

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія економіки, соціально-гуманітарних та
фундаментальних дисциплін**

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

**з навчальної дисципліни «Фізика»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

**272Авіаційний транспорт
Оператор безпілотних літальних апаратів**

за темою - Природа світла. Поширення світла. Геометрична оптика

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 22.02.2024 №2

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу Харківського
національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 17.01.2024 №6

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з гуманітарних та соціально-
економічних дисциплін
Протокол від 22.02.2024 №2

Розглянуто на засіданні циклової комісії економіки, соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін, протокол від 05.01.2024 №14

Розробник:

Викладач циклової комісії економіки, соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін, Пузир М.С.

Рецензенти:

1.Доцент кафедри автомобілів та тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, кандидат технічних наук, доцент Черниш А.А.

2.Начальник відділу організації наукової роботи та гендерних питань КЛК ХНУВС, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Владов С.І.

План лекції

1. Розвиток уявлень про природу світла.
2. Когерентність світлових хвиль..
3. Закони геометричної оптики.
4. Поглинання і розсіювання світла.
5. Лінзи. Побудова зображень, одержаних за допомогою лінз.

Рекомендована література:

Основна

1. Дмитрієва В. Ф. Фізика: навчальний посібник / В. Ф. Дмитрієва. – К.: Техніка, 2008. – 608 с.

Додаткова

2. Курс фізики : навчальний посібник / [Зачек І. Р., Кравчук І. М., Романишин Б. М., Габа В. М., Гончар Ф. М.]. – Львів : Видавництво «Бескид Біт», 2002. – 376 с.
3. Волков О. Ф. Курс фізики ; у 2-х т. – Т.1: Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. Електростатика. Постійний струм. Електромагнетизм : навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / О. Ф. Волков, Т. П. Лумпієва. – Донецьк : ДонНТУ, 2009. – 224 с.
4. Волков О. Ф. Курс фізики ; у 2-х т. – Т.2: Коливання і хвилі. Хвильова і квантова оптика. Елементи квантової механіки. Основи фізики твердого тіла. Елементи фізики атомного ядра : навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / О. Ф. Волков, Т. П. Лумпієва. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – 208 с.
5. Збірник задач з фізики : навчальний посібник / [Лопатинський І. Є., Зачек І. Р., Серeda В. М., Крушельницька Т. Д., Українець Н. А.]. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. – 124с.

Текст лекції

1. Розвиток уявлень про природу світла. Століттями тривали між ученими суперечки про природу світла. У 1675 р. Ісаак Ньютон висунув корпускулярну теорію природи світла, згідно з якою світло складається з малих частинок різних форми й розмірів, які випромінюються будь-якими тілами й називаються корпускулами. Але ця теорія не могла пояснити всі оптичні явища, тому 1690 р. голландський фізик Християн Гюйгенс запропонував хвильову теорію природи світла, згідно з якою світло — це механічні поздовжні хвилі, які мають поширюватися в пружному середовищі, названому світловим ефіром. Але обидві ці теорії не відповідали дійсності. Після створення Джеймсом Максвеллом електромагнітної теорії (60–70-ті роки ХІХ ст.) він зробив припущення, що світло — це електромагнітні хвилі, оскільки швидкість світла і

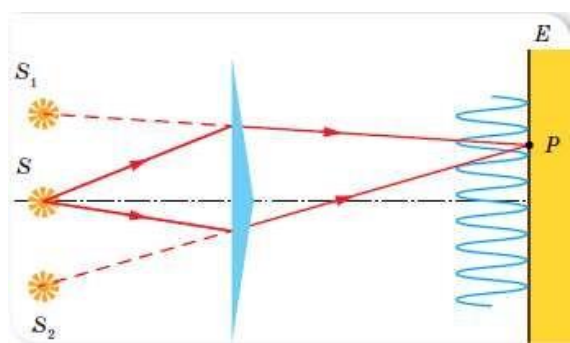
швидкість електромагнітних хвиль — однакові. Електромагнітна теорія також не могла пояснити деякі оптичні явища (наприклад, фотоефект). У 1900 р. німецький фізик Макс Планк висуває квантову теорію природи світла, яка доповнює й розширює електромагнітну теорію. Отже, світло в певних явищах виявляє як корпускулярні, так і хвильові властивості. У фізиці такий прояв дістав назву *корпускулярно-хвильовий дуалізм*. Ми далі з'ясуємо, що такі властивості притаманні й іншим об'єктам, наприклад електронам. У цьому й наступних параграфах детальніше дослідимо хвильові властивості світла. Оперуючи поняттям «світло», ми розглядатимемо електромагнітні хвилі в діапазоні частот коливань від $4 \cdot 10^{14}$ до $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц. У цьому інтервалі кожній частоті відповідає довжина хвилі та свій колір випромінювання: від 400 нм (фіолетовий колір) до 760 нм (червоний). Зазначимо, що до оптичного діапазону (світла) належить також інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання.

2 Когерентність світлових хвиль.

Як ми знаємо, хвилям будь-якої природи притаманні однакові властивості. Так, явище інтерференції, яке ми розглядали на прикладі механічних хвиль, властиве й електромагнітним, зокрема світловим.

Пригадаймо: *інтерференцією* називається додавання в просторі двох і більше хвиль, за якого відбувається постійний у часі розподіл амплітуд результуючих коливань. Для її отримання необхідне виконання деяких умов. З'ясуємо їх. Щоб інтерференційна картина була стійкою, потрібні узгоджені хвилі, тобто такі, що мають однакові довжини й сталу різницю фаз у будь-якій точці простору.

Хвилі, які відповідають цим умовам, називають *когерентними*, відповідно

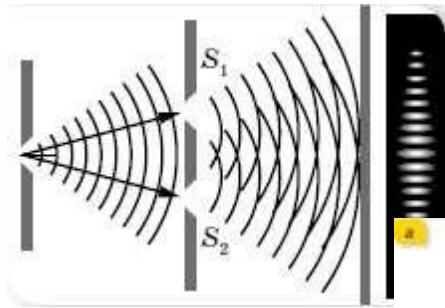


когерентними називають і джерела, які їх випромінюють. Для одержання когерентних джерел світла вдаються до штучного прийому: пучок світла від одного джерела розділяють на два або кілька пучків, які йдуть різними шляхами, і в подальшому зводяться й накладаються один на один.

Якщо ці пучки пройдуть різну відстань, то між ними виникне різниця фаз. У разі накладання таких пучків і виникає стійка інтерференційна картина. Уперше такий метод використав французький фізик Огюстен Френель (1788–1827). На малюнку наведено схему досліду Френеля для одержання когерентних джерел світла за допомогою так званої біпризми Френеля.

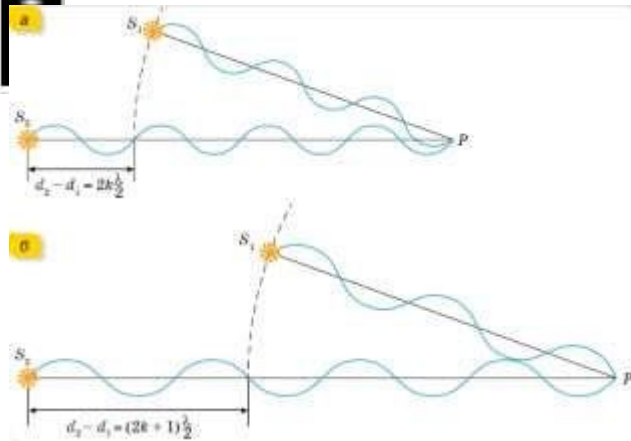
Існують інші способи отримання когерентних джерел світла.

Умови мінімумів і максимумів інтерференційної картини. Уперше явище інтерференції дослідив Томас Юнг (1773–1820) (йому належить і термін «інтерференція»). Юнг також першим виміряв довжину світлової хвилі. У своїх дослідках Юнг використав сонячне світло, що проходило крізь одну, а потім дві щілини S_1 та S_2 . До речі, метою проведення досліду була перевірка припущення



про корпускулярну природу світла. Якщо світло є потоком частинок, то на екрані повинні спостерігатися дві яскраві лінії. Проте Юнг побачив цілу серію яскравих і темних ліній (мал.).

З'ясуємо умови, спостерігаються світлі Розглянемо дві світлові хвилі, які довільну точку P Кожна з хвиль певну відстань. звичайну довжину шляху l та оптичну d . ці довжини однакові.



за яких й темні смуги. когерентні надходять у (мал.а). проходить Розрізняють пройденого Для вакууму

Для довільного середовища **оптична довжина шляху d** — це величина, що визначається добутком фактичної довжини шляху світлової хвилі в даному середовищі (геометричної довжини) та абсолютного показника заломлення цього середовища, $d = nl$. Від того, якою буде оптична різниця ходу між двома хвилями, залежить амплітуда результуючої хвилі.

Якщо хвилі виходять із джерел S_1 і S_2 з однаковими фазами, а різниця ходу $\Delta d = d_1 - d_2 = 0$, то в точку P хвилі приходять теж з однаковими фазами. У цьому разі в точці P відбуваються електромагнітні коливання зі збільшеною амплітудою, тобто спостерігається максимум освітленості. Те саме відбувається за умови, що на відрізок Δd укладається будь-яке ціле число довжин хвиль (парне число півхвиль).

Якщо ж одна із хвиль проходить додаткову відстань, яка дорівнює половині хвилі, півтори хвилі й т. д., тобто різниця ходу $d_1 - d_2$ становить непарне число півхвиль, то обидві хвилі потраплять на екран у протифазі й «погасять» одна одну, оскільки результуюча амплітуда дорівнюватиме нулю (мал.б).

Узагальнення розглянутих випадків носить назву **умов максимуму та мінімуму інтерференції**.

Умова максимуму: у певній точці простору відбувається посилення результуючих світлових коливань, якщо оптична різниця ходу двох світлових хвиль Δd , що надходять у цю точку, дорівнює цілому числу довжин хвиль (парному числу півхвиль):

$$\Delta d = d_2 - d_1 = 2k \frac{\lambda}{2},$$

де $k = 0, 1, 2, 3 \dots$

Умова мінімуму: у певній точці простору відбувається ослаблення результуючих світлових коливань, якщо оптична різниця ходу двох світлових хвиль, що надходять у цю точку, дорівнює непарному числу півхвиль:

$$\Delta d = d_2 - d_1 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

де $k = 0, 1, 2, 3 \dots$.

Можливий і ще один випадок, коли різниця ходу дорівнює не цілому числу півхвиль. У цьому разі хвилі придуть з різними фазами й будуть або підсилювати, або послаблювати одна одну. Амплітуда результуючої хвилі матиме проміжне значення між нулем і подвійною амплітудою. По суті, інтерференційна картина — це незмінний у часі розподіл амплітуд інтерферуючих хвиль. Розглядаючи інтерференційну картину, ми вказали, що на щілини падають монохроматичні хвилі довжиною λ . Вигляд інтерференційної картини залежить від довжини хвиль. Так, якщо на установку спрямувати світло іншого кольору (іншої довжини хвилі), то спостерігатиметься аналогічна картина, але відстані між світлими й темними смугами будуть іншими. Наприклад, для червоного світла відстані між смугами виявляться більшими, ніж за освітлення зеленим або синім. А що ж ми спостерігатимемо на екрані, освітлюючи його білим світлом? У цьому разі в центрі буде видно білу світлу смугу, а по обидва боки від неї — кольорові смуги, забарвлені всіма кольорами райдуги: від фіолетового (який розташований ближче до центра екрана) до червоного. (Спробуйте самостійно пояснити, чому у випадку білого світла спостерігаються різнокольорові смуги й чому на деякій відстані від центра екрана смуги зникають, а екран стає рівномірно освітленим.) З'ясуймо ще одне питання. Як відомо, електромагнітні хвилі (зокрема й світлові) несуть енергію. Що ж відбувається із цією енергією, коли хвилі гасять одна одну? Можливо, ця енергія перетворюється на інші види й у мінімумах інтерференційної картини виділяється теплота? Ні. Мінімум у даній точці інтерференційної картини означає, що енергія сюди зовсім не надходить. Унаслідок інтерференції енергія перерозподіляється в просторі. Вона концентрується в максимумах, не потрапляючи в мінімуми.

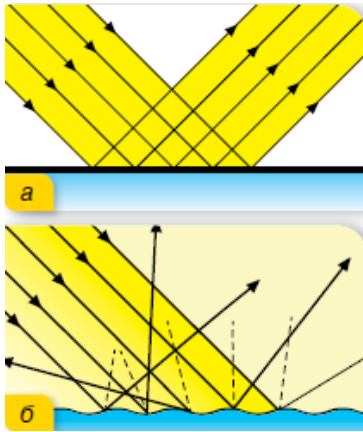
3 Закони геометричної оптики.

Світловий промінь — уявна лінія, уздовж якої відбувається перенесення світлової енергії. Світловий промінь — суто геометричне поняття, його застосовують для схематичного зображення світлових пучків. У реальному житті маємо справу з пучками світла, а от для схематичного зображення світлових пучків використовують світлові промені. Світловий промінь є головним поняттям геометричної оптики, яка ґрунтується на низці простих законів, установлених експериментально: **закон прямолінійного поширення світла** — в однорідному середовищі світло поширюється прямолінійно; **закон незалежного поширення світла** — окремі пучки світла не впливають один на одного й поширюються незалежно; **закони відбиття і заломлення світла**. Узагальненням усіх законів геометричної оптики є принцип Ферма, або принцип найменшого часу: поширення світла з однієї точки до іншої відбувається шляхом, що потребує найменшого часу порівняно з іншими шляхами між цими точками. Геометрична оптика є граничним випадком хвильової оптики. Тобто це розділ оптики, в якому вивчаються закони поширення світла в прозорих

середовищах і принципи побудови зображень в оптичних системах без урахування хвильових властивостей світла. Але те, що хвильові властивості світла не враховуються, не означає, що закони геометричної оптики не можна пояснити згідно із хвильовою теорією. Уявлення та закони геометричної оптики є правильними лише до тієї міри, до якої можна нехтувати явищами дифракції та інтерференції хвиль.

Закон відбиття світла. Закон відбиття справджується для хвиль будь-якої природи. Нагадаємо його:

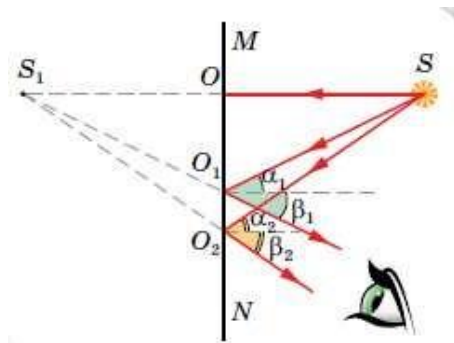
падаючий промінь, відбитий промінь та перпендикуляр до межі поділу середовищ, проведені у точці падіння, лежать в одній площині; кут відбиття дорівнює куту падіння.



Дзеркальне та дифузне відбиття. Залежно від властивостей і якості поверхні відбиття розрізняють дзеркальне та розсіяне відбиття. Дзеркальною вважають поверхню, що має нерівності, розміри яких менші від довжини світлової хвилі. Наприклад, поверхні краплини ртуті, полірованого скла чи металу тощо. Паралельні промені після відбиття від дзеркальної поверхні будуть також паралельними. Якщо ж нерівності поверхні сумірні з довжиною світлової хвилі, то світло, відбите від поверхні, буде розсіяним (дифузним) (мал.). Саме завдяки такому відбиванню світла ми бачимо предмети,

які не випромінюють світло.

Одержання зображень за допомогою дзеркал. На практиці використовують переважно *плоскі* та *сферичні* дзеркала. Зображення предмета в плоскому дзеркалі можна побудувати, скориставшись законами світла. Для цього з точки, зображення хочемо побудувати, проводимо довільні (на малюнку з точки S проведено три хоча зрозуміло, що для побудови точки площині достатньо перетину двох променів). Після цього за законом відбиття світла будемо промені, відбиті від поверхні дзеркала, та їх продовження. Саме перетин продовжень відбитих променів є зображенням точки в плоскому дзеркалі. Одержане зображення є прямим, уявним (оскільки одержане в результаті перетину не самих променів, а їх продовжень), таким, що дорівнює за розмірами предмету, і симетричним йому відносно площини дзеркала.



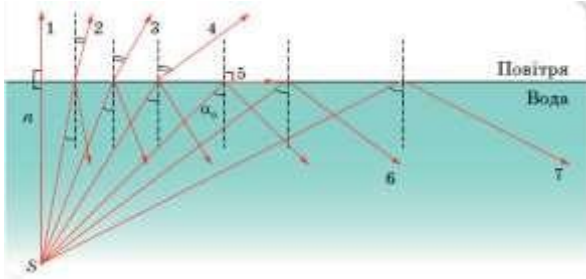
відбиття
якої
промені
промені,
на

Закон заломлення світла. Повне відбиття. Пригадаймо закон заломлення світла:

Закон заломлення світла дає змогу пояснити

падаючий промінь, заломлений промінь та перпендикуляр до межі поділу середовищ, проведені у точці падіння, лежать в одній площині; відношення синуса кута падіння α до синуса кута заломлення γ світла є величиною сталою, яка дорівнює відношенню показників заломлення двох середовищ, $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$, де n_1 і n_2 — абсолютні показники заломлення першого і другого середовищ, n_{21} — відносний показник заломлення.

цікаве й практично важливе явище — *повне відбиття світла*.



Якщо промінь світла поширюється від точкового джерела з оптично більш густого в оптично менш густе середовище, то кут заломлення більший за кут падіння. Зі збільшенням кута падіння світлового променя збільшується і кут заломлення, водночас, інтенсивність

заломленого променя зменшується (мал.). Досягши певного значення кута падіння α_0 , промінь взагалі не перетинає межу поділу середовищ — кут заломлення становить 90° . Коли кут падіння $\alpha > \alpha_0$, світло не переходить у друге середовище, а лише відбивається від його межі, тобто відбувається *явище повного внутрішнього відбиття*.

Явище, за якого світло, поширюючись у більш густому середовищі, відбивається від межі поділу з менш густим середовищем, не заломлюючись, називається явищем повного відбиття.

Кутом повного внутрішнього відбиття називається найменший кут падіння α_0 , починаючи з якого світло повністю відбивається від межі поділу середовищ. Із закону заломлення світла випливає, що ним є кут, синус якого дорівнює

$$\frac{1}{n}, \text{ тобто } \alpha_0 = \arcsin\left(\frac{1}{n}\right)$$

Саме повне відбиття спричиняє яскравий блиск краплинок роси, уламків скла тощо. Це явище використовують, огранюючи та шліфуючи дорогоцінне каміння. Оброблювальному камінцеві надають такої форми, щоб більшість падаючих на нього променів після заломлення відбивались від внутрішніх граней.

Волоконна оптика. Явище повного відбиття використовують у *волоконній оптиці*. Термін *волоконна оптика* з'явився у 50-х роках ХХ ст. Основним елементом волоконної оптики є оптичне волокно (мал.) (найчастіше тонка прозора скляна нитка). Зазнаючи повного внутрішнього відбиття, світло поширюється всередині світловоду і здатне передавати оптичні сигнали без зменшення інтенсивності на великі відстані. Явище повного відбиття використовують у біноклях, перископах, катафотах засобів дорожнього руху тощо.

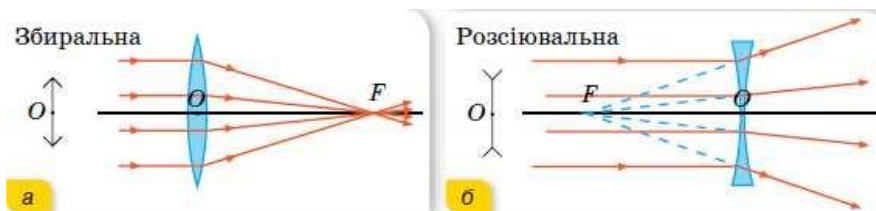


5. Лінзи. Побудова зображень, одержаних за допомогою лінз.

Лінзою називають прозоре тіло, обмежене з обох боків сферичними поверхнями (одна з поверхонь може бути плоскою).

Унаслідок кривизни поверхонь промені, які проходять крізь лінзу, два рази заломлюються (як і в призмі), змінюючи свій напрямок поширення. Якщо товщина лінзи значно менша від радіуса її кривизни, то таку лінзу називають *тонкою*. Якщо паралельний пучок променів, пройшовши крізь лінзу, сходиться

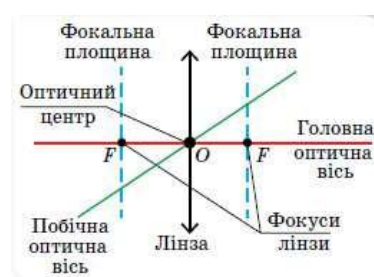
в одній точці (фокусі), то таку лінзу називають *збиральною*, якщо ж паралельний пучок променів після проходження крізь лінзу стає розхідним, то таку лінзу називають *розсіювальною*.



На малюнку *а* зображено збиральну лінзу, хід променів у ній та її умовне зображення, а на малюнку *б* —

розсіювальну лінзу, хід променів у ній та її умовне зображення. (Зауважимо, що збиральна лінза є опуклою, а розсіювальна вгнутою, лише коли показник заломлення речовини лінзи більший за показник заломлення навколишнього середовища.)

Лінза як оптична система має низку характеристик: фокус, фокальну площину, головну оптичну вісь тощо. Зміст деяких термінів зрозумілий з малюнка.

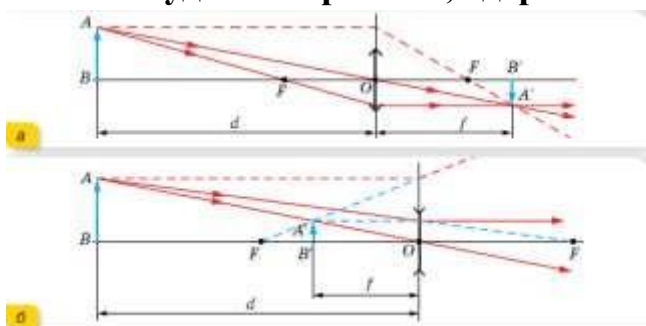


Відстань від фокуса до оптичного центра називають *фокусною відстанню лінзи F* . Фокусна відстань збиральної лінзи є додатною, а розсіювальної — від'ємною. Величину, обернену до фокусної відстані, називають **оптичною силою лінзи D**

$$D=1/F$$

У СІ оптичну силу лінзи вимірюють у діоптріях, $1 \text{ дптр} = 1/\text{м}$

Побудова зображень, одержаних за допомогою лінз.



використання закону заломлення.

Хід зручних променів (мал):

1. Якщо падаючий промінь паралельний головній оптичній осі, то заломлений пройде через фокус.
2. Якщо падаючий промінь пройшов через фокус, то заломлений піде паралельно головній оптичній осі.
3. Промінь, який пройшов через оптичний центр, не заломлюється.
4. Якщо падаючий промінь паралельний побічній осі, то заломлений перетнеться із цією віссю у фокальній площині. Зображення в лінзі може бути прямим або перевернутим, збільшеним або зменшеним, дійсним або уявним. Якщо d — відстань від предмета до лінзи, f — відстань від лінзи до зображення

на екрані, F — фокусна відстань, то розміщення предмета та його зображення можна визначити за *формулою тонкої лінзи*:

$$\pm \frac{1}{F} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} = \pm D$$

Користуючись формулою тонкої лінзи, варто зважати на правило знаків:

- якщо лінза розсіювальна, то величину F беруть зі знаком «—»;
- якщо лінза дає уявне зображення, то і f також беруть з «—»;
- якщо предмет уявний, то і d беруть зі знаком «—».

Якщо h — висота предмета, а H — висота зображення, то можна визначити збільшення лінзи:

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

Тип і положення зображення предмета в збиральній лінзі залежать від його відстані d до лінзи. Характер співвідношення між предметом і його зображенням у збиральній лінзі наведено в таблиці:

Відстань від предмета до лінзи, d	Відстань до зображення, f	Тип зображення
$d \rightarrow \infty$	$f \approx F$	Дійсне, обернене, зменшене, $\Gamma < 1$
$d > 2F$	$2F > f > F$	Дійсне, обернене, зменшене, $\Gamma < 1$
$d = 2F$	$f = 2F$	Дійсне, обернене, рівне, $\Gamma = 1$
$2F > d > F$	$f > 2F$	Дійсне, обернене, збільшене, $\Gamma > 1$
$d \approx F$	$f \rightarrow \infty$	Не існує $\Gamma \rightarrow \infty$
$d < F$	$f < 0$	Уявне, пряме, збільшене, $\Gamma > 1$

Зображення предмета в розсіювальній лінзі за будь-якої відстані d від предмета до лінзи завжди уявне, пряме, зменшене та розміщене між переднім фокусом і лінзою, причому $f < d$. Якщо оптична система складається з кількох лінз (їхні оптичні сили D_1, D_2, \dots, D_n), розміщених близько одна до одної, то виконується така формула:

$$D_{\text{системи}} = D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n$$

Якщо ж лінзи розміщені в різних точках простору, то спочатку будують зображення, отримане від першої лінзи. Це зображення слугує предметом для другої лінзи і так далі. Повторюючи цей процес необхідну кількість разів, знаходять потрібне зображення для всієї оптичної системи. Якщо лінза щільно прилягає до сферичного дзеркала, то $D = 2D_1 + D_2$, де D_1 — оптична сила лінзи, D_2 — оптична сила дзеркала.

Кут зору

Око людини — складна і досконала оптична система. Очне яблуко — майже кулясте тіло, діаметром близько 25 мм, укладене в непрозору захисну оболонку білого кольору — склеру, яка в передній частині переходить в опуклу прозору рогівку. Внутрішня поверхня ока вистелена судинною оболонкою, яка в передній частині ока переходить в райдужну оболонку, забарвлену в різних людей по-різному і має в центрі невеликий отвір — зіницю.

Райдужна оболонка є своєрідною діафрагмою, що регулює діаметр зіниці і тим самим — світловий потік, що потрапляє в око. Простір між райдужною оболонкою і рогівкою — передня камера — заповнена прозорою рідиною;

безпосередньо за зіницею розташований кришталик – пружне прозоре тіло, що має форму двоопуклої лінзи. За допомогою кругової війкової м'язи кривизна кришталика може плавно змінюватися. Одним з чудових властивостей кришталика є його пружність. Якщо оточуючі його м'язи напружуються, то кришталик розтягується і стає тоншим. Його заломлююча здатність зменшується, і ми можемо чітко бачити більше вилучені предмети. Вся внутрішня порожнина ока заповнена прозорою драглистою рідиною – склоподібним тілом. Очне дно вистелено світлочутливою сітчастою оболонкою – сітківкою, утвореної розгалуженнями волокон зорового нерва, який пов'язує очі з мозком. Закінчення зорового нерва утворюють найдрібніші рецепторні клітини – палички і колбочки, що забезпечують сутінковий і колірний зір. Світло викликає фотохімічні реакції в цих клітинах, змінює їх електричний стан, за рахунок чого виникає нервовий імпульс, що передається в мозок, де і формується зорове відчуття.

Сітківка служить світлосприймаючим екраном, на якому виходять дійсні зменшені перевернуті зображення предметів, розглянутих оком. Усім процесом зору управляє мозок – координує рухи очей, фокусує кришталіки, приводить в дію «діафрагму», при необхідності повністю припиняє процес бачення, закриваючи повіки. Причому все це відбувається за мільйонну частку секунди! Не можна не захоплюватися тим, наскільки ж розумна і раціональна ця біологічна система – око!

Заломлююча система ока – рогівка, волога передньої камери, кришталик і склоподібне тіло – це центрована система з оптичною віссю, що проходить через геометричні центри кришталіка, зіниці і рогівки. Здоровий очей пристосовується до розглядання предметів, розташованих від нього на відстані від 10 см до нескінченності. Акомодація ока – його здатність змінювати оптичну силу за рахунок зміни кривизни кришталіка – дозволяє отримувати на сітківці чітке зображення предметів. В цілому оптична система ока діє як збираюча лінза із змінною фокусною відстанню. Для нормального ока найбільш сприятливим для розглядання предмета виявляється відстань близько 25 см, при якій око досить добре розрізняє деталі без надмірного стомлення. Ця відстань називається відстанню найкращого зору.

Найбільшою чутливістю до світла і максимальною роздільною здатністю володіє ділянка сітківки, розташована на дні ока навпроти зіниці, – жовта пляма. Роздільну здатність ока прийнято характеризувати мінімальним кутом зору, під яким дві сусідні точки предмета видно роздільно.

Кут зору утворений променями, що йдуть від крайніх точок об'єкта через оптичний центр ока, розташований усередині ока, на відстані близько 5 мм від вершини рогівки. Саме цей кут і визначає розмір зображення на сітківці. Чим більше кут зору, тим більшу кількість деталей можна розрізнити при спостереженні об'єкта. В межах жовтої плями при гарній освітленості зір людини починає сприймати дві точки.

Величина характеризує максимальну гостроту зору і визначається структурою сітківки. Дві сусідні точки видно роздільно тільки тоді, коли їх зображення потрапляють на різні рецептори. Ця умова і ставить межу роздільної

здатності ока. При нормальному зорі людина може з відстані 25 см бачити роздільно дві точки, віддалені один від одного не менше ніж на 0,05-0,07 мм.

Зір двома очима дозволяє отримати два зображення одного і того ж предмета з різних позицій. Оптичні осі очей зусиллям м'язів повертаються і спрямовуються на об'єкт. В результаті формується стереоскопічне (просторове) зображення предмета. Одночасна акомодация і зведення осей очних яблук на деякий кут дозволяють досить чітко оцінити відстань до предметів. Стереоскопічний ефект спостерігається при розгляданні предметів, вилучених від очей на відстань 0,25-200 м. *Зір одним оком дає плоске зображення.*