

**Розв'язки II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики  
(2022-2023 навчальний рік)**

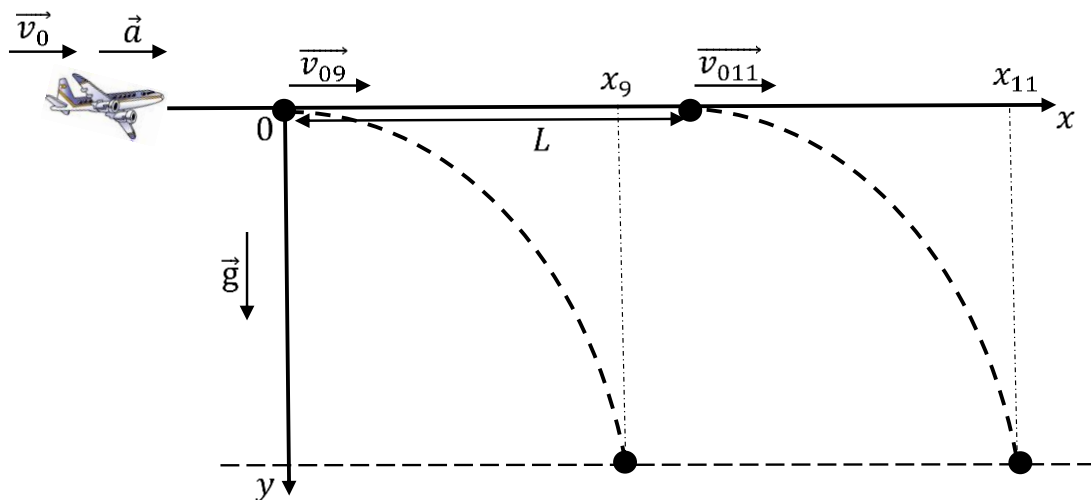
**11 клас**

**Завдання 1**

Для розмітки території використовують радіомаяки, розміщені в спеціальних контейнерах, які скидають з літака. Літак летить горизонтально на висоті 500 м з постійним прискоренням  $2 \text{ м/с}^2$ . Через рівні проміжки часу в  $0,5 \text{ с}$  викидається контейнер. Знайдіть відстань між місцями падіння 9 та 11 контейнерів, якщо перший контейнер був скинутий на швидкості літака  $100 \text{ м/с}$ . Опором повітря можна знехтувати.

**Розв'язок**

Розглянемо рух контейнерів у системі відліку, початок якої у точці простору, де знаходився літак в момент скидання дев'ятого контейнера.



Відстань між місцями падіння 9-ого та 11-ого контейнерів  $S = x_{11} - x_9$  (1)

Дев'ятий контейнер у момент скидання мав швидкість  $v_{09} = v_0 + 8a\tau$ , де  $\tau$  – час між скиданнями; одинадцятий -  $v_{011} = v_0 + 10a\tau$ .

Час падіння обох контейнерів однаковий:  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ .

Координата падіння дев'ятого контейнера:

$$x_9 = v_{09}t = (v_0 + 8a\tau)\sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (2). \quad \text{Одинадцятото} \quad - \quad x_{11} = L + v_{011}t,$$

де  $L$  – відстань, яку пролетів літак між скиданнями контейнерів:  
$$L = v_{09}2\tau + \frac{a(2\tau)^2}{2} = (v_0 + 8a\tau)2\tau + a2\tau^2 = v_02\tau + 18a\tau^2.$$

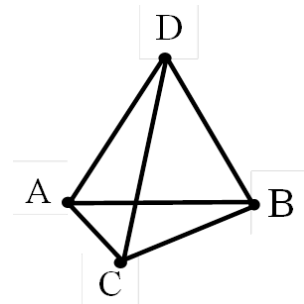
$$\text{Тоді } x_{11} = v_02\tau + 18a\tau^2 + (v_0 + 10a\tau)\sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (3).$$

Підставивши вирази (2), (3) у вираз (1), отримаємо:

$$S = v_02\tau + 18a\tau^2 + 2a\tau\sqrt{\frac{2h}{g}} = 129 \text{ м}.$$

## Завдання 2

Тетраедр спаяли з п'яти срібних та однієї золотої дротинки, однакових за розмірами. Виявилося, що опір конструкції між точками А і В дорівнює 1 Ом, між точками С і D – 1,2 Ом, а між іншими парами точок – опір однаковий і дорівнює деякому значенню R. Визначте місце розташування золотої дротинки та відношення питомого опору золота до питомого опору срібла. Знайдіть значення R із точністю до сотих. Відомо, що срібло краще, ніж золото, проводить електричний струм.



## Розв'язок

Якщо вимірювати опір між точками А і В, то еквівалентна схема з'єднання матиме вигляд, показаний на рис. 1.

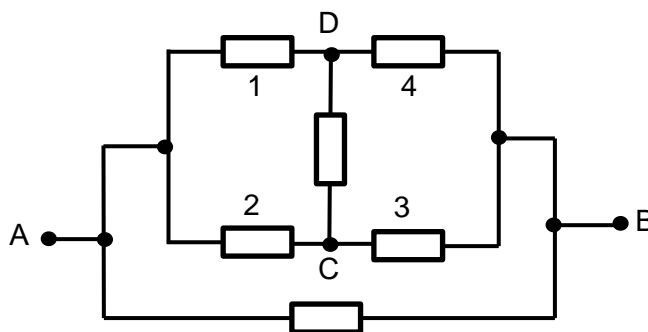


Рис. 1.

У випадку прикладення напруги до точок С і D схема буде такою є ж, тільки пари рочок А, В і С, D та номери резисторів-дротинки необхідно поміняти місцями. Оскільки опори у цих двох випадках різні, золотою може бути лише та дротинка, що безпосередньо з'єднує або точки А і В, або точки С і D (дротинки 1, 2, 3, 4 рівноправні в цих випадках). За умовою  $R_{AB} = 1 \text{ Ом}$ ,  $R_{CD} = 1,2 \text{ Ом}$ , отже, золота дротинка з'єднує точки С і D. Струм через неї не йтиме. Тоді  $R_{AB} = \frac{R_C}{2}$ ,  $R_{CD} = \frac{R_C \cdot R_3}{R_C + R_3}$ , звідки знаходимо опори срібної та золотої дротинки:  $R_C = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 3 \text{ Ом}$ . За умови однакових розмірів відношення опорів та питомих опорів буде однаковим. Тому відношення питомого опору золота до питомого опору срібла дорівнює 1,5.

Для визначення відношення питомого опору золота до питомого опору срібла на еквівалентній схемі проставимо значення опорів усіх дротинки (рис. 2).

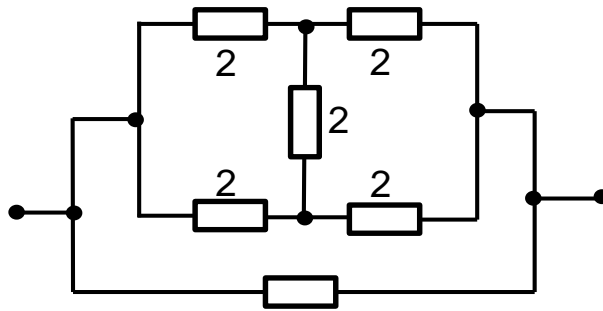


Рис. 2

На відміну від попередніх випадків, через резистор, зображений у вертикальному положенні, проходить струм. Скористаємося тим, що за збільшення опору будь-якого резистора опір усього з'єднання збільшується, а за зменшення відповідно зменшується. Зменшуючи опір вертикального резистора до нуля, отримаємо еквівалентну схему (рис. 3). Її опір менший і дорівнює  $R_1 = \frac{22}{21} \text{ Ом} \approx 1,0476 \text{ Ом}$ .

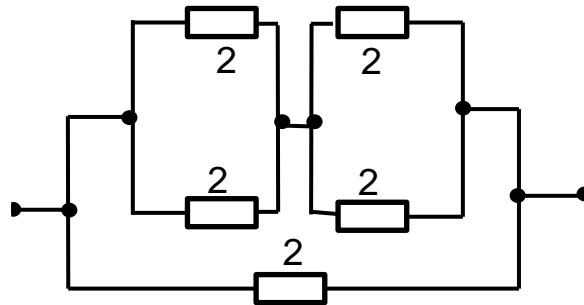


Рис. 3

Якщо збільшити опір вертикального резистора до нескінченності, тобто зробити так, щоб струм через нього не проходив, то опір еквівалентного з'єднання буде більшим і дорівнюватиме  $R_2 = \frac{20}{19} \text{ Ом} \approx 1,0526 \text{ Ом}$  (рис. 4).

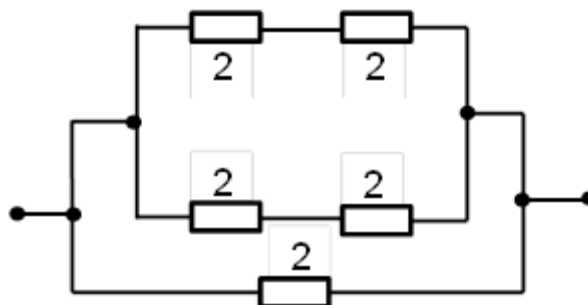


Рис. 4

Отже,  $R_1 \leq R \leq R_2$ , тобто з точністю до сотих  $R = 1,05 \text{ Ом}$ .

### Завдання 3

Металева куля розташована на деякій відстані від точкової позитивно зарядженої частинки. Якщо кулі надати деякий заряд, то частинка й куля

взаємодіють з силою  $F_1$ . Якщо заряд збільшити вдвічі, то сила взаємодії стає  $F_2$ . Якою буде сила взаємодії  $F_3$ , якщо заряд збільшити в три рази?

Розв'язок

Якщо куля незаряджена, то під дією електричного поля частинки в кулі індукуються заряд і частинка з кулею притягуються з силою  $F_{\text{інд}}$ . Якщо кулі надати заряд  $q$ , то виникає додатково сила відштовхування  $F$ . Якщо надати заряд  $2q$ , то за умовою задачі сила відштовхування стає  $2F$ . Якщо  $3q$ , то сила –  $3F$ .

$$\begin{aligned} \text{Відповідно } F_1 &= F_{\text{інд}} - F; \\ F_2 &= F_{\text{інд}} - 2F; \\ F_3 &= F_{\text{інд}} - 3F. \end{aligned}$$

Розв'язавши дану систему рівнянь, отримаємо  $F_3 = 2F_2 - F_1$ . Крім того,  $F_3$  може бути як силою притягання, так і силою відштовхування.

#### Завдання 4

Замкнута циліндрична посудина ділиться рухомим поршнем на 2 рівні частини. В одній з них знаходиться повітря, в іншій – вода і пара. При повільному нагріванні всієї посудини поршень починає рухатися і в деякий момент часу зупиняється. У цей момент він ділить об'єм посудини на частини в співвідношенні 1: 3. Визначте відношення маси води до маси пара на початку досліду. Температури в обох частинах посудини весь час однакові. Об'ємом, який займає вода в одній з частин посудини, знехтувати.

Розв'язок

Нехай об'єм усієї посудини  $V_0$ , маса пари  $m_{\text{п}}$ , води –  $m_{\text{в}}$ . Поршень буде рухатися до того часу, доки вся вода не випарується. При цьому об'єм, який займає пара, збільшиться від  $V_1 = \frac{V_0}{2}$  до  $V_2 = \frac{3V_0}{4}$ , а її маса – від  $m_{\text{п}}$  до  $m_{\text{п}} + m_{\text{в}}$ . Рівняння стану для повітря:  $\frac{p_1(V_0 - V_1)}{T_1} = \frac{p_2(V_0 - V_2)}{T_2}$ , де  $p_1$  та  $T_1$  – початкові,  $p_2$  та  $T_2$  – кінцеві тиск і температура.

$$\text{Аналогічно для пари: } \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{(m_{\text{п}} + m_{\text{в}}) p_2 V_2}{m_{\text{п}} T_2}.$$

$$\text{Із цих двох рівнянь отримуємо: } \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} = \frac{V_0 - V_2}{V_0 - V_1} = \left(1 + \frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{п}}}\right) \frac{V_2}{V_1}.$$

$$\text{Звідси знаходимо невідоме співвідношення мас: } \frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{п}}} = 2$$