

Хвильова оптика

Тема 5.1

Геометрична оптика, її основні закони.

Оптичні деталі та прилади.

Геометрична оптика - розділ оптики, який вивчає закони поширення світлових променів, абстрагуючись від їх природи (корпускулярної чи хвильової).

Базується на уявленні про **світловий промінь** та на припущенні про **відсутність взаємодії світла** з частинками речовини.

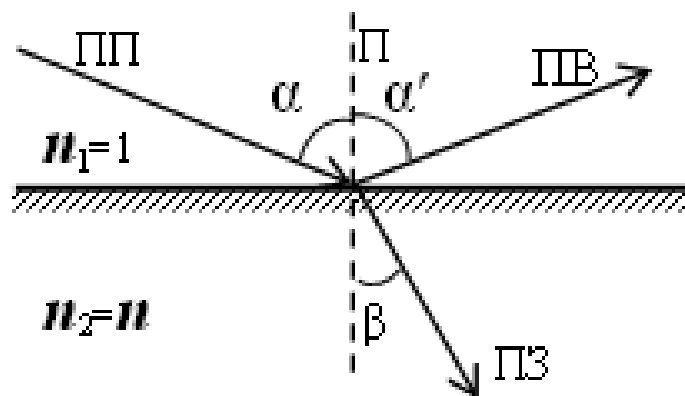
Закони геометричної оптики

1. Закон про прямолінійне розповсюдження світла в однорідному середовищі.

2. Закони відбивання світла:

а) промінь, що падає **ПП**, промінь відбитий **ПВ** та перпендикуляр **П** в точці падіння лежать в одній площині;

б) кут падіння дорівнює куту відбивання $\alpha = \alpha'$.



3. Закони заломлення світла:

а) промінь, що падає **ПП**, промінь заломлений **ПЗ** та перпендикуляр **П** в точці падіння лежать в одній площині;

б) відношення синуса кута падіння до синуса кута заломлення дорівнює відносному показнику заломлення другого середовища відносно першого:

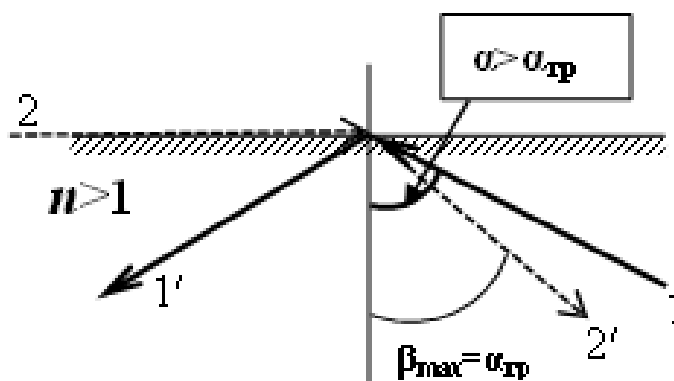
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n.$$

4. Закон про взаємну оборотність ходу променя. В прямому та зворотному напрямках промінь проходить по тих самих просторових точках.

5. Закон про невзаємодію променів, що перетинаються, в однорідному лінійному середовищі.

Явище повного внутрішнього відбивання

Спостерігається при переході променя з оптично більш густого ($n_2 = n > 1$) в оптично менш густе ($n_1 < n_2 = 1$) середовище при кутах падіння, більших за граничний кут повного внутрішнього відбивання $\alpha \geq \alpha_{\text{гр}}$ (промінь 1 на рисунку).



Граничний кут повного внутрішнього відбивання $\alpha_{\text{гр}}$ визначають, спираючись на закон про взаємну оборотність ходу променів – як максимальний кут заломлення β_{max} при падінні променя 2 під максимально можливим кутом (вздовж межі середовищ) з оптично менш густого середовища:

$$\sin \beta_{\text{max}} = 1/n.$$

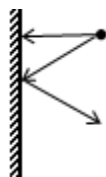
Волоконна оптика

Практичне застосування явища повного внутрішнього відбивання світла для каналізації світлових променів без втрат енергії в тонких прозорих волокнах.

Використовують в оптоволоконній телефонії, оптичних системах передачі інформації, в діагностичній медицині, при шифруванні оптичної інформації тощо.

Плоске дзеркало

Оптична деталь у вигляді гладкої плоскої поверхні, одна сторона якої (дзеркальна) здатна відбивати ($\approx 100\%$) світлових променів.



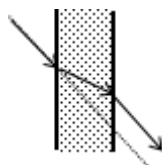
Сферичне дзеркало

Оптична деталь, відбиваюча поверхня якої має вигляд сегмента сфери. Дзеркальна поверхня може бути зовнішньою (опукле дзеркало) або внутрішньою (увігнуте дзеркало) поверхнею сфери.



Плоскопаралельна пластина

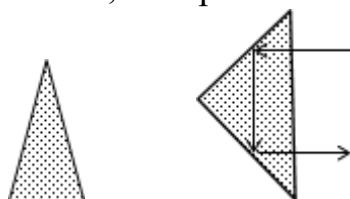
Оптична деталь у вигляді прозорого тіла, обмеженого паралельними плоскими гладкими поверхнями.



Призма

Оптичний елемент у формі багатогранного тіла з прозорого для світла матеріалу, яке застосовують для зміни напрямку поширення пучків світла, розкладання білого світла в спектр (рисунок зліва).

Поворотні призми (рисунок справа), що працюють на основі явища повного внутрішнього відбивання, повертають зображення на 180° .



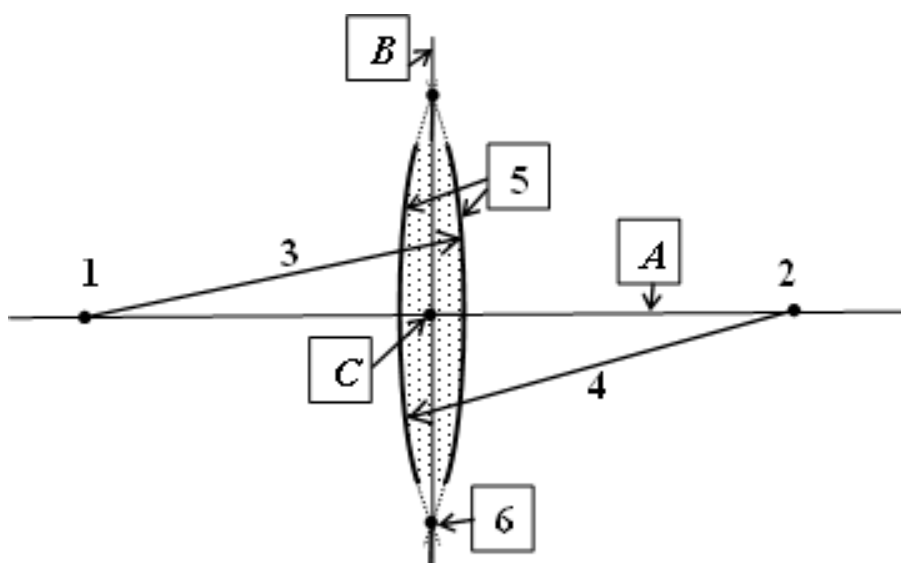
Тонка лінза

Поширена *оптична деталь*. Лінзу називають тонкою, якщо її товщина мала порівняно з радіусами сферичних поверхонь, що її обмежують.



Характеристичні точки, лінії та поверхні лінзи

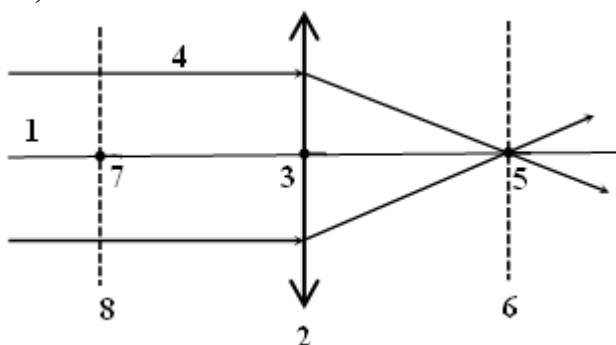
Особливості геометрії лінзи формують такі графічні елементи системи тонкої лінзи (рисунок):



1. *Центри кривизни (1 та 2) сферичних поверхонь 5, що обмежують матеріал лінзи. Через центри кривизни проводять пряму лінію А, яка називається головною оптичною віссю (ГОВ) системи. Для плоско-увігнутих або плоско-опуклих лінз (коли є лише один центр кривизни) ГОВ проводять через центр кривизни однієї поверхні перпендикулярно другій плоскій поверхні.*
2. *Радіуси кривизни сферичних поверхонь 3 та 4.*
3. *Лінія перетину сферичних поверхонь (або їх продовжень) 6, через яку проводять площину лінзи В. Іноді лінія перетину поверхонь лінзи виникає лише при малих зустрічних зміщеннях поверхонь вздовж ГОВ.*
4. *Оптичний центр лінзи С, який знаходять на перетині ГОВ з площиною лінзи. Оптичний центр має специфічні оптичні властивості: промені проходять його не заломлюючись.*

Графічні елементи системи тонкої лінзи

Повний список графічних елементів тонкої лінзи (на рисунку приведено випадок збірної лінзи) включає:



1. Головну оптичну вісь *1* (визначена геометричною побудовою).
2. Площину лінзи *2*, на якій стрілками вказують збірною чи розсіювальною (стрілки змінюють напрям) є лінза. Також визначена геометричною побудовою.
3. Оптичний центр лінзи *3*, визначений геометричною побудовою. Оптичний центр може бути визначений і оптичним способом: промені проходять його не заломлюючись.
4. Фокуси лінзи *5* (передній) та *7* (задній) – це точки, в яких збираються всі промені (або їх продовження), якщо до лінзи вони проходили (*4*) паралельно ГОВ.
5. Фокальні площини *6* (передня) та *8* (задня) – площини, перпендикулярні ГОВ та такі, що проходять через фокуси. У фокальних площинах збираються промені (або їх продовження), якщо до лінзи вони проходили паралельно одному.

Формула тонкої лінзи

Співвідношення між фокусною відстанню $\pm F$ (відстань від лінзи до фокуса) тонкої лінзи, відстанню $+d$ від предмета до лінзи та відстанню $\pm f$ від лінзи до зображення:

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

Правило знаків: відстані в формулі тонкої лінзи беруться зі знаком «+», якщо, відповідно до їх визначення (жирний текст), вони виміряні по ходу променів. Тому d завжди має знак «+».

При побудові зображень предметів найчастіше використовують два види променів: а) промені, що йдуть паралельно ГОВ, та б) промені, що проходять через оптичний центр лінзи. Тоді легко встановити побудовою, що

- розсіювальна лінза завжди дає зменшене, пряме, уявне зображення предмета;
- збірна лінза, в залежності від відстані d між предметом та лінзою, може давати
 - зменшене, перевернуте, дійсне зображення (якщо $d > 2F$);
 - збільшене, перевернуте, дійсне зображення (якщо $F > d > 2F$);
 - збільшене, пряме, уявне зображення (якщо $d < F$).

Щоб провести окремий промінь через лінзу *завжди* використовують *додатковий промінь*, що проходить через центр лінзи, та враховують властивості фокальних площин!

Луна

Оптичний прилад для розглядання дрібних деталей. Представляє собою збиральну лінзу.

Тіла, що розглядаються, розташовують між фокальною площиною і лінзою.

Дає збільшене уявне пряме зображення цих тіл.

Проекційний апарат

Оптичний пристрій, що проектує збільшене чи зменшене зображення освітлених об'єктів на розсіюючу поверхню (екран).

Дає дійсне перевернуте зображення об'єктів.

Телескоп

Оптичний прилад для розглядання відділених об'єктів.

Дає пряме збільшене зображення об'єктів.