

Завдання II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики (2025/2026 навчальний рік)
9 клас, експериментальний тур (15 балів)

На рисунках показано результати кількох дослідів із заломлення пучка світла, що падає з повітря на поверхню цукрового сиропу. Щоб вам було зручніше працювати, рисунки подані на тлі міліметрової сітки, поле зору обмежено колом лінзи.

А (5 балів). Опишіть, як за допомогою наведених рисунків можна **отримати показник заломлення** цукрового сиропу.

Б (6 балів). Знайдіть **числове значення показника заломлення** сиропу на основі наведених рисунків.

В (2 бали). Чим обумовлена **точність** розрахованого вами значення показника заломлення?

Г (2 бали). Як можна поставити експеримент для визначення **показника заломлення твердого прозорого тіла** (наприклад, товстого диска радіусом 2 см)?

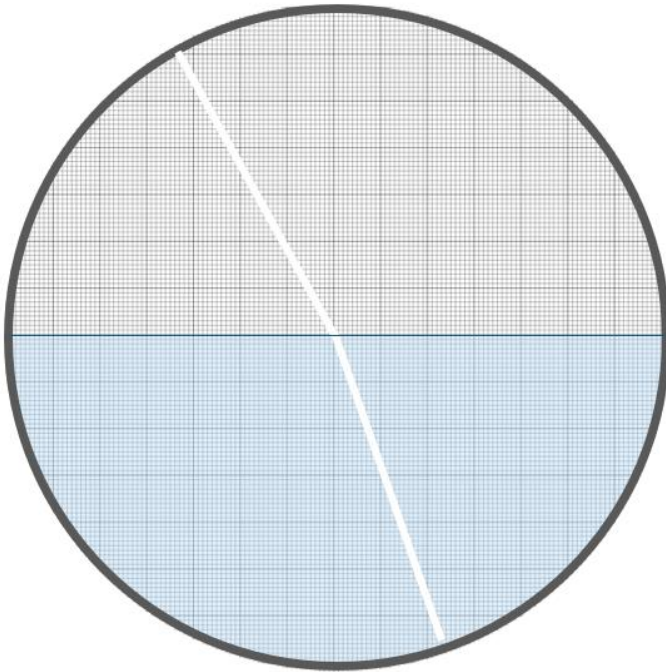


Рис. 1

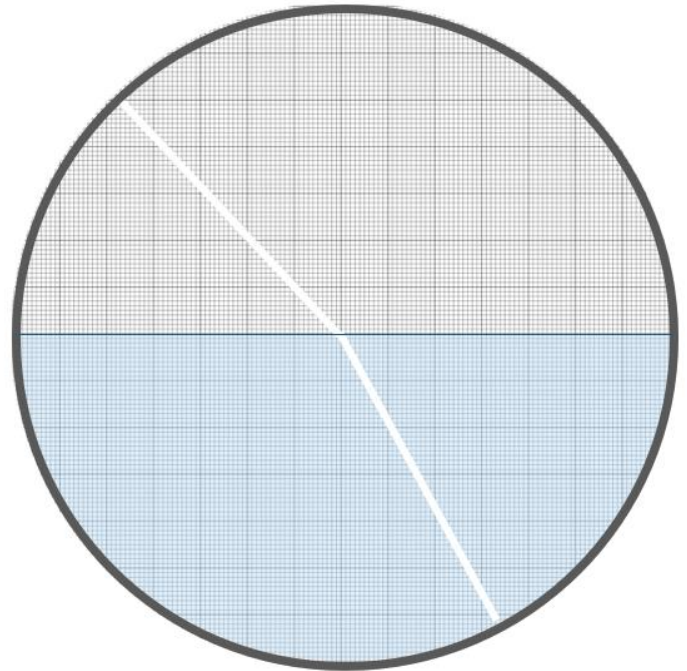


Рис. 2

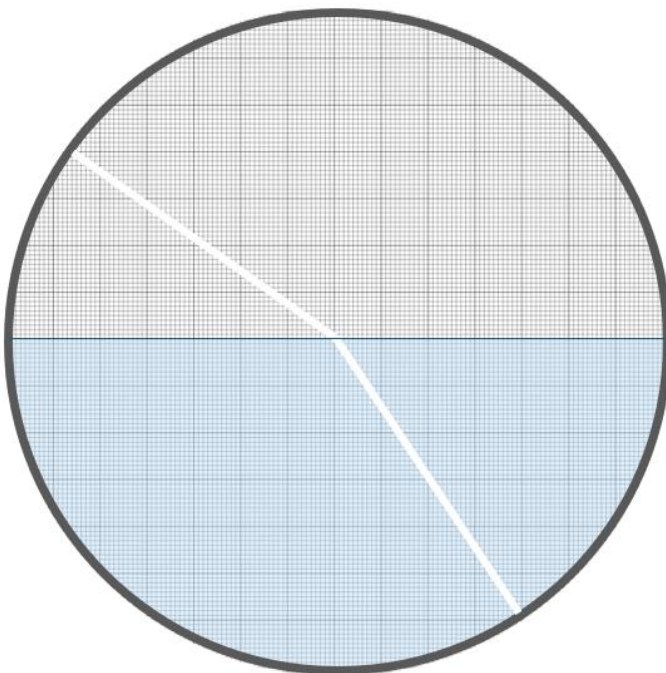


Рис. 3

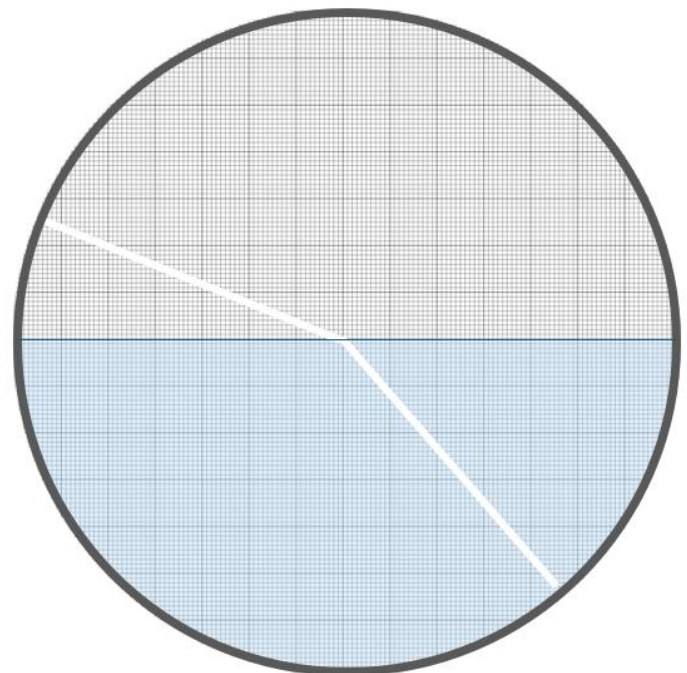


Рис. 4

Розв'язок

А. На межі розділу між повітрям і цукровим сиропом відбувається заломлення світла. Скористаємось законом заломлення для визначення показника заломлення сиропу n_c :

$$n_c = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}.$$

Тут ми вважаємо показник заломлення повітря близьким до одиниці. Отже бачимо, що задача зводиться до знаходження синусів кутів падіння і заломлення. Транспортера за умовою у нас немає, але він і не потрібний! Дійсно, синус кута, як видно з рисунку, визначається відношенням катету (в нашому випадку горизонтального, відміченого зеленим) до гіпотенузи, яка є однаковою для обох трикутників, що містять кути падіння і заломлення. Отже, маємо

$$n_c = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{l_1/R}{l_2/R} = \frac{l_1}{l_2}.$$

Тобто для кожного з наведених рисунків ми можемо розрахувати таке співвідношення і отримати значення показника заломлення.

Б. Для кожного з чотирьох наведених рисунків отримуємо такі значення:

$$n_c = \frac{l_1}{l_2} = \frac{33}{24} = 1,38,$$

$$n_c = \frac{l_1}{l_2} = \frac{47}{34} = 1,38,$$

$$n_c = \frac{l_1}{l_2} = \frac{56}{39} = 1,44,$$

$$n_c = \frac{l_1}{l_2} = \frac{63}{45} = 1,40.$$

Тепер усереднимо дані чотирьох різних експериментів:

$$n_c = 1,40.$$

Судячи з розкиду отриманих числових значень, точність отриманого результату складає кілька сотих.

В. Точність цих вимірювань обумовлена знаходженням точки перетину променя з краєм області спостереження. Промінь має певну товщину, що знижує точність (сам промінь не дозволяє зчитати положення з сітки). Для її підвищення краще використовувати лінійку, яка дозволить знайти горизонтальну координату точніше, накресливши вертикальну лінію через точку перетину осі променя з краєм області. Ще кращого результату можна досягти, збільшивши зображення. Звичайно, покращило б точність і збільшення кількості експериментів. Слід зазначити, що отримані чотири значення показника заломлення мають різну точність: оскільки абсолютна похибка у вимірюванні кожного катета приблизно однакова (і дорівнює 1 мм), то вищу точність будуть мати вимірювання з найбільшими значеннями кутів падіння. В нашому випадку це останні експерименти.

Г. Для визначення показника заломлення диска можна опромінювати його бічну поверхню, поклавши диск на міліметрову сітку плоскою стороною. Хід променя буде видно подібно до описаних у попередніх пунктах задачі експериментів. Тоді можна скористатися аналогічною методикою, записати закон заломлення і виразити показник заломлення через відрізки l_1 та l_2 :

$$n_c = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{l_1}{l_2}.$$

Зрозуміло, що можна отримати максимум балів і за іншу обґрунтовану пропозицію.

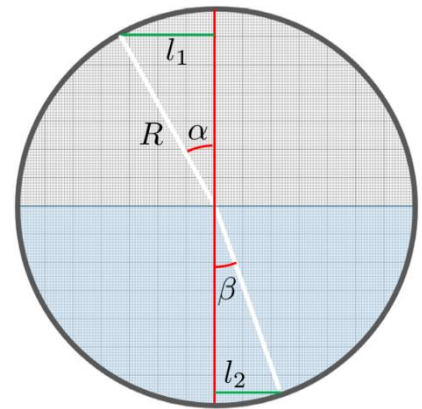
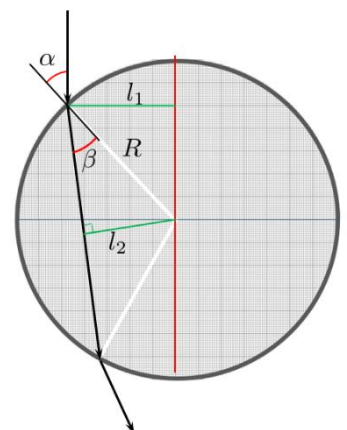


Рис. 1



Критерії оцінювання

А.	Посилання на закон заломлення	2 бали
	Перехід від синусів кутів до катетів	2 бали
	Опис послідовності вимірювань	1 бал
Б.	Визначення чотирьох значень показника заломлення	4 бали
	Усереднення чотирьох значень	2 бали
В.	Обговорення точності визначення точки перетину/збільшення зображення	1 бал
	Збільшення кількості вимірювань	1 бал
Г.	Ідея заломлення на бічній поверхні	2 бал