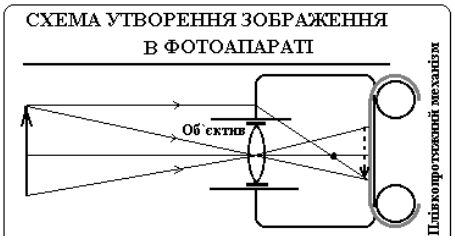
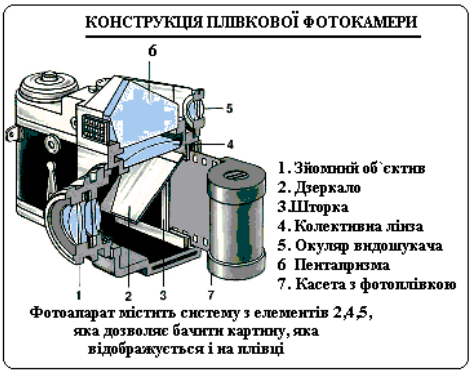
Оптичні прилади

Оптичні прилади, створені людством, значно розширили можливості зорового вивчення світу. Так неозброєне око здатне розрізняти деталі розміром до 0,1 мм, з допомогою лупи до 0,01мм, мікроскопа до 0,15 мкм.

1. Фотоапарат





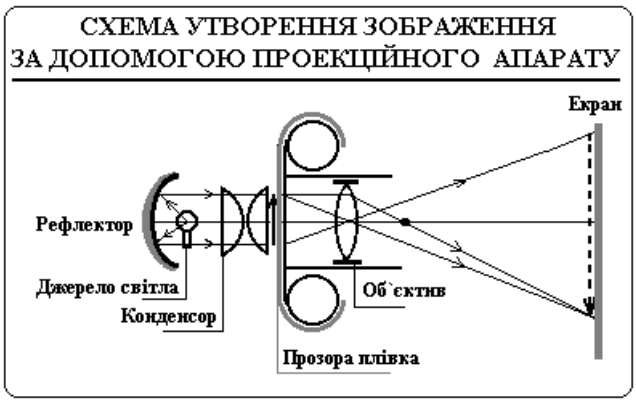
Конструктивно фотоапарат являє собою світлонепроникну камеру з отвором в стінці, куди вставляється об’єктив – система лінз, що діє, як одна збиральна лінза.

Об’єктив утворює дійсне зображення предмета на протилежній стінці фотокамери, вздовж якої розташовується світлоприймальний елемент, або протягується плівка, на яких фіксується зображення.

В кінці 60–х років було виявлено, що структури комплементарних метал-оксид напівпровідників КМОН (CMOS) мають світлочутливість і з’явились світлоприймальні пластини (матриці) на цих структурах. Інший тип фоточутливих напівпровідникових елементів – прилади зі зарядовим зв’язком ПЗЗ (CCD – Charge Coupled Device), були винайдені в кінці 1969 р. Уїльямом Бойлем (William Boyle) та Джорджем Смітом (George Smith) при Bell Labs. Ці матриці забезпечували вищу якість формування зображень, щоправда за більшого енергоспоживання і меншій компактності.

Таким чином, в сучасній *цифровій фотографії* світлоприймальна пластина (сенсор) являє собою матрицю зі світлочутливими зернами, які, підпадаючи під точки зображення різної яскравості, набувають різного потенціалу. Ці потенціали, зчитуються на картку пам’яті і зберігаються на ній у цифровому коді, який дозволяє в подальшому відтворити зображення.

2. Проекційний апарат



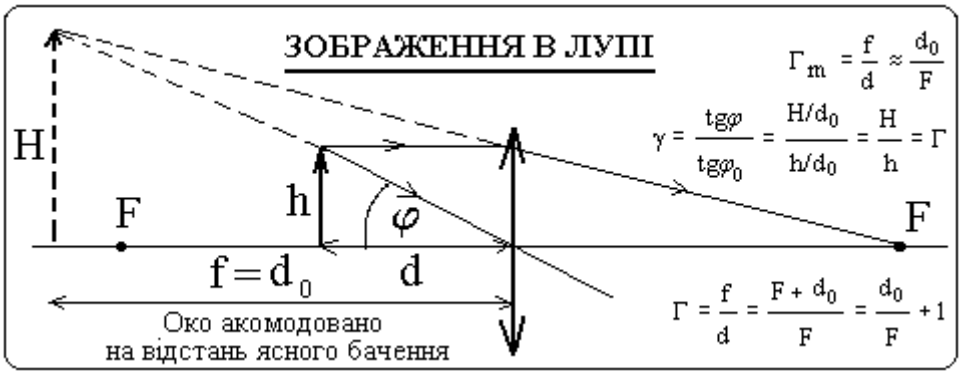
Серед проекційних апаратів розрізняють: діапроектори, які дозволяють отримати на екрані зображення графічних об’єктів зафіксованих на прозорих носіях – плівках чи пластинках (кіноплівка, фотоплівка, діафільм, діапозитив); епіпроектори, які дають зображення графіки з непрозорих носіїв, та апарати, що поєднують властивості двох названих – епідіапроектори (епідіаскопи).

До діапроекторів належать, зокрема, *кінопроектори (кіноапарати)*, які дозволяють відтворити на екрані рух об'єктів. Таку можливість створює інерційність зору – властивість ока зберігати зображення на сітківці на протязі 0,1 секунди. Послідовна проекція кадрів, які фіксують фази руху з частотою не меншою ніж 10 кадрів за секунду, створює враження неперервності екранного руху. Дійсна частота проекції в кіно складає 24 кадри за секунду. На час зміни кінокадру на наступний, об'єктив кінопроектора перекривається механічним переривачем – обтюратором.

3.Лупа

Лупа – короткофокусна лінза, яка використовується для розглядання збільшеного зображення предметів. Для одержання прямого збільшеного зображення, предмет слід розташовувати між лінзою і фокусом

Лупа дає як кутове, так і лінійне збільшення. Кутове збільшення дає можливість розрізнення тих точок предмета, які для неозброєного ока зливались. Таким чином з



допомогою лупи можна розрізнити більше деталей предмета. Розрахунок збільшення залежить від заданих умов спостереження.

1) Якщо око акомодовано на відстань ясного бачення (найкращого зору) d_0, то це означає, що предмет розташовуємо на такій відстані від лупи d, щоб зображення його утворювалось на відстані ясного бачення.

Враховуючи те, що для одержання максимального збільшення предмет поміщають поблизу фокуса, можна вважати, що $d \approx F$, і для лінійного збільшення наближено знайти

$$\Gamma_m = \frac{f}{d} \approx \frac{d_0}{F}.$$

При більш точніших розрахунках слід скористатися формулою лінзи

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

звідки

$$d = \frac{Ff}{F+f} = \frac{Fd_0}{F+d_0}$$

і

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{F+d_0}{F} = \frac{d_0}{F} + 1$$

Для кутового збільшення

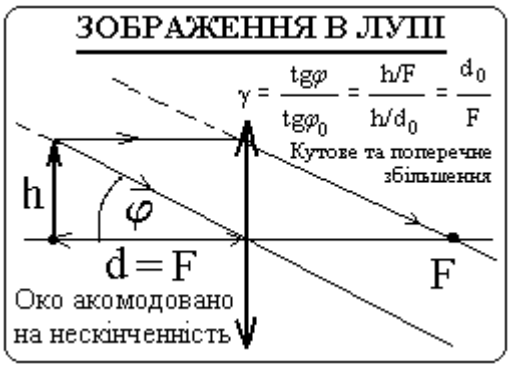
$$\gamma = \frac{tg\varphi}{tg\varphi_0}$$

тут φ_0 – кут спостереження предмета неозброєним оком з відстані найкращого бачення

$$\mathrm{tg}\varphi_0 = \frac{h}{d_0},$$

φ – кут спостереження за допомогою лупи

$$\mathrm{tg}\varphi = \frac{H}{d_0}.$$



Після підстановки в початкову формулу,

$$\gamma = \frac{H/d_0}{h/d_0} = \frac{H}{h} = \Gamma.$$

Кутове збільшення співпадає з лінійним.

2) Якщо око акомодоване на нескінченність то це означає, що предмет поміщено в фокусі, а зображення нескінченно віддалене. В цьому випадку можна визначити лише кутове збільшення.

$$\gamma = \frac{\mathrm{tg}\varphi}{\mathrm{tg}\varphi_0} = \frac{h/F}{h/d_0} = \frac{d_0}{F}$$

Отримане збільшення відповідає вищерозрахованому.

Аналіз формули збільшення показує, його оберненопропорційну залежність від фокусної відстані. Одночасно зрозуміло, що зменшуючи фокусної відстані супроводжується зменшенням радіуса кривизни лупи. що тягне за собою зменшення її розмірів, або збільшення товщини, і як наслідок, спотворень зображення. Крім того при малій фокусній відстані лупу треба наближати майже впритул до предмета спостереження, що зменшує освітленість предмета. З цих та інших причин використовуються лупи, які дають збільшення в 5 – 10 разів.

4. Мікроскоп

Мікроскоп складається із зверненого до предмета спостереження об'єктива – системи лінз, яка діє, як короткофокусна лінза, і окуляра, зверненого до ока спостерігача який діє, як довгофокусна лупа. Зв'язок поперечного збільшення мікроскопа

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

з поперечними збільшеннями об'єктива

$$\Gamma_{об} = \frac{h^{|}}{h}$$

та окуляра

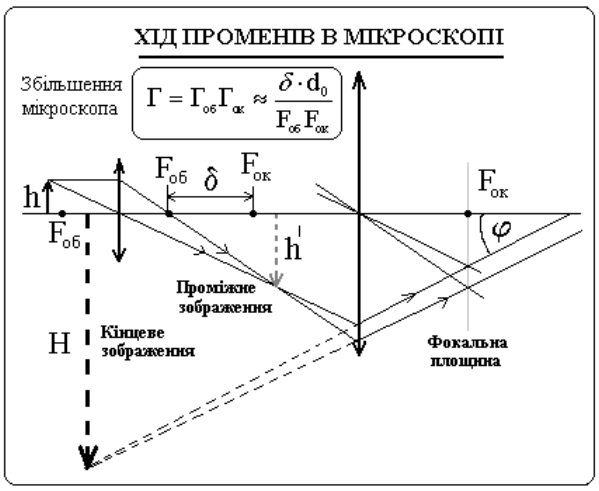
$$\Gamma_{ок} = \frac{H}{h^{|}}$$

очевидний

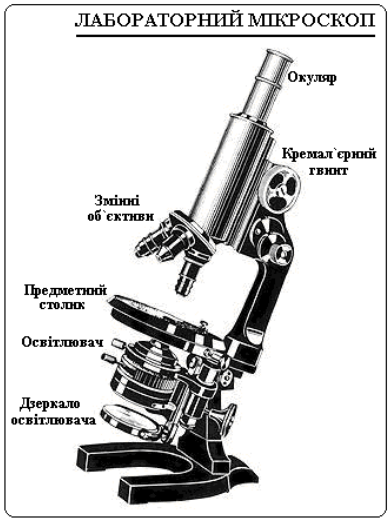
$$\Gamma = \Gamma_{об}\Gamma_{ок}.$$

Збільшення об'єктива за формулою лінзи становитиме

$$\Gamma_{об} = \frac{f_{об}}{d_{об}}.$$



Оскільки проміжне зображення знаходиться поблизу фокуса окуляра, а величиною фокусної відстані об'єктива в порівнянні з відстанню між фокусами можна знехтувати, то відстань до проміжного зображення можна вважати рівною відстані між фокусами об'єктива і окуляра δ, яка називається довжиною тубуса мікроскопа. Врахувавши те, що предмет розташовується майже в фокусі об'єктива, отримаємо



$$\Gamma_{об} \approx \frac{\delta}{F_{ок}}.$$

Для збільшення окуляра, який діє як лупа у випадку ока акомодованого на відстань найкращого зору, матимемо

$$\Gamma_{ок} = \frac{f_{ок}}{d_{ок}} \approx \frac{d_0}{F_{ок}}.$$

Збільшення мікроскопа

$$\Gamma = \Gamma_{об}\Gamma_{ок} \approx \frac{\delta \cdot d_0}{F_{об}F_{ок}}.$$

5. Зорова труба (телескоп)

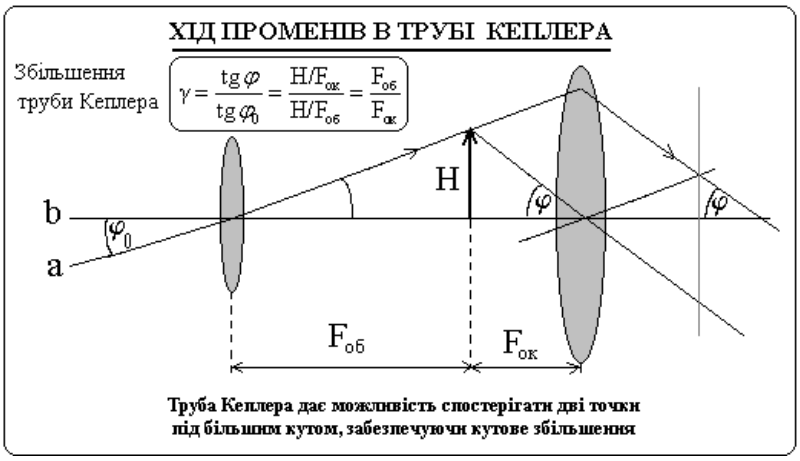
Зорова труба створює можливість розгляду віддалених об'єктів, за рахунок того, що за її допомогою дві довільні точки розглядуваного предмета спостерігаються під більшим кутом і не зливаються в одну, як при спостереженні неозброєним оком.

Зорова труба, яка використовується для спостереження за небесними об'єктами називається *телескопом*. Лінзовий телескоп, в якому зображення формується завдяки явищу заломлення (рефракції) світла, називають *рефрактором*.

Найпростіша зорова труба є комбінацією двох лінз, які забезпечують кутове збільшення – об'єктива, зверненого до об'єкта спостережень, та зверненого до ока окуляра. В дійсності роль об'єктива і окуляра відіграють досить складні системи лінз.

1^0 Труба Кеплера

Один з варіантів зорової труби складається з двох збиральних лінз з суміщеними фокусами, серед яких фокусна відстань об'єктива значно перевищує фокусну відстань окуляра. Ця труба, носить назву труби Кеплера, на честь великого астронома Йоганна Кеплера, який застосовував її, як телескоп.



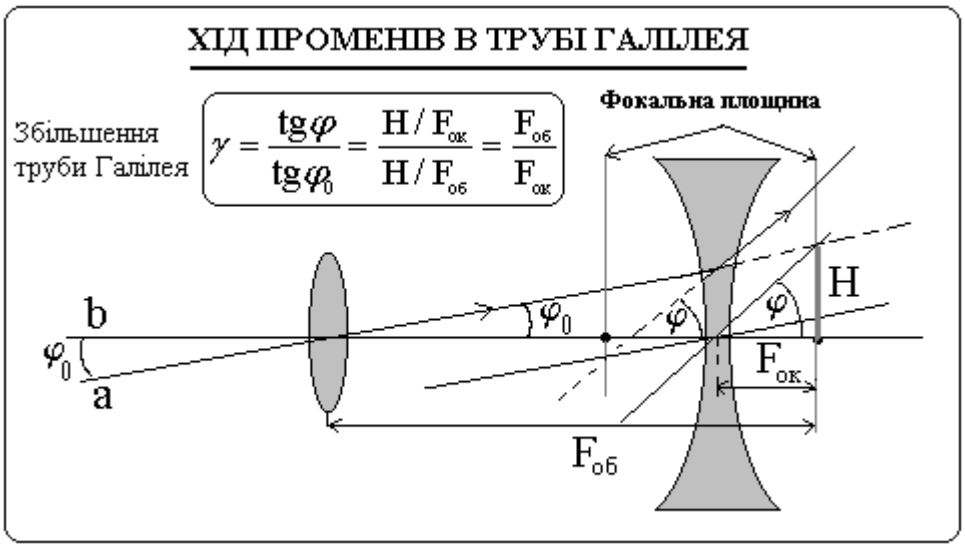
Знайдемо кутове збільшення γ труби Кеплера. Його можна означити відношенням кутів спостереження фіксованих точок в телескоп (φ) і неозброєним оком (φ_0). Однак, з врахуванням того, що для малих кутів $\varphi \approx \sin\varphi \approx tg\varphi$, можна для зручності обчислень замість відношення кутів розглядати відношення їх тангенсів.

$$\gamma = \frac{\mathrm{tg}\varphi}{\mathrm{tg}\varphi_0} = \frac{H/F_{ок}}{H/F_{об}} = \frac{F_{об}}{F_{ок}}$$

З двох труб Кеплера можна утворити *бінокль*. Оскільки труба Кеплера дає обернене зображення, в біноклях встановлюють оборотні призми.

2⁰ Труба Галілея

В іншому варіанті зорової труби, названої на честь Галілея, який біля 1609 – 10 рр. вперше використав її в якості телескопа, об'єктивом служить збиральна лінза, окуляром – розсіювальна. Задній фокус об'єктива суміщений зі заднім фокусом окуляра.



З побудови ходу променя видно, що кутове збільшення труби Галілея $\gamma = \frac{\mathrm{tg}\varphi}{\mathrm{tg}\varphi_0} = \frac{H/F_{ок}}{H/F_{об}} = \frac{F_{об}}{F_{ок}}$.

Зрозуміло, чому зорову трубу (телескоп) вигідно складати з довгофокусного об'єктива і короткофокусного окуляра.

Довгофокусний об'єктив повинен містити лінзу великого діаметра, яку надзвичайно важко виготовити та відшліфувати. Крім того така лінза своєю вагою помітно деформує трубу телескопа. Тому рекордний діаметр лінзи об'єктива телескопа становить 103 см. Оскільки яскравість зображення залежить від ширини світлового пучка, який попадає в телескоп, то кращі можливості мають дзеркальні *телескопи – рефлектори*, світлоприймачем в яких служить увігнуте дзеркало. В сучасний момент звичним діаметром дзеркал таких телескопів стали 8 - 10 м, а в найближчому майбутньому планується реалізація проектів рефлекторів з діаметром дзеркала 30 м і навіть 100м.