

Міністерство освіти і науки України
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка
Кафедра фізики та інформаційних систем

«До захисту допускаю»
Завідувач кафедри фізики та інформаційних систем,
кандидат фізико-математичних наук, доцент
_____ Віталій ГОЛЬСЬКИЙ
«_____» _____ 2025 р.

**Вивчення законів геометричної оптики в
зкладах загальної середньої освіти**

Спеціальність 014 Середня освіта (за предметними спеціальностями)
Предметна спеціальність: 014.08 Середня освіта (Фізика та астрономія)
Додаткова предметна спеціальність: 014.04 Середня освіта (Математика)

Магістерська робота

на здобуття кваліфікації
**Магістр середньої освіти. Вчитель фізики та астрономії, вчитель
математики**

Автор роботи:
РОМАНОВИЧ Оксана-Діана Іванівна

підпис

Науковий керівник:
доктор фізико-математичних наук, професор
СТОЛЯРЧУК Ігор Дмитрович

підпис

Дрогобич, 2025

А Н О Т А Ц І Я

Романович О-Д.І. Вивчення законів геометричної оптики в закладах загальної середньої освіти. Магістерська робота, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Дрогобич, 2025 р.

В роботі представлено методику використання демонстраційного експерименту при вивченні законів геометричної оптики в курсі фізики в закладах загальної середньої освіти. Проаналізовано прийоми та методи використання демонстрацій при вивченні геометричної оптики. Здійснено відбір демонстрацій та розроблено методичні підходи до їх використання у процесі формування предметної компетентності учнів. Продемонстровано можливість підвищення ефективності засвоєння матеріалу на прикладі розв'язування різних типів задач на різних етапах навчальної діяльності учнів.

A B S T R A C T

Romanovych O-D.I. Studying the laws of geometric optics in secondary education institutions. Master's thesis, Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, 2025.

The presents a methodology for using a demonstration experiment when studying the laws of geometric optics in a physics course at school. The techniques and methods of using demonstrations when studying geometric optics are analyzed. Demonstrations are selected and methodological approaches to their use in the process of forming students' subject competence are developed. The possibility of increasing the efficiency of material acquisition is demonstrated using the example of solving different types of problems at different stages of students' educational activities.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Розділ 1. Геометрична оптика в курсі фізики закладів загальної середньої освіти.....	8
1.1. Основні закони геометричної оптики.....	9
1.1.1. Відбивання світла	12
1.1.2. Закони відбивання світла при вивченні сферичних дзеркал.....	17
1.1.3. Заломлення світла	23
1.2. Лінзи.....	27
1.3. Око як оптична система.....	32
Розділ 2. Демонстраційний експеримент при вивченні геометричної оптики.....	36
2.1. Демонстраційний експеримент при вивченні закону відбивання світла.....	36
2.2. Демонстраційний експеримент при вивченні законів заломлення	43
Розділ 3. Методика розв'язування задач з геометричної оптики.....	48
3.1. Задачі на відбивання світла	48
3.2. Задачі на заломлення світла.....	54
3.3. Якісні задачі з геометричної оптики.....	59
3.4. Задачі на побудову ходу променів	65
Висновки.....	70
Список використаних джерел.....	71

ВСТУП

Щоб з'ясувати природу світла знадобилося багато століть. Протягом цього часу відбулася зміна численних гіпотез. Оптика спочатку вважалася дисципліною, що досліджує процеси бачення. Сьогодні оптика є окремою галуззю фізики, яка займається дослідженням явищ і закономірностей, пов'язаних із виникненням, поширенням та взаємодією електромагнітних хвиль видимої ділянки спектра.

Світло є різновидом електромагнітного випромінювання і має всі характерні властивості електромагнітних хвиль, що дозволяє вирішувати завдання оптики, спираючись на принципи хвильової теорії. Однак такий підхід потребує застосування складного математичного апарату, що значно ускладнює процес. З цієї причини, для задач, пов'язаних із побудовою зображень у дзеркалах і лінзах, а також розрахунком оптичних приладів, на практиці використовуються методи геометричної оптики, яку також називають променевою оптикою.

Вивчення світлових явищ має важливе освітнє, технічне та виховне значення. Наше сприйняття навколишнього світу значною мірою залежить від світла та зорових відчуттів. Функціонування оптичної й освітлювальної техніки базується також і на законах геометричної оптики. Знання цих фундаментальних основ необхідні учням для успішного засвоєння інших розділів фізики, таких, наприклад як хвильова та квантова оптики.

Вивчення світла є однією з ключових галузей сучасної фізики. Оптичні феномени тісно взаємопов'язані з явищами, які досліджуються іншими розділами фізики, а методи оптичного аналізу належать до найточніших і найдетальніших засобів наукового дослідження. Проте, попри значну роль оптики та її технічних застосувань, цей розділ фізики представлений у загальноосвітній школі недостатньо. Хоча програма з фізики для шкіл включає необхідний обсяг знань із оптики, методика її викладання, зокрема геометричної оптики, потребує суттєвого вдосконалення.

У вивченні законів геометричної оптики можна виділити дві ключові проблеми, які необхідно детально пояснити учням: як світло поширюється в однорідному середовищі та його поведінка на межі двох середовищ. Основними темами у цьому розділі є: прямолінійне поширення світла, закони відбивання та заломлення. Інші розділи навчальної програми з фізики ґрунтуються на цих базових принципах.

Важливо формувати в учнів чітке розуміння законів геометричної оптики, що дозволить створити базис для вивчення хвильової оптики та розуміння учнями взаємозв'язку між хвильовою та геометричною оптикою і пояснювати межі їх застосування. Саме прості та наочні демонстрації під час розгляду тем даного розділу дозволяють сформувати в учнів глибокі знання та вміння використовувати їх на практиці.

Виходячи із актуальності досліджень була сформульована **мета даної роботи:** визначити методичні шляхи підвищення ефективності та поглиблення розуміння фізичних закономірностей, що лежать в основі законів геометричної оптики у процесі формування предметної компетентності учнів.

Об'єкт дослідження: процес вивчення законів геометричної оптики у закладах загальної середньої освіти.

Предмет дослідження: фізичні закономірності, що визначають процеси відбивання світла від плоских і сферичних поверхонь, заломлення світлового променя на межі розподілу двох середовищ, а також практичне застосування законів геометричної оптики в розв'язанні оптичних задач.

У відповідності до поставленої мети були сформульовані **завдання дослідження:**

1. Розглянути основні положення законів відбивання світла від плоских і сферичних поверхонь.
2. Дослідити явища, що виникають під час відбивання та заломлення світла, а також їхній зв'язок із законами геометричної оптики.
3. Проаналізувати методи демонстрації законів відбивання та заломлення світла

у навчальному процесі.

4. Розглянути практичні задачі, пов'язані з відбиванням та заломленням світла, та способи їх розв'язання.

У даній магістерській роботі детально висвітлюються основні теоретичні положення, супроводжувані прикладами та демонстраціями. Структура роботи включає три розділи, кожен з яких присвячений окремому аспекту дослідження законів геометричної оптики: від основних положень до їх практичного застосування у розв'язуванні задач, висновки та список використаної літератури із 17 джерел. Матеріал магістерської роботи проілюстровано 64 рисунками.

Матеріали дослідження доповідались і отримали позитивну оцінку на XII-й Міжнародній науково-практичній конференції викладачів та студентів факультету фізики, математики, економіки та інноваційних технологій Дрогобицького державного педагогічного університету ім. І. Франка (м. Дрогобич, 2025)

Розділ 1. Геометрична оптика в курсі фізики закладів загальної середньої освіти

Світ, який нас оточує, насичений світлом. Саме завдяки світлу ми сприймаємо форму, кольори та рух предметів, що нас оточують. Від мерехтіння зірок у нічному небі до яскравих ліхтарів автомобілів — світло є незмінною складовою нашого життя. Проте як саме світло взаємодіє з середовищем?

Як воно допомагає нам бачити, формувати зображення в наших очах чи на об'єктивах камер? На ці питання дає відповіді розділ фізики, відомий як геометрична оптика.

Геометрична оптика представляє собою захопливу галузь науки, що досліджує поширення світла в різних матеріалах і просторах. Заснована на простій, але ефективній моделі, вона розглядає світло як набір ідеалізованих прямих променів, які вказують напрямок руху енергії. Такий підхід дозволяє глибше зрозуміти ключові явища, як-от відбиття, заломлення та формування зображень, без необхідності занурюватися в складну хвильову чи квантову природу світла.

Занурюючись у дослідження геометричної оптики, ми не лише краще розуміємо механізм зору — одного з найважливіших способів сприйняття навколишнього світу. Ми також створюємо базові знання для розуміння роботи численних оптичних пристроїв, які є невід'ємними в сучасному технологічному середовищі. Це можуть бути прості дзеркала, завдяки яким ми бачимо своє відображення, збільшувальні лінзи, що відкривають деталі мікроскопічного світу, телескопи для дослідження космосу чи мікроскопи, які допомагають поглянути всередину клітин. Геометрична оптика дає змогу усвідомити принципи функціонування проєкторів, камер, волоконно-оптичних систем зв'язку та інших технологій, що базуються на контролі поширення світла.

Ця галузь фізики є першим кроком до глибшого розуміння фантастичних можливостей оптики, де світло стає не лише фізичним явищем, а й цінним інструментом для досліджень і впровадження новітніх технологій.

1.1. Основні закони геометричної оптики

Геометрична оптика — це розділ науки про світло, який досліджує закони поширення світлової енергії в прозорих середовищах, спираючись на концепцію світлового променя. Вона базується на трьох основних законах:

1. Закон прямолінійного поширення світла;
2. Закон відбивання світла;
3. Закон заломлення світла.

Ключовими поняттями цього розділу фізики є світловий промінь і пучок променів. Світловий промінь завжди має певну ширину й позначає напрямок перенесення енергії в межах пучка, його вісь. Якщо всі промені в пучку розходяться з однієї точки чи сходяться в ній, такий пучок називається гомоцентричним; до них належать розбіжні, збіжні й паралельні пучки. Геометрична оптика також розглядає світловий промінь як вузький пучок світла, який можна вважати майже не розбіжним у межах зони дослідження.

Розглянемо основні закони геометричної оптики:

1. Закон прямолінійного поширення світла

Цей закон був відкритий задовго до встановлення природи світла й стверджує: у оптично однорідному середовищі світло поширюється прямолінійно. Оптично однорідне середовище характеризується постійною швидкістю поширення світла в ньому. Якщо ж існують дві області з різними швидкостями світла, середовище з меншою швидкістю називається більш оптично густим, а з більшою — менш оптично густим.

Прямолінійність руху світла підтверджується утворенням тіні. При розміщенні непрозорого предмета між джерелом світла й екраном на ньому утворюється темне зображення — тінь, яка є областю простору без надходження світлової енергії. Якщо джерело має не точковий, а протяжний характер, утворюється також півтінь — область, куди потрапляє частина енергії. Ці явища пояснюють сонячні й місячні затемнення.

Під час сонячного затемнення тінь від Місяця перекриває певну ділянку Землі, створюючи повне затемнення (рис.1.1). У зоні півтіні люди можуть

бачити лише часткове закриття Сонця. Аналогічно, місячне затемнення виникає, коли Місяць потрапляє в тінь від Землі (рис.1.2).

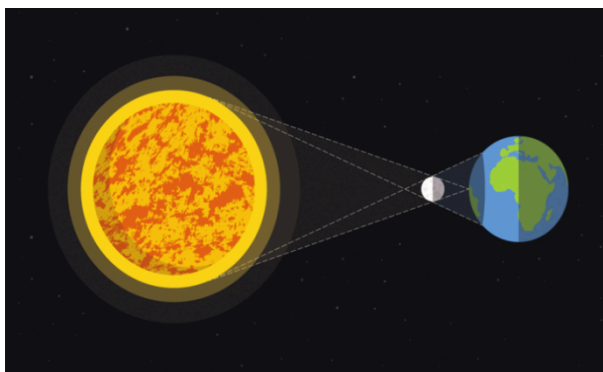


Рис.1.1

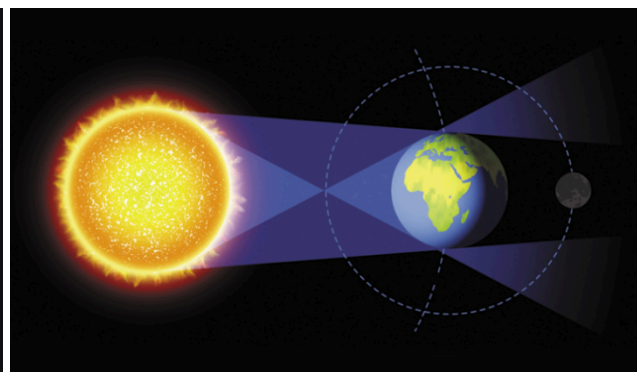


Рис.1.2

2. Закон відбивання світла

Відбивання світла — доволі буденне явище, адже ми стикаємося з ним щодня: спостерігаючи своє відображення у дзеркалі, на водній поверхні тощо. Закон збереження енергії проявляється тут у поділі світлового пучка на відбитий і заломлений частини.

Якщо направити вузький промінь світла на межу розділу двох середовищ, частина його буде відбиватися, а інша — переходити до другого середовища (наприклад, з повітря у воду),(рис.1.3). Геометрично це зображається перпендикуляром до межі розділу (лінія MN), падаючим променем (S), відбитим променем (S₁) і заломленим променем (S₂). Кут падіння (α), кут відбивання (β) і кут заломлення (γ) визначаються відповідно до положення цих променів.

Закон відбивання світла був сформульований ще давньогрецьким ученим Евклідом і стверджує:

1. Падаючий і відбитий промені лежать в одній площині з перпендикуляром до поверхні падіння;
2. Кут падіння дорівнює куту відбивання.

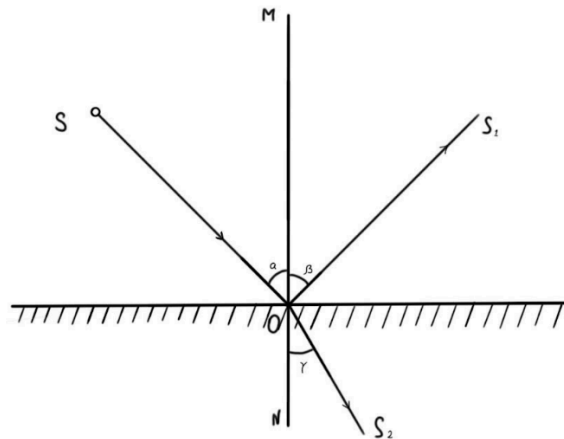


Рис. 1.3

За допомогою дзеркала на оптичній шайбі (шайбі Гартля) можна продемонструвати зворотність світлових променів. Якщо падаючий промінь спрямувати шляхом відбитого променя, то відбитий промінь піде шляхом падаючого (рис. 1.4).



Рис.1.4

На основі демонстраційного експерименту та креслень можна сформулювати **закони заломлення світла**:

1. Падаючий промінь, заломлений промінь і перпендикуляр до межі розділу середовищ, опущений у точці падіння, лежать в одній площині.
2. Відношення синуса кута падіння до синуса кута заломлення для двох даних середовищ є величина сталою, що залежить лише від оптичних властивостей цих середовищ:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{2,1}$$

де $n_{2,1}$ — відносний показник заломлення другого середовища відносно першого.

1.1.1. Відбивання світла

Закони відбивання світла від плоскої поверхні є одними з основних законів оптики. Ці закони є універсальними і діють для будь-якої плоскої поверхні, незалежно від матеріалу, з якого вона зроблена. Вивчення законів відбивання є важливим для розуміння основ геометричної оптики та побудови оптичних приладів.

В однорідному прозорому середовищі світло поширюється прямолінійно. Якщо на шляху його поширення знаходиться якесь тіло, частина світла відбивається від цього тіла згідно з певними законами. Частина з відбитих променів досягають наших очей, завдяки чому ми бачимо це тіло.

Щоб встановити закони відбивання світла, скористаємося спеціальним приладом — шайбою Гартля(рис.1.5). Спочатку закріпимо дзеркало в центрі шайби, а потім направимо на нього вузький пучок світла від освітлювача так, щоб на поверхні шайби утворилася світла смужка. Ми побачимо, що відбитий пучок також створює на поверхні шайби світлу смужку.

Направимо пучок світла у вигляді променя SO , який називають падаючим променем. Промінь OK , який відповідає напрямку відбитого світлового пучка, називають відбитим променем .



Рис.1.5. Шайба Гартля для демонстрації падаючого і відбитого променів

З точки O , де падає промінь, проведемо перпендикуляр OV до поверхні дзеркала, на яку падає світло. Перпендикуляр OV , падаючий промінь CO та відбитий промінь OK лежать у площині поверхні шайби.

Кут α , який утворюється між падаючим променем CO та перпендикуляром OV , називається кутом падіння. Кут β , який утворюється між відбитим променем OK і перпендикуляром OV , називається кутом відбивання.

Якщо виміряти кути α та β , можна впевнитися, що вони рівні. Пересунувши джерело світла на край диска, змінюємо кут падіння пучка світла. Відповідно, змінюється і кут відбивання.

Пересуваючи джерело світла і періодично вимірюючи кути падіння й відбивання, можна переконатися, що ці кути завжди рівні.

Таким чином, після проведених експериментів, можна зробити наступні висновки:

1. Перший закон: падаючий промінь, відбитий промінь і перпендикуляр до поверхні, проведений з точки падіння променя, лежать в одній площині.

2. Другий закон: кут падіння світла дорівнює куту відбивання.

Закони відбивання світла були встановлені ще у III столітті до нашої ери Евклідом. За допомогою дзеркала на оптичній шайбі можна також продемонструвати ще одну важливу особливість. А саме, оборотність світлових променів. Якщо вздовж траєкторії відбитого променя світловий пучок направити у зворотному напрямку, то відбитий промінь піде шляхом, який раніше проходив падаючий промінь.

Увечері, коли в кімнаті ввімкнене світло, ми можемо побачити своє відображення у віконному склі. Проте це зображення зникає, якщо закрити штори: дивлячись на тканину, ми не бачимо свого відображення. Чому штора відрізняється від скла і чому в ній не можна побачити свого зображення?

Відповідь пов'язана з двома фізичними явищами. Перше — це відбивання світла. Для того, щоб виникло зображення, світло повинно відбитися дзеркально. Після дзеркального відбивання світла, яке надходить від точкового джерела S , продовження відбитих променів зберуться в одній точці

S_1 , яка і є зображенням точки S . Таке відбивання можливе лише від дуже гладких поверхонь, які називаються дзеркальними (рис.1.6).

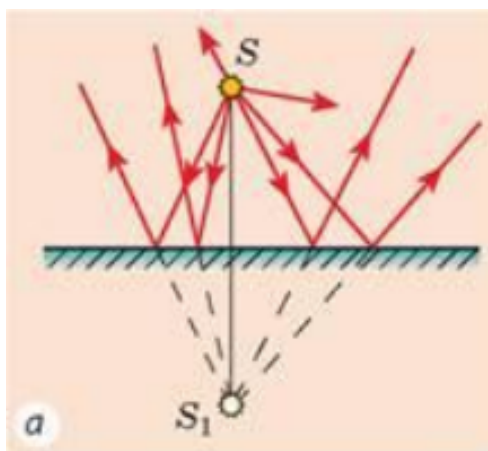


Рис.1.6.Відбивання світла від рівної поверхні

Якщо світло відбивається від нерівної, шорсткої поверхні, таке відбивання називається розсіяним (рис.1.7). У цьому випадку відбиті промені не сходяться в одній точці, і їхні продовження також не зустрічаються в одній точці. Тому зображення на такій поверхні утворити неможливо.

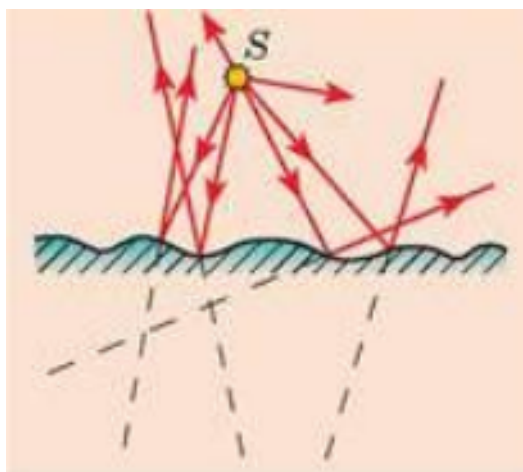


Рис.1.7.Відбивання світла від нерівної поверхні

Іншим фізичним явищем, яке впливає на здатність бачити зображення предметів через різні фізичні тіла, є поглинання світла. Світло не тільки відбивається від об'єктів, але й може ними поглинатися. Найкращим відбивачем світла є дзеркало, яке відбиває близько 90% світла, що на нього падає. Натомість чорна поверхня майже повністю поглинає світло. Для глибокого

розуміння явища відбивання світла, слід почати його вивчення із розуміння формування зображення у плоскому дзеркалі .

Плоске дзеркало — це дзеркало, в якому є рівна площина відбиваючої поверхні. Такі пристрої змінюють не конфігурацію світлових пучків, а лише їхній напрямок поширення внаслідок явища відбивання. Сумісна дія дзеркала й ока людини дає змогу бачити зображення предметів, від яких на дзеркало падають світлові пучки.

Нехай від точкового джерела світла S на поверхню плоского дзеркала падає розбіжний пучок світла(рис.1.8). З множини променів, що падають, виділимо промені SC , SA , SB . Використовуючи закони відбивання світла, побудуємо відбиті промені CC_1 , BB_1 , AA_1 . Ці промені також утворюватимуть розбіжний пучок. Якщо продовжити їх у протилежному напрямку за дзеркало, усі вони перетнуться в одній точці S_1 , яка знаходиться за дзеркалом.

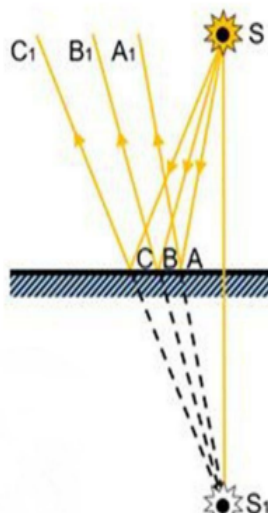


Рис.1.8. Демонстрація для формування зображення у плоскому дзеркалі

Для спостерігача видаватиметься, що ці промені виходять із точки S_1 , хоча насправді джерела світла в точці S_1 не існує. Тому точка S_1 називається уявним зображенням точки S . Плоске дзеркало завжди утворює уявне зображення.

Проведемо експеримент, щоб визначити, як розташовані предмет і його зображення відносно дзеркала. Для цього використаємо плоске скло,

встановлене вертикально, яке виконуватиме роль дзеркала, дві свічки, сірники та лінійку(рис. 1.9).

Якщо запалити свічку й поставити її перед склом, то у склі побачимо її зображення. За склом поставимо таку саму незапалену свічку й пересуватимемо її вздовж лінійки доти, поки вона стане здаватися запаленою. Це означає, що незапалена свічка та зображення запаленої свічки збігаються.

Якщо тепер виміряти відстані від запаленої свічки до скла і відстань від скла до незапаленої свічки, то вони будуть однаковими (рис. 1.10).

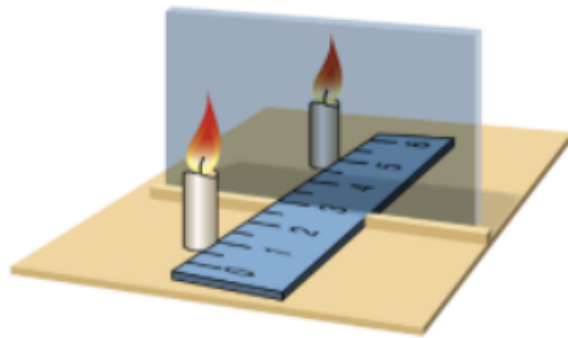


Рис.1.9.Демонстрація експерименту по визначенню розташування предмета і зображення

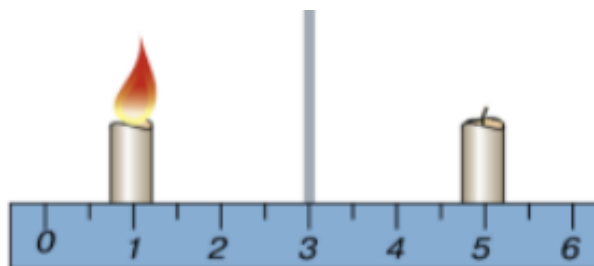


Рис.1.10.Схематичне зображення визначення відстаней у описаному досліді

Завдяки цьому експерименту можна визначити загальні характеристики зображень у плоских дзеркалах:

1. плоске дзеркало формує уявне зображення предмета;
2. зображення предмета в плоскому дзеркалі дорівнює за розміром самому предмету й знаходиться на такій самій відстані від дзеркала, як і сам предмет;

3. пряма, що сполучає точку предмета з відповідною точкою на його зображенні в дзеркалі, є перпендикулярною до поверхні дзеркала.

Закони відбивання світла широко використовуються в оптичних приладах. Зокрема, вони лежать в основі роботи дзеркал, телескопів, мікроскопів та інших пристроїв, що використовують світлові промені для отримання зображень. Знання законів відбивання допомагає також у створенні сучасних систем освітлення та різноманітних оптичних інструментів, які забезпечують передачу зображень.

1.1.2. Закони відбивання світла при вивченні сферичних дзеркал

Закони відбивання світла є універсальними для будь-яких поверхонь, включаючи плоскі й криві дзеркала. Особливу увагу серед кривих поверхонь привертають дзеркала, які мають сферичну форму та поділяються на два основні типи: увігнуті й опуклі дзеркала. Сферичні дзеркала мають свої особливості відбивання світла, які відрізняються від плоских дзеркал через кривизну їхньої поверхні. Ця особливість визначає утворення зображень і напрямки відбитих променів.

Сферичні дзеркала є сегментами сферичної поверхні, що мають різні оптичні властивості в залежності від їхньої кривизни. Існує два основних типи сферичних дзеркал:

- увігнуті дзеркала — це дзеркала, внутрішня сторона яких відбиває світло. Вони мають властивість фокусувати паралельні промені в одну точку, яка називається фокусом.
- опуклі дзеркала — це дзеркала, зовнішня сторона яких є відбивною. Опуклі дзеркала розсіюють світло, і зображення в них завжди зменшене та уявне.

Обидва типи сферичних дзеркал утворюють зображення, проте спосіб утворення та властивості зображень у цих дзеркалах різняться, що обумовлюється їхньою геометрією та закономірностями відбивання світла.

Закони відбивання світла для сферичних дзеркал залишаються такими ж, як і для плоских дзеркал. Проте через кривизну поверхні сферичного дзеркала

виникають певні особливості. Для їх кращого розуміння варто детально розглянути, як ці закони проявляються при взаємодії світлових променів із сферичними дзеркалами.

Ключовими поняттями при вивченні сферичних дзеркалах є **фокус** та **центр кривизни**.

• **Фокус** — це точка, в якій збираються паралельні до головної оптичної осі промені після відбивання від дзеркала (для увігнутих дзеркал) або з якої, здається, виходять відбиті промені (для опуклих дзеркал).

• **Центр кривизни** — це точка, яка є центром сфери, частиною якої є дзеркало. Відстань від дзеркала до центру кривизни дорівнює радіусу кривизни.

Для увігнутого дзеркала фокус лежить перед дзеркалом, а для опуклого — за ним. Відстань між дзеркалом і фокусом називається фокусною відстанню, яка дорівнює половині радіуса кривизни.

Оптичний центр дзеркала — точка, проходячи через яку промінь повертається після відбивання у зворотному напрямі.

Полюс сферичного дзеркала — середина дзеркала, вершина (полюс) сферичного сегмента.

Геометрична оптика зазвичай розглядає параксіальні промені, для яких можуть бути застосовані формули, що вводяться при побудові зображень.

Параксіальний пучок променів — світловий пучок, у якому промені напрямлені під дуже малими кутами до осі оптичної системи.

Вісь оптичної системи — загальна вісь обертання поверхонь, що складають центровану оптичну систему.

Головна оптична вісь — пряма, яка проходить через центр сферичної поверхні і полюс дзеркала.

Головний фокус дзеркала — точка, у якій після відбивання перетинаються всі промені або їх продовження, що падають на дзеркало паралельно головній оптичній осі. Фокус увігнутого дзеркала дійсний, опуклого дзеркала — уявний.

Побічна оптична вісь — будь-яка пряма, що проходить через оптичний центр дзеркала.

Фокальна площина — площина, перпендикулярна до головної оптичної осі, яка проходить через головний фокус.

Радіус (кривизни) дзеркала — R .

Фокусна відстань (f) — відстань від полюса дзеркала до головного фокуса F .

Якщо радіус сфери (дзеркала) R , то фокусна відстань: $f = \frac{R}{2}$

Оптична сила дзеркала: $D = \frac{1}{f}$

Одиниця — діоптрія, дптр = m^{-1}

Збільшення (лінійне): $k = \frac{h'}{h} = \frac{a_2}{a_1}$

h — висота (лінійний розмір) предмету;

h' — висота (відповідний лінійний розмір) зображення;

a_1 — відстань від полюса дзеркала до предмету;

a_2 — відстань від полюса дзеркала до зображення.

Формула сферичного дзеркала: $\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = \frac{1}{f}$

Важливим питанням для використання цих формул є вибір знаків перед кожним доданком.

1. Для відстаней до уявних зображень беремо знак «мінус», до дійсних зображень — знак «плюс».

2. Для відстаней, що відраховуються від полюсу дзеркала до предмету або зображення за ходом падаючого променя беремо знак «плюс», проти ходу падаючого променя — знак «мінус».

Формула однакова для обох способів вибору знаків. При дійсному зображенні в способі 1 усі величини в формулі мають знак «плюс», в способі 2 — знак «мінус», оскільки дійсне зображення розташовується з того ж боку від

дзеркала, що і сам предмет. Відповідно відрахування відрізків іде від полюса дзеркала проти напрямку променів, що падають на дзеркало.

Отже, усі знаки «-» можна замінити на «+». При уявному зображенні знаки також співпадають для обох способів.

Перший закон відбивання:

Падаючий промінь, відбитий промінь і перпендикуляр до поверхні дзеркала в точці падіння променя лежать в одній площині.

Для сферичних дзеркал перпендикуляром до поверхні в точці падіння є пряма, що проходить через центр сфери, до якої належить дзеркало. Увігнуте дзеркало збирає паралельні промені у фокусі, що лежить на головній оптичній осі дзеркала. Опукле дзеркало, навпаки, розсіює промені, а фокус уявно знаходиться за дзеркалом.

Якщо паралельний пучок променів є під кутом до головної осі, то відбите проміння збирається у побічному фокусі (рис. 1.11).

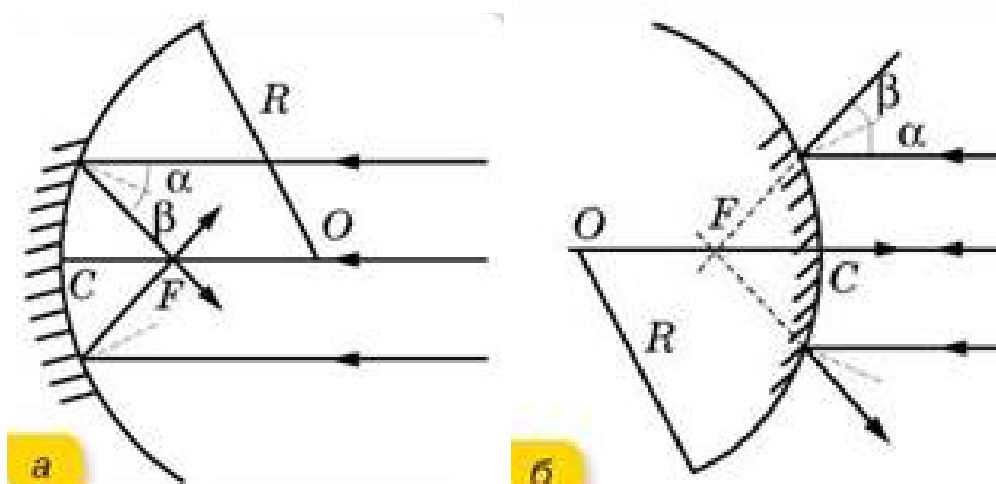


Рис.1.11. Утворення зображень в увігнутому (а) та опуклому (б)

Другий закон відбивання:

Для сферичних дзеркал також справджується другий закон відбивання: кут падіння дорівнює куту відбивання.

Проте через кривизну поверхні напрямки падаючих і відбитих променів змінюється в залежності від місця, де промінь взаємодіє з дзеркалом. Ця особливість впливає на те, як формуються зображення в увігнутих та опуклих

дзеркалах.

Увігнуті дзеркала мають важливу властивість збирати паралельні промені у фокусі, що дозволяє утворювати як дійсні, так і уявні зображення залежно від відстані предмета до дзеркала. Розглянемо процес утворення зображення в увігнутому дзеркалі на прикладі кількох випадків:

- коли предмет знаходиться за центром кривизни дзеркала, зображення утворюється між фокусом і центром. Це зображення є дійсним, перевернутим та зменшеним(рис.1.12).

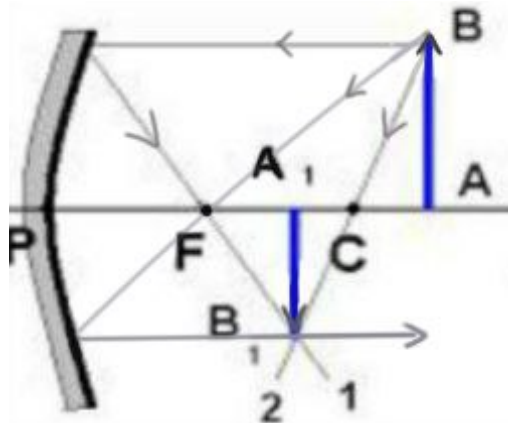


Рис.1.12.Формування зображення предмета,який знаходиться за центром кривизни дзеркала

- коли предмет розташований між фокусом і центром кривизни, то у цьому випадку зображення утворюється за центром кривизни дзеркала. Воно також є дійсним і перевернутим, проте збільшеним у порівнянні з предметом (рис.1.13).

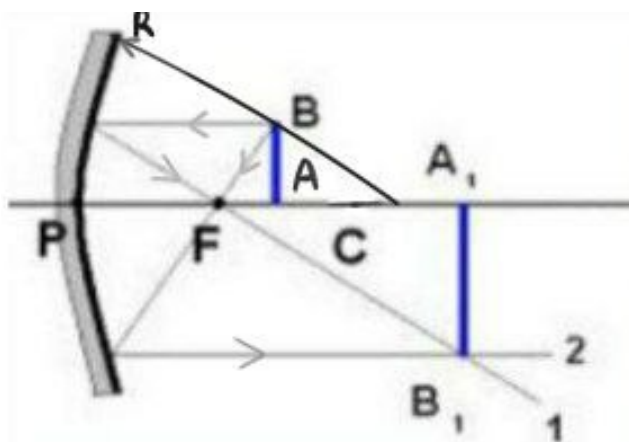


Рис.1.13.Формування зображення предмета,який розташований між фокусом і центром кривизни

- коли предмет знаходиться між фокусом і дзеркалом, утворюється уявне, збільшене і пряме зображення за дзеркалом. Це властивість увігнутого дзеркала використовується в багатьох оптичних приладах, таких як косметичні дзеркала або рефлектори(рис.1.14).

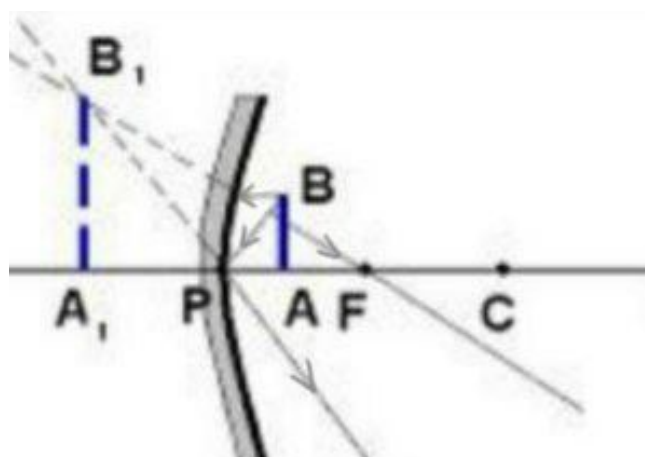


Рис.1.14. Формування зображення предмета,який знаходиться між фокусом і дзеркалом

Опуклі дзеркала завжди дають уявні, прямі та зменшені зображення, незалежно від того, де розташований предмет(рис.1.15). Це зумовлено тим, що промені світла, відбиті від опуклої поверхні, розходяться. Оптична система, продовження відбитих променів яких перетинається в уявному фокусі за дзеркалом, утворює уявне зображення предмета.

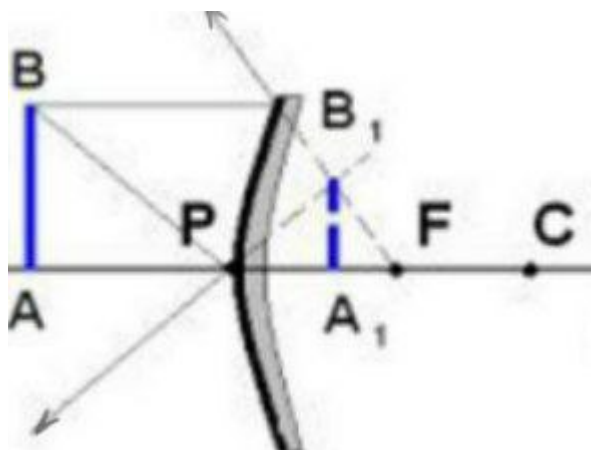


Рис.1.15. Формування зображення предмета у опуклому дзеркалі

Сферичні дзеркала широко застосовуються в різних сферах життя. Увігнуті дзеркала використовуються в телескопах, фарах автомобілів, прожекторах та мікроскопах для фокусування світла або зображень. Опуклі дзеркала часто застосовуються в безпеці руху, наприклад, у дорожніх дзеркалах або в автомобілях для огляду "сліпих зон".

1.1.3. Заломлення світла

Кожен із нас у повсякденному житті стикався і добре розуміє, що світло здатне переходити з одного середовища до іншого: сонячне проміння проникає крізь віконне скло, освітлює дно неглибоких водойм тощо. Ці переходи світла викликають багато цікавих явищ.

Наприклад, якщо занурити олівець у склянку з водою, здається, що він ніби «заломився» на межі між повітрям і водою (фото 1.16). Та переконайтеся в тому, що олівець залишився прямим легко — достатньо провести по ньому пальцем.



Фото 1.16

Явище такого видимого «зламу» пояснюється заломленням світла на межі двох середовищ. Заломлення — це зміна напрямку поширення світла під час його переходу між різними середовищами.

Спершу розберемося, що ж означає «різні середовища» для світла. Відмінність між ними полягає у швидкості поширення світла. Як відомо, його швидкість становить 300 000 км/с, але такою вона є лише у вакуумі — просторі, де практично немає речовини (атомів і молекул), наприклад, між Сонцем і Землею. У фізиці швидкість світла у вакуумі позначають літерою “с”:

“с” = 300 000 км/с — швидкість світла у вакуумі.

Коли світло поширюється в будь-якому іншому середовищі, воно взаємодіє з його молекулами, що спричиняє зменшення швидкості. Таким чином, у будь-якому матеріальному середовищі швидкість світла завжди менша, ніж у вакуумі.

Прозорі речовини впливають на зміну швидкості світла по-різному, тому вони характеризуються величиною що називається показником заломлення. Показник заломлення визначає, у скільки разів швидкість світла у вакуумі більша за його швидкість у конкретному середовищі.

Розглянемо два випадки поведінки світла при переході з одного прозорого середовища до іншого. Якщо світло падає перпендикулярно до поверхні речовини, воно продовжує рухатися в середовищі зі зменшеною швидкістю, але без зміни напрямку свого поширення(рис.1.17).

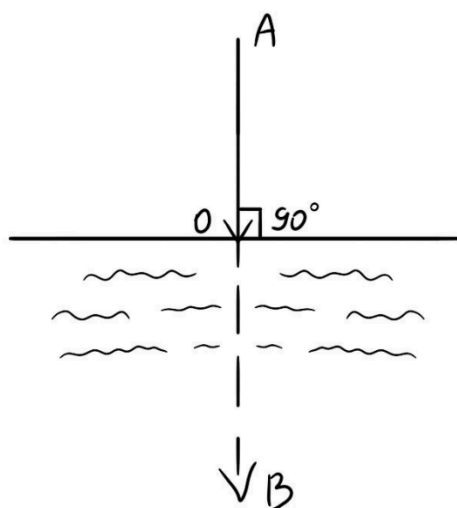


Рис.1.17

Інша ситуація виникає, коли промінь світла падає під певним кутом на межу, скажімо між повітрям і прозорою речовиною. Варто зазначити: чим сильніше сповільнюється світло в другому середовищі, тим більшим буде показник заломлення.

Кут заломлення — це величина між перпендикуляром до поверхні і променем у тому середовищі, до якого переходить світло.

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n_{21}$$

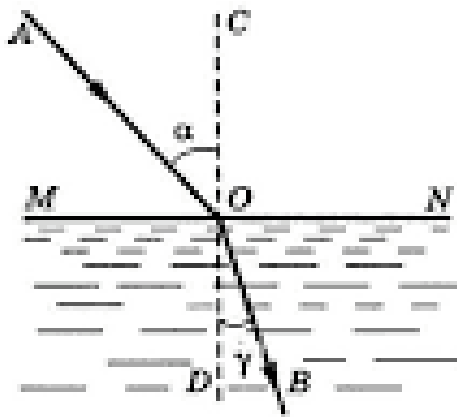


Рис.1.18

Світло не завжди рухається з вакууму або повітря в інше середовище. Іноді воно переходить із води або скла назад у повітря. Промінь, рухаючись у зворотному напрямку, повторить той самий шлях, що й у прямому напрямку. У таких випадках промінь переміщується зі середовища з меншою швидкістю поширення до середовища з більшою. Наприклад, швидкість світла у вакуумі майже не відрізняється від швидкості у повітрі.

При цьому виникає явище заломлення світла, коли кут заломлення стає більшим за кут падіння. Середовище, в якому швидкість світла є меншою, називають більш оптично густим. Якщо світло переходить із більш оптично густого середовища до менш оптично густого, то кут заломлення перевищує кут падіння.

Цікаво розглянути явище повного внутрішнього відбивання, яке виникає за умови збільшення кута падіння. Коли цей кут досягає 90° , заломлений промінь зникає, і весь потік світла відбивається назад у середовище. Таке явище спостерігається, наприклад, для світла, що переходить із води в повітря, при кутах падіння понад 49° . Повне внутрішнє відбивання використовується в різних технічних пристроях на основі світловодів (волоконної оптики), які передають світлові сигнали через тонкі скляні нитки.

Ще одне цікаве явище — міражі, що виникають через викривлення світла в неоднорідному нагрітому повітрі (фото 1.19, 1.20). Наприклад, у пустелі здається, що на горизонті є озеро. Це пояснюється тим, що нижні шари повітря нагріваються і створюють оптичну неоднорідність, через яку промінь плавно викривляється. Промінь блакитного неба може досягати ока людини знизу, створюючи ілюзію відображення води. Подібний ефект часто спостерігається на шосе у спекотний день, де здається, ніби на дорозі видніються калюжі.

Закони заломлення описують залежність між кутами падіння і заломлення. Перший закон заломлення говорить, що промінь, який падає, заломлений промінь і перпендикуляр до точки падіння знаходяться в одній площині. Другий закон встановлює математичну залежність між кутами падіння, заломлення та показником заломлення: якщо світло переходить із менш оптично густого середовища в більш оптично густе, відношення синуса кута падіння до синуса кута заломлення дорівнює показнику заломлення світла.



Фото 1.19



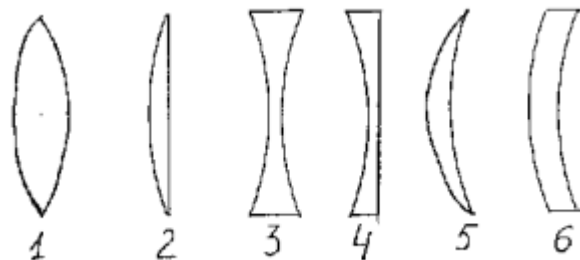
Фото 1.20

1.2. Лінзи

Оптична лінза — це прозоре тіло, обмежене двома сферичними або іншими криволінійними поверхнями, яке під час проходження світлових променів змінює їхній напрямок внаслідок заломлення та створює оптичні зображення предметів. Для виготовлення лінз застосовують оптичне скло, прозорі кристали або сучасні полімерні(пластмасові) матеріали.

За формою поверхонь лінзи поділяють на такі типи:

1. Двоопуклі
2. Плоскоопуклі
3. Двовгнуті
4. Плосковгнуті
5. Опукло-вгнуті
6. Вгнуто-опуклі



За своїми оптичними властивостями лінзи поділяються на два основні типи:

- збиральні лінзи — спрямовують(збирають) паралельні світлові промені таким чином, що після проходження через лінзу вони перетинаються в одній точці, яка називається фокусом.
- розсіювальні лінзи — навпаки, розсіюють паралельні промені так, що після заломлення вони розходяться, утворюючи уявний фокус, з якого, здається, що ці промені виходять.

Тонкою лінзою вважають таку, товщиною якої(тобто відстанню між її обмежувальними поверхнями) можна знехтувати порівняно з радіусами кривизни цих поверхонь.

Головна оптична вісь лінзи — це пряма, яка проходить через центри кривизни її поверхонь(рис.1.21).

Оптичний центр лінзи — це точка на головній оптичній осі, через яку промені проходять без заломлення.

Побічні оптичні осі — це прямі, що проходять через оптичний центр лінзи, але не збігаються з її головною оптичною віссю.

Головна площина лінзи — це площина, що проходить через оптичний центр і є перпендикулярною до головної осі.

Промені, які падають паралельно головній оптичній осі,після проходження через лінзу перетинаються в точці на цій осі, яка називається фокусом лінзи.

Фокальна площина — це площина, що проходить через фокус лінзи і є перпендикулярною до головної оптичної осі.

Фокусна відстань(f) — це відстань між оптичним центром лінзи(O) та її фокусом(F), тобто $f=OF$.

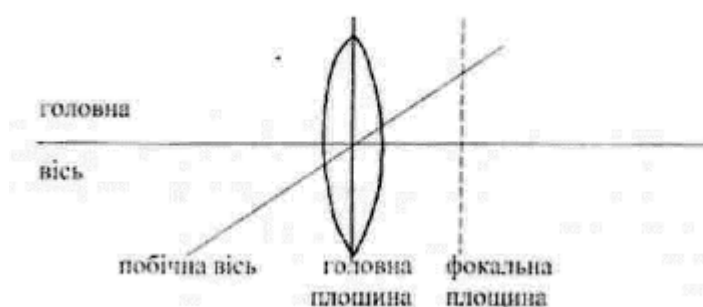


Рис.1.21

Величину D , що є оберненою до фокусної відстані, називають оптичною силою лінзи. Якщо $D>0$, то лінза є збиральною, а якщо $D<0$, то лінза є розсіювальною.

Формула тонкої лінзи: $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$

Якщо $f > 0$, $b > 0$ — лінза збиральна. Якщо $f < 0$, $b < 0$ — лінза розсіювальна.

Зображення, утворене збиральною лінзою:

1. Якщо предмет знаходиться за межами подвійного фокуса збиральної лінзи (рис.1.22), то утворене зображення є дійсним, зменшеним і перевернутим. Подібне зображення формується, наприклад, на сітківці людського ока або на фотоплівці фотоапарата.

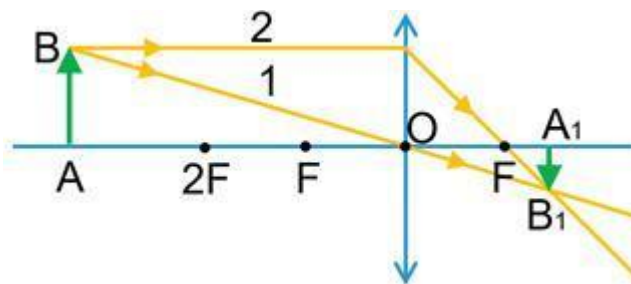


Рис.1.22

2. Якщо предмет розміщений між фокусом і подвійним фокусом збиральної лінзи (рис.1.23), то утворене зображення є дійсним, збільшеним і перевернутим. Таке зображення використовується, наприклад, у проєкційних пристроях для відтворення зображення на екрані.

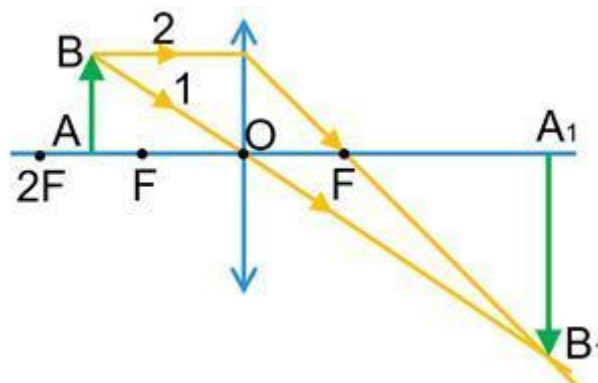


Рис.1.23

3. Якщо предмет знаходиться між фокусом і збиральною лінзою (рис.1.24), то утворюється уявне, збільшене та пряме зображення. Таке зображення

розташоване з того самого боку від лінзи, що і предмет, тому його не можна спроектувати на екран, але його видно, якщо спостерігати через лінзу. Саме такий принцип лежить в основі роботи збільшувального скла — лупи.

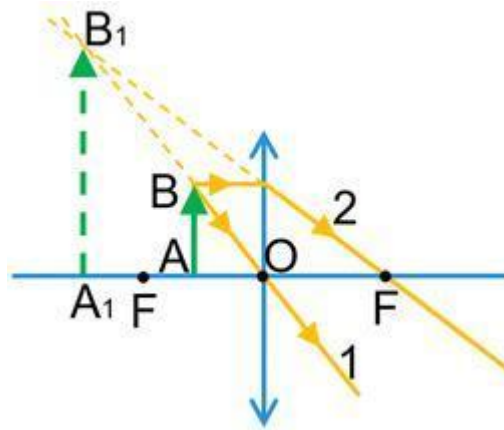


Рис.1.24

4. Якщо предмет знаходиться на відстані, що дорівнює подвійній фокусній відстані збиральної лінзи (рис.1.25), то у результаті утворюється дійсне зображення, перевернуте та має той самий розмір, що й предмет

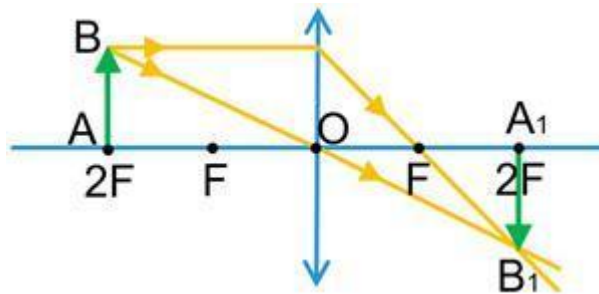


Рис.1.25

5. Якщо предмет розташований на фокусній відстані від збиральної лінзи (рис.1.26), то після заломлення всі промені йдуть паралельно, тому зображення, як дійсного, так і уявного, у цьому випадку не отримаємо.

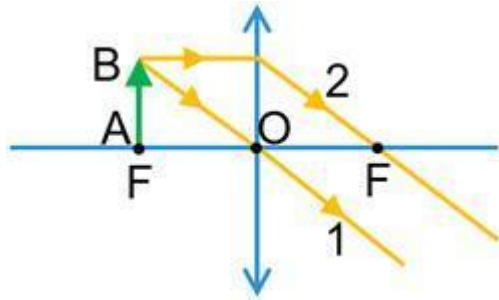


Рис.1.26

Розсіювальна лінза утворює зображення предмета(рис.1.27,рис.1.28), яке завжди є уявним, меншим за розміром і прямим, причому розташоване з тієї ж сторони лінзи, що й сам предмет.

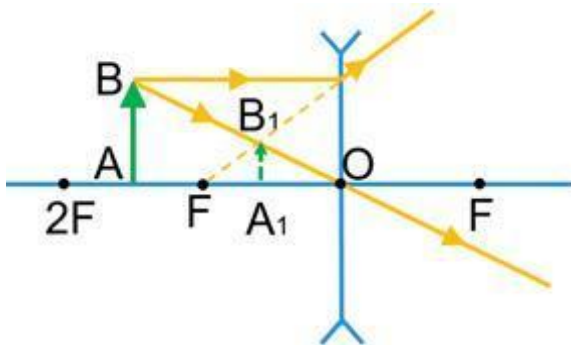


Рис.1.27

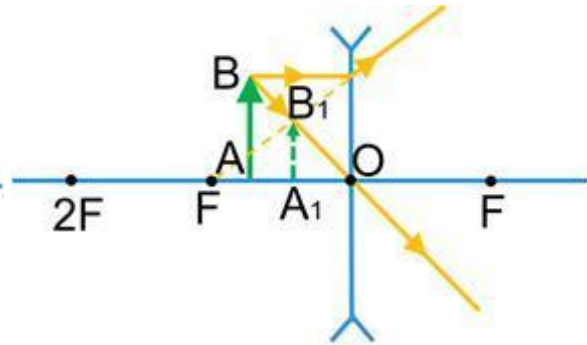


Рис.1.28

Формула тонкої лінзи(рис.1.29):

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f},$$

де

F — фокусна відстань;

d — відстань від предмета до лінзи;

f — відстань від лінзи до зображення.

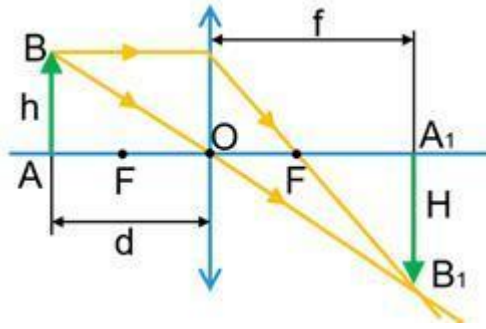


Рис.1.29

Під час розв'язування задач потрібно пам'ятати:

- відстань f (від лінзи до зображення) необхідно брати зі знаком « $-$ », якщо зображення є уявним, і зі знаком « $+$ », якщо зображення є дійсним;
- фокусна відстань F збиральної лінзи є додатною, а розсіювальної — від'ємною.

1.3. Око як оптична система

Око людини є природною оптичною системою(рис.1.30). Око має таку будову:

Щільну, непрозору зовнішню оболонку, що формує зовнішній каркас ока та виконує захисну функцію — **склеру**.

Внутрішню світлочутливу оболонку очного дна, на якій формується зображення під дією світлового випромінювання — **сітківку**.

Прозору передню частину зовнішньої оболонки ока, яка виконує функцію збиральної лінзи та забезпечує близько 75 % загальної заломлювальної сили оптичної системи ока — **рогівку**.

Пігментовану оболонку, колір якої є індивідуальним для кожної людини і яка регулює кількість світла, яке потрапляє в око — **райдужку**.

Центральний круглий отвір райдужці, діаметр якого змінюється залежно від рівня освітленості: може звужуватись при яскравому освітленні і розширюватись при його зниженні — **зіницю**.

Прозору двоопуклу лінзу, яка здатна змінювати свою кривизну за допомогою акомодацийних м'язів, завдяки цьому фокусується зображення на сітківці — **кришталік**.

Прозору драглисту речовину, яка заповнює порожнину між кришталіком і сітківкою та підтримує форму очного яблука — **склисте тіло**.

Адаптація — є фізіологічним процесом, який полягає у тому що орган зору має здатність пристосовуватися до змін рівня освітленості навколишнього середовища.

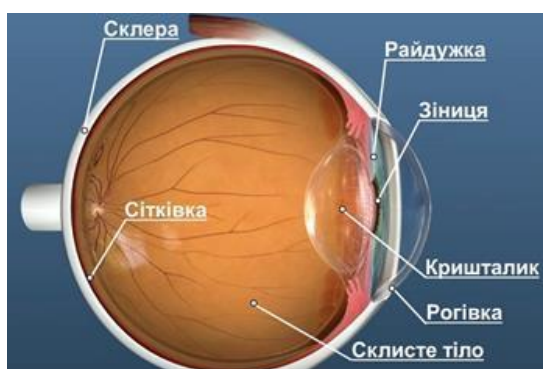


рис.1.30

Як око утворює і сприймає зображення предмета ?

Завдяки оптичній системі ока, світлові промені, які потрапляють в око заломлюються у його основних прозорих середовищах — рогівці, кришталіку та склистому тілу. Як результат, на сітківці формується дійсне, зменшене та обернене зображення (рис.1.31). Світлове випромінювання сприймається фоторецепторними клітинами та перетворюється на нервові імпульси, які зоровим нервом передаються до зорового центру головного мозку, де відбувається формування правильного зображення об'єкта.

Здатність людини чітко бачити як близькі, так і віддалені предмети пояснюється особливістю кришталіка змінювати свою кривизну, а отже, і оптичну силу залежно від відстані до об'єкта спостереження. Ця властивість називається акомодациєю — це фізіологічний процес, під час якого кришталік змінює свою форму, забезпечуючи фокусування зображення на сітківці ока незалежно від того, наскільки близько або далеко розташований предмет. Відстань найкращого зору — це найменша відстань, на якій око може

розрізняти дрібні деталі без перериву. Для людини з нормальним зором вона становить приблизно 25 см, саме на такій відстані зазвичай тримають книгу під час читання.

Після того як зображення предмета зникає із сітківки (через усунення об'єкта, припинення його освітленості чи затулення непрозорим екраном), зоровий образ продовжує існувати у свідомості людини ще близько 0,1 секунди. Ця особливість отримала назву інерції зору. До основних вад зору належать короткозорість і далекозорість. При короткозорості (міопії) фокус оптичної системи ока у стані спокою розташований перед сітківкою, через що зображення віддалених предметів сприймається розмитим і нечітким(рис.32).

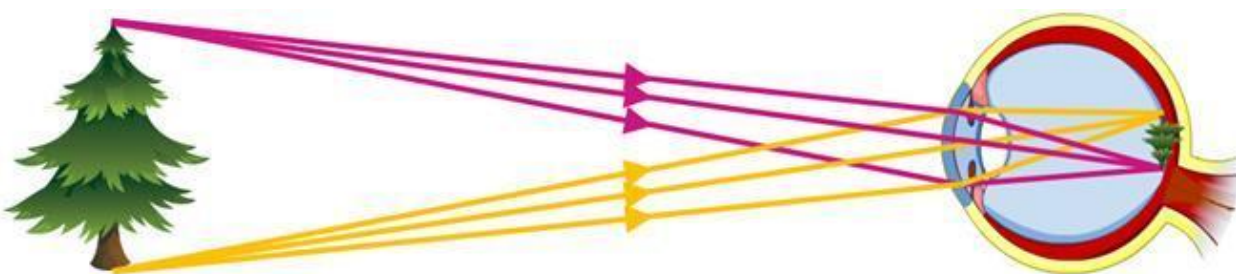


Рис.1.31

У разі короткозорості на сітківці формується нечітке, розмите зображення предметів. Відстань найкращого зору при цьому є меншою за 25 см, тому короткозора людина, читаючи, зазвичай наближає книжку до очей. Для корекції короткозорості використовують окуляри з розсіювальними лінзами(рис.1.33)

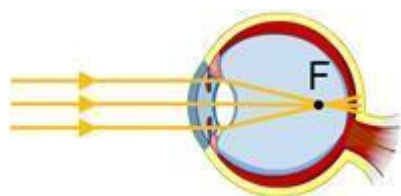


Рис.1.32

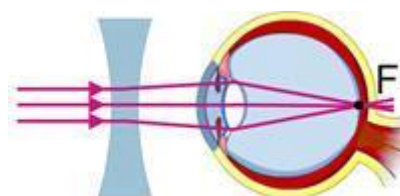


Рис.1.33

При далекозорості(гіперметропії) фокус оптичної системи ока у стані спокою розташований за сітківкою(рис.1.34), через що зображення також виходить розмитим. У цьому випадку відстань найкращого зору перевищує 25

см, тому далекозора людина віддаляє книжку від очей, щоб краще бачити текст. Далекозорість виправляють за допомогою окулярів зі збиральними лінзами(рис.1.35).

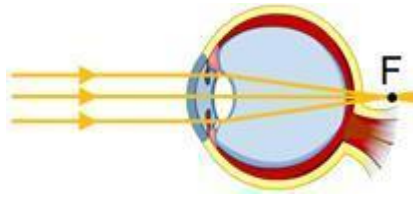


Рис.1.34

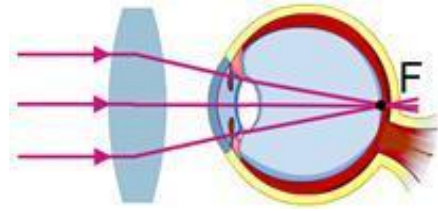


Рис.1.35

Розділ 2. Демонстраційний експеримент при вивченні геометричної оптики

Демонстраційні експерименти з геометричної оптики забезпечують наочно-освітню основу для вивчення законів поширення світла, його відбивання та заломлення. Їх проведення зазвичай включає використання джерел світла, лінз, дзеркал і екранів, що дозволяє аналізувати поведінку світлових променів у різних умовах.

Демонстрації мають бути ретельно підготовлені вчителем із дотриманням всіх правил техніки безпеки. Обговорення отриманих даних спільно з учнями є ключовим моментом для встановлення зв'язку між теоретичними знаннями та практичними спостереженнями. Використання сучасного обладнання та програмного забезпечення допомагає значно покращити ефективність навчального процесу.

Ці експерименти сприяють глибшому розумінню основних принципів геометричної оптики та її практичного застосування.

2.1. Демонстраційний експеримент при вивченні закону відбивання світла

Демонстрації, які пояснюють прямолінійне поширення світла, повинні показувати, як світло поводить себе в різних ситуаціях, коли немає перешкод, а також як тіні і напівтіні формуються в результаті цього процесу.

Дзеркала, особливо плоскі, ідеально підходять для демонстрації цих законів, оскільки вони дають змогу візуалізувати прямолінійність поширення світлових променів і поведінку світла після взаємодії з поверхнею. (рис.2.1)

Ця демонстрація є типовим прикладом законів лінійного поширення і відбивання світла за допомогою плоского дзеркала.

Необхідні матеріали: плоске дзеркало, лазерна указка або джерело вузького променя, екран для спостереження за променем, транспортир для вимірювання кута.

Хід виконання: помістіть дзеркало вертикально в темній кімнаті. Лазерний промінь спрямуйте під кутом до поверхні дзеркала. Спостерігайте за відбитим променем на екрані. Виміряйте кут падіння (кут між падаючим

променем і поверхнею, перпендикулярною до дзеркала) і кут відбиття (кут між відбитим променем і поверхнею, перпендикулярною до дзеркала). Переконайтеся, що кут падіння і кут відбиття рівні, і підтвердіть другий закон відбивання.

Ця демонстрація показує, що світло відбивається від дзеркала за певними законами. Вона наочно демонструє, що світло поширюється по прямій лінії, поки не вдаряється об перешкоду (дзеркало), і продовжує поширюватися по прямій лінії після взаємодії з дзеркалом. Якщо зафіксувати місце положення лазера(лазерної указки), то можна і необхідно продемонструвати учням зворотність світлового променя. Позначивши положення відбитого променя ставимо там лазер і скеровуємо світловий потік у зворотньому напрямку.

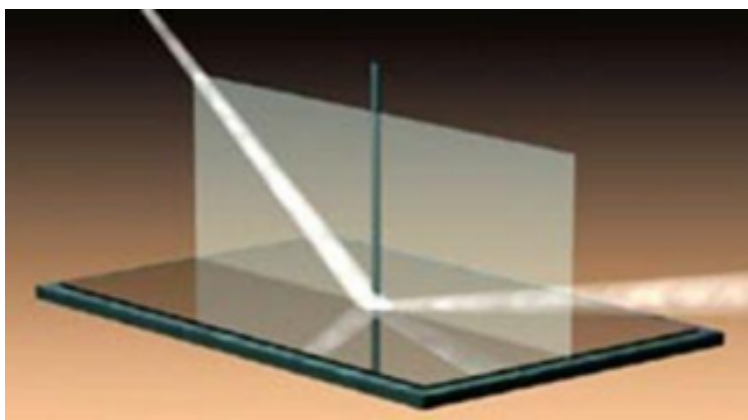


Рис.2.1 Демонстрація з відбиванням світла від плоского дзеркала

• **Демонстрація із двома дзеркалами: кути відбивання (рис.2.2)**

Ця демонстрація дозволяє дослідити, як змінюється напрямок світла при багаторазовому відбиванні.

Необхідні матеріали: два плоских дзеркала, свічка або лампа розжарення.

Хід демонстрації: розташуйте два дзеркала під різними кутами одне до одного. Далі поставимо між дзеркалами свічку. Можемо побачити чотири зображення свічки(рис.2.2)

Опис: ця демонстрація показує, що світло залишається прямим і кожне

відбиття відбувається за тими самими законами, незалежно від кількості віддзеркалень. Використання декількох дзеркал також дозволяє учням дослідити взаємодію світла з різними поверхнями і простежити його шлях.



Рис.2.2. Демонстрація із двома дзеркалами: кути відбивання

Слід наголосити учням, що кількість зображень, які ми отримаємо, залежить від кута α між дзеркалами і в загальному випадку визначається формулою:

$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} ,$$

де N — кількість додаткових зображень, α — кут між дзеркалами

• "Перископ" — демонстрація з дзеркалами(рис.2.3)

Ця демонстрація показує, як за допомогою дзеркал можна "згинати" світлові промені в різних напрямках, зберігаючи при цьому пряmolінійність їх поширення.

Необхідні матеріали: два плоских дзеркала, труба або коробка для перископа, лазерна указка або ліхтарик.

Хід демонстрації: розташуйте два дзеркала під кутом 45° до осі труби або коробки, щоб створити «перископ». Спрямуйте світло під прямим кутом на нижнє дзеркало. Світло відбивається від нижнього дзеркала до верхнього,

змінює напрямок і виходить з перископа. Пospостерігайте за променями світла, коли вони проходять через перископ і виходять під різними кутами.

Опис: перископи показують, що світло може «огинати» перешкоди за допомогою відбивання, залишаючись при цьому прямим на своєму шляху. Це явище використовується в багатьох оптичних пристроях, таких як перископи на підводних човнах і автомобілях.

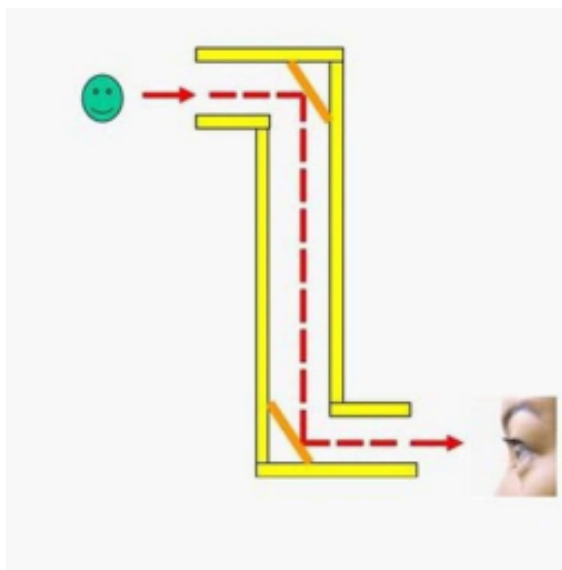


Рис.2.3."Перископ" — демонстрація з дзеркалами

Використання сферичних дзеркал у демонстраціях

• Увігнуті дзеркала і фокус

Як відомо, коли на увігнуте дзеркало пустити паралельний пучок, то промені зберуться в одній точці, що називається фокусом дзеркала. Якщо у фокусі увігнутого дзеркала помістити точкове джерело світла, то утворюється паралельний пучок променів, який поширюється на велику відстань.

Хід демонстрації: спрямуйте прямі паралельні промені світла в увігнуте дзеркало. Подивіться, як вони збираються в одній точці перед дзеркалом (фокус). Ви можете використовувати аркуш паперу, щоб позначити положення фокусу.

Опис: у цій демонстрації показані особливі характеристики увігнутого дзеркала: воно може бути розташоване паралельно одній точці, що дозволяє

створювати збільшене зображення або фокусувати світлову енергію.

- Якщо предмет наближений до дзеркала та розташований на відстані, що перевищує відстань від дзеркала до його центру, то зображення його буде дійсним, перевернутим, зменшеним і розташується на відрізку між центром та фокусом (рис.2.4).
- Якщо предмет поміщений в центрі дзеркала, то його зображення також буде розташоване в центрі дзеркала. Зображення виходить дійсним, перевернутим і рівним за величиною предмету (рис.2.5).

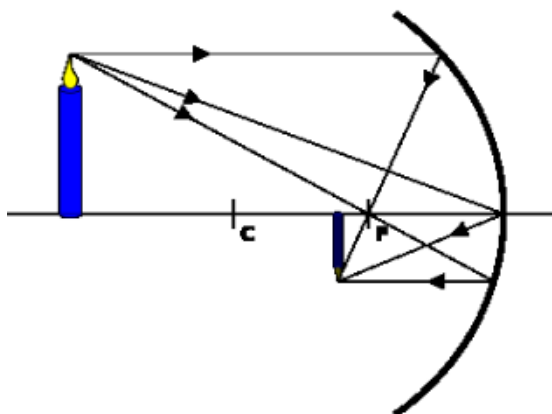


Рис.2.4.

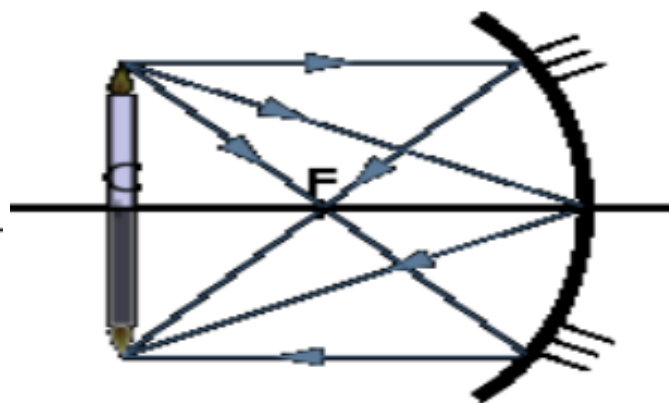


рис.2.5

- Якщо предмет поміщений між центром та фокусом, то зображення буде розташовано далі від дзеркала, ніж його центр та буде дійсним, перевернутим і збільшеним (рис.2.6).
- Якщо предмет ближче фокуса до дзеркала, то зображення — уявне, пряме, збільшене, по інший бік дзеркала від предмета (рис.2.7).

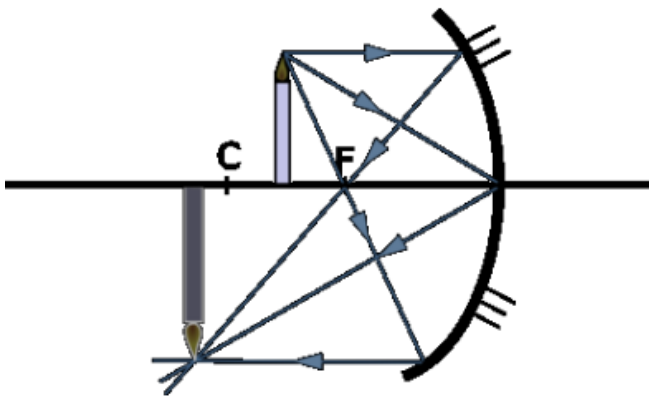


Рис.2.6

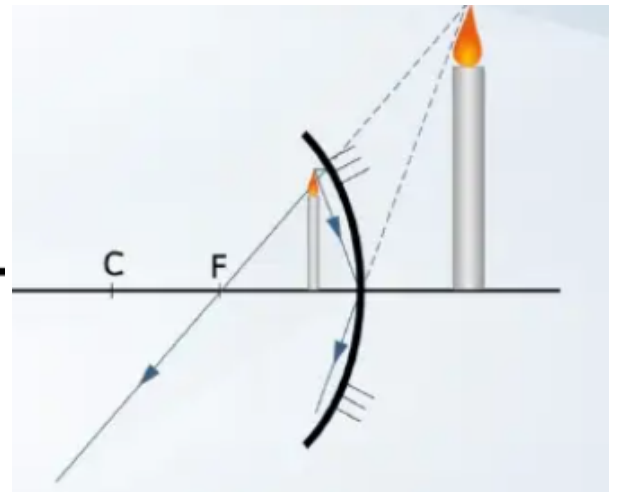


рис.2.7

Історія про "дзеркала Архімеда" залишається однією з найбільш захоплюючих легенд античності. У 212 році до нашої ери, під час тривалої оборони Сіракуз від римлян у ході другої Пунічної війни, Архімед створив низку винаходів, які забезпечили місту можливість протистояти значно переважаючим силам противника протягом майже трьох років. Одним із таких новаторських рішень стала система дзеркал, за допомогою якої мешканці Сіракуз змогли спалити ворожий флот. Як розповідає легенда, на стіні фортеці раптово засвітилися сотні маленьких "сонць". Спочатку ці дзеркала лише засліплювали солдатів, але згодом сталося щось неймовірне: римські кораблі, які наблизилися до узбережжя, почали загорятися один за одним, немов вогняні смолоскипи. У результаті римський флот охопила панічна втеча.

Архімед розробив систему увігнутого дзеркала, складеного із численних звичайних дзеркал, відбитки від яких спрямовувалися в одну точку. Ця технологія дозволяє концентрувати світлову і теплову енергію у фокусі дзеркала — потужна зброя для свого часу. У ситуації, де основною зброєю піхоти були мечі, луки та дротики, така інновація могла б стати надзвичайно ефективною.

Експериментальні дослідження фахівців підтверджують, що архітектурне та технічне використання дзеркал було цілком можливе в епоху Архімеда. Тож, аналізуючи легенду у світлі історичних фактів і можливостей того часу, доводиться погодитися із припущенням, що ця історія могла бути реальним

відображенням подій античного світу.

• Опуклі дзеркала: розсіювання світла

Опуклі дзеркала, на відміну від увігнутих, розсіюють світлові промені. Ця демонстрація ілюструє, як опуклі дзеркала створюють зменшене і уявне зображення.

Необхідні матеріали: Опукле дзеркало, ліхтарик або інше джерело світла.

Хід роботи: спрямуйте промінь світла на опукле дзеркало. Поспостерігайте, як промені розходяться після відбиття і як зображення стає меншим. Візуалізуйте промені світла за допомогою екрана або паперу.

Опис: ця демонстрація показує, що опукле дзеркало розсіює світло і створює видиме зображення, яке завжди менше за об'єкт. Такі дзеркала використовують в автомобілях (щоб бачити сліпі зони) і на дорогах (щоб легше бачити перехрестя).

Побудова зображення в опуклому сферичному дзеркалі здійснюється легше, ніж в увігнутому. Незалежно від положення предмета відносно дзеркала, його зображення завжди буде знаходитись за дзеркалом. На схемі нижче буквою F позначено фокус опуклого дзеркала, V — його полюс, y — висоту предмета, y' — висоту отриманого зображення.

Зображення в опуклому дзеркалі — уявне, пряме, зменшене, знаходиться по інший бік дзеркала від предмета (рис.2.8).

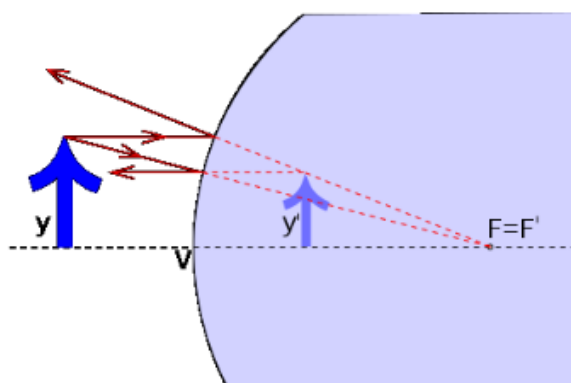


Рис.2.8.

Демонстрації з використанням дзеркал є ефективними методами для вивчення прямолінійного поширення світла і законів відбивання. Вони дозволяють учням безпосередньо спостерігати поведінку світлових променів і підтвердити теоретичні знання на практиці. Плоскі дзеркала демонструють основні закони відбивання, тоді як сферичні дзеркала допомагають учням зрозуміти, як світло фокусується або розсіюється залежно від форми дзеркала.

2.2. Демонстраційний експеримент при вивченні законів заломлення

Закон заломлення світла визначає поведінку світлового променя під час переходу з одного середовища в інше. Згідно цього закону, падаючий промінь, заломлений промінь і перпендикуляр до поверхні розділу двох середовищ у точці падіння розташовані в одній площині. Крім того, відношення синуса кута падіння до синуса кута заломлення для конкретних середовищ є сталою величиною, яка називається відносним показником заломлення.

1) Демонстрація досліду по заломленню світла

Із життєвого досвіду учні знають, що ложка, занурена в склянку з водою, виглядає переломленою на межі між водою і повітрям. Це явище відбувається через те, що світлові промені, які прямують до ложки, змінюють свій напрям у водному середовищі порівняно з повітрям.

Зміна напрямку поширення світла під час переходу через межу двох середовищ називається заломленням світла. При переході променя зі скла або води в повітря кут заломлення стає більшим за кут падіння.

Отже, при переході світла з одного середовища в інше відбувається його заломлення, як це продемонстровано на фото 2.9.



Фото 2.9

2) Оптичний дослід зі склянкою наповненою водою (фото 2.10)

Дослід дуже простий, для його проведення потрібні кілька речей: склянка з тонкими стінками, приблизно 250 мл води, аркуш паперу, лінійка та ручка. На папері малюємо стрілку, спрямовану зліва направо, довжиною близько 30 мм. Кладемо аркуш на стіл і зверху ставимо порожню склянку. Дивлячись крізь неї, ми бачимо стрілку так, як вона намальована.

Після цього наливаємо у склянку воду, і вона починає працювати як лінза. Тепер стрілка, видима крізь воду, виглядає довшою та спрямованою у протилежний бік.

Причина таких змін доволі очевидна: світлові промені змінюють напрямок, проходячи через воду. Вигнута форма склянки створює ефект лінзи. Простір між лінзою та предметом має точку, яку називають фокусом — саме там сходяться всі промені, що потрапляють у наше око чи фотокамеру. Якщо розмістити зображення перед фокусом, то в лінзі воно буде просто збільшене. Але якщо, як у цьому досліді, картинка знаходиться за фокусною точкою, то видиме зображення перевертається зліва направо і збільшується в розмірах. Саме це і спостерігається, коли склянка наповнюється водою.



Фото 2.10

3) Заломлення світла на межі двох середовищ.

Обладнання: шайба Гартля; освітлювач тіньової проєкції; комплект деталей до приладу для вивчення законів оптики.

При переході світлового променя з одного оптичного середовища в інше (наприклад, з повітря в скло) на межі розділу цих середовищ відбувається його заломлення.

Демонструють це так. На шайбі Гартля закріплюють скляний півциліндр так, щоб його матова основа була повернута до поверхні шайби. На плоску бічну грань півциліндра спрямовують світловий промінь від освітлювача так, як показано на рисунку 2.11

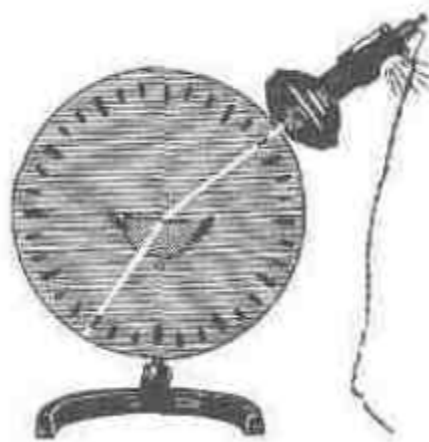


Рис.2.11

Спостерігають, що при переході світлового променя з повітря у скло на межі розділу цих середовищ відбувається його заломлення. При цьому підкреслюють, що в такому випадку кут падіння більший від кута заломлення (промінь поширюється з менш оптично густого середовища у більш оптично густе).

Якщо світловий промінь поширюється з більш оптично густого середовища у менш оптично густе, наприклад, із скла у повітря, то кут заломлення буде більшим від кута падіння, як це показано на рисунку 2.12



Рис.2.12

4) Лазерний промінь через скляну призму (рис. 2.13)

Мета: Вивчення явища заломлення світла в скляній призмі.

Обладнання: скляна призма, лазерна указка, екран або аркуш білого паперу.

Хід експерименту:

- Направити лазерний промінь на одну з граней призми.
- Спостерігати, як промінь заломлюється при вході в призму і виході з неї.

Результат: світловий промінь змінює свій напрям двічі — на вході до призми і при виході з неї.

Пояснення: заломлення відбувається через зміну швидкості світла, коли воно переходить із повітря до скла, оскільки ці середовища мають різні показники заломлення.

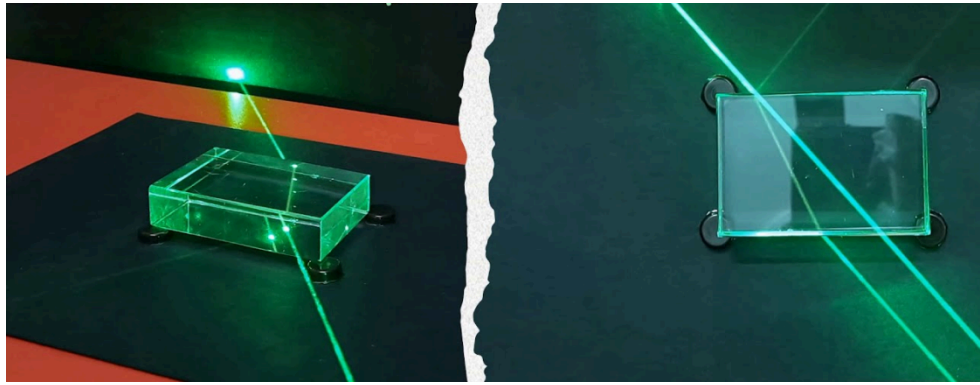


Рис. 2.13

Розділ 3. Методика розв'язування задач з геометричної оптики

3.1. Задачі на відбивання світла

1. Два малі дзеркала розміщені на однаковій відстані одне від одного і від джерела світла. Який повинен бути кут φ між дзеркалами, якщо промінь після двох відбивань :

- 1) Напрявлений прямо до джерела ;
- 2) Повертається назад до джерела по пройденому шляху (тобто зазнає ще одного відбивання) ?

Головне правило, яке нам потрібно знати:

Закон відбивання світла: Коли промінь світла падає на дзеркало, він відбивається під таким самим кутом. Тобто, кут падіння дорівнює куту відбивання.

- Кут падіння — це кут між променем, що падає, і нормаллю. Нормаль — це уявна лінія, яка проведена перпендикулярно до поверхні дзеркала в точці падіння променя.
- Кут відбивання — це кут між відбитим променем і тією ж нормаллю.

Методика розв'язування задачі:

1. Малюємо. Це найважливіший крок. Завжди починайте з малюнка. На ньому має бути (рис.3.1) :
 - Два дзеркала.
 - Точка, де розташоване джерело світла.
 - Шлях, який проходить промінь світла.
2. Проводимо нормалі. У кожній точці, де промінь зустрічається з дзеркалом, малюємо перпендикуляр до дзеркала. Це допоможе нам визначити кути.
3. Використовуємо закон відбивання. Пам'ятаємо, що кути падіння і відбивання завжди рівні.

4. Згадуємо геометрію. Наші промені та дзеркала часто утворюють трикутники. Знання властивостей трикутників (сума кутів 180° , прямокутні трикутники, рівносторонні трикутники) дуже допоможе.

Спосіб розв'язання цієї задачі базується на використанні геометричних властивостей трикутників та законів відбивання світла.

1. Визначаємо кути падіння та відбивання світла.

- Закон відбивання світла: кут падіння дорівнює куту відбивання.
- Враховуючи симетрію задачі, досліджуємо трикутники, які утворюються в результаті відбивання променя.

2. Будуємо схему променя після двох відбивань.

- Аналізуємо геометрію відбитих променів та визначаємо умови, за яких промінь повертається у вихідну точку.

1) Розглянемо трикутник ABC, утворений двома дзеркалами і напрямками променя. Відомо, що у правильному трикутнику всі кути рівні. Промінь повертається до джерела, описавши правильний трикутник (рис.3.1), тому кути падіння променя на дзеркала $\alpha = 30^\circ$, кути ковзання $\beta = 60^\circ$ і трикутник ABC правильний. Коли промінь описує правильний трикутник, то після двох відбивань він автоматично повертається до джерела. Кут між дзеркалами $\varphi = \beta = 60^\circ$.

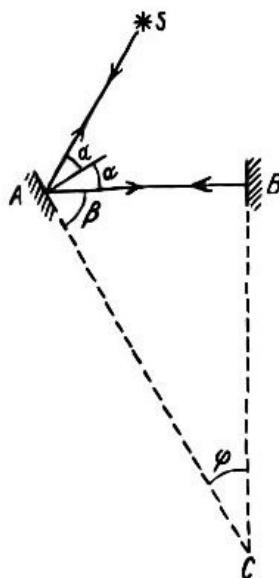


рис.3.1

2) Щоб повернутись до джерела пройденим шляхом, промінь повинен упасти на друге дзеркало перпендикулярно до його поверхні (рис.3.2). Тому трикутник ABC прямокутний, шуканий кут $\varphi = 30^\circ$.

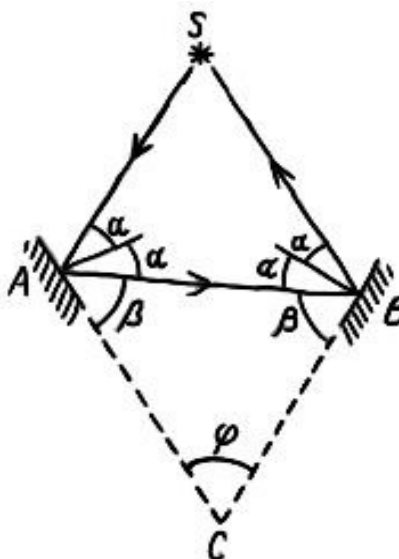


рис.3.2

2. Два дзеркала утворюють одне з одним кут $\varphi < \pi$. На одне із дзеркал падає промінь світла, який лежить в площині, перпендикулярно до ребра кута. Довести, що кут відбивання ϑ цього променя від першочергового напрямку після відбивання від двох дзеркал не залежить від кута падіння.

Сьогодні ми розберемо дуже цікавий випадок взаємодії світла з двома дзеркалами. Виявляється, якщо світло відбивається від двох дзеркал, які утворюють між собою певний кут, то кут, на який відхиляється промінь від свого початкового напрямку, не залежить від того, під яким кутом він спочатку падав на перше дзеркало! Це звучить дивовижно, правда? Давайте перевіримо! На початку проводимо із учнями аналіз задачі.

1. Закон відбивання світла: Як ми вже знаємо, кут падіння променя на дзеркало завжди дорівнює куту відбивання. Пам'ятайте про нормаль — це

увна лінія, перпендикулярна до поверхні дзеркала в точці падіння променя.

2. Сума кутів трикутника: У будь-якому трикутнику сума всіх трьох внутрішніх кутів дорівнює 180° (або π радіан).
3. Зовнішній кут трикутника: Зовнішній кут трикутника дорівнює сумі двох внутрішніх кутів, не суміжних з ним. Це дуже корисне правило!

Методика розв'язування задачі :

Візьміть аркуш паперу і олівець, будемо малювати разом!

1. Малюємо дзеркала: Намалюйте дві лінії, що перетинаються в точці О. Ці лінії — наші дзеркала (ОВ та ОС). Кут між ними позначимо φ .

Цей кут φ — це кут між нашими дзеркалами. Він може бути різним: 30° , 45° , 60° і так далі. Головне, щоб він був менше 180° .

У даній задачі розглядаються два плоскі дзеркала, які утворюють між собою кут φ . На одне з дзеркал падає промінь світла, і після двох відбивань ми хочемо знайти кут відхилення променя ϑ (кут між початковим і кінцевим напрямками променя) та показати, що він не залежить від кута падіння.

Нехай:

- α — кут падіння променя на перше дзеркало
- δ — кут падіння променя на друге дзеркало
- φ — кут між дзеркалами

Промінь відбивається від першого дзеркала за законом відбивання: **кут падіння дорівнює куту відбивання**. Після першого відбивання промінь прямує до другого дзеркала, де знову відбивається.

Якщо α — кут падіння променя на перше дзеркало, δ — на друге дзеркало (рис.3.3), то $\vartheta = 2\alpha + 2\delta$ (як зовнішній кут трикутника АВС).

Крім того, із трикутника ОВС маємо

$$\varphi + \left(\frac{\pi}{2} - \delta\right) + \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = \pi,$$

Розкриваючи дужки отримаємо :

$$\varphi + \frac{\pi}{2} - \delta + \frac{\pi}{2} - \alpha = \pi,$$

$$\varphi - \delta - \alpha = 0,$$

$$\alpha + \delta = \varphi$$

У трикутнику ABC внутрішній кут ϑ дорівнює:

$$\vartheta = 2\alpha + 2\delta,$$

Звідси

$$\vartheta = 2(\alpha + \delta) = 2\varphi,$$

Таким чином, кут ϑ не залежить від кута падіння променя .

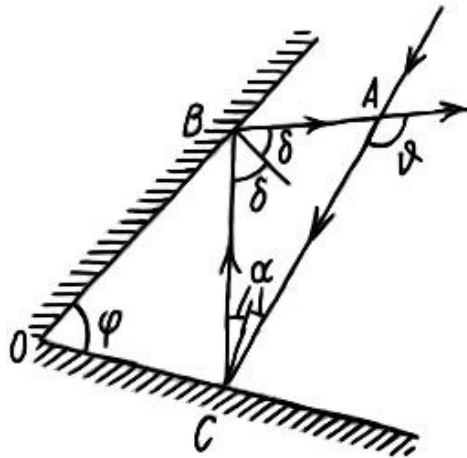


рис.3.3

3. На горизонтальному дні водойми глибиною $h=1,2$ м лежить плоске дзеркало . На якій відстані l від місця входження променя у воду цей промінь знову вийде на поверхню води після відбивання від дзеркала? Кут падіння променя $\alpha = 30^\circ$, показник заломлення води $n = \frac{4}{3}$

Проведемо аналіз задачі .

Коли промінь переходить з повітря у воду, він заломлюється через зміну швидкості світла у середовищі. Після відбивання від дзеркала він проходить той самий шлях у зворотному напрямку. Відстань l між входом і виходом

променя є основою рівнобедреного трикутника, де висота h дорівнює глибині водойми.

Методика розв'язування задачі:

Відстань l між точкою входу та виходу променя у воді (рис.3.4):

$$l = 2h \tan \beta,$$

це випливає з тригонометричних властивостей прямокутного трикутника, утвореного променем у воді.

За законом заломлення

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n,$$

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n} = \frac{\sin 30^\circ}{\frac{4}{3}} = \frac{0,5}{\frac{4}{3}} = \frac{1,5}{4} = 0,375$$

Знаходимо β :

$$\beta = \arcsin(0,375) \approx 22^\circ$$

Підставляємо $h = 1,2$ та $\beta \approx 22^\circ$ у формулу :

$$l = 2h \tan \beta,$$

Оскільки

$$\tan 22^\circ \approx 0,404,$$

отримаємо:

$$l = 2 * 1,2 * 0,404 = 0,97 \text{ м} \approx 97 \text{ см}$$

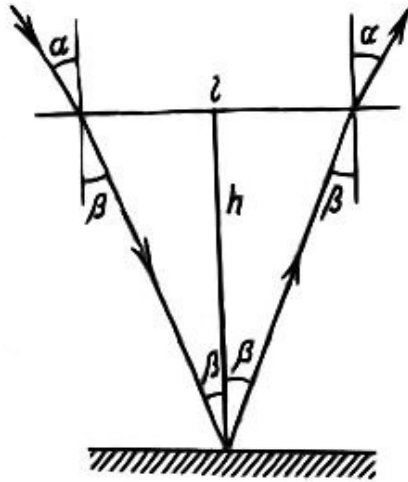


рис.3.4

3.2. Задачі на заломлення світла

1. Промінь світла входить у скляну призму під кутом $\alpha = \frac{\pi}{6}$ і виходить з призми в повітря під кутом $\beta = \frac{\pi}{3}$, причому, пройшовши призму, відхиляється від свого початкового напрямку на кут $\gamma = \frac{\pi}{4}$. Знайти заломний кут φ призми.

Проведемо аналіз задачі.

Промінь світла змінює напрямок, коли входить у скло та виходить назад у повітря. Це відбувається через закон заломлення: у склі світло рухається повільніше, тому змінює напрям. Промінь всередині призми теж змінює напрямок. Якщо позначити кути падіння всередині призми як δ і ϑ , то можемо знайти φ за геометричними правилами.

Визначаємо основні кути в задачі: вхідний кут α , вихідний кут β , кут відхилення γ . Позначаємо невідомі кути δ та ϑ всередині призми.

Використовуємо геометрію: пригадуємо суму внутрішніх кутів трикутника. Використовуємо зовнішній кут трикутника.

Методика розв'язування задачі:

Перевіряємо фізичну можливість розв'язку: закон заломлення світла повинен виконуватись. Другий варіант суперечить нерівності $\beta > \varphi$, тому його відкидаємо. Позначимо δ і ϑ кути ,які утворює промінь, що проходить всередині призми, з перпендикулярами до граней (рис.3.5,а). Сума кутів трикутника АКС дорівнює π , а сума кутів чотирикутника АВСК дорівнює 2π , причому кут ВАК дорівнює куту ВСК, ці кути дорівнюють $\frac{\pi}{2}$.

Отже,

$$\varphi = \delta + \vartheta.$$

Водночас γ — зовнішній кут трикутника ADC, якщо у трикутника один кут зовнішній, він дорівнює сумі двох інших.

Ми використовуємо саме це правило:

$$\gamma = (\alpha - \delta) + (\beta - \vartheta) = \alpha + \beta - \varphi.$$

Шуканий кут

$$\varphi = \alpha + \beta - \gamma = \frac{\pi}{4}.$$

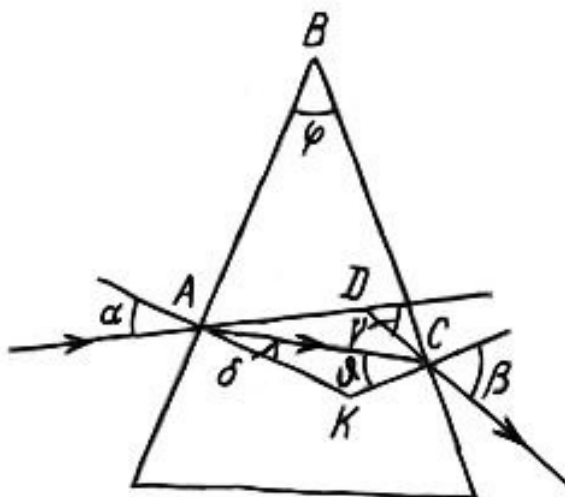


рис.3.5,а

Побудова ходу променя в призмі, зображена на рис.3.5,б , веде до розв'язку

$$\varphi = \beta + \gamma - \alpha = \frac{5}{12}\pi.$$

Ці розв'язки знайдено лише за допомогою геометричних умов. Проте одночасно з цими умовами повинні виконуватись також і закони заломлення. Зокрема, в другому випадку кут падіння на другу грань призми

$$\vartheta = \varphi + \delta > \varphi.$$

Оскільки показник заломлення скла $n > 1$ і $\frac{\sin \sin \vartheta}{\sin \sin \beta} = \frac{1}{n}$, то $\sin \sin \beta > \sin \sin \vartheta$ і $\beta > \varphi$.

Остання нерівність суперечить значенням $\beta = 60^\circ = \frac{4}{12}\pi$ і $\varphi = \frac{5}{12}\pi$, тому другий розв'язок слід відкинути.

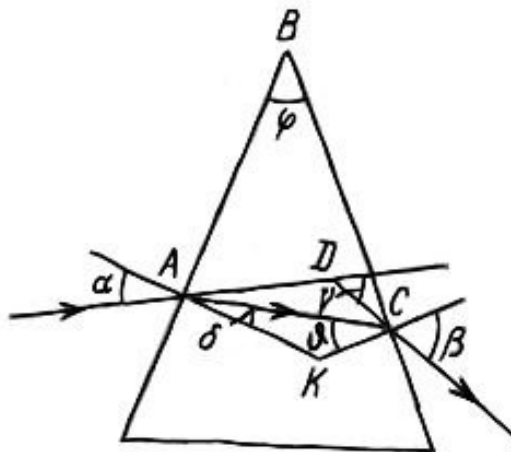


рис.3.5,б

2.Промінь світла виходить з призми під таким самим кутом ,під яким входить у призму, причому відхиляється від початкового напрямку на кут $\varphi = 15^\circ$. Заломний кут призми $\delta = 45^\circ$. Знайти показник заломлення n речовини призми.

Проведемо аналіз задачі.

Промінь входить у призму, заломлюється, проходить крізь неї та виходить, змінивши напрямок. Коли світло переходить із повітря у скло і назад, воно

заломлюється. Це означає, що змінюється його кут руху. Щоб знайти, як саме воно змінює напрямок, використовують закон заломлення. Кут φ — показує наскільки промінь змінив свій початковий напрямок.

- α — це кут, під яким промінь входить у призму.
- β — це кут, під яким промінь йде всередині призми.

Чому використовуємо закон заломлення?

- Він дозволяє знайти зв'язок між кутами α і β та показником заломлення n .
- Оскільки промінь виходить під тим самим кутом, під яким входив, ми можемо використати тригонометрію для спрощення розрахунків.

Методика розв'язування задачі:

Хід променів у призмі зображено на рисунку 3.6.

Зовнішній кут рівнобедреного трикутника ADC $\varphi = 2(\alpha - \beta)$.

Сума кутів трикутника ABC дорівнює двом прямим:

$$\gamma + 2\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = \pi,$$

тобто

$$\gamma = 2\beta.$$

За законом заломлення

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

Звідси знаходимо:

$$n = \frac{\sin \frac{\varphi + \gamma}{2}}{\sin \frac{\gamma}{2}} = \sqrt{\frac{1 - \cos \cos(\varphi + \gamma)}{1 - \cos \cos \gamma}} \approx 1,3$$

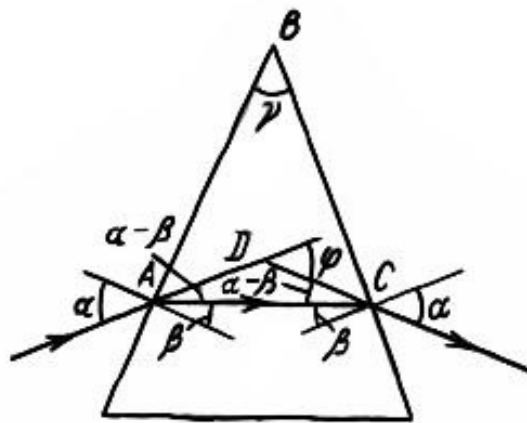


рис.3.6

3. Плоскопаралельну пластинку завтовшки $d = 5$ см посріблено з нижнього боку. Промінь падає зверху на пластинку під кутом $\alpha = 30^\circ$, частково відбивається, а частина світла проходить у пластинку, відбивається від нижньої поверхні пластинки і, заломлюючись вдруге, виходить у повітря паралельно першому відбитому променю. Визначити показник заломлення n матеріалу пластинки, якщо відстань між двома паралельними променями $l = 2,5$ см.

Уявімо, що світловий промінь падає на верхню поверхню плоскопаралельної пластинки.

- Частина світла відбивається одразу від верхньої поверхні.
- Інша частина проходить у пластинку, заломлюється, потім відбивається від нижньої посрібленої поверхні, знову проходить через пластинку і виходить у повітря.
- Промінь, що вийшов, паралельний тому, що відбився одразу від верхньої поверхні.
- Відстань між цими двома променями — $l = 2,5$ см.

Нам потрібно знайти показник заломлення n пластинки. Оскільки промінь змінює напрям всередині матеріалу, але виходить під тим самим кутом, він

залишається паралельним первинному відбитому променю. Це відбувається через симетрію відбиття.

Потрібно розглянути трикутники, щоб виразити відстань між променями через товщину пластинки. Використовуємо закон заломлення, щоб знайти зв'язок між кутами. Отримуємо потрібний показник заломлення n . Світло змінює свій шлях через пластинку, і ми можемо розрахувати, наскільки сильно воно заломлюється, використовуючи геометрію та фізичні закони.

Хід променів у пластинці подано на рисунку 3.7. Кут $\angle ABC$ у прямокутному трикутнику ACB дорівнює α , тому $AB = \frac{l}{\cos \alpha}$. З другого боку, з трикутника ADB видно, що $AB = 2d \tan \beta$.

Кути α і β зв'язані законом заломлення $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$.

Розв'язуючи ці рівняння, після виключення невідомих β і AB отримаємо:

$$n = \sin \alpha \sqrt{1 + \left(2 \frac{d}{l} \cos \alpha\right)^2} \approx 1,8$$

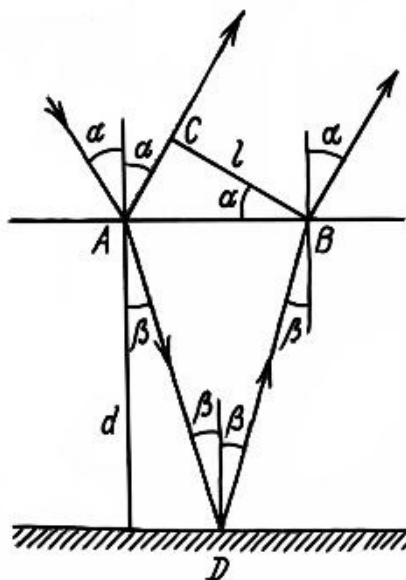


рис.3.7

3.3. Якісні задачі з геометричної оптики

1. Який одяг — темний чи світлий — доцільний у пустелі?

У пустельних умовах доцільніше носити світлий, вільний одяг із натуральних тканин. Це пояснюється особливостями теплопередачі, властивостями світла та терморегуляцією людського організму. Темний одяг інтенсивно поглинає сонячне випромінювання, особливо в діапазоні видимого та інфрачервоного світла. Внаслідок цього поверхня тканини нагрівається швидше, передаючи тепло тілу людини через теплопровідність і конвекцію, що призводить до підвищення температури шкіри та перегріву організму.

Світлий одяг, навпаки, відбиває більшу частину сонячних променів, завдяки чому поглинання енергії зменшується, а нагрівання тканини відбувається значно повільніше. Таким чином, температура під світлим одягом нижча, ніж під темним, що зменшує ризик теплового удару. Крім кольору, важливим є і крій одягу. У пустелі традиційно носять вільні довгі сорочки або халати з бавовни чи льону. Натуральні волокна добре вбирають і випаровують піт, забезпечуючи ефективне охолодження тіла через процес випаровування. Вільний крій створює повітряний прошарок між тілом і тканиною, який діє як теплоізоляційний бар'єр, сповільнюючи нагрівання шкіри та одночасно полегшуючи охолодження через циркуляцію повітря.

Варто враховувати, що покриття більшої частини тіла світлим одягом не лише зменшує теплове навантаження, а й захищає шкіру від ультрафіолетового випромінювання, запобігаючи опікам і зневодненню. У зимовий період доцільніше носити темний одяг, оскільки він краще поглинає сонячне випромінювання і, відповідно, сприяє збереженню тепла. Темні кольори мають низький коефіцієнт відбиття світла і високий коефіцієнт поглинання електромагнітного випромінювання у видимому та інфрачервоному діапазонах. Це означає, що темний одяг активно поглинає сонячну енергію, яка перетворюється на теплову, підігріваючи як саму тканину, так і повітряний прошарок між одягом і тілом. Завдяки цьому зменшуються тепловтрати організму в умовах низьких температур.

На відміну від цього, світлий одяг відбиває більшу частину сонячного випромінювання, тому практично не нагрівається. В умовах холодного клімату

це небажано, оскільки організм витрачає більше енергії на підтримання стабільної температури тіла. Крім кольору, важливе значення має і структура тканини. Зимовий одяг виготовляють із матеріалів з низькою теплопровідністю (вовна, хутро, синтетичні утеплювачі), які утримують прошарок повітря між волокнами - це природний тепло, підвищуючи комфорт при низьких температурах. Також варто враховувати, що в ясну зимову погоду навіть слабке сонячне випромінювання може істотно впливати на теплообмін.

Висновок: у пустелі оптимальним є світлий, вільний одяг з натуральних матеріалів, оскільки він:

- відбиває більшу частину сонячного випромінювання;
- нагрівається значно менше, ніж темний;
- сприяє ефективному теплообміну та випаровуванню поту;
- створює повітряний прошарок, що захищає від перегріву;
- забезпечує захист шкіри від шкідливого ультрафіолету

Таким чином, світлий одяг у пустелі є фізіологічно, термічно та оптично найдоцільнішим для комфортного перебування в умовах високої температури та інтенсивного сонячного опромінення.

Взимку доцільніше носити темний одяг, оскільки він:

- інтенсивно поглинає сонячне випромінювання і перетворює його на тепло;
- зменшує тепловтрати організму в умовах холоду;
- підвищує температуру повітряного прошарку між тілом і тканиною;
- у поєднанні з утеплюючими матеріалами забезпечує оптимальний теплообмін та комфорт при низьких температурах

2.Яка вода – прозора чи непрозора – більше нагрівається потоком світла?

Нагрівання води потоком світла залежить від того, яку частину світлової енергії вона поглинає. Прозора вода пропускає більшу частину світлового випромінювання, особливо у видимому діапазоні. Лише невелика частина

енергії поглинається її молекулами, тому нагрівання відбувається повільно. Більшість енергії проходить крізь шар води, не перетворюючись на тепло. Непрозора вода (наприклад, каламутна або з домішками частинок) поглинає значно більше світлової енергії. Частинки, мікроорганізми чи домішки розсіюють і частково поглинають світло, перетворюючи його енергію на теплову. У результаті температура непрозорої води зростає швидше.

Фізична суть процесу: світлова енергія, що поглинається речовиною, переходить у внутрішню енергію молекул, тобто у тепло. Чим вищий коефіцієнт поглинання речовини, тим швидше вона нагрівається.

Висновок: непрозора вода нагрівається швидше, оскільки поглинає більшу частину енергії світлового потоку, тоді як прозора вода пропускає більшість світла, не затримуючи його всередині.

3. Людина, знявши окуляри, читає книгу, тримаючи її на відстані 16 см від очей. Якої оптичної сили в неї окуляри?

Що нам потрібно знати щоб розібратися? Як бачить око?

Наше око — це дивовижний оптичний прилад, схожий на фотоапарат. У ньому є лінза (кришталік), яка збирає світло від предметів і фокусує його на сітківці (це як плівка або матриця в фотоапараті). Щоб ми бачили чітко, зображення має бути сфокусоване *точно на сітківці*.

Нормальний зір: Людина з нормальним зором може чітко бачити предмети, розташовані на відстані від приблизно 25 см (це відстань найкращого зору) і аж до нескінченності.

Близькозорість(міопія): Якщо людина бачить чітко лише предмети, розташовані близько, а далекі предмети бачить розмито — це близькозорість. У таких людей промені від далеких об'єктів фокусуються *перед* сітківкою.

Далекозорість (гіперметропія): Якщо людина бачить чітко далекі предмети, але погано бачить близькі — це далекозорість. У таких людей промені від близьких об'єктів фокусуються *за* сітківкою.

Оптична сила лінзи (D): Це характеристика лінзи, яка показує, наскільки сильно вона "збирає" або "розсіює" світло. Вимірюється в діоптріях (дптр).

Для збиральних лінз (які збирають світло) оптична сила додатна (+D). Для розсіювальних лінз (які розсіюють світло) оптична сила від'ємна (-D).

Близькозорим людям потрібні розсіювальні лінзи, щоб "розтягнути" фокус і перенести його далі, на сітківку. Тому в них мінус у діоптріях. Далекозорим людям потрібні збиральні лінзи, щоб "стиснути" фокус і перенести його ближче, на сітківку. Тому в них плюс у діоптріях.

Давайте розберемо нашу задачу!

Умова: Людина зняла окуляри і читає книгу, тримаючи її на відстані 16 см від очей. Якої оптичної сили в неї окуляри? (Відстань найкращого зору для нормального ока – 25 см).

Крок 1: Розуміємо, що відбувається з очима без окулярів.

Ця людина може чітко читати книгу на відстані 16 см. Це означає, що 16 см — це найдальша відстань, на якій її око може чітко бачити без окулярів (її "дальня точка ясного зору" перемістилася ближче). Для нормального ока найкраща відстань для читання — 25 см. Оскільки ця людина бачить чітко ближче, ніж нормальне око, вона є близькозорою.

Чому це важливо? Близькозорим людям потрібні розсіювальні лінзи (з від'ємною оптичною силою), щоб "посунути" фокус далі на сітківку. Отже, ми очікуємо отримати від'ємне значення діоптрій.

Крок 2: Уявляємо, як працюють окуляри.

Окуляри потрібні для того, щоб людина з близькозорістю могла бачити далекі предмети так само чітко, як людина з нормальним зором. Конкретно в цій задачі: окуляри повинні зробити так, щоб промені від предмета, розташованого на нормальній відстані найкращого зору (25 см), після проходження через окуляри потрапили в око так, ніби вони йдуть від предмета, розташованого на 16 см (бо саме на цій відстані око людини без окулярів бачить чітко). Уявіть: Промінь іде від книги на відстані 25 см, проходить через лінзу окулярів, і після лінзи він "розсіюється" так, ніби він іде не від 25 см, а від 16 см. Тоді око людини зможе його сфокусувати.

Крок 3: Застосовуємо формулу тонкої лінзи до окулярів.

Ми розглядаємо тільки лінзу окулярів. Вона "перетворює" відстані. Предмет для окулярів: Це книга, яку людина хотіла б читати на нормальній відстані 25 см. Отже, $d_1=25$ см (або 0.25 м). Це відстань від предмета (книги) до лінзи окулярів.

Зображення, яке створюють окуляри: Це уявне зображення, яке формується окулярами на такій відстані, щоб око людини могло його чітко побачити. Ми знаємо, що її око може бачити чітко, якщо предмет знаходиться на 16 см. Але оскільки це *уявне* зображення, яке знаходиться *перед* лінзою (з того ж боку, що й предмет), то його відстань позначається з мінусом.

Важливо: Якщо окуляри формують *уявне* зображення з того ж боку, що й предмет, ми використовуємо знак мінус для відстані до зображення. Це характерно для розсіювальних лінз.

Відстань найкращого зору для таких очей дорівнює 16 см, тоді як для нормального ока відповідна відстань становить 25 см.

Для усунення недоліку близькозорих очей людина носить окуляри такої оптичної сили, щоб промені, які падають від точок, віддалених на 25 см, фокусувалися б оптичною системою окулярів — око на сітчатці, тобто в тому ж місці, де фокусуються промені, що падають від точок предмета, віддаленого в даному випадку на 16 см, який розглядається незброєним оком.

Напишемо формулу лінзи для незброєного і озброєного ока:

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

і

$$\frac{1}{d_0} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} + \frac{1}{F_1},$$

де

$d_1 = 16 \text{ см}$, $d_0 = 25 \text{ см}$, $\frac{1}{F_1}$ — оптична сила окулярів , f — глибина ока, $\frac{1}{F}$ — оптична сила ока. При цьому ми робимо спрощення , вважаючи, що оптична сила системи окуляри – очі дорівнює сумі оптичної сили окулярів і очей. Віднявши від другого рівняння перше і виразивши d_0 і d_1 в метрах, знайдемо оптичну силу окулярів в діоптріях:

$$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d_0} - \frac{1}{d_1},$$

$$\frac{1}{F_1} = - 2,25 \text{ діоптрії.}$$

Підсумок: ми розібралися, що людина близькозора, оскільки без окулярів їй доводиться тримати книгу занадто близько (16 см замість 25 см). Для корекції близькозорості потрібні розсіювальні лінзи, тому оптична сила виходить від'ємною (мінус 2.25 діоптрій). Завдання окулярів — "перемістити" уявне зображення предмета з нормальної відстані (25 см) на ту відстань (16 см), на якій око людини ще може чітко бачити без напруги.

Ця задача допомагає зрозуміти, як фізичні принципи лінз використовуються для корекції зору і покращення якості життя людей!

3.4. Задачі на побудову ходу променів

1. Побудуйте хід променів через збиральну та розсіювальну лінзу як зображено на а) рис.3.8 та рис.3.9, б) рис.3.10 та рис.3.11

а)

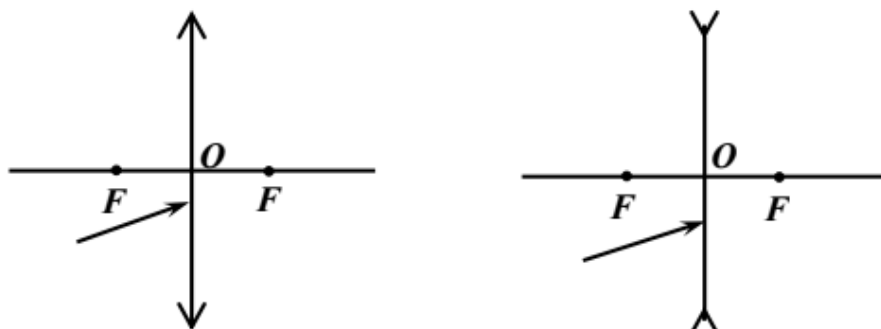


рис.3.8

рис.3.9

б)

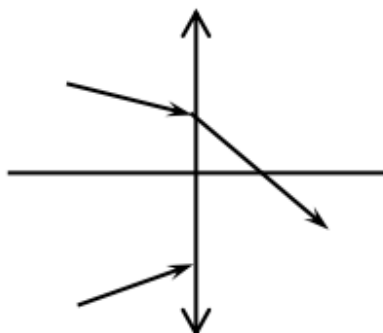


рис.3.10

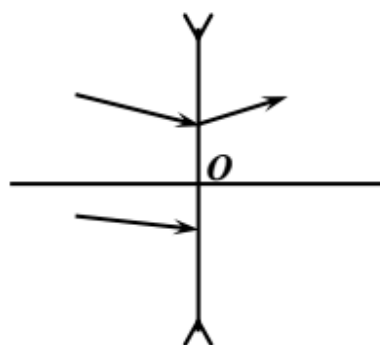


рис.3.11

На рисунку 3.8 нам дана збиральна лінза, по обидва боки вказані фокуси і зліва падає промінь, який не є паралельним до головної оптичної осі, а падає під певним кутом на лінзу. Щоб побудувати хід променя, перш за все необхідно провести додаткову оптичну вісь. Паралельним перенесенням променя проводимо через центр лінзу, яка називається додатковою оптичною віссю. У цієї осі, так само як і в головній оптичній осі є фокуси, але ми поки що не знаємо де вони будуть. Для цього нам потрібно провести через правий фокус проводимо лінію, яка називається фокальною площиною. При перетині додаткової оптичної осі та фокальної площини утворюється додатковий фокус. Проводимо лінію, через точку променя 1 та додатковий фокус, це і буде подальший хід променя 1 (рис.3.12).

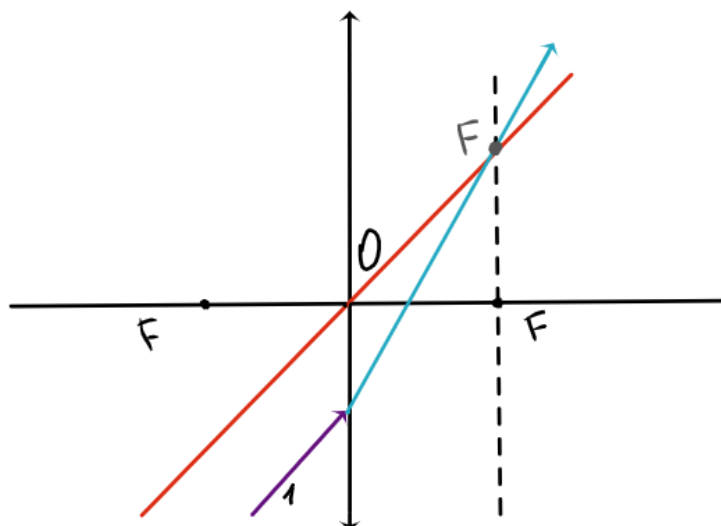


Рис.3.12

На рисунку 3.10 зображена також збиральна лінза та дано хід променя 1, хід променя 2 потрібно побудувати. Для того щоб визначити де буде фокус використовуємо хід променя 1. Проводимо через центр лінзи додаткову оптичну вісь для першого променя. На перетині променя 1 та додаткової осі утворився фокус, який є додатковим. Щоб знайти основний фокус потрібно через додатковий накреслити фокальну площину. На перетині з головною оптичною віссю утворюється головний фокус. Для другого променя паралельно проводимо додаткову оптичну вісь, яка перетинається із фокальною площиною і утворює додатковий фокус. Тепер потрібно з'єднати промінь 2 із додатковим фокусом. Таким чином, отримаємо подальший хід променя 2(рис.3.13).

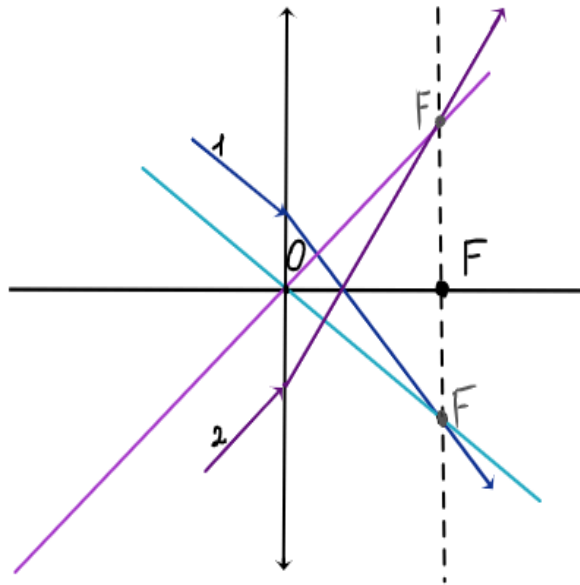


Рис.3.13

На рисунку 3.9 дана розсіювальна лінза, яка не збирає промені, а, навпаки, розсіює. Використовуємо фокус який для розсіювальної лінзи є уявним. На даному рисунку промінь падає під певним кутом на лінзу. Спочатку паралельним перенесенням до променя проводимо через центр лінзи додаткову оптичну вісь. Для того щоб знайти додатковий фокус потрібно через лівий головний фокус провести фокальну площину, на перетині цієї площини і додаткової оптичної осі отримаємо додатковий фокус. З'єднуємо точку променя 1 з додатковим фокусом пунктирними лініями до лінзи і лише за лінзою йде дійсний промінь (рис.3.14).

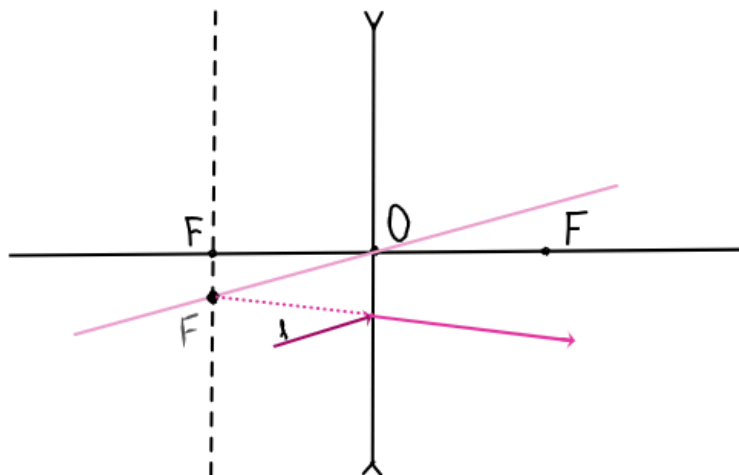


Рис.3.14

На рисунку 3.11 зображено розсіювальну лінзу і відомо хід променя 1. Нам потрібно відтворити як утворився цей промінь для того щоб знайти фокус. Паралельно до першого променя через центр лінзи будуюмо додаткову оптичну вісь. Далі промінь, який знаходиться за лінзою пунктирними лініями продовжуємо до додаткової оптичної осі, на їх перетині утворився додатковий фокус. Через цей фокус проводимо фокальну площину. На перетині з головною оптичною віссю отримуємо головний фокус. Тепер для другого променя проводимо додаткову оптичну вісь. На перетині з фокальною площиною утворюється додатковий фокус для другого променя. З'єднуємо додатковий фокус і промінь 2 до лінзи пунктирними лініями, а після лінзи звичайною, бо промінь має розсіятись (рис.3.15).

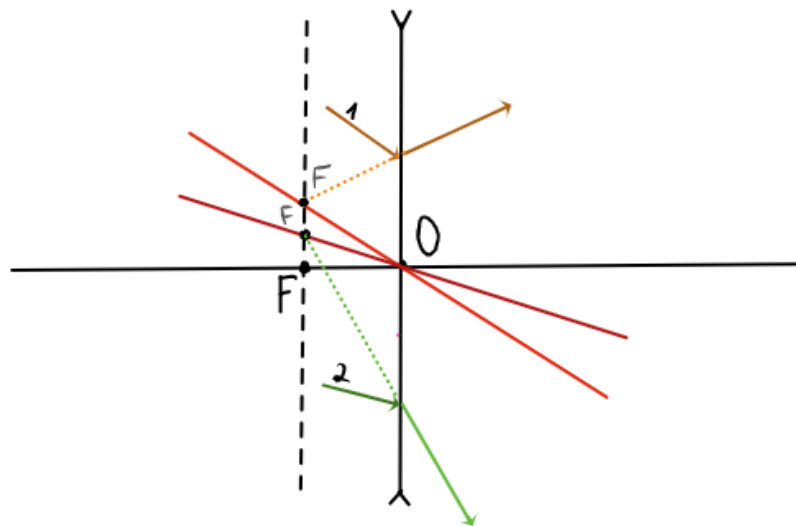


Рис.3.15

ВИСНОВКИ

Практичні демонстрації, розрахункові та якісні задачі із розділу геометрична оптика не тільки поглиблюють розуміння основних законів, але й допомагають розвинути вміння застосовувати набуті знання на практиці, закладає фундамент для подальшого вивчення більш складних оптичних явищ та їх практичного використання.

Запропоновані в роботі практичні та прості демонстрації, підтверджують основні закони геометричної оптики. Вони є надзвичайно важливими для кращого розуміння учнями таких явищ, як затемнення, відблиски та інші оптичні ефекти. Використання наочних експериментів допомагає закріпити теоретичний матеріал і підвищити інтерес до вивчення фізики.

Запропоновані демонстрації при вивченні законів відбивання у сферичних дзеркалах є фундаментальною основою для розуміння учнями поведінки світлових променів у різних оптичних системах.

Розглянуті та запропоновані задачі на відбивання та заломлення світла допомагають закріпити теоретичні знання та розвинути навички застосування законів оптики в різних практичних ситуаціях. Розв'язування таких задач сприяє розвитку логічного мислення учнів та повторенню математичних знань, необхідних для подальшого вивчення фізики.

Список використаних джерел

1. Програма з фізики для шкіл 7-9 клас
<https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohra/my/2024/Model.navch.prohr.5-9.klas-2024/31-12-2024/fizyka-7-9-kl-kreminskyu-ta-i-n-31-12-2024.pdf>
2. Програма з фізики для шкіл 10-11 клас
<https://mon.gov.ua/osvita-2/zagalna-serednya-osvita/osvitni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv>
3. **Бугайов О. І.** *Методика викладання фізики в середній школі.* Київ: Вища школа, 1993. — 132 с.
4. **Вовк В. М.** *Задачі з оптики з рішеннями: Навчальний посібник.* – Донецьк: Видавництво ДонНУ, 2011. — 312 с.
5. **Гончаренко С.У.** *Конкурсні задачі з фізики.* Видавництво “Техніка”, Київ-1970
6. **Жук С. М.** *Фізика: 11 клас. Оптика: Підручник для загальноосвітніх навчальних закладів.* — Київ: Генеза, 2018. — 288 с.
7. **Задачі для вступників до вузів**, Київ : Головне видавництво видавничого об'єднання “Вища школа”, 1981
8. **Ільченко М. М.** *Оптичні системи: підручник.* — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2010. — 320 с.
9. **Макаров А. І.** *Сферичні дзеркала в оптичних системах.* — К.: Наукова думка, 2017. — 192 с.
10. **"Оптика"** — М. : "Наука", 1976.
11. **Понеділок, Г. В.** *Геометрична оптика. Оптичні системи та прилади : навч. посіб. / Г. В. Понеділок, А. Б. Данилов.* – Львів : Львівська політехніка, 2012. — 304 с.
12. **Савченко Л. Г.** *Демонстрації з фізики: методичний посібник.* – Київ: Педагогічна преса, 2012. — 200 с.

- 13. Садовий М. І.** Вибрані питання загальної методики навчання фізики / М. І. Садовий. — Кіровоград: ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2013.
- 14. Сиротюк В. Д.** Загальний курс фізики: Оптика. — К.: Вища школа, 2003. — 456 с.
- 15. Трофимчук О. В.** Оптика. Основи фізичних явищ: Навчальний посібник. — Харків: Видавництво ХНУ, 2015. — 240 с.
- 16. Фейнман Р.** Лекції з фізики: У 3 т. Т. 2: Простір. Час. Рух. Пер. з англ. — М.: Мір, 1978. — 512 с.
- 17. Шарко В. Д.** Компетентнісно-орієнтоване навчання учнів фізики як методична проблема / В. Д. Шарко — Херсон, 2015.