

НОВІ МОЖЛИВОСТІ ФІЗИЧНОГО ФРОНТАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ДЗЕРКАЛ

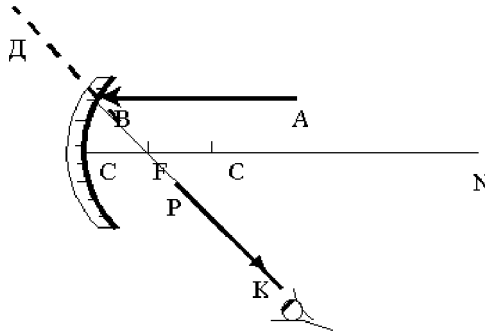
Описані оригінальне обладнання, метод і фронтальні лабораторні роботи з їх використанням для дослідження дзеркал.

The article gives a description of original equipment, method and general lab works and using the equipment and method for studying mirrors.

Метод візуалізації графічних ліній у фізичному фронтальному експерименті, який значно розширює можливості фізичного фронтального експерименту [1, 2], може бути поширений і для дослідів із дзеркалами.

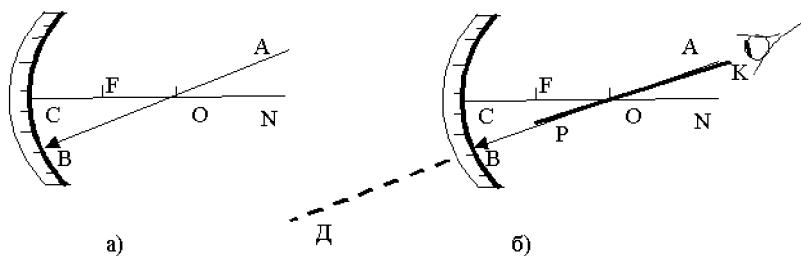
Зокрема, теоретична побудова зображень прямих графічних ліній у плоскому дзеркалі показує, що для будь-якого випадку це будуть прямі лінії. Це означає, що існує можливість експериментального визначення напрямку, на якому знаходяться зображення прямих ліній, за допомогою суміщення лінійки (або так званого “методу шпильок”).

Розглянемо задачу побудови допоміжних променів-ліній для випадку сферичних дзеркал. Для випадку увігнутого дзеркала зображення скінченного відрізка АВ, паралельного головній оптичній осі CN складатиметься з двох променів: уявного ВД та дійсного РК, що лежать на одній лінії-напрямку ДК (див. мал.1). Розрив зображення відбувається для точки відрізка АВ, яка співпадає з місцем перетину фокальної площини.



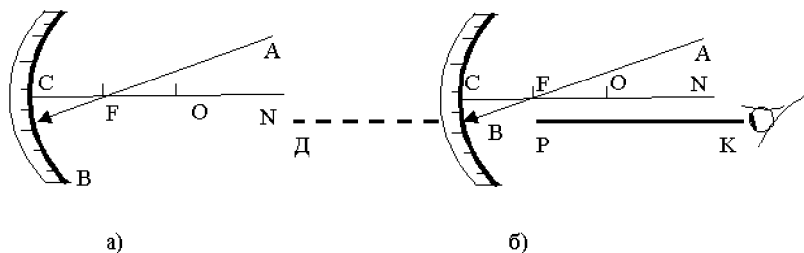
Мал. 1.

У випадку, коли нескінчений промінь АВ проходить через центр сферичної поверхні дзеркала О, зображення з “розірваних” двох частин частково збігається з АВ (дійсний промінь РК), та знаходиться на уявному продовженні ВД. За спостереженням будь-якої частини зображення шляхом “провіщування” можна однозначно визначити *напрямок зображень* (ДК). Такий “характерний” напрямок променя АВ може виявитися досить зручним для експериментального спостереження.



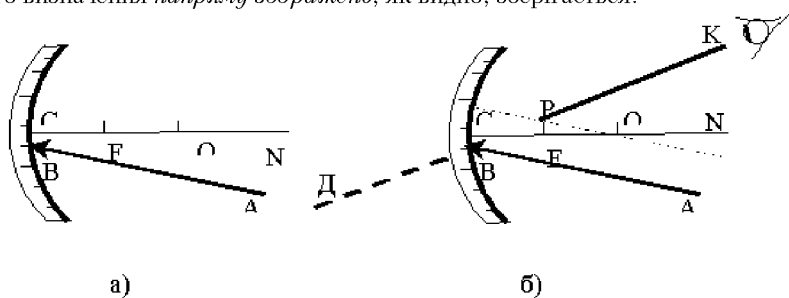
Мал. 2.

Досить цікавим і зручним для спостереження є також випадок, коли вихідний нескінченний промінь АВ проходить через головний фокус дзеркала F. Матимемо також зображення з двох частин: дійсний промінь РК, та уявний ВД. Обидві частини будуть знаходитися на одному напрямку (лінії), паралельному головній оптичній осі (див. мал. 3б). Знову ж таки, за спостереженням будь-якої частини зображення прийомом “провішування” можна порівняно коректно визначити *напрям* ДК, на якому знаходяться зображення.



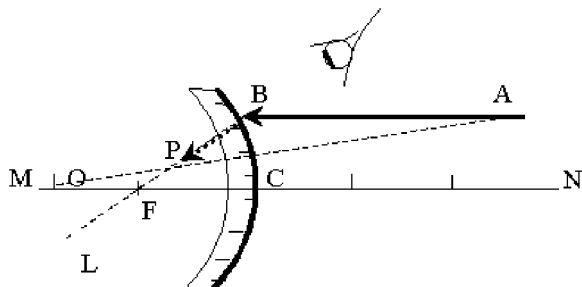
Мал. 3.

Інша (власне довільна) орієнтація нескінченного променя АВ для випадку увігнутого сферичного дзеркала потребує знаходження побічного фокуса на фокальній площині (див. мал. 4). При цьому можливість коректного визначення *напрямку зображень*, як видно, зберігається.



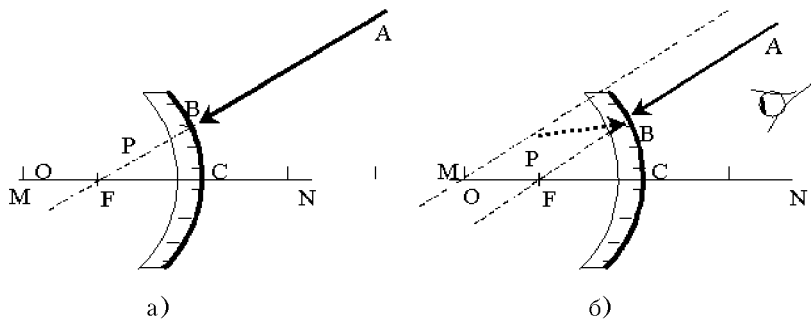
Мал. 4.

Для випадку іншої оптичної деталі – опуклого дзеркала, зображення будуть завжди уявними. Так, на мал. 5 зроблена побудова зображення скінченного променя АВ, паралельного головній оптичній осі дзеркала CN. Напрям спостережуваного у дзеркалі відрізка BP і буде шуканим напрямком зображень.

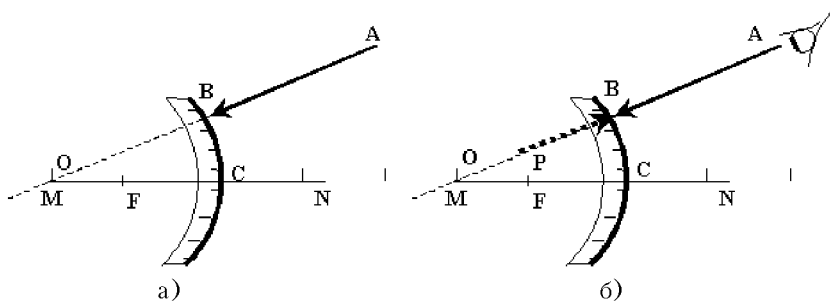


Мал. 5.

На мал. 6 послідовно відтворені теоретичні побудови зображення нескінченної лінії АВ, продовження якої проходить через фокус опуклого дзеркала. А на мал. 7 нескінченний промінь АВ орієнтовано так, що його продовження проходить через центр сферичної поверхні.



Мал. 6.



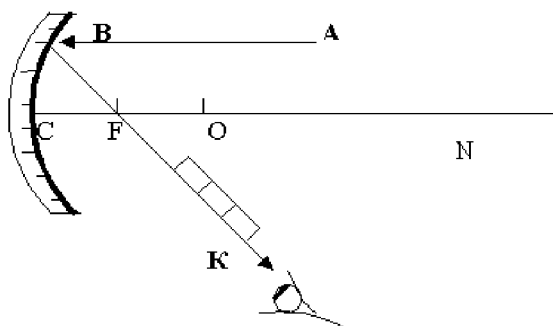
Мал. 7.

Розділ III

Теоретичними побудовами неважко показати, що зображення як завгодно орієнтованого променя, що попадає на опукле дзеркало, перетворюється на відрізок. У свою чергу *напрямок зображення* відрізка можна визначити експериментально як і в попередніх випадках.

За допомогою методу графічної візуалізації ліній можна визначити головну фокусну відстань та оптичну силу сферичного дзеркала принципово новими двома способами на доступному і простому обладнанні шкільного фізичного кабінету. Третій спосіб (шляхом визначення кривизни дзеркала) є технологічною модернізацією вже відомого у методичній літературі. Експеримент можна проводити на сферичних увігнутому і опуклому дзеркалах з набору до демонстраційного оптичного диска, які мають спільну підставку і однакове абсолютне значення радіуса кривизни. Строго кажучи, у цьому наборі моделями сферичних дзеркал насправді служать циліндричні (як і у випадку для лінз).

Перший спосіб. Спочатку за допомогою методу графічної візуалізації ліній знаходимо прямим вимірюванням головну фокусну відстань та оптичну силу для сферичного увігнутого дзеркала (див. мал. 8).



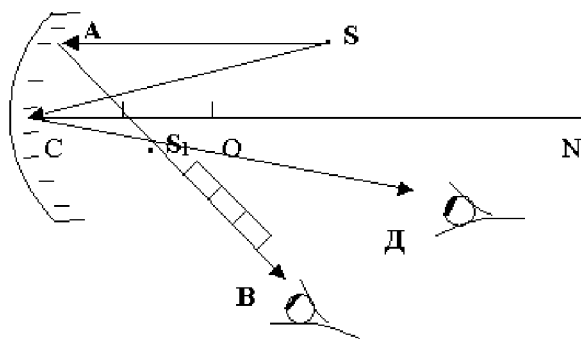
Мал. 8.

Технологічна послідовність виконання окремих операцій може бути обрана така: а) проводимо головну оптичну вісь дзеркала CN та паралельний їй відрізок BA так, щоб відстань між цими відрізками не перевищувала половини лінійних розмірів дзеркала; б) ставимо увігнуте сферичне дзеркало, як показано на мал. 8 (операція полегшиться, якщо центр дзеркала C буде заздалегідь на допоміжній підставці або самому дзеркалі позначений); в) центрування головної оптичної осі досягається співпаданням напрямку променя CN з напрямком його зображення у дзеркалі; для цього необхідно око спостерігача розташувати у площині малюнка, а корекцію положення дзеркала проводити незначним повертанням навколо точки C; г) обводимо контури дзеркала; д) розташовуємо ребро лінійки як продовження зображення у дзеркалі відрізка BA і проводимо олівцем відповідний відбитий промінь BK. Для цього необхідно око спостерігача знову розташувати у площині малюнка; е) знімаємо дзеркало і вимірюємо лінійкою головну фокусну відстань CF, де F – точка перетину променів

CN і BK (головний фокус дзеркала); d) обчислюємо оптичну силу дзеркала за формулою

$$D = \frac{1}{F} \quad D = \frac{1}{F}, \text{ де } F = |CF|.$$

Другий спосіб. Оптична сила увігнутого дзеркала обчислюється за формулою сферичного дзеркала. Для цього потрібно побудувати зображення предмета у дзеркалі. Найпростіше це зробити для точкового тіла (див. мал. 9).



Мал. 9.

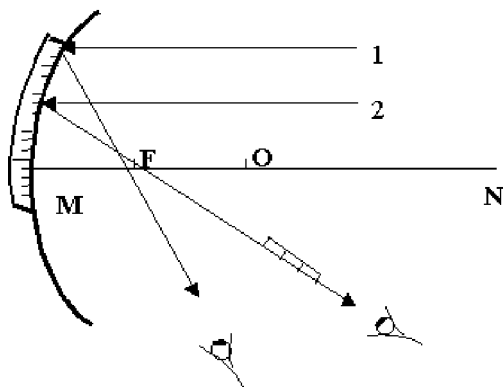
Опишемо технологічну послідовність одного з можливих варіантів виконання окремих операцій для виконання роботи *другим способом*: а) проводимо головну оптичну вісь дзеркала CN та з точки S паралельний їй відрізок SA так, щоб відстань між цими відрізками не перевищувала половини лінійних розмірів дзеркала; б) для отримання зображення точки S у дзеркалі необхідно взяти принаймні два вихідні промені, моделю другого променя може бути відрізок SC, який теж проводимо заздалегідь; в) ставимо увігнуте сферичне дзеркало, як показано на мал. 9 (операція полегшиться, якщо центр дзеркала C буде заздалегідь на допоміжній підставці або самому дзеркалі позначений); г) центрування головної оптичної осі досягається співпаданням напрямку променя CN з напрямком його зображення у дзеркалі; Для цього необхідно око спостерігача розташувати у площині малюнка, а корекцію положення дзеркала проводити незначним повертанням навколо точки C; д) обводимо контури дзеркала; е) розташовуємо ребро лінійки як продовження зображення у дзеркалі відрізка AS і проводимо олівцем відповідний відбитий промінь АВ. Для цього знову необхідно око спостерігача розташувати у площині малюнка; е) знімаємо дзеркало і вимірюємо лінійкою відстані $a_1=AS$ та $a_2 \approx CS_1$; д) отримані дані підставляємо у першу частину формули сферичного дзеркала:

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = \frac{2}{R} = \frac{1}{F} = D$$

де a_1 і a_2 відстані предмета і зображення до дзеркала, R – радіус кривизни дзеркала і F – його фокусна відстань.

Третій спосіб полягає у безпосередньому вимірюванні кривизни сферичного дзеркала та його фокусної відстані. Радіус кривизни поверхні сферичного дзеркала можна визначити методом серединних перпендикулярів до визначених хорд. За описаною технологією значно спрощується проведення лабораторних робіт для випадку із опуклим сферичним дзеркалом.

У сферичному дзеркалі можна дослідним шляхом встановити і явище сферичної аберації для променів 1 і 2, що паралельні головній оптичній осі (див. мал. 10). Розмірів фрагмента дзеркала у класичному випадку для спостереження не вистачає, тому його “нарощують”, використовуючи фрагмент як лекало. Так само встановлюють сферичну аберацію і для випуклого дзеркала, переконуються, що хроматична аберація відсутня.



Мал. 10.

Згадані і описані варіанти лабораторних робіт (як для плоского, увігнутого, так і опуклого дзеркал) можуть частково проводитися як фронтальні або роботи фізичного практикуму для класів з поглибленим вивченням фізики, та як лабораторні роботи із загальної фізики у вищій школі.

Список використаних джерел

1. Павленко А. Лабораторна робота: побудова зображення точки у плоско-паралельній скляній пластинці //Фізика і астрономія в школі. — № 1. — 2002. — С. 7-10.
2. Павленко А., Жмурський С., Лисак В. Нові можливості фронтального фізичного експерименту з використанням оптичних лінз //Фізика і астрономія в школі. — № 2. — 2002. — С. 13-15.