістю $v_{14} = 20 \frac{\text{км}}{\text{год}}$, подолавши шлях $L_{14} = v_{14} t'_{14} = 20 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot 1 \text{ хв} = 20 \frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot \frac{1}{60} \text{ год} = \frac{1}{3} \text{ км}$.

Загальний шлях першого автомобіля після зустрічі:

$$L_{14} = L_{13} + L_{14} = \frac{2}{3} \text{ км} + \frac{1}{3} \text{ км} = 1 \text{ км}.$$

Отже, відстань між автомобілями через 2 хвилини після зустрічі дорівнюватиме $S = L_{14} + L_2 = 1 \text{ км} + 1,3 \text{ км} = 2,3 \text{ км}$.

Задача 2

У калориметрі міститься вода масою 200 г при температурі 30 °С. У воду поклали шматок льоду масою 10 г при температурі -10 °С. Яка температура встановиться в калориметрі, якщо його теплоємність $100 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{С}}$? Питома теплоємність води $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{С}}$, питома теплоємність льоду $2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{С}}$, питома теплота плавлення льоду $330 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

Розв'язок

Оцінимо кількість теплоти Q_1 , яку поглине лід при нагріванні до температури плавлення t : $Q_1 = c_{\text{л}} m_{\text{л}} (t - t_{0\text{л}})$, де $c_{\text{л}}$ – питома теплоємність льоду, $m_{\text{л}}$ – маса льоду, $t_{0\text{л}}$ – початкова температура льоду.

$$Q_1 = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{С}} \cdot 0,01 \text{ кг} \cdot (0^\circ\text{С} - (-10^\circ\text{С})) = 210 \text{ Дж}.$$

Оцінимо кількість теплоти Q_2 , яку поглине лід до повного танення: $Q_2 = \lambda m_{\text{л}}$, де λ – питома теплота плавлення льоду.

$$Q_2 = 330000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,01 \text{ кг} = 3300 \text{ Дж}.$$

Оцінимо кількість теплоти Q_3 , яка виділиться під час охолодження води та калориметра: $Q_3 = Q_{\text{к}} + Q_{\text{в}} = C_{\text{к}}(t_{0\text{в}} - t) + c_{\text{в}} m_{\text{в}}(t_{0\text{в}} - t)$, де $C_{\text{к}}$ – теплоємність калориметра, $c_{\text{в}}$ – питома теплоємність води, $m_{\text{в}}$ – маса води, $t_{0\text{в}}$ – початкова температура води та калориметра.

$$Q_3 = 100 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{С}} \cdot (30^\circ\text{С} - 0^\circ\text{С}) + 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{С}} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot (30^\circ\text{С} - 0^\circ\text{С}) = 28200 \text{ Дж}.$$

Очевидно, що лід при нагріванні й плавленні отримує значно меншу кількість теплоти, ніж кількість теплоти, яка виділяється при охолодженні калориметра та води. Отже, температура води з калориметром не досягає 0 °С, а лід після танення повинен нагрітися.

Складемо рівняння теплового балансу: $Q_1 + Q_2 + Q_4 = Q_5 + Q_6$, де Q_4 – кількість теплоти, яку отримала тала вода; Q_5 – кількість теплоти, яку виділяє вода під час охолодження, Q_6 – кількість теплоти, яку виділяє калориметр під час охолодження.

$$Q_1 + Q_2 + c_{\text{л}} m_{\text{л}} (t_1 - t) = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_{0\text{в}} - t_1) + C_{\text{к}} (t_{0\text{в}} - t_1).$$

Звідси, після перетворень отримаємо:

$$t_1 = \frac{c_{\text{в}}(m_{\text{в}} t_{0\text{в}} + m_{\text{л}} t) + C_{\text{к}} t_{0\text{в}} - Q_1 - Q_2}{c_{\text{в}}(m_{\text{л}} + m_{\text{в}}) + C_{\text{к}}};$$

$$t_1 = \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} (0,2 \text{ кг} \cdot 30 ^\circ\text{C} + 0,01 \text{ кг} \cdot 0 ^\circ\text{C}) + 100 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}} \cdot 30 ^\circ\text{C} - 210 \text{ Дж} - 3300 \text{ Дж}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} (0,01 \text{ кг} + 0,2 \text{ кг}) + 100 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}}};$$

$$t_1 = \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 6 \text{ кг} \cdot ^\circ\text{C} + 3000 \text{ Дж} - 3510 \text{ Дж}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,21 \text{ кг} + 100 \frac{\text{Дж}}{^\circ\text{C}}} \approx 25 ^\circ\text{C}.$$

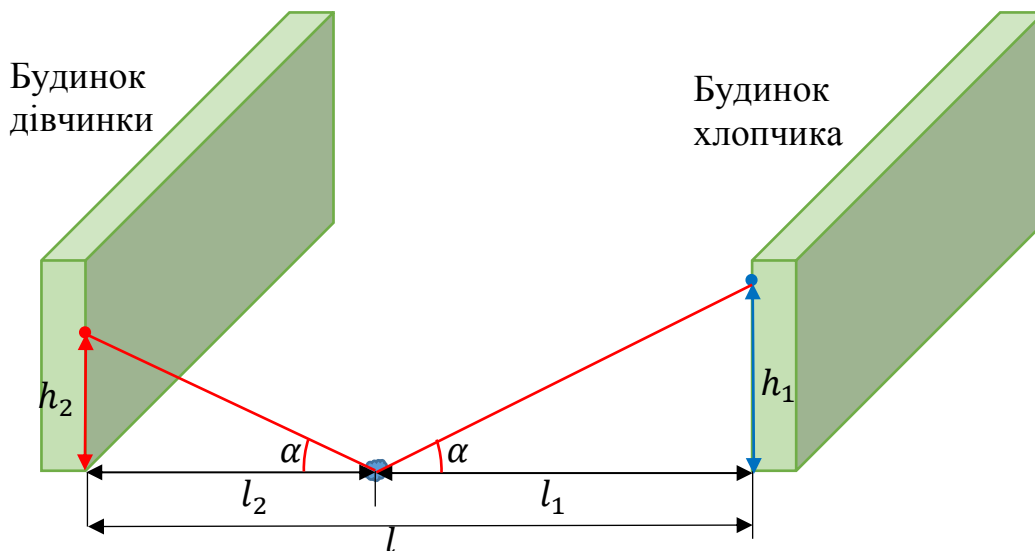
Задача 3

Увечері після дощу між двома однаковими паралельними будинками з'явилася калюжа. Хлопчик спрямував на неї світло ліхтарика, відображення якого побачила дівчинка з будинку навпроти. На якій відстані від будинку хлопчика утворилася калюжа, якщо відстань між будинками – 40 м. Хлопчик живе на третьому поверсі, а дівчинка – на п'ятому.

Розв'язок

Оскільки за умовою задачі чітко не вказано положення хлопчика та дівчинки по довжині будинків, але відстань між будинками є відрізком, перпендикулярним до будинків, то будемо розглядати ситуацію, коли вікна хлопчика та дівчинки розташовані навпроти один одного (рис.).

Нехай висота одного поверху – x . Тоді хлопчик тримає ліхтарик посередині п'ятого поверху – $h_1 = 4,5x$, а відбитий від калюжі промінь світла потрапляє в очі дівчинки, яка знаходиться приблизно посередині третього поверху – $h_2 = 2,5x$.



Промені з поверхнею землі та стінами будинків утворюють два подібні трикутники.

Співвідношення між сторонами трикутників: $\frac{h_1}{h_2} = \frac{l_1}{l_2}$. Якщо врахувати, що $l_2 = l - l_1$, то $\frac{h_1}{h_2} = \frac{l_1}{l - l_1}$. Звідси $h_1(l - l_1) = h_2 l_1$ або $l_1 = \frac{h_1 l}{h_1 + h_2}$.

$$l_1 = \frac{4,5x \cdot 40 \text{ м}}{4,5x + 2,5x} \approx 25,7 \text{ м}.$$

Задача 4

Джерело струму приєднують до двох сусідніх вершин дротяної рамки у формі правильного випуклого n -кутника. Потім це ж саме джерело струму приєднують до двох вершин, розміщених через одну. При цьому сила струму в колі зменшується в 1,5 рази. Знайти число сторін n -кутника.

Розв'язок

Нехай опір ділянки між двома сусідніми вершинами дротяної рамки r . Якщо джерело струму приєднують до двох сусідніх вершин дротяної рамки, то отримують схему з паралельним з'єднанням. Одна кілька електричного кола буде мати опір r , а друга – $r(n-1)$. Загальний опір електричного кола R_1 визначимо з виразу:

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r(n-1)};$$

$$\frac{1}{R_1} = \frac{n-1+1}{r(n-1)} = \frac{n}{r(n-1)};$$

$$R_1 = \frac{r(n-1)}{n} \quad (1).$$

Якщо джерело струму приєднують до двох вершин дротяної рамки, розміщених через одну, то отримують також схему з паралельним з'єднанням: одна кілька електричного кола буде мати опір $2r$, а друга – $r(n-2)$. У даному випадку загальний опір електричного кола R_2 визначимо з виразу:

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{2r} + \frac{1}{r(n-2)};$$

$$\frac{1}{R_2} = \frac{n-2+2}{2r(n-2)} = \frac{n}{2r(n-2)};$$

$$R_2 = \frac{2r(n-2)}{n} \quad (2).$$

За законом Ома для ділянки кола: $I_1 = \frac{U}{R_1}$, $I_2 = \frac{U}{R_2}$. Розділимо ці вирази:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = 1,5 \quad (3).$$

$$\text{Підставимо вирази (1), (2) у вираз (3): } 1,5 = \frac{\frac{2r(n-2)}{n}}{\frac{r(n-1)}{n}} = \frac{2(n-2)}{n-1}.$$

Звідси, $n = 5$.