

§ 22. ПЛОСКЕ ДЗЕРКАЛО. ДЗЕРКАЛЬНЕ І РОЗСІЯНЕ ВІДБИВАННЯ СВІТЛА

■ Пам'ятаєте мультфільм (казку) про Крихітку Єнота, який хотів дістатися на другий берег ставка, але страшенно боявся Того, Хто Сидить у Ставку? Єнот робив по-всякому: і погрожував йому кулаком, і замахувався дрючком — усе марно. Щоразу Той, Хто Сидить у Ставку, відповідав Крихітці тим самим. І тільки усмішка розв'язала всі проблеми. У відповідь на усмішку Крихітки Єнота Той, Хто Сидить у Ставку, теж усміхнувся. Ви, звичайно, здогадалися, що в ставку Єнот бачив своє відображення.

1 Будемо зображення в плоскому дзеркалі

Кожного разу, підходячи до дзеркала, ми, як і Крихітка Єнот, бачимо в ньому свого «двійника». Звісно, ніякого «двійника» там немає — ми говоримо, що бачимо у дзеркалі своє зображення.

Розгляньмо, як утворюється зображення в плоскому дзеркалі.

Нехай із точкового джерела світла S на поверхню плоского дзеркала падає розбіжний пучок світла. Із множини променів, що падають, виділимо промені SO , SA , SB (рис. 3.24).

Користуючись законами відбивання світла, побудуємо відбиті промені OO_1 , AA_1 , BB_1 . Ці промені підуть розбіжним пучком. Якщо продовжити їх у протилежному напрямку, за дзеркало, усі вони перетнуться в одній точці — S_1 , що розташована за дзеркалом.

Нам буде здаватися, що ці промені виходять із точки S_1 , хоча в дійсності ніякого джерела світла в точці S_1 не існує. Тому точку S_1 називають *уявним зображенням точки S* . Плоске дзеркало завжди дає уявне зображення. (Дійсне зображення можна одержати, наприклад, за допомогою збиральної лінзи, з якою ви познайомитеся трохи згодом, або малого отвору.)

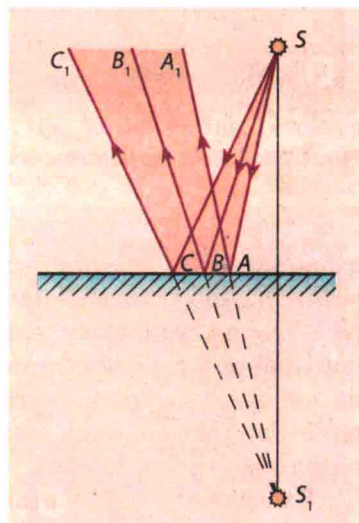


Рис. 3.24. Одержання зображення точкового джерела світла S у плоскому дзеркалі

2 Вивчаємо зображення в плоскому дзеркалі

Проведемо дослід, за допомогою якого з'ясуємо, як розташовані предмет і його зображення відносно дзеркала. Нехай у ролі



Рис. 3.25. Дослід, що пояснює особливості зображення предмета у плоскому дзеркалі

дзеркала буде плоске скло, закріплене вертикально. З одного боку скла встановимо палаючу свічку (у склі з'явиться її зображення), а з другого — точно таку саму, але не запалену (рис. 3.25, а). Пересуваючи незапалену свічку, знайдемо таке її розташування, що ця свічка, якщо дивитися на неї крізь скло, здаватиметься палаючою (рис. 3.25, б). У цьому випадку незапалена свічка виявиться в місці, де спостерігається зображення в склі запаленої свічки.

Схематично зобразимо на папері місце розташування скла (пряма MN), запаленої та незапаленої свічок: S — запалена свічка, S_1 — незапалена свічка (точка S_1 у нашому випадку показує також місце розташування зображення запаленої свічки) (рис. 3.25, в). Якщо тепер сполучити точки S і S_1 та провести необхідні вимірювання, то переконаємося, що пряма MN є перпендикулярною до відрізка SS_1 , а довжина відрізка SO дорівнює довжині відрізка S_1O .

Завдяки описаному досліді (а також безлічі інших, спрямованих на вивчення процесу відбивання світла) можна встановити загальні характеристики зображень у плоских дзеркалах:

- 1) *плоске дзеркало дає уявне зображення предмета;*
- 2) *зображення предмета в плоскому дзеркалі дорівнює за розміром самому предмету й розташоване на тій самій відстані від дзеркала, що й предмет;*
- 3) *пряма, яка сполучає точку на предметі з відповідною їй точкою на зображенні предмета в дзеркалі, є перпендикулярною до поверхні дзеркала.*

3 *Розрізняємо дзеркальне і розсіяне відбивання світла

Увечері, коли в кімнаті горить світло, ми можемо бачити своє зображення у віконному склі. Але зображення зникає, якщо зсунути штори: дивлячись на тканину, ми свого зображення не побачимо. То чим у цьому випадку відрізняється штора від скла і чому в ній не можна побачити свого зображення?

Відповідь на ці запитання пов'язана щонайменше з двома фізичними явищами. Перше з них — **відбивання світла**. Щоб з'явилося зображення, світло має відбитися від поверхні *дзеркально*. Після дзеркального відбивання світла, що надходить від точкового джерела S , продовження відбитих променів зберуться в одній точці S_1 , яка й буде зображенням точки S (рис. 3.26, а). Такий вид відбивання можливий не від усіх поверхонь, а тільки від дуже гладеньких. Така поверхня відбивання називається дзеркальною (рис. 3.26, б, в). Крім звичайного дзеркала, прикладами дзеркальних поверхонь є скло автомобілів, вітрин магазинів, поліровані меблі, ложки та леза ножів з іржестійкої сталі, спокійна поверхня води (як у випадку з Крихіткою Єнотом) тощо.

Якщо світло відбивається від нерівної, шорсткої поверхні, то таке відбивання називають *розсіяним*. У цьому випадку відбиті промені ніколи не зійдуться в одній точці й ніколи не зійдуться в одній точці їх продовження (рис. 3.27, а). Таким чином, у такій поверхні не можна отримати зображення. Прикладів поверхонь, що розсіюють світло, зрозуміло, набагато більше, ніж дзеркальних. Це і бетонна стіна, і стовбур

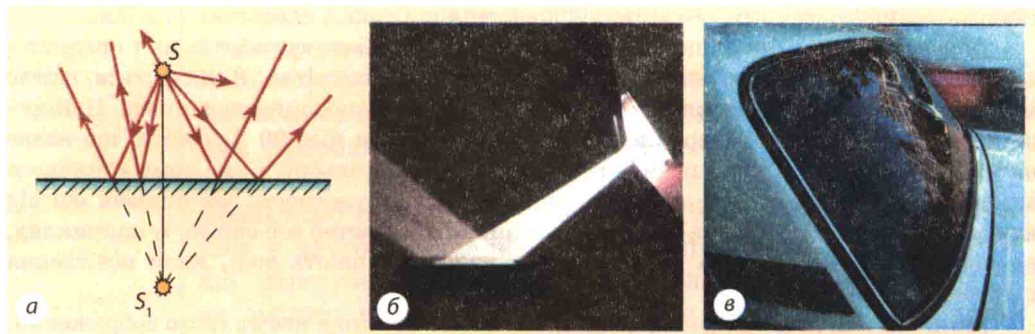


Рис. 3.26. Дзеркальне відбивання світла — відбивання світла від гладенької поверхні

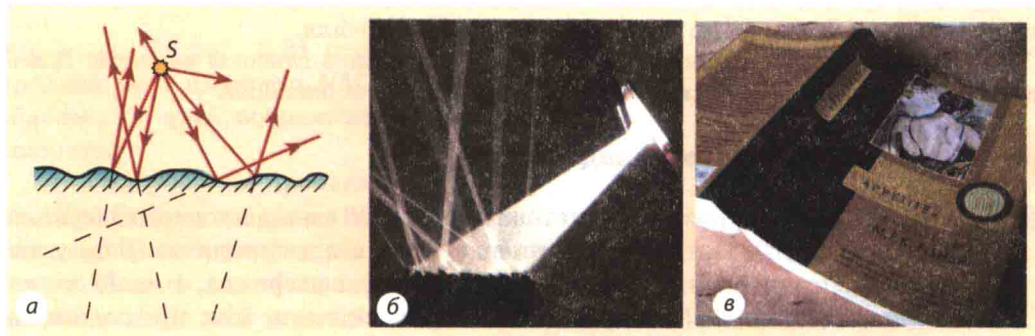


Рис. 3.27. Розсіяне відбивання світла — відбивання світла від нерівної, шорсткої поверхні

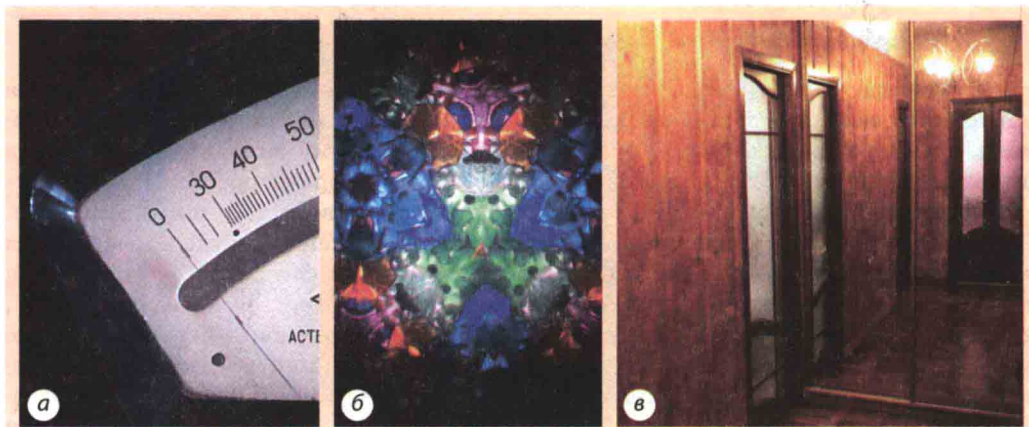


Рис. 3.28. Використання плоских дзеркал: *а* — застосування дзеркальної смуги в точних електровимірjuвальних приладах (у разі правильного відліку стрілка і її дзеркальне зображення зливаються); *б* — калейдоскоп (багаторазове відбивання в дзеркалах дрібних різнобарвних скелець веде до творення надзвичайно красивих візерунків, що змінюються внаслідок повертання калейдоскопа); *в* — дзеркало (зорово розширює простір)

дерева, і асфальтоване шосе. Навіть деякі гладенькі на дотик поверхні, наприклад шматок пластику або обкладинка книги (рис. 3.27, *б*, *в*), для світла є недостатньо гладенькими, шорсткими — світло відбивається від таких поверхонь розсіяно.

Друге фізичне явище, що впливає на можливість бачити зображення предметів за допомогою будь-яких фізичних тіл, — це **поглинання світла**. Виявляється, світло може не тільки відбиватися від фізичних тіл, але й поглинатися ними. Найкращий відбивач світла — дзеркало: воно відбиває більш ніж 90 % світла, що падає на нього. Добрими відбивачами є також тіла білого кольору. Саме тому сонячного зимового дня, коли все навколо біле від снігу, ми мружимося, захищаючи очі від яскравого світла. А от чорна поверхня поглинає практично все світло, і, наприклад, на чорний оксамит можна дивитися не мружачись навіть тоді, коли освітлення є дуже яскравим.

Білий аркуш добре відбиває світло, але ми не бачимо в ньому свого зображення, тому що поверхня паперу шорстка, отже, в цьому разі маємо справу з розсіяним відбиванням світла. А от поверхня чорного автомобіля в основному поглинає світло, але деяку його частину відбиває, причому дзеркально, бо поверхня автомобіля полірована, тобто досить гладенька. Саме тому ми можемо бачити своє зображення, щоправда, не дуже яскраве, у поверхні чорного автомобіля.

Дзеркальні поверхні широко використовуються ще з глибокої давнини. Деякі з прикладів застосування дзеркал сьогодні показано на рис. 3.28.

4

Вчимося розв'язувати задачі

Задача 1. Предмет був розташований на відстані 30 см від плоского дзеркала (позиція 1). Потім предмет пересунули від дзеркала на 10 см у напрямку, перпендикулярному до поверхні дзеркала, і на 15 см — паралельно їй (позиція 2). Яка була відстань між предметом та його зображенням у позиції предмета 1 і якою вона стала в позиції 2?

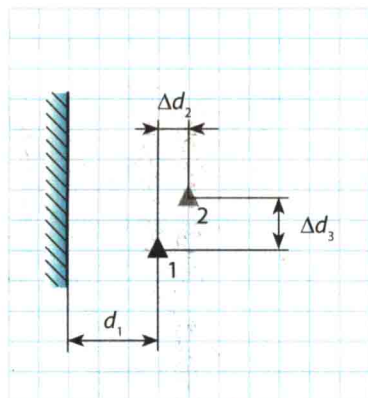


Рис. 3.29

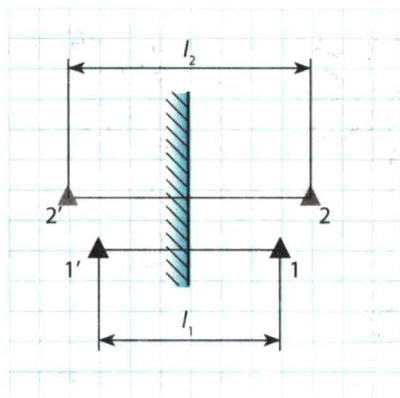


Рис. 3.30

Дано:

$$d_1 = 30 \text{ см}$$

$$\Delta d_2 = 10 \text{ см}$$

$$\Delta d_3 = 15 \text{ см}$$

$$l_1 = ?$$

$$l_2 = ?$$

Аналіз фізичної проблеми

Зробимо пояснювальне креслення, де позначимо відомі нам відстані (рис. 3.29). Знайдемо місце розташування зображення предмета для кожної із зазначених позицій предмета, ґрунтуючись на тому, що зображення предмета в плоскому дзеркалі розташоване на тій самій відстані від дзеркала, що і сам предмет (рис. 3.30).

Розв'язання

Визначимо відстань l_1 — між предметом та його зображенням у першому випадку (позиція предмета 1):

$$l_1 = 2d_1; \quad l_1 = 2 \cdot 30 \text{ см} = 60 \text{ см}.$$

Визначимо відстань l_2 — між предметом та його зображенням у другому випадку (позиція предмета 2), враховуючи, що пересування предмета паралельно поверхні дзеркала не змінює відстані між предметом та його зображенням:

$$l_2 = 2(d_1 + \Delta d_2); \quad l_2 = 2(30 \text{ см} + 10 \text{ см}) = 80 \text{ см}.$$

Відповідь: відстань від предмета до його зображення в позиції 1 дорівнює 60 см, у позиції 2 — 80 см.

Задача 2. На рис. 3.31 схематично зображено предмет BC і дзеркало NM . Знайдіть графічно область, із якої зображення предмета видно повністю.

Аналіз фізичної проблеми

Щоб бачити зображення певної точки предмета в дзеркалі, необхідно, щоб в око спостерігача відбилась хоча б частина з тих променів, які падають із цієї точки на дзеркало.

У нашому випадку в око мають відбитися промені, що виходять із крайніх точок предме-

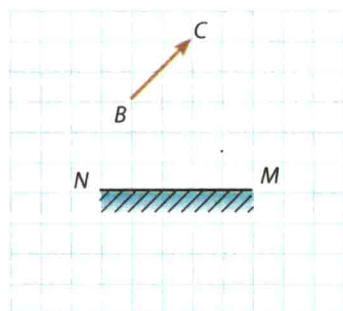


Рис. 3.31

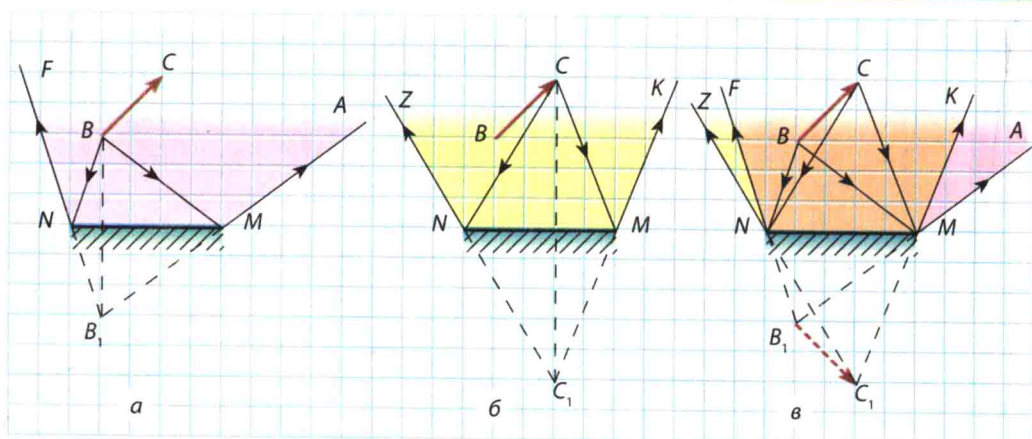


Рис. 3.32

та BC (зрозуміло, що за цієї умови в око відбиваються і промені, що виходять із усіх точок предмета).

Розв'язання та аналіз результатів

1. Побудуємо промені BM і BN , які падають на крайні точки дзеркала MN із точки B (рис. 3.32, а). Ці промені обмежують пучок усіх променів, що після відбивання в дзеркалі підуть розбіжним пучком і дадуть на своєму продовженні точку B_1 , яка є зображенням точки B у плоскому дзеркалі. Область, обмежена поверхнею дзеркала та променями, відбитими від крайніх точок дзеркала (промені MA і NF), і буде областю, з якої видно зображення B_1 точки B у дзеркалі.

2. Аналогічно побудувавши зображення C_1 точки C у дзеркалі, знайдемо область, із якої видно це зображення (рис. 3.32, б).

3. Бачити зображення всього предмета спостерігач може тільки в тому випадку, якщо в його око потрапляють промені, що дають обидва зображення — B_1 і C_1 (рис. 3.32, в). Отже, оранжева область — це область, із якої зображення предмета видно повністю.



ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Зображення предмета в плоскому дзеркалі є уявним, дорівнює за розміром предмету, розташоване на такій же відстані від дзеркала, що й сам предмет.

Розрізняють дзеркальне і розсіяне відбивання світла. У випадку дзеркального відбивання ми можемо бачити зображення предмета в дзеркалі, у випадку розсіяного відбивання зображення не спостерігається.



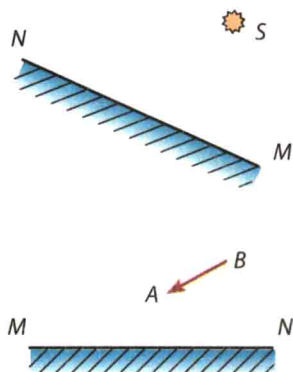
Контрольні запитання

1. Яке відбивання світла називається дзеркальним?
2. У якому випадку зображення називають уявним?
3. Які характеристики має зображення предмета в плоскому дзеркалі?
4. Чим розсіяне відбивання світла відрізняється від дзеркального?



Вправи

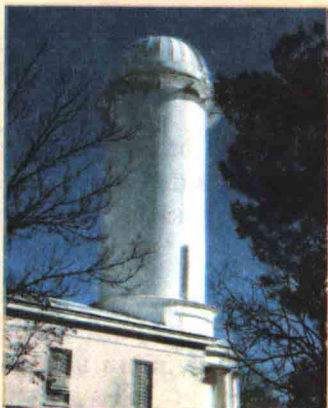
1. Людина стоїть на відстані 1,5 м від плоского дзеркала. На якій відстані від людини розташоване її зображення? Схарактеризуйте це зображення.
2. Водій автомобіля, глянувши в дзеркало заднього огляду, побачив у ньому пасажирів, який сидить на задньому сидінні. Чи може пасажир у цей момент, дивлячись у те саме дзеркало, побачити водія?
3. Ви прямуєте до дзеркальної вітрини зі швидкістю 4 км/год. З якою швидкістю до вас наближається ваше зображення? На скільки скоротиться відстань між вами і вашим зображенням, коли ви пройдете 2 м?
4. У щеняти, що сидить перед дзеркалом, підняте праве вухо. Яке вухо підняте у зображення щеняти в дзеркалі?
5. На рисунку зображено світну точку S і дзеркало MN . Побудуйте зображення точки в дзеркалі, укажіть область, із якої видно це зображення. Які зміни спостерігатимуться, якщо дзеркало поступово закрутити неперпендикулярно до площини падаючого променя?
6. Побудуйте зображення відрізка AB у плоскому дзеркалі MN (див. рисунок). Знайдіть графічно область, із якої відрізок видно повністю.
7. Узимку, коли земля вкрита снігом, місячні ночі набагато світліші. Чому?
8. Чому вночі у світлі фар автомобіля калюжа на асфальті здається водієві темною плямою на світлішому тлі?
9. Уявіть, що поверхні всіх тіл відбивають світло дзеркально. Що б ми побачили навколо?



Експериментальне завдання

Візьміть будь-який предмет (наприклад олівець) і два плоских дзеркала. Розташуйте дзеркала під прямим кутом відбиваючими поверхнями одне до одного і покладіть між ними предмет. З'ясуйте, скільки зображень предмета можна дістати за допомогою такої системи дзеркал. Результат досліду поясніть за допомогою схематичного рисунка. Як змінюватиметься кількість зображень предмета в разі збільшення (зменшення) кута між дзеркалами?

Фізика й техніка в Україні



Кримська (Симеїзька) обсерваторія

На початку XX століття астрономія впритул підійшла до вивчення фізичної природи зір. Виникла нова галузь науки — астрофізика. Проте з'ясувалося, що для астрофізичних досліджень головна обсерваторія Російської імперії (Пулковська в Петербурзі) є непридатною через погодні умови: темними зимовими ночами небо майже завжди закрите хмарами, а влітку, в період «білих ночей», воно настільки світле, що неможливо застосувати основний метод астрофізики — спектроскопію зір.

Тому було створено обсерваторію на півдні — Кримську (Симеїзьку). Спочатку основним напрямом її роботи було спостереження малих планет. Хоч обсерваторія в Симеїзі мала дуже маленький астрограф, за числом спостережень малих планет і відкритих астероїдів вона посідала

друге місце у світі, поступаючись лише Гейдельберзькій обсерваторії (Німеччина).

Після Другої світової війни головним телескопом обсерваторії став рефлектор із дзеркалом діаметром 2,5 м. Він почав працювати в 1961 році й згодом отримав ім'я свого розробника — академіка Г. А. Шайна. Успішна робота автоматичних систем на телескопі Шайна та інших телескопах Кримської обсерваторії привела до ідеї створення повністю автоматизованого телескопа із дзеркалом діаметром 1,25 м, що став до ладу в 1980 році.

Нині обсерваторія бере участь у міжнародній програмі «Спектр», дослідження якої охоплюють дуже широкий діапазон хвиль — від рентгенівських до радіохвиль.