

**Розв'язки завдань II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики  
9 клас**

**Задача 1**

Під час поштовху землетрусу два сейсмографи зафіксували коливання земної поверхні (графік А та графік В на рис. 1). Стрілки на графіках вказують на піки однакових хвиль а, b, c, d, записані на різних сейсмографах. Сейсмографи, розташовані на відстані 500 км один від одного, та епіцентр землетрусу знаходяться на одній прямій. Визначте відстань до епіцентру землетрусу та можливі способи розміщення сейсмографів.

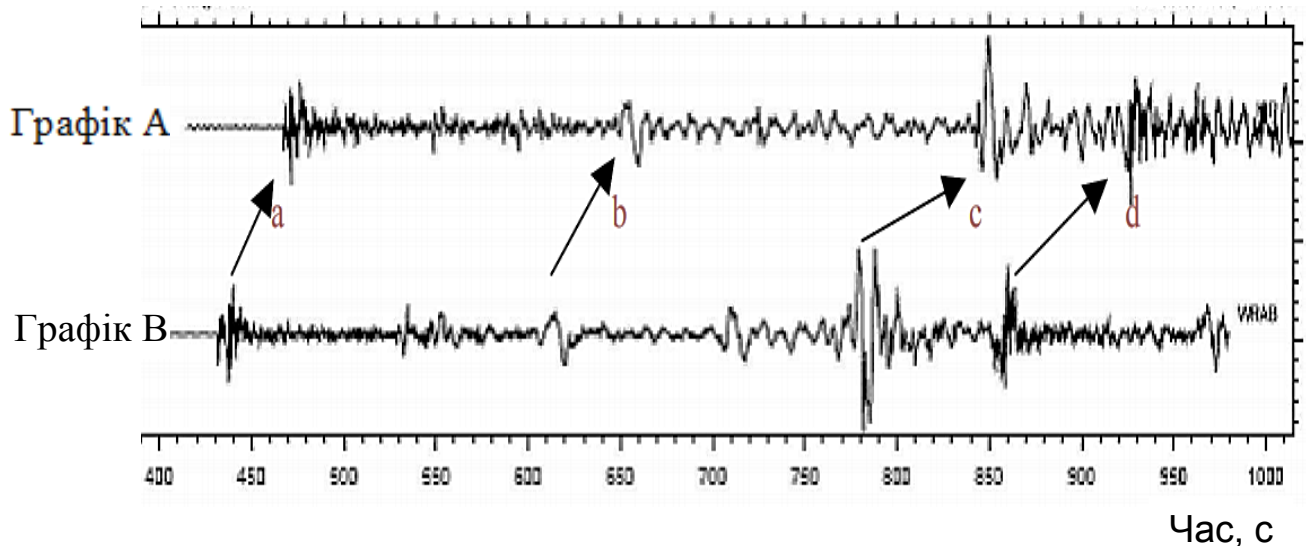


Рис. 1. Графіки коливань земної поверхні: графік А записаний сейсмографом А, графік В – сейсмографом В.

**Розв'язок**

З графіків видно, що сейсмічні хвилі, зафіксовані сейсмографом В, надходять до нього раніше, ніж до сейсмографа А. Оскільки хвилі поширюються у всіх напрямках однаково, то хвилі від епіцентру землетрусу до сейсмографа В поширилися на меншу відстань, ніж до сейсмографа А. Сейсмографи можуть розташовуватися двома способами (рис. 2, 3):

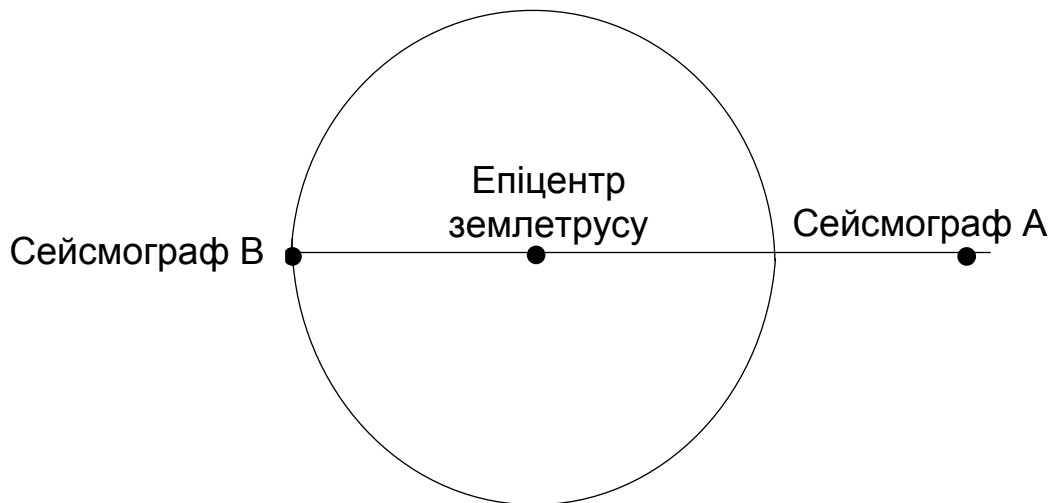


Рис.2. Спосіб 1 розташування сейсмографів.

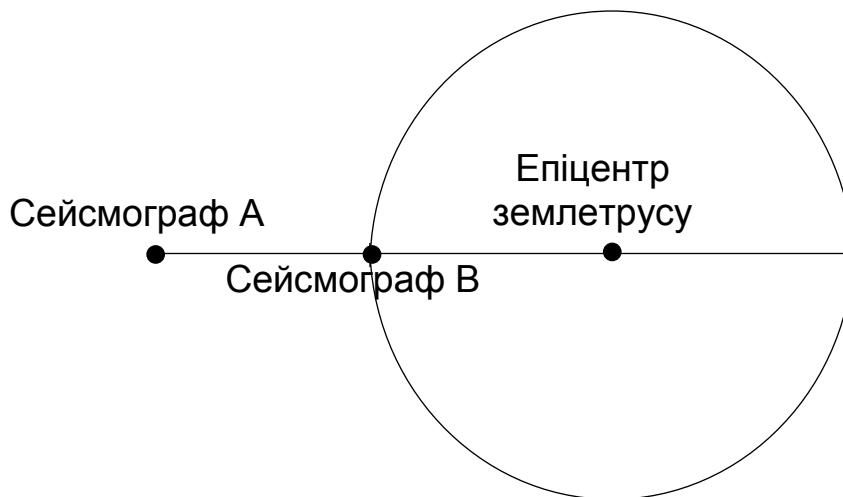


Рис. 3. Спосіб 2 розташування сейсмографів.

Оцінимо швидкості поширення хвиль. Із графіка отримуємо таку інформацію:

	Час приходу хвиль до сейсмографа			
	Хвилі а	Хвилі b	Хвилі с	Хвилі d
Сейсмограф А	470 с	650 с	840 с	930 с
Сейсмограф В	440 с	625 с	780 с	860 с
Різниця у часі приходу хвиль, $\Delta t$	30 с	25 с	60 с	60 с

Відстань між сейсмографами  $\Delta l = 500$  км. Уважатимемо, що хвилі поширюються рівномірно. Тоді їх швидкість (або середня швидкість хвилі при нерівномірному поширенні):

$$v_a = \frac{\Delta l}{\Delta t_a} = \frac{500 \text{ км}}{30 \text{ с}} \approx 16,7 \frac{\text{км}}{\text{с}};$$

$$v_b = \frac{\Delta l}{\Delta t_b} = \frac{500 \text{ км}}{25 \text{ с}} \approx 20 \frac{\text{км}}{\text{с}};$$

$$v_c = \frac{\Delta l}{\Delta t_c} = \frac{500 \text{ км}}{65 \text{ с}} \approx 7,7 \frac{\text{км}}{\text{с}};$$

$$v_d = \frac{\Delta l}{\Delta t_d} = \frac{500 \text{ км}}{60 \text{ с}} \approx 8,3 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$

Щоб оцінити відстань до епіцентру землетрусу, позначимо  $l$  – відстань від епіцентру до сейсмографа В. Під час поштовху всі хвилі генеруються одночасно.

Розглянемо поширення хвиль а та с до сейсмографа В.

$l = v_a t$  (1), де  $t$  – час поширення хвиль а до сейсмографа В

Хвилі с приходять до сейсмографа В пізніше ніж хвилі а на час  $t' = 780 \text{ с} - 440 \text{ с} = 340 \text{ с}$ . Тоді  $l = v_c(t + t')$  (2).

Розв'яжемо систему з рівнянь (1) та (2). Отримаємо:

$$t = \frac{l}{v_a};$$

$$l = v_c\left(\frac{l}{v_a} + t'\right) \rightarrow l = \frac{v_a \cdot v_c \cdot t'}{v_a - v_c}.$$

$$l = \frac{16,7 \frac{\text{км}}{\text{с}} \cdot 7,7 \frac{\text{км}}{\text{с}} \cdot 340 \text{ с}}{16,7 \frac{\text{км}}{\text{с}} - 7,7 \frac{\text{км}}{\text{с}}} \approx 4858 \text{ км}.$$

## Задача 2

Кульки А і В, масою  $m$  кожна, мають однакові за модулем і протилежні за знаком заряди  $q$ . Кулька А підвішена на непровідній пружині жорсткістю  $k'$  над кулькою В (рис. 4). Відстань між кульками  $r_0$ .

Кулька А поступово втрачає електрони.

Яку кількість електронів повинна втратити кулька А, щоб сила натягу нитки ВС стала рівною нулю? Якою стане відстань між кульками?



Рис. 4.

### Розв'язок

Розглянемо сили, що діють кульки. На кульку А діють сила Кулона  $F_0 = k \frac{q^2}{r_0^2}$ , сила тяжіння  $F = mg$  та сила пружності  $F_1 = k'x_1$ , де  $x_1$  – видовження пружини (рис. 5).

Кулька нерухома, тому сили урівноважені:  $F_1 = F_0 + F$  або  $k'x_1 = k \frac{q^2}{r_0^2} + mg$ .

$$\text{Звідси } x_1 = \frac{k \frac{q^2}{r_0^2} + mg}{k'} \quad (1).$$

Коли одна з кульок втратить  $N$  електронів, то її заряд дорівнюватиме  $q' = q - Ne$ .

Зменшиться сила Кулона  $F_{01}$ , сила пружності  $F_2 = k'x_2$  та видовження пружини  $x_2$ .

Відстань між кульками збільшиться в результаті зменшення видовження пружини на  $\Delta x = x_1 - x_2$  і дорівнюватиме  $r = r_0 + \Delta x = r_0 + x_1 - x_2$  (2).

Сила Кулона дорівнюватиме:  $F_{01} = k \frac{q(q-Ne)}{r^2}$  (3).

Сили, що діють на кожну з кульок, стануть урівноваженими:

кулька А:  $F_2 = F_{01} + F$  (рис. 6),  
 $k'x_2 = F_{01} + mg$  (4);

кулька В:  $F_{01} = mg$  (5).

Підставимо вираз (5) у (4):  $k'x_2 = 2mg$ . Звідси  $x_2 = \frac{2mg}{k'}$

(6).

Для визначення відстані між кульками підставимо вирази (1), (6) у (2):

$$r = r_0 + \frac{k \frac{q^2}{r_0^2} + mg}{k'} - \frac{2mg}{k'} = r_0 + \frac{k}{k'} \frac{q^2}{r_0^2} - \frac{mg}{k'}.$$

Для визначення кількості електронів підставимо вираз (3) та (6) у (4):

$$k' \frac{2mg}{k'} = k \frac{q(q-Ne)}{r^2} + mg.$$

$$\text{Звідси, } N = \frac{q}{e} - \frac{mger^2}{kq}.$$

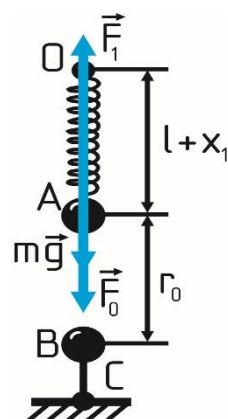


Рис. 5

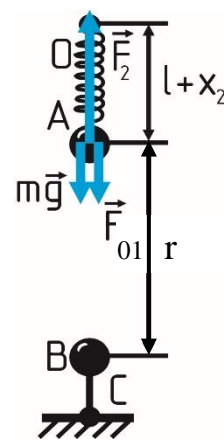


Рис. 6

### Задача 3

У перерві між лабораторними роботами пустотливі діти зібрали електричне коло з декількох однакових амперметрів і вольтметрів. Із пояснень учителя діти чітко пам'ятали, що амперметри необхідно включати в коло послідовно, а вольтметри – паралельно. Зібране коло мало схему, яка показана на рис. 7.

Після вмикання джерела струму, на диво, амперметри не згоріли. Деякі показали силу струму 2А, а деякі 2,2 А. Вольтметр показав напругу 10 В. Визначте за цими даними напругу джерела струму, опір амперметра та опір вольтметра.

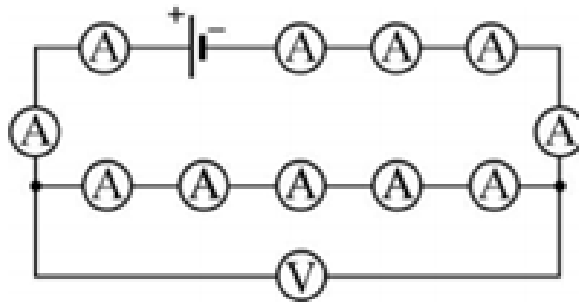


Рис. 7. Схема електричного кола.

### Розв'язок

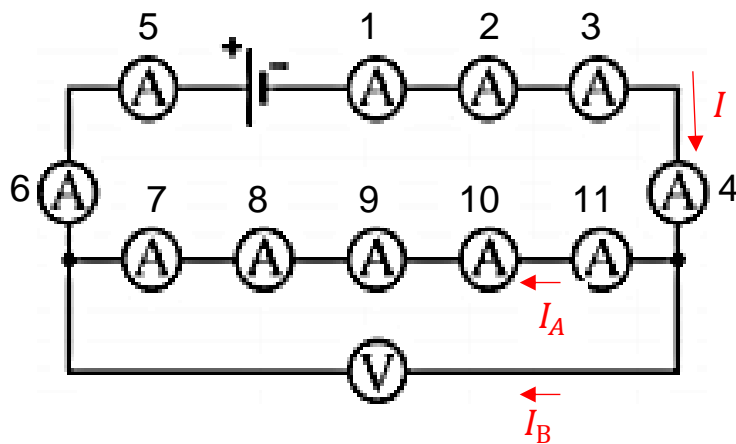


Рис. 8. Розподіл струмів у електричному колі.

Вітка з послідовно з'єднаними амперметрами 7, 8, 9, 10, 11 приєднана паралельно до вольтметра (рис.8). Амперметри 1, 2, 3, 4, 5, 6 з'єднані послідовно між собою та з ділянкою, що має паралельне з'єднання вольтметра з амперметрами. Оскільки при паралельному включенні елементів кола струм розгалуджується, то  $I_A < I$ . Отже, амперметри 1, 2, 3, 4, 5, 6 будуть показувати силу струму 2,2 А, а амперметри 7, 8, 9, 10, 11 – 2 А.

Струм через вольтметр дорівнює  $I_B = I - I_A$ . За законом Ома для ділянки кола вольтметр має опір  $R_B = \frac{U_B}{I_B} = \frac{U_B}{I - I_A} = \frac{10 \text{ В}}{2,2 \text{ А} - 2 \text{ А}} = 50 \text{ Ом}$ .

На ділянці кола з ланцюжком амперметрів 7, 8, 9, 10, 11 опір вітки дорівнює  $R_{7-11} = 5R_A$ . За законом Ома для ділянки кола амперметр має опір  $R_A = \frac{U_B}{5I_A} = \frac{10 \text{ В}}{5 \cdot 2 \text{ А}} = 1 \text{ Ом}$ .

Напруга на джерелі дорівнюватиме сумі напруг на амперметрах 1, 2, 3, 4, 5, 6 та напруги на ділянці з паралельним з'єднанням:

$$U = 5U_A + U_B = 5I_A R_A + U_B = 5 \cdot 2,2 \text{ А} \cdot 1 \text{ Ом} + 10 \text{ В} = 22 \text{ В}.$$

#### Задача 4

Дві однакові лінзи  $L_1$  та  $L_2$  створюють дійсні зображення світного предмета АВ. Лінза  $L_1$  – на напівпрозорому матовому екрані  $E_1$ . Лінза  $L_2$  проектує зображення з екрану  $E_1$  на екран  $E_2$ . Розташування предмета та лінз показано на рис. 9.

Побудуйте зображення предмета на екрані  $E_2$  та визначте фокусну відстань лінз. Екрани  $E_1$  і  $E_2$  уважайте необмеженими за висотою.

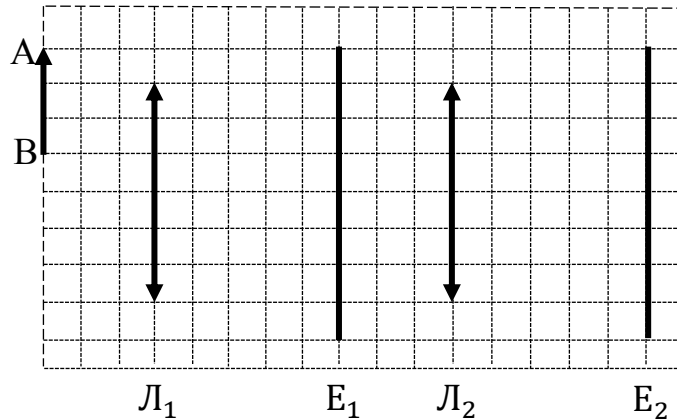


Рис. 9. Розташування предмета та лінз.

#### Розв'язок

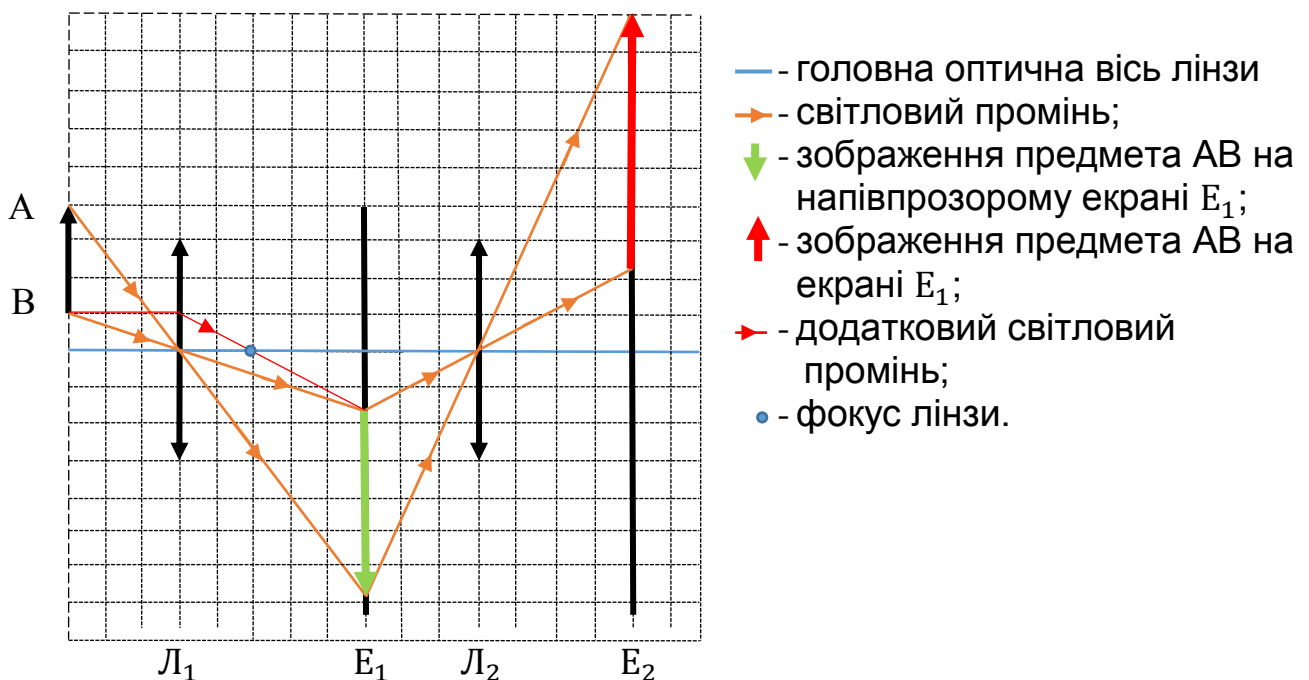


Рис. 10. Побудова зображення предмета АВ.

Для визначення фокусу лінзи побудуємо хід додаткового світлового променя (червоного кольору), який з кінця предмета АВ проходить паралельно головній оптичній осі лінзи  $L_1$  та, заломлюючись у лінзі, перетинає її головну оптичну вісь у фокусі (положення фокусу показано синім кружечком).