Міністерство освіти і науки України

Вінницький державний педагогічний університет

імені М. Коцюбинського

Інститут перспективних технологій, економіки і фундаментальних наук

Кафедра методики викладання фізики та інформатики

**Реферат на тему**

**Формування знань учнів з розділу "Оптика"**

*Студент*

*спеціальності "математика і фізика"*

*групи 5АМФ*

БРАЦЮК Юрій Олексійович

*Перевірив:*

кандидат фіз. - мат. наук, доцент

ЗАБОЛОТНИЙ В.Ф.

Вінниця-2007

Зміст

1. Структура курсу оптики і зв'язок його з іншими розділами фізики

2. Особливості викладання оптики

2.2 Проблемний підхід до вивчення оптичних явищ

2.2 Специфіка демонстраційного експерименту з оптики

2.3 Лабораторні роботи, фронтальний експеримент і роботи фізичного практикуму з оптики

2.4 Розв'язування задач з оптики, домашні досліди і спостереження

3. Методичні особливості вивчення геометричної оптики

3.1 Що вивчає променева оптика. Закони відбивання і заломлення світла

3.2 Відбивання гомоцентричних пучків світла від плоских і сферичних поверхонь. Дзеркала

3.3 Заломлення гомоцентричних пучків світла на плоских поверхнях. Повне відбивання світла

3.4 Заломлення гомоцентричних пучків світла на сферичних поверхнях. Лінзи. Аберація лінз. Об'єктиви

## 1. Структура курсу оптики і зв'язок його з іншими розділами фізики

Оптика (яка в середній школі включає також елементи атомної фізики) - передостанній розділ фізики. Вона ґрунтується значною мірою на матеріалі, який раніше вивчався в механіці і електриці, доповнює його й підносить на вищий якісний рівень. Явища та закономірності, що вивчаються в оптиці, складніші, ніж у попередніх розділах фізики, проте учні підходять до їх вивчення більш підготовленими, тому цей матеріал сприймається без особливих труднощів. І під час вивчення оптики слід іти від простого до складного, від відомого до невідомого, з тим щоб сприймання було глибшим і фундаментальнішим.

Отже, не випадково, в підручнику виклад починають з геометричної (або променевої) оптики, потім, вивчається хвильова оптика, а за нею квантова (чи корпускулярна). Такий розподіл матеріалу дає можливість розглянути основні властивості світла у порядку їх ускладнення - властивості прямолінійно поширюватися в однорідному просторі, хвильові й корпускулярні властивості.

Ці розділи оптики охоплюють питання, пов'язані з випусканням світла, його поширенням у просторі та взаємодією з речовиною. Послідовність вивчення оптики з установленням основних логічних зв'язків між частинами навчального матеріалу, а також технічні застосування оптики подано на схемах (мал.1 і 2).

Заключний розділ курсу електрики - електромагнітні хвилі - є безпосередньою ланкою у переході до вивчення оптики, що підтверджує нерозривний зв'язок електричних і оптичних явищ. У цьому розділі встановлюється електромагнітна природа світла, доказом чого є факт збігу числового значення швидкості світла і хвиль Герца. З електромагнітної природи світла безпосередньо випливають його хвильові властивості. Зробимо застереження щодо деяких термінів. Маючи на увазі *природу світла,* говоримо, що вона електромагнітна. Хвильові, корпускулярні *особливості світла,* особливість прямолінійного поширення називаємо його властивостями. Пізнавальну цінність тут має короткий історичний екскурс в історію розвитку хвильових уявлень про світло (X. Гюйгенс, М.В. Ломоносов, Л. Ейлер, Т. Юнг, О. Френель, Д.К. Максвелл, Г. Герц).

Послідовність викладання оптики здійснюється відповідно до *трьох основних властивостей світла.* Властивість світла прямолінійно поширюватися в однорідному середовищі лежить в основі променевої або геометричної оптики. У цьому розділі основними є поняття променя та пучків променів із спільним центром (гомоцентричні пучки променів). На самому початку вивчення променевої оптики подається поняття про енергетичні фотометричні величини. Розділ власне фотометрії, де вводиться поняття про світловий потік, найкраще дати в кінці курсу оптики. Променева оптика пояснює будову та дію основних оптичних приладів.

З другою властивістю світла - хвильовою - пов'язаний наступний розділ оптики - світлові хвилі. Одним з центральних тут є поняття про швидкість поширення світла. З вивченням цієї величини пов'язаний розвиток оптики, теорії відносності та інших розділів фізики. Швидкість світла входить до фундаментальних фізичних констант. Історичну цінність має астрономічний метод визначення швидкості світла, запропонований Ремером. Методично важливим є метод Фуко, бо він вперше довів, що в оптично густіших середовищах світло поширюється повільніше, ніж в оптично менш густих. Важливо також спинитися на сучасних методах визначення швидкості світла. При цьому треба підкреслити скінченність величини швидкості світла, її інваріантність, незалежність від руху джерела.

Вивчаючи *інтерференцію світла,* насамперед треба розглянути закон незалежності поширення світлових пучків, принцип суперпозиції, а потім - умови інтерференції: наявність когерентних хвиль і однакового напряму коливань електричного вектора. Варто відзначити, що когерентні хвилі можна дістати або за допомогою дзеркал, призм, коли схрещуються дві частини того самого пучка світла, або розщепленням пучка світла на дві частини тонкими прозорими плівками. В обох випадках пучки світла утворюються від одного й того самого джерела світла. До створення квантових генераторів було неможливо утворити стійку інтерференційну картину від двох незалежних джерел світла. Важливо спинитися також на питанні перерозподілу енергії в інтерференційному полі, і на тому, що при цьому виконується: закон збереження енергії.

Технічні застосування інтерференції свідчать, як часом в оптиці найпростішими засобами можна досягти дуже великої точності вимірювань (пробні скельця).

Важливий етап формування уявлення про світлову хвилю - визначення її довжини. Досліди з інтерференції світла, наприклад з біпризмою, дають таку можливість. Звідси легко перейти до визначення метра в довжинах світлових хвиль згідно з міжнародною системою одиниць СІ.

Для пояснення явища *дифракції світла* розглядають принцип Гюйгенса. Зазначають, що ним легко пояснюються закони відбивання й заломлення світла, а показник заломлення пов'язується з швидкостями поширення світла у відповідних середовищах. Принцип Гюйгенса дає змогу пояснити якісно картину дифракції, а доповнення до нього, зроблене Френелем, - описати її кількісно.

Важливим висновком з теорії дифракції є положення про роздільну здатність ока та оптичних приладів. Із застосувань дифракції заслуговує на увагу дифракційна решітка.

Вивчення явища *поляризації світла* дає змогу довести поперечність світлових коливань. Це положення має принципове значення для підтвердження електромагнітної природи світла, бо електромагнітні хвилі поперечні. Закінчується цей розділ розглядом прикладів застосування поляризації світла.

Наступний розділ оптики пов'язаний з *взаємодією світла з речовиною,* В ньому розглядаються види випромінювань, джерела світла та спектри випромінювання. Взаємодія світла з речовиною є суто квантовим явищем. Тому тут вводиться поняття про квант енергії світла, про елементарну частинку світла - фотон і прояв квантових властивостей світла у фотоефекті, фотохімії та люмінесценції. Розглядаються досліди П.М. Лебедєва з вимірювання тиску світла. Особлива увага приділяється вивченню процесів випускання та вбирання фотонів нагрітими газоподібними тілами.

Закінчується вивчення оптики розглядом *фотометрії та світлотехнічних вимірювань.*

## 2. Особливості викладання оптики

## 2.2 Проблемний підхід до вивчення оптичних явищ

Революція в природознавстві, технічний прогрес сприяють швидкому розвитку наук, у тому числі й оптики. Потік інформації стає все більшим, і навіть спеціалістам важко його осягнути. Певна частина цієї інформації потрапляє у навчальний матеріал школи. Щоб учні справилися із зростаючим навантаженням, процес навчання має бути творчим, з активним і, значною мірою, самостійним оволодінням знаннями. Вчитель повинен не лише давати суму конкретних знань, а й навчати робити самостійні висновки на їх основі, прищеплювати учням навички творчого мислення.

Одним із засобів реалізації цього положення е *проблемний підхід* до вивчення основ наук. Найважливіша особливість проблемного навчання, що відрізняє його від пояснювально-ілюстративного, полягає в тому, що знання подаються учням не в готовому вигляді, а як проблеми для самостійного розв'язання. Здійснюючи пошук, учні самі здобувають знання. А здобуті зусиллям власної думки знання свідоміше засвоюються та міцніше закріплюються. Саме навчання стає для учнів цікавішим, прива6ливішим.

Звичайно, проблемний підхід до вивчення навчального матеріалу не варто протиставляти іншим видам навчання. Як і завжди, більша частина знань, передбачених програмою, подається у готовому вигляді за допомогою ілюстративного та репродукційного методів і лише частину знань учні можуть здобути в результаті самостійного пошуку. В цьому проявляється єдність відтворюючої і творчої діяльності учнів. Творча пізнавальна діяльність їх не можлива без відтворення раніше засвоєних репродуктивним методом знань. Відтворення і творчість - дві сторони єдиного цілісного процесу пізнання.

Початком будь-якого методу проблемного навчання є проблемна ситуація. Тому треба вміти створити її або вдало скористатися нею, коли вона виникне.

Перелічимо проблемні ситуації в курсі оптики. Одні з них хоч і не можна розв'язати на основі попередніх відомостей, але з доповненнями вони стають зрозумілими ще в межах цього розділу оптики, а інколи навіть на поточному уроці. Інші можна розв'язати, лише перейшовши до нового, якісно відмінного розділу оптики: наприклад, проблему, що виникла в променевій оптиці, можна розв'язати тільки під час вивчення хвильової або фотонної і т.д.

Розглянемо останній вид проблемних ситуацій. У променевій оптиці виникає кілька ситуацій, які є проявом однієї і тієї самої проблеми. Це:

1) наявність граничного кута зору для ока;

2) залежність роздільної здатності телескопа від величини його діаметра;

3) наявність граничного корисного збільшення для мікроскопа.

Всі ці три проблемні ситуації розв'язуються в наступному розділі оптики під час вивчення явища дифракції світла. Справді, в хвильовій оптиці при вивченні дифракції розповідається, що зображення світної точки не є точка, а невеличкий світний кружечок. Перекривання кружечків для окремих точок призводить до обмеження роздільної здатності ока, зорової труби, мікроскопа.

Сам перехід від променевої оптики до хвильової можна побудувати так. Ще раз підкреслюємо, що хоч у променевій оптиці ми скористалися лише однією властивістю світла - прямолінійно поширюватись, і висновком з неї - променем, ми змогли пояснити будову цілого ряду оптичних приладів. Проте світлові процеси складні і не дивно, що ряд питань, наприклад, пов'язаних з роздільною здатністю, тут пояснити ми не можемо. Так, з геометричних міркувань променевої оптики зовсім незрозуміло, чому не можна розглядати все дрібніші деталі на предметі, поставивши один мікроскоп на другий. На всі ці питання знайдемо відповідь у хвильовій оптиці, в якій, крім властивості світла поширюватися прямолінійно, скористаємося ще й хвильовими його властивостями.

У хвильовій оптиці такою проблемною ситуацією є наявність різних видів спектрів, що ми їх демонструємо, вивчаючи явища дисперсії. Існування за одних обставин лінійчастих спектрограм, а за інших - суцільних можна пояснити лише в межах наступного розділу - фотонної оптики. Про це варто ще раз нагадати учням, переходячи від хвильової до корпускулярної (квантової або фотонної) оптики.

У фотонній оптиці такою проблемною ситуацією є неможливість пояснити походження гамма-випромінювання в межах відомостей про будову атома. Тільки перехід до нового розділу - ядерної фізики - допоможе відповісти на це питання.

Розглянемо проблемні ситуації, які розв'язуються в межах окремих розділів оптики. Вони, як правило, виникають (або їх треба створювати) під час переходу від одних понять до інших. Так, у променевій оптиці відбивання гомоцентричних пучків променів світла від плоских поверхонь змінює лише їх напрям і не створює дійсного зображення. Як же його в такому разі утворити? Відповідь на це проблемне питання знаходимо у. застосуванні вгнутих сферичних дзеркал. Проста лінза не дає якісного зображення через наявність аберацій. Що ж треба зробити, щоб утворити таке зображення? Ця проблемна ситуація розв'язується застосуванням комбінації лінз - об'єктивів. Фотоапарат це всі точки просторового предмета відтворює чітко на фотопластинці - застосовуємо діафрагму. Одного лише джерела світла та об'єктива не досить, щоб утворити на екрані проекцію діапозитива потрібної якості. Вихід - застосування додаткової лінзи (або системи лінз) - конденсатора. Ввівши додатковий об'єктив при створенні спектрографа, зможемо скористатися призмою таким чином, щоб вона не впливала на якість зображення.

Цікава проблемна ситуація виникає при розгляданні оком предмета, коли він розміщений ближче від ближньої точки - в цьому разі застосовують допоміжну короткофокусну лінзу - лупу. Проблему збільшення кута зору на предмет, до якого немає змоги наблизитись, розв'язують наближенням до ока дійсного зображення цього предмета, утвореного об'єктивом, а збільшити кут зору на дуже малий предмет можна аналогічно, утворивши за допомогою мікрооб'єктива збільшене дійсне зображення предмета, яке розглядають через лупу.

У хвильовій оптиці до таких проблемних ситуацій можна; віднести виникнення кольорових смуг під час освітлення тонких плівок, подвійне променезаломлення в анізотропних кристалах, розмивання зображення в камері-обскурі при значному зменшенні розміру діафрагми та ін.

У фотонній оптиці проблемні ситуації виникають, коли спостерігають відмінності лінійчастих спектрограм, що належать різним хімічним елементам; при спробі пояснити виникнення характеристичних рентгенівських спектрів; під час пояснення далекого інфрачервоного випромінювання тощо.

Наведені приклади свідчать про широкі можливості застосування проблемного навчання в курсі оптики.

## 2.2 Специфіка демонстраційного експерименту з оптики

Особливістю оптичних дослідів є те, що більшість з них слід проводити в повністю або частково затемненій аудиторії; демонстрування окремих явищ потребує штучних прийомів для того, щоб зробити світлові лучки видимими всьому класу, а для цього потрібні пояснення; в окремих випадках в утворенні зображень бере участь око спостерігача, отже, для всіх учнів класу повинні бути однакові умови для дослідів і спостережень.

Ці особливості оптичного експерименту вимагають від учителя виконання всього комплексу фізичного експерименту: демонстраційних дослідів, лабораторних робіт і фронтального експерименту, практикуму, самостійних домашніх дослідів. Самостійні досліди і спостереження з оптики мають велике значення, тому методику виконання цього виду експерименту докладно розглянемо пізніше.

Промисловість випускає достатню кількість оптичних приладів, які в сукупності з деякими побутовими приладами забезпечують можливість викладання оптики на експериментальній основі.

У шкільній практиці часто використовуються оптичні прилади, в яких за допомогою вузьких щілин, діафрагм, ребристих поверхонь, дзеркал штучно поділяють світлові пучки на окремі частими (наприклад, оптична шайба). Такі прилади лише відтворюють у динаміці креслення на дошці. Методисти, зокрема Л.І. Рєзников, не відкидаючи цінності таких приладів, рекомендують ставити досліди з усім світловим потоком, що падає на плоскі й сферичні поверхні та лінзи, поєднуючи їх з утворенням зображень освітлених або самосвітних предметів. Досліди з приладами типу оптичної шайби - проміжні між малюнком і демонстрацією самого явища.

Оптичні вимірювання умовно поділяють на дві групи: вимірювання властивостей речовини і характеристик оптичних приладів (показник заломлення, фокусна відстань, збільшення тощо) і вимірювання самого випромінювання (світловий потік, сила світла, довжина світлової хвилі тощо).

Бажано урізноманітнювати досліди з оптики на ту саму тему. Це збуджуватиме в учнів інтерес до вивчення фізики, сприятиме розвитку їх фізичного мислення, привчатиме знаходити спільне в різних дослідах і пояснювати суть явища. Для світлових вимірювань доцільно широко використовувати термопари, фотоелементи та інші датчики, навіть до того, як учні вивчатимуть їх. Досить тільки сказати дещо про принцип дії цих датчиків.

Ефективність демонстраційних дослідів з оптики неабиякою мірою визначається потужністю джерела і спектральним складом його світла. Широко використовуються потужні лампи розжарення та ртутно-кварцеві лампи (наприклад, ПРК-4). Останні мають ще й ту перевагу, що дають ультрафіолетове випромінювання, потрібне для проведення дослідів з фотоефекту, люмінесценції та ін. Останнім часом у школі почали використовувати також лазер

Під час проведення демонстрацій з оптики слід додержувати правил техніки безпеки, особливо під час проведення дослідів з потужними джерелами ультрафіолетового світла. Тривале і інтенсивне опромінювання ультрафіолетовим світлом шкідливе для людини, може викликати сильні опіки. Під дією ультрафіолетового світла, а також потужного лазерного променя може виникнути опік ока, що іноді призводить до тимчасової втрати зору. Тому в дослідах з ртутно-кварцовими лампами насамперед слід захищати очі від прямої дії променів на око.

Щоб створити оптимальні умови для спостереження оптичних явищ, бажано обладнати фізкабінет екранами різних видів: проекційним, пристінним поворотним, переносним, матовим (напівпрозорим); а для демонстрування явищ, що відбуваються в горизонтальній площині, та для зміни ходу світлових променів зручно мати велике плоске дзеркало (40X60 см).

## 2.3 Лабораторні роботи, фронтальний експеримент і роботи фізичного практикуму з оптики

Програма з фізики передбачає набуття учнями умінь і навичок дослідним шляхом (з виконанням необхідних розрахунків) визначати показник заломлення речовини, довжину світлової хвилі, користуватися оптичними приладами і визначати їхні основні характеристики (оптичну силу, фокусну відстань лінзи або системи лінз), користуватися спектроскопом, фотоапаратом, фотоелементами, фотореле. Це можна здійснити лише за допомогою системи фронтального експерименту (фронтальні досліди і спостереження) та фізичного практикуму.

На факультативних заняттях, у позаурочний час або й безпосередньо на уроках можна додатково провести ряд *лабораторних робіт,* зокрема спостереження оптичних зображень за допомогою невеликого отвору в непрозорому екрані, визначення видимого збільшення лупи, зорової труби, мікроскопа, показника заломлення за допомогою рефрактометра, визначення роздільної здатності ока, визначення спектральних границь чутливості ока, визначення радіуса кривизни лінзи за допомогою кілець Ньютона.

Неабияке значення для вироблення в учнів практичних умінь і навичок має систематичне проведення *фронтальних дослідів,* які є органічною складиною частиною уроку і можуть мати як самостійну мету, так і виконуватися під час підготовки до лабораторної робити. Наведемо деякі з можливих фронтальних дослідів: спостереження ходу променів і одержання зображень у плоских і сферичних дзеркалах, лінзах, плоскопаралельній скляній пластинці і тригранній призмі, порівняння сили світла за допомогою фотометра (можна саморобного), спостереження світлових спектрів за допомогою лінзи і дифракційної решітки, спектрограм випускання і вбирання, дія вакуумного (напівпровідникового) фотоелемента, визначення залежності опору напівпровідникового фоторезистора від освітленості, будова і дія фотореле тощо. Цей перелік можна продовжити. Якщо фізичний кабінет добре обладнаний, можна порадити ввести до *фізичного практикуму* виконання робіт, рекомендованих факультативним курсом фізики: залежність потужності випромінювання чорного тіла від температури, визначення ефективного перерізу взаємодії фотона з молекулою флуоресцину, визначення сталої Планка, вивчення спектра водню, якісний спектральний аналіз. Великий пізнавальний ефект дасть і робота фізичного практикуму з використанням лазера, наприклад, вивчення явища інтерференції світла - дослід Юнга з двома отворами.

## 2.4 Розв'язування задач з оптики, домашні досліди і спостереження

Розв'язування задач з оптики сприяє формуванню фізичних понять, усвідомленню і закріпленню учнями матеріалу, зв'язків між фізичними величинами. Зокрема, розв'язуючи задачі з цього розділу, учні міцніше засвоюють основні закони геометричної оптики (прямолінійне поширення світла, незалежність світлових пучків, відбивання і заломлення світла), фундаментальні поняття хвильової оптики, зокрема світлової хвилі та її характеристик, монохроматичність та розкладання білого світла в спектр, когерентності, інтерференції, дифракції, поляризації, скінченності, інваріантності й граничності швидкості світла, а також фотонну оптику; фотон і його властивості, взаємодія світла з речовиною.

Задачі з оптики поділяються на текстові (розрахункові, якісні), експериментальні, графічні (розрахункові, якісні), їх можна використати як для постановки проблеми, повідомлення нових знань, розвитку творчих здібностей учнів, так і для формування практичних умінь і навичок, перевірки якості засвоєння матеріалу, повторення, закріплення та узагальнення матеріалу. Під час розв'язування задач з оптики велике значення має органічне їх поєднання з демонстраційним і фронтальним експериментом, використанням технічних засобів навчання

Л.І. Рєзников запропонував систему задач, які не потребують складних і громіздких обчислень (задач якісних, задач на виконання побудови ходу променів тощо), але вимагають глибокого аналізу фізичного змісту явищ, використання фізичних принципів, різноманітних методів вивчення явищ, а також експериментальних досліджень. Приклади таких задач можна знайти в статті Л.І. Рєзникова "Диференціація навчального матеріалу з фізики".

Важливе значення для формування в учнів практичних умінь і навичок, елементів дослідницької роботи мають домашні завдання. Під час вивчення оптики є багато можливостей для здійснення найпростішого експерименту в домашніх умовах. Майже на кожному уроці можна дати завдання на спостереження оптичних явищ у природі або виконання дослідів а оптики. Цьому сприяє те, що в учнів дома е матеріали і навіть оптичні прилади, які можна використати для проведення спостережень і дослідів, зокрема фотокамери, проектори різних типів, плоскі й сферичні дзеркала, лінзи (окулярне скло, лупа), обладнання для фоторобіт, а також деякі предмети побуту, які можна легко пристосувати для виконання оптичних дослідів (склянки, плоскі й тригранні флакони, смужки картону тощо). Крім того, переважна більшість дослідів з оптики не потребує складного обладнання або умов, які, з погляду додержання правил техніки безпеки, не можна проводити без учителя.

Ставлячи завдання з домашнього експерименту, чітко визнають його мету, дають рекомендації учнів, літературу, не забувають про техніку безпеки: обов'язково проводять з учнями відповідний інструктаж.

З оптики домашніх дослідів можна поставити багато. Так рекомендуємо виконати вдома досліди з прямолінійного поширення світла, на закони відбивання і заломлення світла, деякі досліди з дзеркалами і лінзами, розкладання світла в спектр та ін. Виконання таких дослідів цілком безпечне і не потребує спеціальних приладів.

Особливе значення мають спостереження учнів за явищами навколишнього світу, оскільки це один із шляхів для виховання допитливості, вміння мислити, розвитку творчих здібностей учнів, збудження інтересу до науки, до пізнання невідомого. Завдання із спостереження за фізичними явищами слід пов'язувати з вивченням окремих тем, уроків. Такі завдання бажано підібрати до кожної теми програми.

## 3. Методичні особливості вивчення геометричної оптики

## 3.1 Що вивчає променева оптика. Закони відбивання і заломлення світла

Серед основних властивостей світла найбільш наочною, підтвердженою широким життєвим досвідом є властивість прямолінійно поширюватися в однорідному ізотропному середовищі. Лінія, вздовж якої поширюється енергія світла, називається *світловим променем*. Отже, промінь - суто геометричний образ. Саме тому, що промінь відображає тільки одну властивість світла, це поняття можна використовувати лише в певних межах. Сказане добре ілюструється за допомогою "діркової камери" - камери-обскури. Здавалося б, що промінь можна утворити на досліді, якщо на шляху світла поставити діафрагму з невеликим отвором. Але насправді це не зовсім так. Якщо отвір діафрагми широкий, на екрані утворюється розмита пляма, за формою подібна до діафрагми. Зменшуючи отвір діафрагми, побачимо, що тіньове зображення отвору переходить у чітке зображення джерела світла. Чіткість зображення зростає із зменшенням отвору. Проте це відбувається лише до певної межі, після чого дальше зменшення отвору діафрагми призводить до розмивання зображення. Нарешті, коли отвір дуже малий, весь екран буде повністю освітлений.

Цей результат можна пояснити так. Від кожної точки джерела крізь отвір діафрагми проходить світловий пучок, який дає на екрані пляму, що відтворює форму отвору. Світло від усього джерела дає на екрані картину, утворену світловими плямами, що накладаються одна на одну. Оскільки при великому отворі діафрагми окремі плями на екрані більші за деталі джерела, то його зображення стає розмитим і наближається до тіньового зображення отвору діафрагми. Якщо ж отвір діафрагми невеликий, плями будуть менші за деталі джерела і утворюється чітке його зображення.

Пучок світла від джерела, що обмежується отвором діафрагми, можна вважати наближеною моделлю променя. Зменшуючи розмір отвору діафрагми, утворюємо все вужчий пучок. Проте ми не матимемо змоги створити нескінченно вузький світловий пучок - промінь. Справді, дослід показує, що дальше зменшення розміру діафрагми не тільки не приводить до зменшення перерізу пучка, а, навпаки, веде до його розширення. Тут уже проявляються хвильові властивості світла. Тому обмежимося виділенням вузьких світлових пучків і замінимо їх потім осьовими лініями, які й називатимемо *променями світла.*

Поняття про промінь світла дає змогу вивчити й осмислити цілий ряд оптичних явищ і законів, пояснити будову і призначення багатьох оптичних приладів. Розділ оптики, що ґрунтується на понятті про промінь, називається *променевою або* ге*ометричною оптикою.* Основне завдання променевої оптики - *-* вивчення будови та дії оптичних приладів.

Оптичні прилади призначені для створення зображення предмета. Кожний світний предмет або, що те саме, джерело світла, можна уявити собі як сукупність окремих світних точок. Зрозуміло, що зображення в цілому складається із зображень окремих точок. Тому спочатку розглянемо, як утворюється зображення окремої світної точки.



Із світної точки S, як із спільного центра промені розходяться в усіх напрямах (мал. З, а). Такий пучок променів називають *розбіжним гомоцентричним пучком (*тобто розбіжним пучком,що має спільний центр). Якщо примусити хоча б частину променів розбіжного гомоцентричного пучка знову перетнутися в одній точці *S′ (*мал.3, б), то вона й буде зображенням світної точки S.

Отже, *щоб утворити зображення світної точки, треба перетворити розбіжний гомоцентричний пучок променів у збіжний,*

Звідси випливає важливий висновок, який має значення для подальшого вивчення променевої оптики: незважаючи на те, що основним поняттям променевої оптики є поняття про промінь, у променевій оптиці цікавляться поведінкою не стільки одного променя, скільки сукупності променів Із спільним центром розбігу або збігу - гомоцентричними пучками променів світла. Отже, *променева оптика є оптикою гомоцентричних пучків світла.*

Логічно виникає питання, а яким чином, за допомогою чого можна розбіжні гомоцентричні пучки світла перетворювати в збіжні? Досвід підказує, що це можна зробити або за допомогою відривання їх, або за допомогою заломлення на межі поділу двох середовищ. У такому разі необхідно вивчити закони відбивання і заломлення гомоцентричних пучків світла. Ці закони зручно вивчати на найпростішому гомоцентричному пучкові - пучку паралельних променів світла. Він має центр збігу у нескінченності (мал. З, *в).* Досить простежити лише за одним променем світла у такому пучку, вивчити закономірності, яким він підлягає, оскільки всі промені пучка мають однакові властивості.

Вивчаючи закони відбивання, розглядають ідеальну дзеркальну плоску поверхню, яка повністю відбиває світло без поглинання. Певним наближенням до неї е плоске шліфоване та поліроване металеве дзеркало. (Бажано нагадати учням, що в цьому разі нерівності на плоскій поверхні будуть менші за розміри довжини хвилі). Нехай на таку поверхню падає під якимось кутом паралельний пучок світла (мал.4, *а).* Простежимо за ходом одного з променів. Перед цим подамо учням основні поняття, потрібні для вивчення закону відбивання світла, а саме:

а) про кут падіння променя α, як кут між променем, що падає, і перпендикуляром, установленим до площини в точці падіння;

б) про кут відбивання γ. що визначається аналогічно;

в) про площину падіння, що проходить через падаючий промінь та перпендикуляр;

г) про площину відбивання, що визначається аналогічно до площини падіння.



(Мал.4)

Закон відбивання складається з двох частин або правил:

1) падаючий промінь, перпендикуляр в точці падіння і відбитий промінь лежать в одній плішини (або площина падіння збігається, з площиною відбивання);

2) кут падіння променя світла дорівнює куту відбивання.

Отже, Ідеальна плоска поверхня - дзеркало - не змінює вигляду або, як кажуть, структури паралельного пучка світла - він лишається і після відбивання паралельним і змінює лише напрям свого поширення. Таке підбивання називається дзеркальним.

Металеві поверхні, лише шліфовані, але не поліровані, можуть мати окремі нерівності, розміри яких перевищують довжину хвилі. І тоді падаючий паралельний пучок після відбивання розсіюється (мал.4, *б),* хоч переважна частина енергії світла все-таки поширюється в напрямі дзеркального відбивання. Коли нерівності нагромаджені хаотично (матові поверхні), паралельний пучок повністю розсіюється і напрям поширення енергії не залежить від напряму падіння (дифузне відбивання світла). Цей вид відбивання світла має дуже важливе значення в житті людей і тварин, бо дає змогу бачити не лише світні тіла, а й несвітні, що опромінюються джерелами світла.

Бажано підкреслити, що закон відбивання світла однаковий для променів усіх довжин хвиль.

## 3.2 Відбивання гомоцентричних пучків світла від плоских і сферичних поверхонь. Дзеркала

Установивши закон відбивання для паралельного пучка променів, перейдемо до розгляду відбивання від плоскої дзеркальної поверхні розбіжного гомоцентричного пучка променів світла. Основне питання, яке треба при цьому розв'язати: "чи можна за допомогою плоского дзеркала утворити зображення точкового джерела світла?" Користуючись законом відбивання світла, показуємо, що плоске дзеркало не має дійсного зображення пікового джерела. Розбіжний гомоцентричний пучок променів лишається розбіжним. Кут розхилу також не змінюється. Змінюється лише напрям поширення пучка, що можна простежити на осьовому промені SCD. При ньому гомоцентричність падаючого пучка променів світла ця порушується. Новий уявний висхідний центр S' відбитого пучка променів лежить на продовженні перпендикуляра по другий бік від площини дзеркала на тій самій відстані від неї, що й джерело S.

Отже, *за допомогою плоского дзеркала не можна утворити дійсне зображення точкового джерела, а отже, і світного тіла в цілому.* Проте учні з досвіду знають, що дзеркало утворює уявне зображення. Як можна ввести поняття про уявне зображення? Тут є два способи. Перший спосіб - зауважити, що уявне зображення утворюється лише при спостереженні оком і про нього мова буде пізніше, а другий - ввести це поняття уже на даному етапі. Це можна зробити так. Насамперед розповідають учням, не вдаючись до розгляду будови ока (вона вивчається пізніше), що спостерігач бачить зображення світної точки в тому місці, де перетинається обернене продовження світлових променів, які входять в око. Це зображення буде дійсним, якщо в тому місці розташоване реальне джерело світла або його реальне зображення, створене попередньою оптичною системою, або уявним, якщо в тому місці ні джерела, його дійсного зображення немає. Після такого попереднього зауваження можна розглянути уявне зображення точки або предмета, що його дає плоске дзеркало.

Щоб утворити дійсне зображення при відбиванні світла, очевидно, треба скористатися криволінійними поверхнями. Найважливіші з них - сферичні: такі поверхні порівняно легко шліфувати й полірувати, і вони дають потрібний ефект.

Якщо на сферичне дзеркало малої кривизни спрямувати паралельно головній оптичній осі не дуже великого перерізу паралельний пучок променів світла, то вони (з достатнім наближенням) перетнуться в одній точці на осі. Цю точку називають *головним фокусом дзеркала.* Ввііши поняття фокуса і променів побудови, можна перейти до побудови зображень у сферичних дзеркалах. На закінчення варто розповісти про використання сферичних дзеркал у науці й техніці.

## 3.3 Заломлення гомоцентричних пучків світла на плоских поверхнях. Повне відбивання світла

Інша можливість, утворити зображення світної точки (або предмета) пов'язана з використанням закону заломлення світла. Щоб вивчити цей закон, розглянемо *монохроматичний пучок* паралельних променів світла, який падає на плоску межу поділу двох прозорих діелектриків, наприклад повітря і скла (мал.5). На відміну від відбивання, промені різної довжини хвилі заломлюються по-різному, тому надалі, якщо не буде якихось додаткових умов, користуватимемося монохроматичним світлом.



Простежимо за ходом заломлених променів. Закон заломлення світла, як і закон відбивання, також складається з двох частин:

1) падаючий і відбитий промені лежать в одній площині з перпендикуляром, проведеним у точці падіння;

2) відношення синуса кута падіння до синуса кута заломлення - величина стала для даних двох речовин, що межують, і є лише функцією довжини хвилі, а саме: *.* Стала *n* називається показником заломлення другою середовища відносно першого або просто відносним показником заломлення.



З хроматичності заломлення випливає обмеженість поняття променя. Ввівши поняття *монохроматичного пучка променів,* ми наближаємо променеву оптику до хвильової. Це доповнення дасть змогу і в хвильовій оптиці широко використовувати поняття променя.

З означення відносного показника заломлення випливає, що для кожної речовини він залежить від речовини, з якою вона межує. Щоб усунути цю неоднозначність, вводять поняття про абсолютний показник заломлення, коли межуючим середовищем є вакуум. Очевидно, для самого вакууму абсолютний показник заломлення дорівнює одиниці.

Пояснимо зв'язок між абсолютним і відносним показником заломлення світла. Розглянемо хід променів на межі води і скла. Якщо промінь з води потрапляє в скло під кутом α і заломлюється в склі під кутом β, то відносний показник заломлення скла відносно води буде *.* Припустимо тепер, що з вакууму промінь світла падає на скло під якимось кутом *і (*мал.6, *а),* для якого кут заломлення дорівнює β. Тоді абсолютний показник заломлення для скла буде. Якщо з вакууму промінь світла падає на воду під тим самим кутом *і (*мил.6, *б),* то кут заломлення α, як показує дослід, буде трохи більший за кут β для скла. А абсолютний показник заломлення для води буде меншим за *nc*. Цс дає підставу ввести поняття *оптичної густини речовини.*



Ту з двох речовин називають оптично густішою, абсолютний показник заломлення світла в якої більший. Це поняття полегшує вивчення явища повного відбивання світла та ряду інших явищ. Як правило, оптично густіші речовини мають також більшу густину речовини. Однак є й винятки. Наприклад, скипидар має абсолютний показник заломлення 1,47, а густину 0,87 г/см3, у той час як абсолютний показник заломлення льоду 1,31, а густина 0,92 г/см3.

Обчислюючи відношення абсолютних показників заломлення води і скла дістаємо вираз, що дорівнює відносному показнику. Отже, і звідси випливає, що відносний показник дорівнює відношенню абсолютних показників заломлення світла і є показником заломлення другої речовини (в яку поширюється заломлене світло) відносно першої (в якій падає світло).



Коли світло падає на межу поділу двох прозорих середовищ, то, крім заломлення, завжди відбувається також відбивання світла (див. мал.5), закон якого ми вивчали раніше. Бажано, вивчаючи це питання, проаналізувати розподіл падаючої енергії між відбитою та заломленою. Нагадуємо учням, що частка відбитої (а отже, і заломленої) енергії світла залежить як від оптичних властивостей межуючих середовищ, так і від значення кута падіння. Якщо, наприклад, світло падає з повітря на скляну пластинку перпендикулярно до її поверхні (α=0), то відбивається всього близько 5% енергії, а 95% енергії проходить через межу поділу. При збільшенні кута падіння частка відбитої енергії зростає і при ковзному падінні (α=90°) світло відбивається майже повністю.

Доцільно звернути увагу учнів на те, що відбивання світла все ж ніколи не буває повним. Навіть для кутів падіння, близьких до 90°, частина енергії все-таки переходить у друге середовище. Проте у випадку падіння світла з оптично густішого в оптично менш густе середовище за певних умов можливе повне відбивання світла. І в цьому разі частка відбитої енергії зростає із збільшенням кута падіння, проте за іншим законом: починаючи з якогось кута падіння, що називається граничним, світло повністю відбивається від межі поділу. Це явище називають *повним відбиванням.* Часто його називають також явищем повного внутрішнього відбивання. Останнє твердження не суперечить попередньому, бо повне відбивання може бути тільки внутрішнім.

Розглянемо, як змінюється гомоцентричний пучок променів монохроматичного світла після заломлення на плоскій поверхні поділу двох прозорих середовищ. Оскільки на практиці, як правило, маємо справу з Плоско паралельними або клиноподібними пластинками прозорої речовини, яку з двох боків оточує повітря, досить розглянути цю конкретну задачу. Як і під час вивчення закону заломлення, треба починати з найпростішого: з розгляду заломлення паралельного пучка променів на плоско паралельній пластинці (мал.7). З умов симетрії випливає, що кожний промінь такого пучка виходить з пластинки паралельно попередньому напряму, трохи змістившись униз. Величина зміщення залежить від товщини пластинки, показника заломлення її матеріалу і від кута падіння. Із зростанням цих величин зміщення збільшується. В цілому пучок променів після заломлення на передній і задній площинах лишиться паралельним і з тим самим перерізом. Отже, *плоскопаралельна пластинка не спотворює і не змінює паралельного пучка променів.*



Очевидно, не буде його спотворювати і призма, оскільки плоскопаралельна пластинка є окремим випадком призми, а саме: коли вона має нульовий заломний кут. Призма, речовина якої оптично густіша, ніж навколишнє середовище, двічі відхиляє промінь до основи.

Потім доцільно розглянути проходження розбіжного гомоцентричного пучка променів через плоскопаралельну пластинку (мал.8). У цьому разі, хоч кожний промінь зміщується паралельно своєму попередньому напряму, промені падають на пластинку під різними кутами, отже, й величина зміщення різна для різних променів. Тому зворотні продовження цих променів не перетинатимуться в одній точні. Зворотні продовження променів, більш віддалених від осі, перетинаються ближче до пластинки. Навпаки, промені, менш нахилені до осі, перетинаються далі від пластинки. Отже, *гомоцентричність широкого пучка променів світла після заломлення на плоскопаралельній пластинці трохи порушується.* Звичайно, коли взяти вузький гомоцентричний пучок (*ОАА'),* то його гомоцентричність практично зберігається й після заломлення.



Порушення гомоцентричності широкого пучка променів на плоскопаралельній пластинці дає змогу пояснити спотворення лінзами зображень - різні аберації. Легко зрозуміти, що плоскопаралельна пластинка порушує гомоцентричність також широких збіжних гомоцентричних пучків.

За аналогією робимо висновок, що *широкі збіжні й розбіжні монохроматичні гомоцентричні пучки порушує також призма.* Цим пояснюється складність схеми спектрального апарата (який вивчатиметься пізніше).

Розглядаючи заломлення на призмі, легко пояснити суть ще однієї аберації - хроматичної. Для цього повернемося ще раз до заломлення паралельного пучка променів світла на ширококутній призмі, але вже не монохроматичного, а складного й простежимо за одним якимось променем, оскільки решта променів заломлюється аналогічно. Цей промінь для видимого білого світла розкладається на безліч променів, колір яких змінюють неперервно від червоного до фіолетового. Спрощено розрізняють сім основних кольорів: червоний, оранжевий, жовтий, зелений, голубий, синій і фіолетовий, які ми звикли бачити на веселці. Найбільше до основи відхиляється фіолетовий промінь, найменше - червоний. *Явище просторового розшаруванню білого світла при заломленні називається хроматизмом.*

Хроматизм пояснюється залежністю показника заломлення хвилі, а отже, ї променя від довжини хвилі. Цю залежність називають *дисперсією показника заломлення,* а саме явище - *дисперсією світла.* Докладніше дисперсія світла вивчається в хвильовій оптиці. Там її пояснюють залежністю швидкості поширення світла у прозорому середовищі від довжини хвилі. Отже, після проходження крізь призму замість одного білого паралельного пучка променів виникає система кольорових паралельних пучків.

Очевидно, просторово розшаровуватимуться і забарвлюватимуться також розбіжні гомоцентричні пучки, проходячи крізь ширококутну призму. Проте коли взяти призму з малим заломленим кутом і з не дуже великими гранями. то сферична і хроматична аберації будуть майже непомітними. Практичний інтерес для зміни ходу світлових пучків становить так звана біпризма (мал.9). Вона являє собою дві призми, з дуже малими заломними кутами, з'єднані основами. Верхня половина такої системи призм відхиляє частину гомоцентричного пучка вниз, а нижня половина - відхиляє другу частину вгору.



Найголовніший висновок з розглянутого матеріалу полягає в тому, що заломлення монохроматичних гомоцентричних пучків світла на прозорих тілах, обмежених плоскими поверхнями, істотно не змінює гомоцентричності пучків: розбіжні пучки променів світла лишаються розбіжними, збіжні - збіжними і т.д. *Пристрої, обмежені плоскими поверхнями, не можуть створювати дійсних зображень.* Отже, треба перейти до розгляду заломлення світла на тілах, обмежених складнішими поверхнями: сферичними, параболічними, циліндричними тощо.

## 3.4 Заломлення гомоцентричних пучків світла на сферичних поверхнях. Лінзи. Аберація лінз. Об'єктиви

Як і при заломленні на плоских поверхнях, тут доцільно розглянути практично важливий випадок - заломлення гомоцентричних пучків променів світла на прозорій речовині, обмеженій сферичними поверхнями. Такий пристрій називають лінзою. Пряма, що проходить через центри кривизни заломлюючих поверхонь О і О1, називається *оптичною віссю.* Оптична вісь перетинає заломлюючі поверхні в точках *А* і *В.* Для дуже тонких лінз, які ми розглядатимемо, ці дві точки зливаються в одну, яку називають *оптичним центром лінзи.*

Потім вводимо поняття про фокус і фокальну площину. Можна почати з демонстрації, спрямувавши на просту лінзу, прикриту непрозорим екраном з невеликим отвором у центрі, паралельний пучок світла. Промені, що проходять через відкриту Чистину лінзи, після заломлення проходять через деяку точку *F о*сі. Якщо в цій точці поставити екран, то в місці перетину променів побачимо невеличку яскраву пляму. Прийнявши діафрагму, помітимо, що пляма розширюється. Звідси робимо важливий висновок, що проста лінза збирає паралельний пучок променів у точку лише за умови, коли переріз його невеликий. Визначаємо поняття фокуса як точки, в якій перетинається паралельний пучок променів, що падає паралельно оптичній осі, і фокальної площини, що проходить через фокус перпендикулярно до оптичної осі. У фокальній площині перетинаються вузькі паралельні пучки Променів, які падають під невеликим кутом до оптичної осі. Точка перетину лежить там, де зустрічає фокальну площину промінь, що проходить без заломлення через оптичний центр лінзи. Зазначаємо, що довільний промінь, паралельний до оптичної осі, після заломлення проходить через фокус, а промінь, що проходить через оптичний центр лінзи, не заломлюється.

Проробимо такий дослід. Помістимо лампу розжарювання з прозорим скляним балоном за фокальною площиною задіафрагмованої лінзи, неподалік від її оптичної осі. У певній площині за лінзою легко відшукати чітке і яскраве зображення розжареної нитки лампи. Утворення зображення можна пояснити так. Кожна світна точка S нитки має зображення S1 у пивній площині поза лінзою. Оскільки світний предмет можна розглядати як сукупність окремих світних точок, то в тій самій площині дістанемо зображення нитки лампи. Площина предмета і площина зображення називаються *спряженими площинами.* Отже, лінза перетворює розбіжний пучок променів, що падає на неї від кожної точки предмета, в збіжний пучок у спряженій площині. Щоб знайти положення точки S1, можна простежити за ходом через лінзу будь-яких двох променів гомоцентричного пучка, оскільки точка визначиться перетином двох прямих. У загальному випадку для цього треба було б виміряти кути падіння на першу й другу поверхні лінзи кожного з цих двох променів і, знаючи показник заломлення скла, визначити їх напрями після проходження через лінзу. Можна зробити інакше: знаючи положення фокуса, скористатись для знаходження зображення не довільними променями, а тими, хід яких нам наперед відомий, наприклад, променем, що йде паралельно оптичній осі, та променем, що проходить через оптичний центр. Перший промінь після заломлення пройде через фокус лінзи, а другий взагалі не змінює свого напряму. Перетин цих двох променів дає змогу побудувати зображення точки S1, якщо відоме положення лінзи, оптичної осі та її фокусів. Тому ці промені називають *променями побудови.* Отже, завжди, коли треба побудувати зображення, користуватимемося променями побудови. Щоб підкреслити практичне значення променів побудови, надалі зображатимемо їх пунктиром.

Якщо, виконуючи другий дослід, розширити задіафрагмовану частину лінзи і тим самим збільшити переріз гомоцентричних пучків, зображення розмивається і забарвлюється. Робимо висновок, що звичайна товста лінза не дає чіткого зображення предмета, бо вона не може. збирати в одну точку широкі гомоцентричні пучки світла. Виникнення таких спотворень (аберацій) стане зрозумілим, якщо пригадати проходження широкого пучка променів через плоскопаралельну пластину, а також проходження пучка променів білого кольору через призму.



Отже, для лінз із значним отвором характерні аберації. В оптичних приладах отвори, як правило, великі, бо від них залежить кількість світлової енергії, що доходить до зображення. Користуючись лінзою, ми, з одного боку, зацікавлені в збільшенні її розміру, а з другого - вимушені його зменшувати. Виникає суперечлива ситуація. Який вихід з цього становища, розповімо нижче, а зараз, щоб вивчити побудову зображень залежно від того, як розміщено предмет відносно лінзи, доцільно ввести поняття про *ідеальну лінзу.* Під ідеальною лінзою розуміють нескінченно тонку лінзу, не обмежену за розмірами, яка паралельний пучок світла збирає в точку, незалежно від розмірів його перерізу і нахилу до оптичної осі. Така лінза перетворює розбіжний гомоцентричний пучок довільного перерізу, що виходить з точки поза фокусом, в ідеально збіжний.

Користуючись ідеальною збиральною лінзою, розглядаємо п'ять випадків положення предмета відносно лінзи та її фокусів:

1) за подвійною фокусною відстанню;

2) на подвійній фокусній відстані;

3) між фокусом і подвійним фокусом;

4) на фокусній відстані;

5) між фокусом і лінзою.

В останньому випадку лінза дійсного зображення не дає: розбіжні гомоцентричні пучки, заломившись на лінзі, лишаються розбіжними. І лише в сукупності з оком можна дістати уявне зображення.

Тепер можна розповісти учням, що положення і розмір зображення відносно лінзи можна розрахувати також аналітично за допомогою формули лінзи. Є два варіанти пояснення цього питання. Перший раціонально застосувати тоді, коли учні добре підготовлені, а також коли є достатньо часу для розгляду питань променевої оптики або на факультативних заняттях. Подати цей матеріал можна в такому порядку, як він розглядається в посібнику з фізики. В цьому разі розкривається суть наближення при введенні тонкої лінзи, а також зазначається, як залежить фокусна відстань під показника речовини лінзи та від радіусів кривизни поверхонь, що її обмежують.

Другий підхід дещо формальний, але він веде безпосередньо до мети - встановлення формули лінзи. При ньому відразу розглядають тонку ідеальну лінзу і з суто геометричних міркувань виводять формулу лінзи, як це зроблено в підручнику.

Після виведення формули лінзи доцільно ввести поняття про лінійне або поперечне збільшення Г і вказати, як воно пов’язане з відстанями від лінзи до зображення і предмета.

Потім бажано знову повернутися до реальних лінз і пригадати, які їм властиві аберації. Доцільно навіть навести помилкове твердження Ньютона про те, що хроматичну аберацію подолати не можна і тому ніколи не вдасться утворити з лінзами якісного зображення. З цих міркувань Ньютон запропонував використовувати для астрономічних приладів відбивні дзеркала, які не мають хроматичної аберації.

Пізніше вчені спростували твердження Ньютона. Вони навчилися значною мірою долати всі аберації. Спеціальною комбінацією збиральної та розсіювальної лінз можна усунути хроматичну аберацію принаймні для двох довжин хвиль (мал.11), а також сферичну аберацію. Ми розглянули лише принципову можливість усунення аберації, оскільки справа ця дуже складна. Потрібний великий асортимент оптичного скла з різноманітними показниками заломлення, крім того, треба провести попередні складні розрахунки.



(Мал.11)

Часто для усунення хроматичної аберації на значному спектральному інтервалі або занадто великої сферичної аберації, що виникає при заломленні ширококутних пучків променів, потрібні не дві, а кілька (3-10) лінз. *Сукупність кількох лінз, з яких одна або дві основні, а решта* - *корегуючі, скріплених жорстокою оправою, називається об'єктивом.*

Об'єктив має властивості ідеальної лінзи. Тому, розглядаючи хід променів через об'єктив будь-якої складності, його можна позначити символом ідеальної лінзи. От чому важливо ввести поняття про ідеальну лінзу.

В оптичних приладах в основному використовуються об'єктиви. Тут слід зауважити, що універсальних об’єктивів не існує: об'єктив для фотоапарата значно відрізняється від об'єктива для мікроскопа, а об'єктив для мікроскопа розраховується зовсім інакше, ніж об'єктив для телескопа і т.д. Навіть залежно від призначення однотипні об'єкти ті (скажімо, фотографічні) розраховуються по-різному, тому й існує значна кількість їх видів.