

III етап Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

Київ, 2016 рік

9 клас

1. Петрик склеїв чотири цеглини (маса кожної $m = 3,24$ кг) водостійким клеєм. В результаті у нього вийшов цегляний колодязь, який він приклеїв до дна акваріума прямокутної форми з площею дна $S_0 = 540$ см². Після цього він почав наливати воду зі шланга, який розташований між стінкою посудини та цегляним колодязем (рис. 1). Обсяг води (ϑ , л/с), який надходив зі шланга щосекунди був незмінний. Петрику дослідив залежність рівня води в посудині h від часу (рис. 2). Час $t = 0$ відповідає початку надходження води в акваріум. За результатами дослідження хлопчик визначив довжину A , ширину B й товщину C кожної цеглини, а також густину матеріалу, з якого вони зроблені. Які значення цих величин він отримав? Масою клею знехтувати.

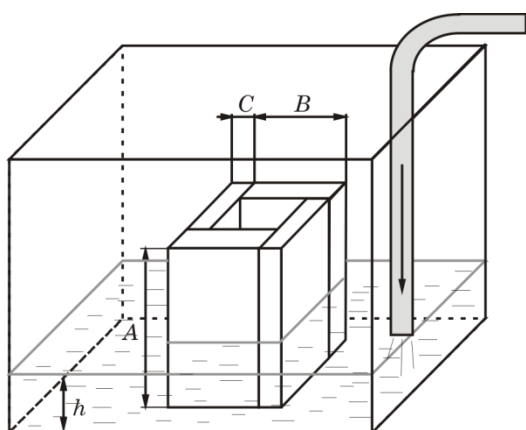


Рис. 1

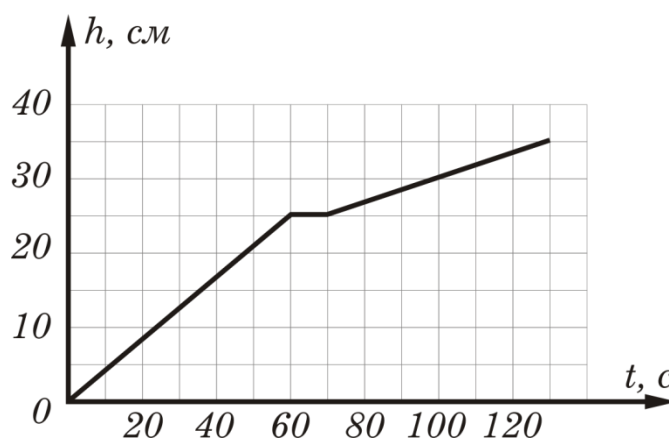


Рис. 2

Розв'язок. Проаналізуємо графік, який отримав Петрик (рис. 1). Ділянка від 0 до 60 с відповідає заповненню водою простору між стінками акваріума та цеглинами. Об'єм, який заповнюється водою визначається за формулою:

$$V = (S_0 - S_1) h, \text{ де } S_1 = (B + C)^2.$$

Протягом наступних 10 с рівень води в посудині не змінюється. Це означає, що вода заповнює лише внутрішній об'єм цегляного колодязя. Площа внутрішньої частини становить $S_2 = (B - C)^2$. Починаючи з 70-ї секунди рівень води знову перевищує висоту A цеглин. З графіка випливає, що довжина цеглини $A = 25$ см. З цього моменту заповнення акваріума відбувається повільніше, ніж на першій ділянці, оскільки площа, яка заповнюється стала більшою і дорівнює площі дна акваріума. Ділянка графіка від 70-ї до 130-ї секунди дозволяє визначити швидкість надходження води ν в літрах за секунду. Оскільки за $\Delta t_3 = 60$ с в посудину надійшов об'єм $\Delta h S_0$, де $\Delta h = 10$ см (див. рис. 2), то

$$\vartheta = \frac{\Delta h S_0}{\Delta t_3} = \frac{10 \text{ см} \times 540 \text{ см}^2}{60 \text{ с}} = 90 \frac{\text{см}^3}{\text{с}} = 0,09 \frac{\text{л}}{\text{с}}.$$

За першою частиною графіка (до 60-ї секунди) можна визначити зовнішню площу цегляного колодязя. Оскільки за $\Delta t_1 = 60$ с рівень води досяг значення $h_0 = 25$ см, то

об'єм води, яка надійшла з одного боку дорівнює добутку цієї висоти на різницю площ S_0 та S_1 , з іншого боку цей об'єм дорівнює добутку швидкості надходження води на час її надходження. Таким чином отримуємо рівняння:

$$h_0 (S_0 - (B+C)^2) = v \Delta t_1 \text{ або}$$

$$S_1 = (B + C)^2 = \frac{S_0 - v \Delta t_1}{h_0} = \frac{540 - (90 \times 60)}{25} = 324 \text{ см}^2. \quad (1)$$

Заповнення внутрішньої частини колодязя тривало $\Delta t_2 = 10$ с. Отже,

$$h_0 (B - C)^2 = v \Delta t_2 \text{ або}$$

$$(B - C)^2 = (v \Delta t_2) / h_0 = 36 \text{ см}^2 \quad (2)$$

З (1) і (2) знаходимо $B = 12$ см, $C = 6$ см. Таким чином об'єм однієї цеглини дорівнює $V = ABC = 6 \times 12 \times 25 = 1800 \text{ см}^3 = 0,0018 \text{ м}^3$ а густина $\rho = \frac{M_k}{V} = 1800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

2. Інколи у фільмах можна бачити цікавий ефект – під час руху карети або автівки колеса обертаються в протилежний бік їх руху. Хлопчик вирішив дослідити це явище і засняв обертання колеса з періодом $T_0 = 14$ мс за допомогою кінокамери, яка робить 24 кадри щосекунди (n). Колесо мало дефект, який дозволяв досліджувати обертання колеса. Під час перегляду він визначив час t великої кількості N обертів та знайшов період обертання за формулою $T = t/N$. Яке значення періоду він отримав таким чином?

Розв'язок. Кадри будуть зображати положення системи з інтервалом часу $\tau_0 = \frac{1}{n} = 41,67$ мс. $\tau_0 \approx 3T_0$, більш точно $\tau = \tau_0 - 3T_0 = -0,33$ мс. Отже, під час переходу від кадру до кадру колесо робить майже 3 оберти але не доходить до положення на попередньому кадрі на частину оберту:

$$x = \frac{|\tau|}{T_0} = 0,0238.$$

Під час перегляду кадрів буде здаватися, що колесо обертається в зворотній бік, оскільки $x \ll 1$, а око сприймає окремі кадри як рух предмету вздовж найкоротшого шляху, який з'єднує положення, що зафіксовані на кадрах. Таким чином колесо зробить один повний оберт, як здається в зворотній бік за $T = \frac{T_0}{x} = 1,75$ с. Саме це значення і мав отримати хлопчик.

3. У скелі, що примикає до моря, мається печера. Вхід до печери затоплений (див. рис. 4). Глибина моря біля входу в печеру 5 метрів, а рівень води в печері на 1 метр нижче. Визначте тиск повітря в печері. Атмосферний тиск 100000 Па.

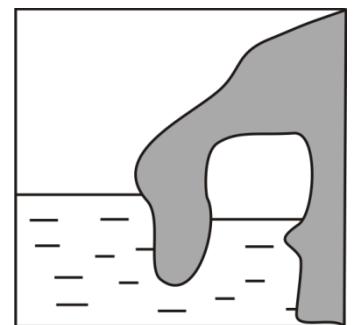


Рис. 4

За законом сполучених посудин тиск у дна всередині печери і зовні повинний бути однаковий, а оскільки всередині печери висота стовпа води на 1 м менша, ніж зовні, то тиск повітря всередині неї має бути більший ніж зовнішній на $\rho g \Delta h = 10000$ Па, отже, тиск усередині печери дорівнює 110000 Па (110 кПа).

4. Розв'язок буде надрукований з часом.

5. Під час лабораторної роботи учень з'єднав по-спільно три резистори та під'єднав їх до джерела постійної напруги (рис. 3). Після цього він виміряв напругу на різних ділянках цього кола за допомогою вольтметра. Ввімкнений паралельно до усіх трьох резисторів вольтметр показав 3 В, а ввімкнений паралельно до одного резистора (рис. 3) – 0,8 В. Які будуть покази вольтметра, якщо його під'єднати паралельно до двох резисторів?

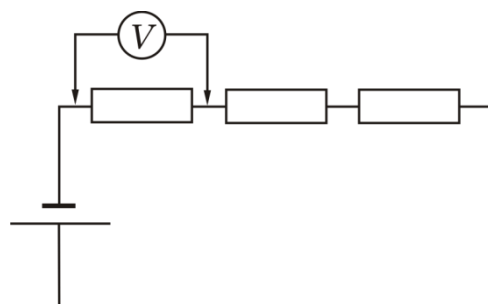


Рис. 3

Розв'язок. Зрозуміло, що $U_0 = 3\text{ В}$ – напруга на джерелі. Нехай R – опір резистора, R_V – опір вольтметра. Тоді під час ввімкнення вольтметра до одного резистора загальний опір кола $2R + \frac{RR_V}{R + R_V} = \frac{2R^2 + 3RR_V}{R + R_V}$, і покази вольтметра визначаються як $U_1 = U_0 \frac{1}{2\frac{R}{R_V} + 3}$, звідки знаходимо $\frac{R}{R_V} = \frac{3}{8}$. Тоді під час ввімкнення вольтметра паралельно двом резисторам він покаже $U_2 = U_0 \frac{2}{2\frac{R}{R_V} + 3} = 1,6\text{ В}$.