

**Вказівки до розв'язків завдань II (районного) етапу Всеукраїнської  
учнівської олімпіади з фізики 2019-2020 н.р.**

**10 клас**

1. В електричному чайнику один літр води нагрівається на  $\Delta t_1 = 10^0 C$  за  $\tau_1 = 1 \text{ хв}$ . За який час нагріється до кипіння 500 г води, набраної з відра з сумішшю води і льоду? Втратами теплоти можна знехтувати. Густина води  $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Кількість тепла, яку отримує вода за час  $\tau_1 = 1 \text{ хв} = 60 \text{ с}$ , питомою теплоємністю  $c$ , об'ємом  $V = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$  нагріваючись на  $\Delta t_1 = 10^0 C$  дорівнює  $c\rho V\Delta t_1$ . Потужність електричного чайника

$$P = \frac{c\rho V\Delta t_1}{\tau_1}$$

У другому випадку маса води  $m = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$  нагрівається від  $0^0 C$  до  $100^0 C$  ( $\Delta t_2 = 100^0 C$ ) і вода одержує  $cm\Delta t_2$  кількість тепла.

Потужність електричного чайника

$$P = \frac{cm\Delta t_2}{\tau_2}$$

$$\frac{c\rho V\Delta t_1}{\tau_1} = \frac{cm\Delta t_2}{\tau_2}$$

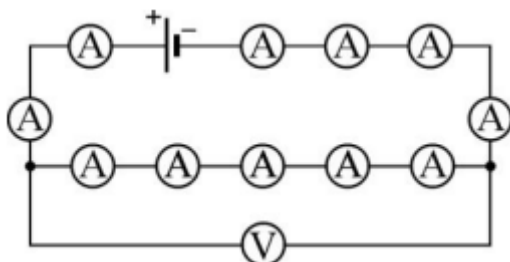
$$\tau_2 = \frac{m\Delta t_2}{\rho V\Delta t_1} \tau_1$$

$$\tau_2 = \frac{m\Delta t_2}{\rho V\Delta t_1} \tau_1$$

$$\tau_2 = \frac{0,5 \cdot 100}{1000 \cdot 10^{-3} \cdot 10} \cdot 60 = 300 \text{ с} = 5 \text{ хв}$$

**Відповідь:** 5 хв

2. У перерві між лабораторними роботами діти заради пустощів зібрали електричне коло з декількох однакових амперметрів і вольтметра. З пояснень вчителя діти твердо пам'ятали, що амперметри треба включати послідовно, а вольтметри - паралельно. Тому зібрана схема виглядала так:



Після підключення джерела струму, на подив, амперметри не згоріли і, навіть, стали щось показувати. Деякі показували силу струму 2 А, а деякі 2,2 А. Вольтметр показував напругу 10 В. Визначте за цими даними напругу на джерелі струму, опір амперметра і опір вольтметра.

Сила струму більше в нерозгалуженій ділянці електричного кола, що містить джерело струму і шість амперметрів, отже, саме в ній амперметри показують 2,2 А.

П'ять амперметрів, паралельних вольтметру, показують меншу силу струму – 2 А.

Сила струму в колі вольтметра дорівнює різниці перших двох струмів, тобто  $I_V = 0,2 \text{ А}$ .

Звідси знайдемо опір вольтметра:

$$R_V = \frac{U_V}{I_V} \quad R_V = \frac{10}{0,2} = 50 \text{ Ом}.$$

Зі співвідношення сил струму в паралельних гілках кола слідує, що опір п'яти амперметрів в 10 разів менше, ніж опір одного вольтметра, тобто  $R_A = 1 \text{ Ом}$ .

Напругу на джерелі струму можна знайти, додавши напруги на всіх амперметрах.

$$I_1 = 2,2 \text{ А}, \quad I_2 = 2 \text{ А}$$

$$U = 6I_1R_A + 5I_2R_A = R_A(6I_1 + 5I_2)$$

$$U = 1 \cdot (6 \cdot 2,2 + 5 \cdot 2) = 23,2 \text{ В}$$

**Відповідь:** напруга на джерелі струму 23,2 В; опір амперметра 50 Ом; опір вольтметра 1 Ом

**3.** На гладкому горизонтальному столі лежать дві гладкі однакові гірки масою  $M$ , причому одна з них закріплена. З незакріпленої гірки, з висоти  $H$  скочується маленька шайба масою  $m$ . На яку максимальну висоту  $h$  заїде шайба на закріплену гірку?

У шайби, що знаходиться спочатку на висоті  $H$ , є потенційна енергія. З'їжджаючи, шайба штовхне гірку. Таким чином, гірка придбає кінетичну енергію, а шайба підніметься на висоту  $h$  на закріплену гірку - тобто у неї в кінці є потенційна енергія, обумовлена цією висотою. Запишемо закон збереження енергії і закон збереження імпульсу.

$v$  - швидкість шайби внизу гірки,  $u$  - швидкість гірки.

$$mv = Mu$$

$$mgH = mgh + \frac{Mu^2}{2}$$

З першого рівняння

$$u = \frac{mv}{M}$$

Підставимо у друге

$$mgH = mgh + \frac{Mm^2v^2}{2M^2}$$

$$h = H - \frac{mv^2}{2Mg}$$

Відповідно до закону збереження енергії шайби зверху і у підніжжя гірки

$$mgH = \frac{mv^2}{2}$$

$$v^2 = 2gH$$

Тоді

$$h = H - \frac{m \cdot 2gH}{2Mg} = H - \frac{mH}{M}$$

$$h = H - \frac{mH}{M}$$

**Відповідь:**  $h = H - \frac{mH}{M}$

4. Відстань між екраном і джерелом світла дорівнює  $L$ . Лінза дає чітке зображення джерела при двох положеннях, відстань між якими дорівнює  $\ell$ . Знайдіть фокусну відстань лінзи.

$a_1, a_2$  - відстань від лінзи до джерела відповідно при першому та другому положенні лінзи.

$b_1, b_2$  - відстань від лінзи до екрану відповідно при першому та другому положенні лінзи

За умовою задачі

$$a_1 + b_1 = a_2 + b_2 = L \quad (1)$$

$$a_2 - a_1 = b_1 - b_2 = \ell \quad (2)$$

Використовуємо формулу лінзи для кожного з двох положень:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} \quad (3)$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a_2} + \frac{1}{b_2} \quad (4)$$

Звідки

$$\frac{a_1 + b_1}{a_1 b_1} = \frac{a_2 + b_2}{a_2 b_2}$$

Враховуючи (1)

$$a_1 b_1 = a_2 b_2$$

Виключаючи за допомогою (1) та (2) невідомі  $a_1, a_2, b_2$  отримуємо

$$b_1(L - b_1) = (b_1 - \ell)(L + \ell - b_1)$$

Звідси

$$b_1 = \frac{L + \ell}{2}$$

Тепер

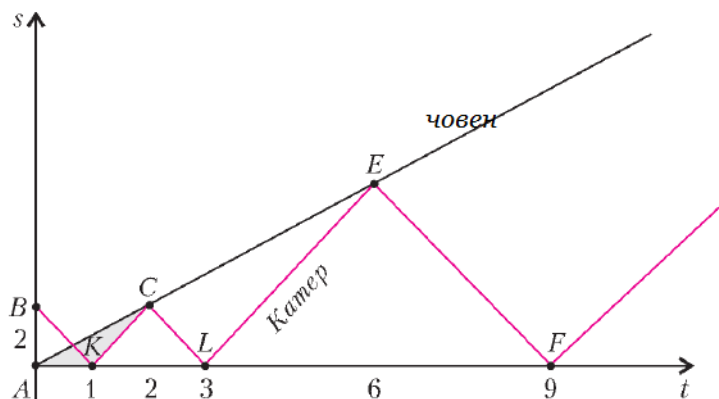
$$a_1 = L - b_1 = \frac{L - \ell}{2}$$

Тоді

$$f = \frac{a_1 b_1}{a_1 + b_1} = \frac{L^2 + \ell^2}{4L}$$

**Відповідь:**  $f = \frac{L^2 + \ell^2}{4L}$

5. Із пункту А вниз за течією річки одночасно починають рух пліт і човен. У той же момент з пункту В, що знаходиться на відстані 2 км від А, назустріч плоту починає рухатися катер. Власна швидкість човна дорівнює швидкості течії, власна швидкість катера в два рази перевищує швидкість течії. Зустрівши пліт, катер миттєво розвертається і рухається до моменту зустрічі з човном, після чого знову розвертається і рухається в бік плота до зустрічі з ним, потім знову до човна і т.д. Скільки разів катер зустріне пліт за час, протягом якого пліт подолає відстань у 1000 км?



Нехай швидкість плота і течії дорівнює 1 (км в од. часу), тоді швидкості човна та катери щодо плота дорівнюють 1 і 2 відповідно ( $s$  - відстань до плота в км). Перша зустріч катера з плотом відбувається в момент 1, коли човен знаходиться на відстані 1 км від них.

У момент 2 катер наздоганяє човен, опиняючись на відстані 2 км від плота, в момент 3 знову зустрічається з плотом. З подібності трикутників АСК і АЕL, а також АСL і АЕF отримуємо, що третя зустріч відбувається в момент 9. Далі, аналогічно, катер зустрічає пліт в моменти 27, 81, 243, 729, 2187, ... При цьому до моменту сьомої зустрічі пліт пропливе  $729 < 1000$  кілометрів, а до моменту восьмої мав би пропливти  $2187 > 1000$  кілометрів.

**Відповідь:** 7