

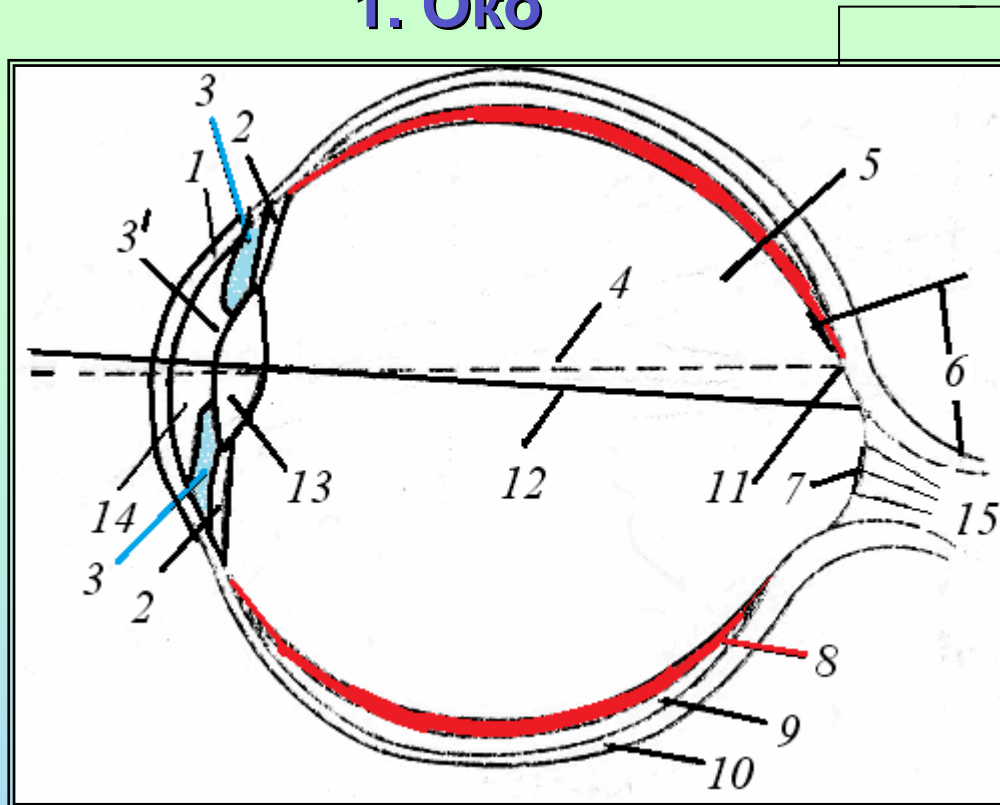


ОКОТО КАТО ОПТИЧНА СИСТЕМА

Лектор: проф. д-р Т. Йовчева



1. Око



4 - зрителна ос

5 - стъкловидно тяло

6 - жълто петно

7 - сляпото петно

8 - ретина

9 - съдовата обвивка

10 - склера

11 - очното дъно

12 - оптична ос

13 - кристалин

14 - предна камера

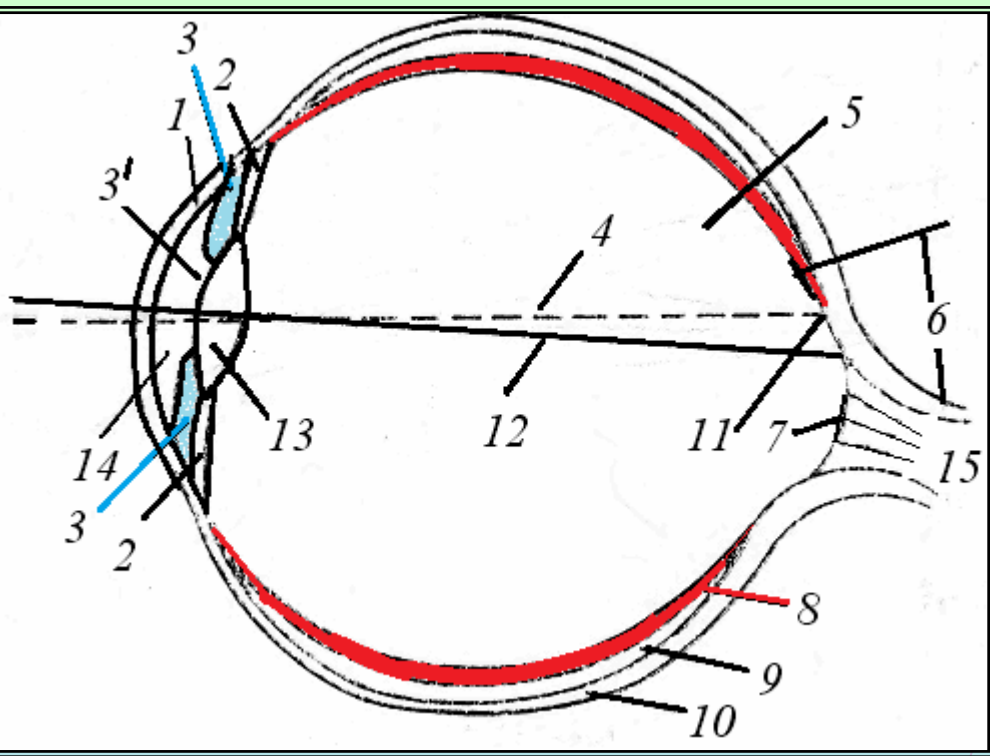
15 - зрителен нерв

1 - роговица

2 - мускули

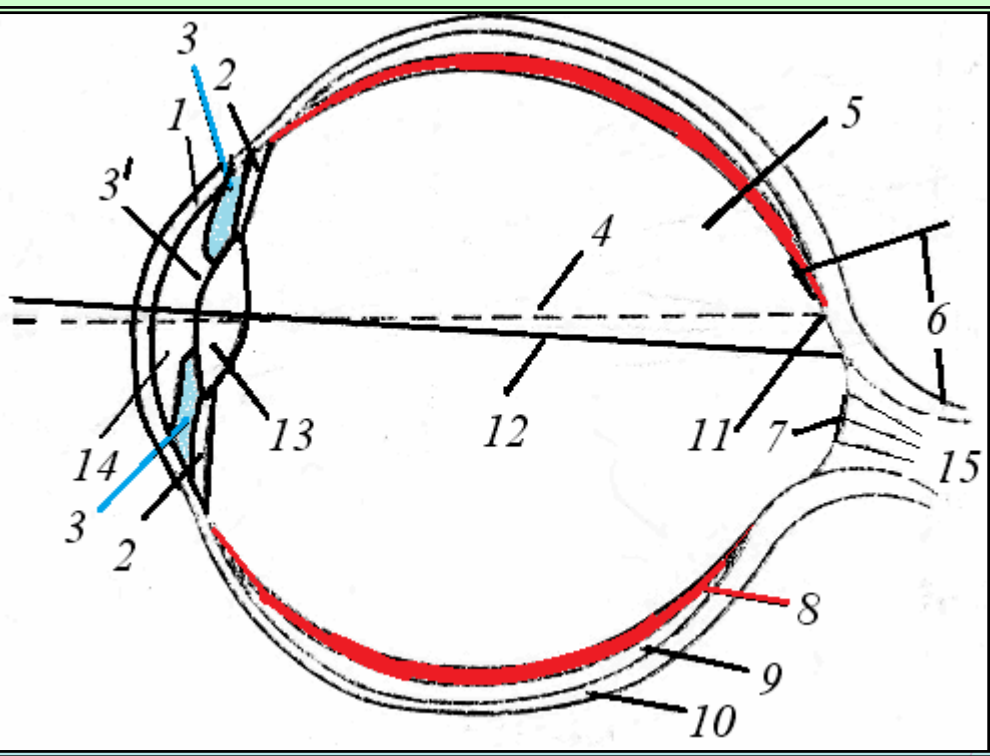
3 - ирис

3' - зеница



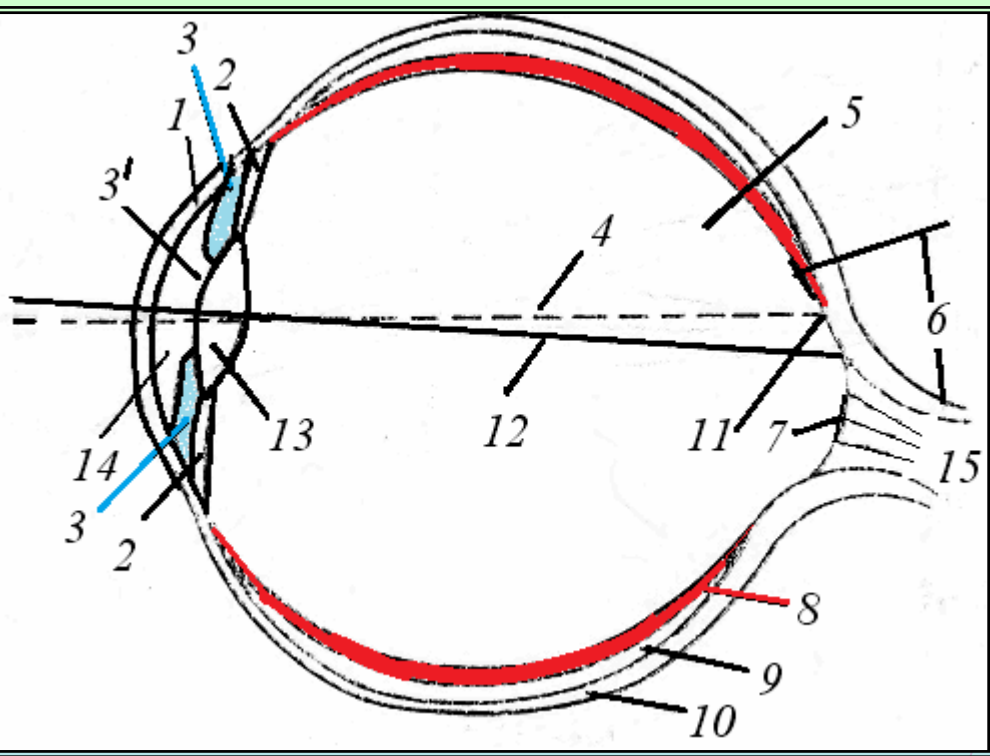
- Човешкото око е природен оптичен инструмент със сложна структура.
- Приблизителната форма на очната ябълка е сферична с диаметър около 24mm.
- Отвън окото е покрито с трислойна стена.

- Най-външният слой е твърда белтъчна обвивка – **склера (10)**, дебелината на която е (0,4 -1,1) mm.
- Предната част на склерата е по-изпъкнала, прозрачна и се нарича **роговица (1)**.
- Роговицата има постоянна кривина с радиус 7-8 mm и показателят на пречупване е 1.37.



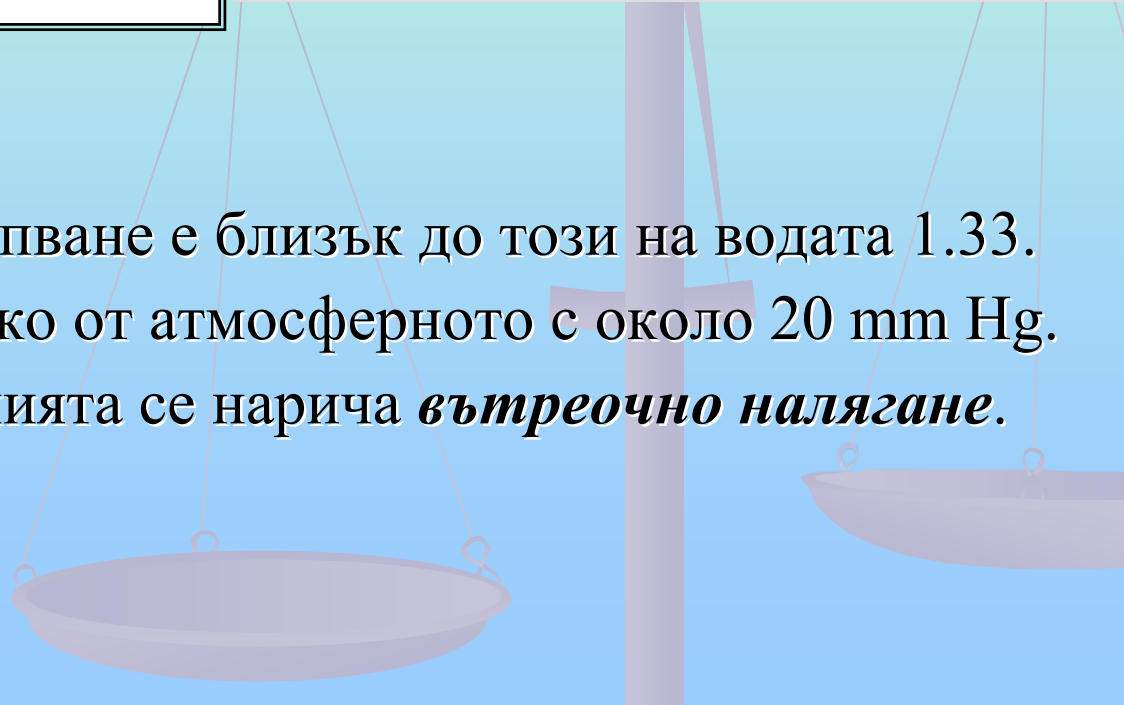
- Вторият слой е разположен под склерата и представлява **съдовата обвивка – хороидеята (9)**
- Той представлява система от кръвоносни съдове, от които се подхранва окото.

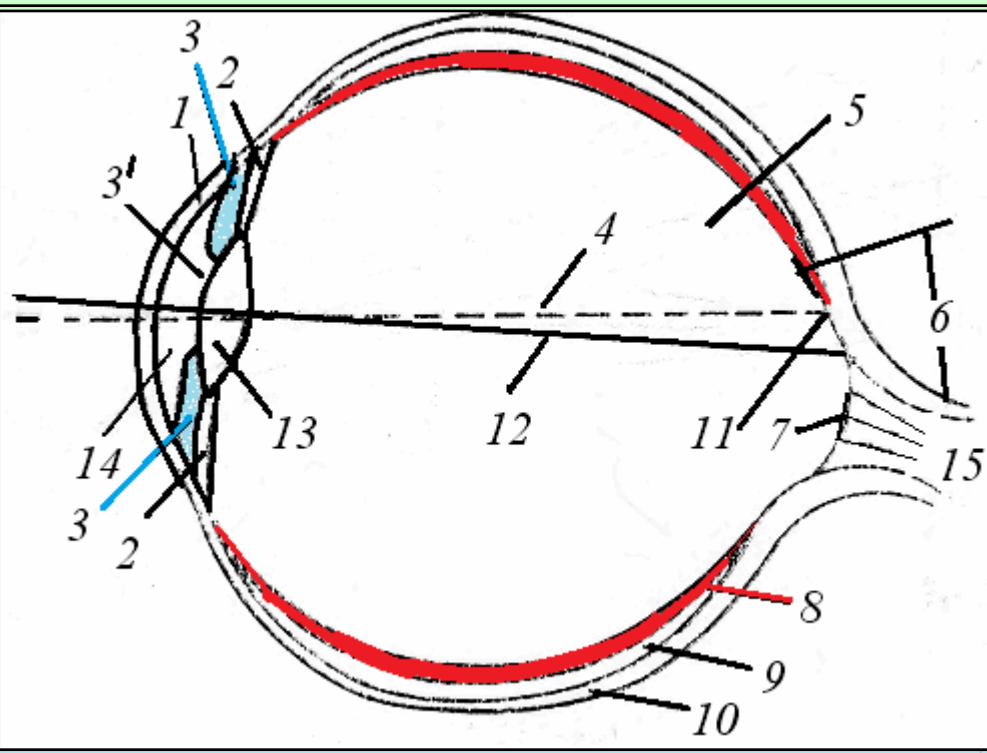
- Отпред съдовата обвивка преминава в оцветена дъгова обвивка– **ирис (3)**.
- Той определя цвета на очите у хората (синя на фиг.).
- Отворът по средата на ириса е **зеницата (3')**.
- Диаметърът ѝ може да се променя от мускулни влакна, управлявани от централната нервна система.



- Между роговицата, ириса и предната повърхност на лещата е разположена **предната камера (14)**.
- Тя е запълнена с водниста течност.

- Показателят ѝ на пречупване е близък до този на водата 1.33.
- Налягането ѝ е по-високо от атмосферното с около 20 mm Hg.
- Тази разлика в наляганията се нарича **вътреочно налягане**.

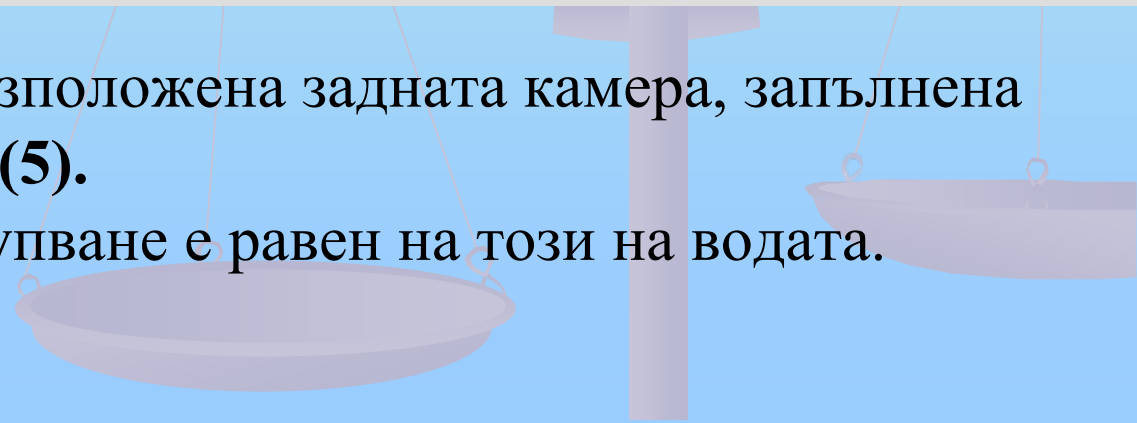


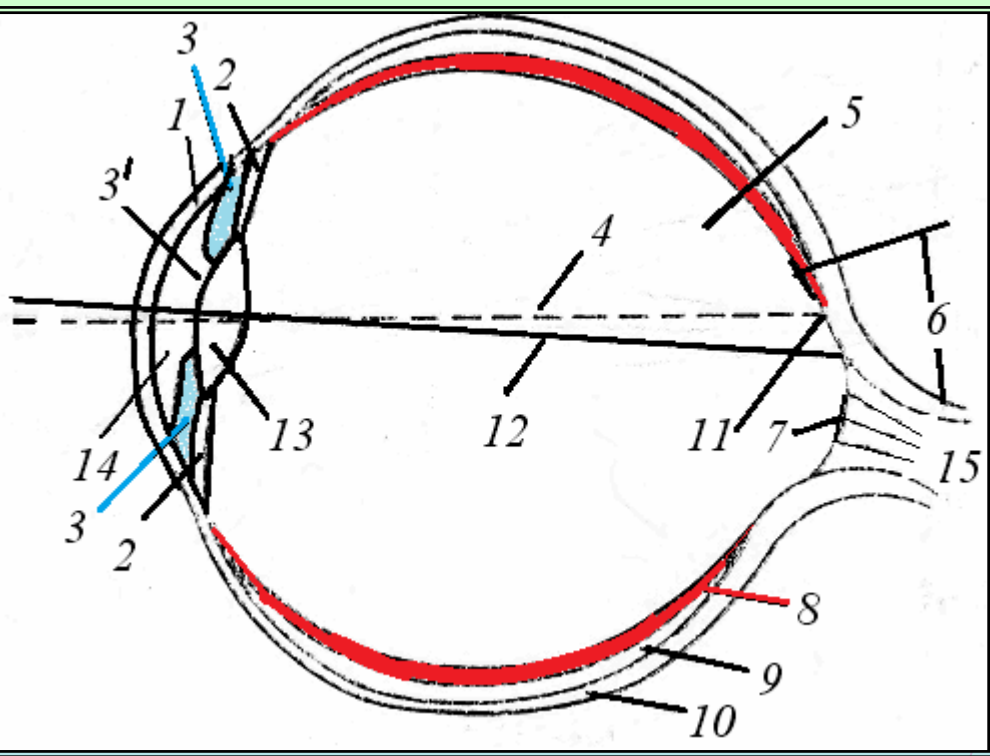


- Зад зеницата и ириса е разположена очната леща, наречена **кристалин (13)**.
- Прозрачно еластично тяло, с форма на двойно изпъкнала сферична леща, с различни радиуси на двете кривини.
- Периферните му части имат коефициент на пречупване – 1,38, а централните – 1,41.

- Формата и оптичната сила на кристалина могат да се изменят като се променят кривините на неговите повърхности, чрез свиване и разпускане на **очните мускули (2)**.

- Зад кристалинът е разположена задната камера, запълнена със **стъкловидно тяло (5)**.
- Показателят на пречупване е равен на този на водата.

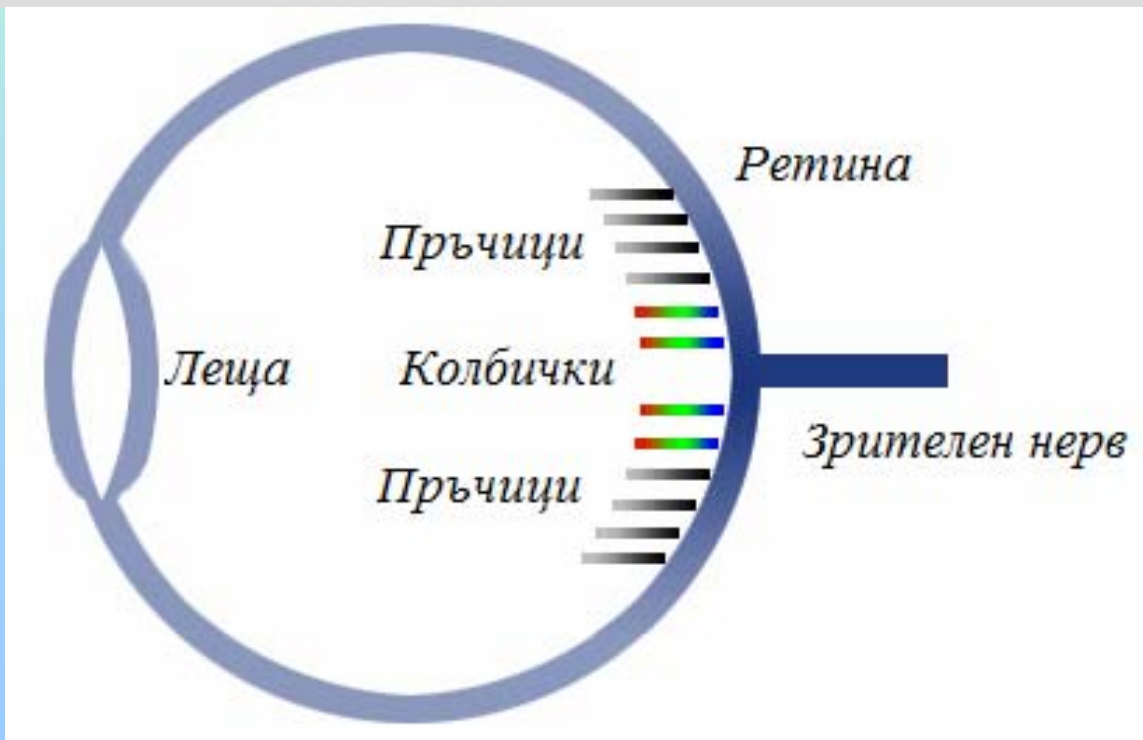


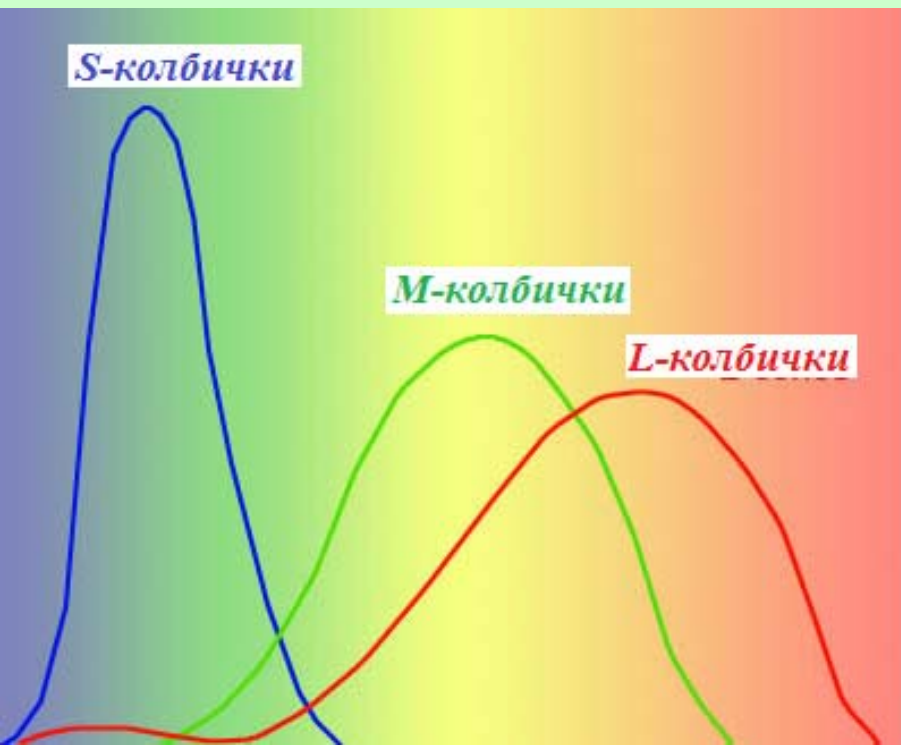


- Най-вътрешният трети слой има розова мрежеста структура - **ретина (8)**.
- Сложен строеж от 10 слоя.
- В нея са разположени фоточувствителни клетки.
- Заради формата си са наречени пръчици и колбички.

- Дължината на пръчиците е 0,06mm, а на колбичките – 0,035mm.
- Броят на пръчиците достига $13 \cdot 10^7$, а колбичките – около $7 \cdot 10^6$.
- Тези фоторецептори са разпределени неравномерно в ретината.
- В областта до мястото на зрителния нерв няма такива елементи и то се нарича **сляпо петно (7)** с диаметър 1,8mm.
- Над него е **жълтото петно (6)**, запълнено главно с колбички.
- В центъра му има вдлъбнатина - **очно дъно (11)**, в която се намират само колбички. Това е мястото на най-ясно виждане.

- Пръчиците доминират в периферната част на ретината.
- Пръчиците са чувствителни към относителната осветеност на окото (светло – тъмно).
- Колбичките определят чувствителността на окото към цветовете.
- Следователно, пръчиците виждат черно и бяло, а колбичките – цветно





- Съществуват три вида колбички със специфични пигменти, чувствителни към различни дължини на вълните.
- Максимумите на поглъщане на S-колбичките е 420 nm, на M-колбичките е 535 nm, а на L-колбичките е 565 nm.
- Следователно, колбичките са чувствителни към синята, зелената и червената светлина.

- При осветяване на ретината се възбуждат и трите вида колбички.
- Ако възбуждането е най-силно за един вид колбички се получава цветно зрителино възприятие.
- Ако колбичките се възбудят еднакво, то зрителиното възприятие е черно-бяло.

2. Оптична система на окото

Пречупващата система на окото се състои от:

- ✧ роговица (изпъкнала сферична повърхност);*
- ✧ водниста течност в предната камера;*
- ✧ кристалин (очна леща);*
- ✧ стъкловидно тяло в задната камера.*

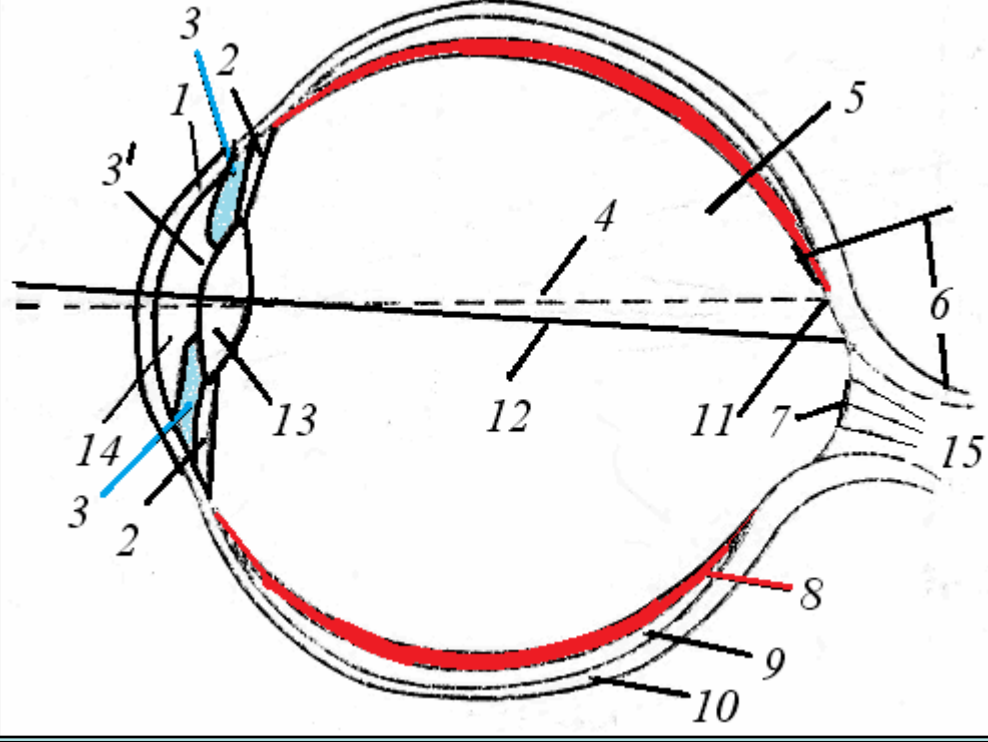
Образът в окото се получава във вещество (стъкловидно тяло), различно от веществото, в което се намира обектът (въздух). Затова първото и второто фокусни разстояния за окото са различни.

Осреднен модел за „приведеното” око

Оптична сила: $\Phi_{\text{норм}} = 58.64 \text{ D}$

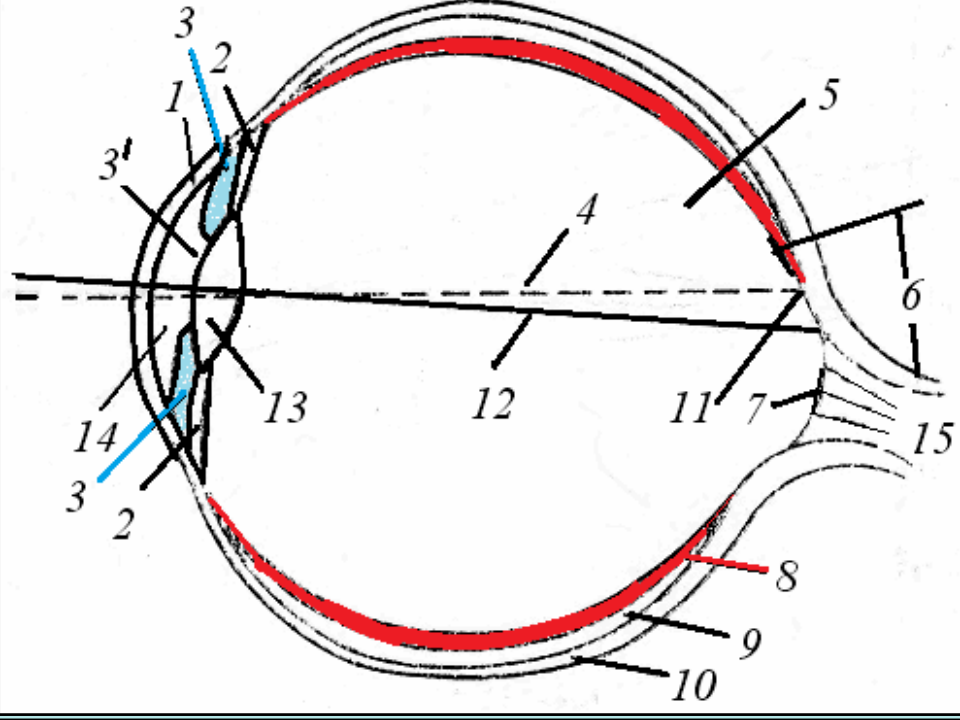
Предно фокусно разстояние: $f \rightarrow -17.1 \text{ mm}$

Задно фокусно разстояние: $f' \rightarrow +22.8 \text{ mm}$



- Окото е центрирана оптична система с **оптична ос (12)**.
- Тя е определена от оптичните центрове на роговицата и лещата.

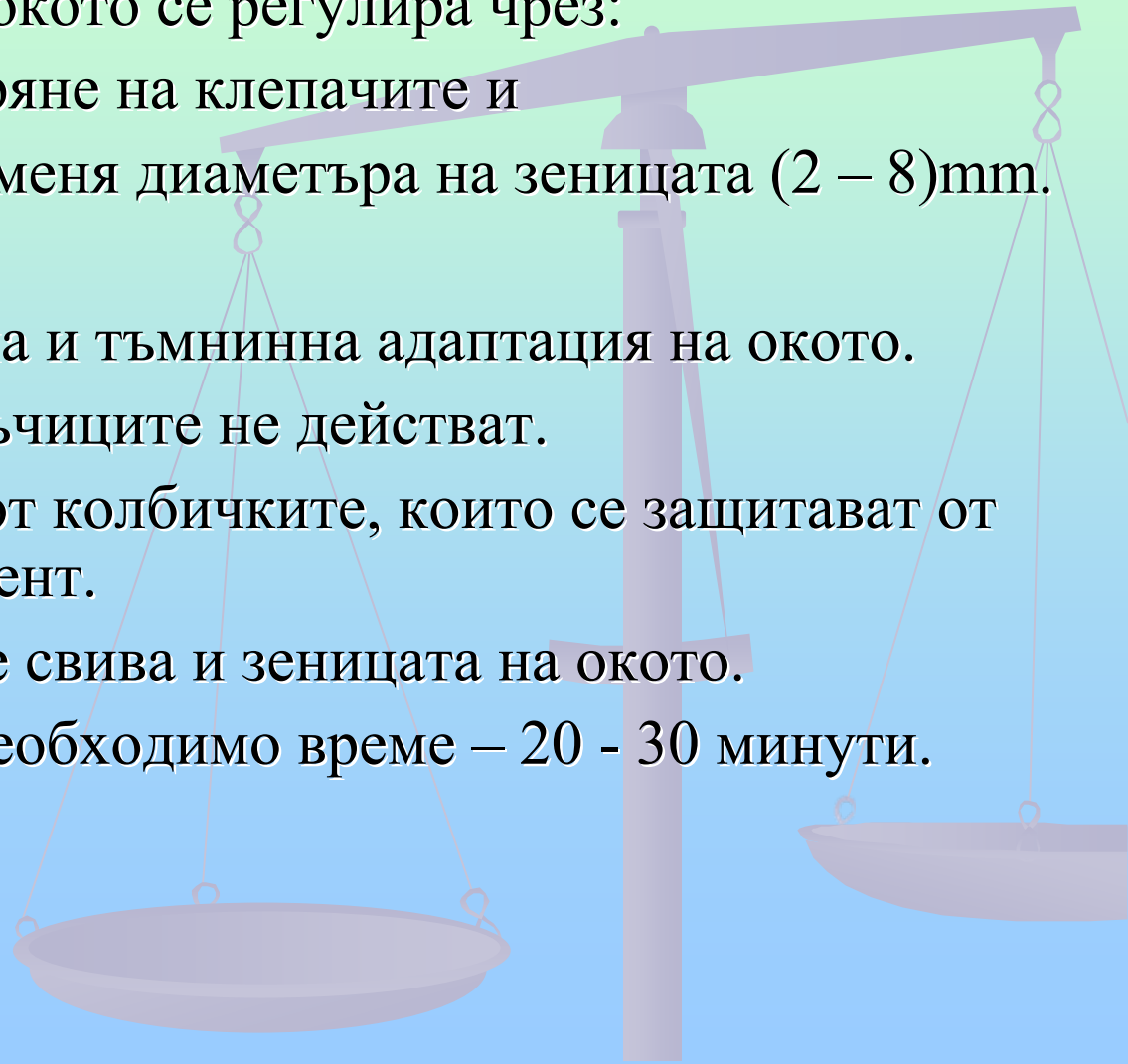
- Правата, която свързва оптичния център на лещата с жълтото петно е **зрителната ос (4)** и определя направлението, в което окото има най-голяма разделителна способност.
- Зрителната ос пресича ретината в точката на най-ясно виждане.
- Оптичната ос пресича ретината в друга точка - точката на задния фокус.
- Така, че линията на зрителната ос не съвпада с оптичната ос, а сключва с нея ъгъл, приблизително равен на 5° .



- Образът се фокусира върху ретината чрез изменение на оптичната сила на лещата.
- При наблюдаването на предмети човешкото око като, че ли опипва всички контури и последователно ги довежда в центъра на жълтото петно (6).

- **Акомодация** - способността на окото да се приспособява към ясно наблюдаване на различно отдалечени предмети.
- Постига се чрез промяна формата на кристалина.
- Променя се оптичната сила на окото от 58.64D до 70.57D.
- **Разстоянието на най-ясно виждане** на окото е около 25cm.
- Крайните точки, между които е възможна акомодация се наричат **далечна** (в безкрайност) и **близка** (на около 20cm от окото).
- С възрастта способността към акомодация (фокусиране) на близки предмети намалява.

- **Адаптация** - способността на окото да се приспособява към различни условия на осветеност.
- Потокът светлина към окото се регулира чрез:
 - отваряне и затваряне на клепачите и
 - ириса, който променя диаметъра на зеницата (2 – 8)mm.
- Различават се светлинна и тъмнинна адаптация на окото.
- При ярко осветяване пръчиците не действат.
- Образът се възприема от колбичките, които се защитават от ярката светлина с пигмент.
- Едновременно с това се свива и зеницата на окото.
- За пълна адаптация е необходимо време – 20 - 30 минути.

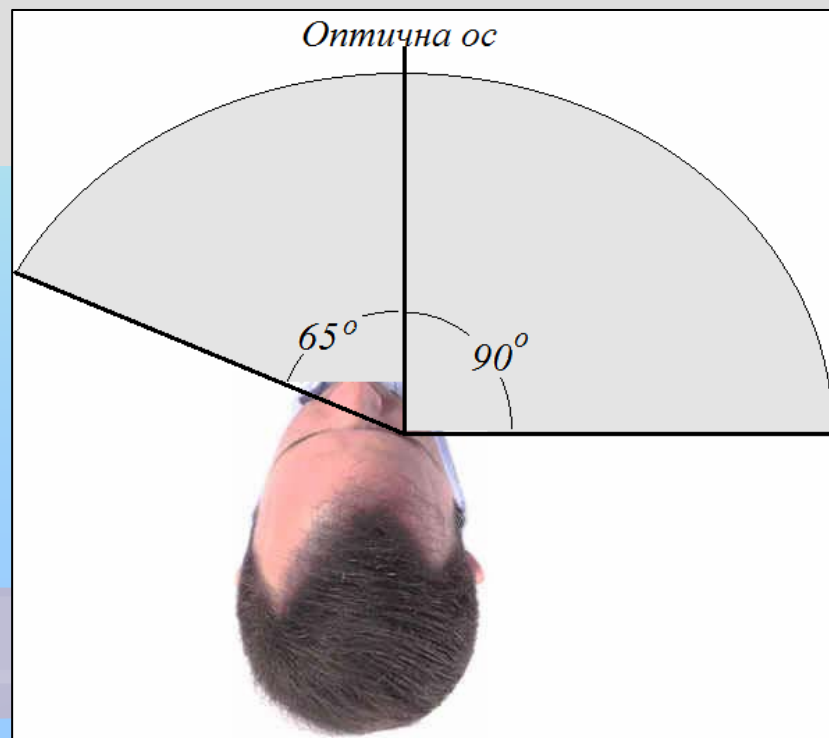
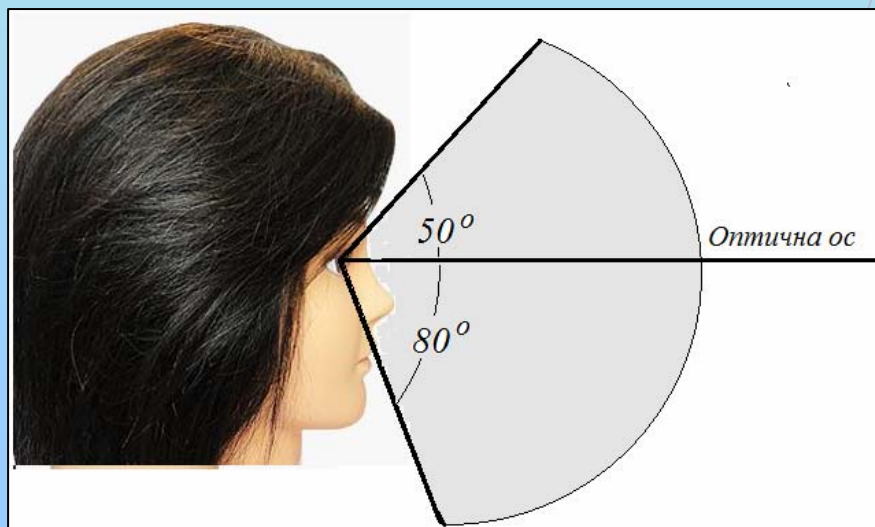


Интересни факти за човешкото око

- При нормално осветление, окото различава най-много детайли, ако предметът се намира на разстояние около 25 см, това е разстоянието на най-ясно виждане.
- Ако образът попадне в жълтото петно се различават най-много детайли. Жълтото петно има неголеми размери и върху него попадат образи на предмети, видими под ъгъл $(6\div 7)^\circ$.
- Зрителното възприятие има значителна инертност – образът се задържа в окото около 0.1 s след попадането на светлина в него. Затова, когато на киноекрана се прожектират 24 кадъра/1s, зрителят ги възприема като движещи се предмети.
- Разделителната способност на окото е мярка за остротата на човешкото зрение и е около една ъглова минута ($1'$). Това означава, че две точки, намиращи се на ъглово разстояние $1'$ могат да се различат от окото, като точките са разположени на разстояние на най-ясно виждане.

Интересни факти за човешкото око

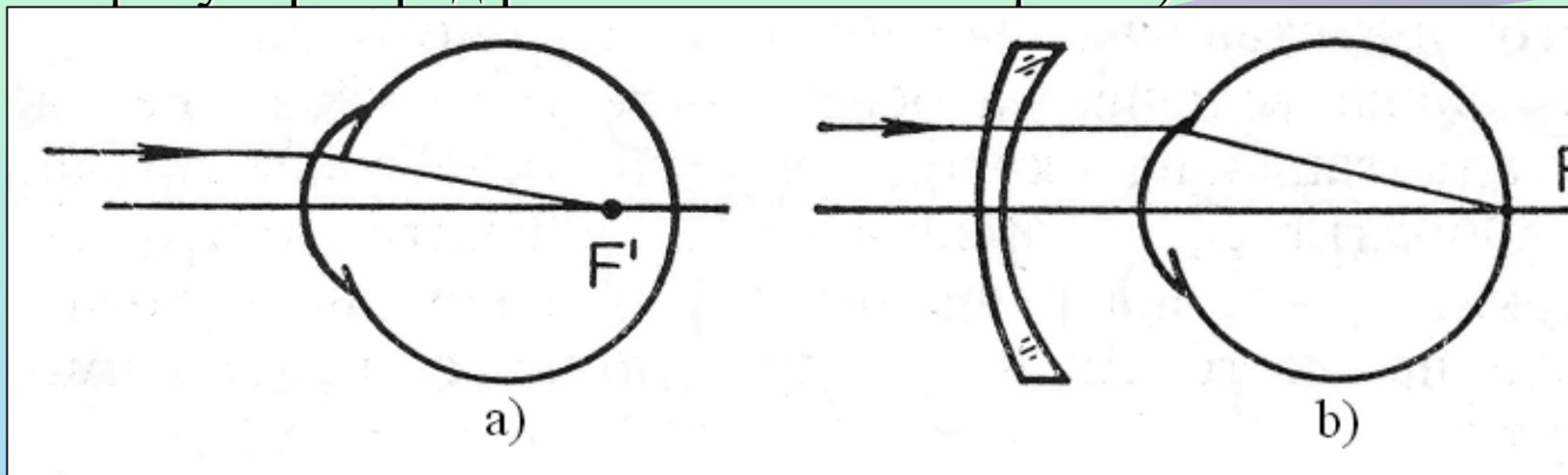
- Зрителен ъгъл на окото - между крайните лъчи от наблюдавания предмет, пресичащи се в оптичния център на леща.
- Общото поле, възприемано от окото е около:
 - 130° във вертикално направление
 - 50° над оптичната ос
 - 80° под оптичната ос
 - 155° в хоризонтално направление
 - 65° вляво от оптичната ос и
 - 90° вдясно от оптичната ос



Недостатъци на оптичната система на окото:

👉 **Късогледство (миопия) :** $\Phi > \Phi_{\text{норм}}$

Окото има по-голяма оптична сила от нормалната и предметите се проектират пред ретината. Тогава успореден сноп светлина се фокусира пред ретината – като на фиг. а).



Този недостатък се коригира с разсейвателни лещи, които намаляват пречупващата способност на окото – показано на фиг. b).

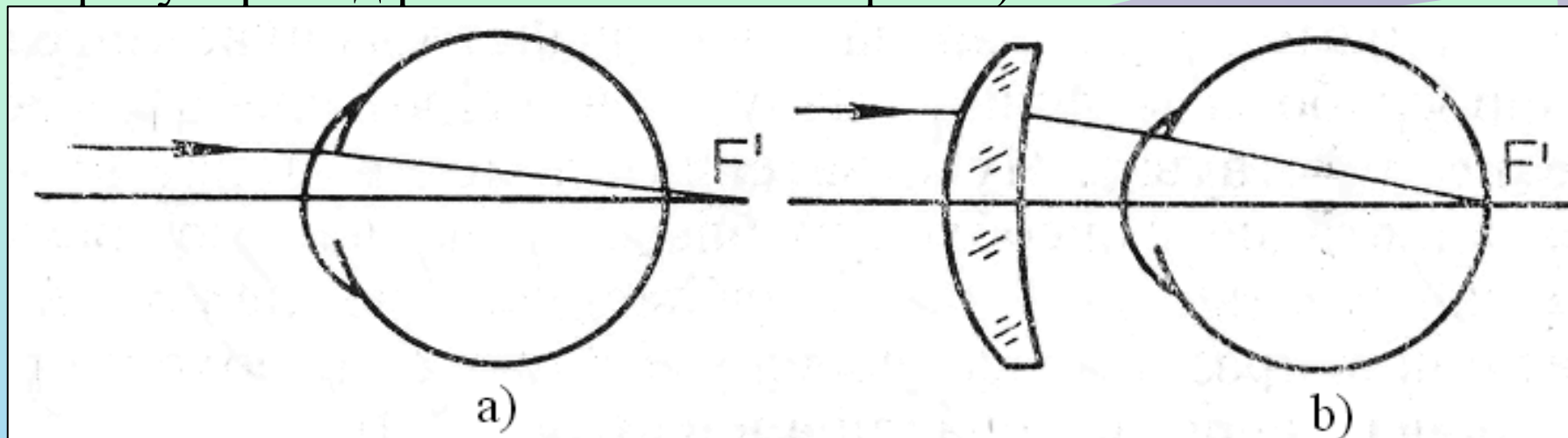
В очилата се поставят вдлъбнати лещи.

В рецептата се посочва оптичната сила на лещата, която е отрицателна: $\Phi < 0$. Например: $\Phi = -0.5 \text{ D}$ или $\Phi = -2 \text{ D}$.

Недостатъци на оптичната система на окото:

👉 б) Далекогледство (хиперметропия) : $\Phi < \Phi_{\text{норм}}$

Окото има по-малка оптична сила от нормалната и предметите се проектират зад ретината. Тогава успореден сноп светлина се фокусира зад ретината – като на фиг. а).



Този недостатък се коригира със събирателни лещи, които увеличават пречупващата способност на окото – фиг. б).

В очилата се поставят изпъкнали лещи.

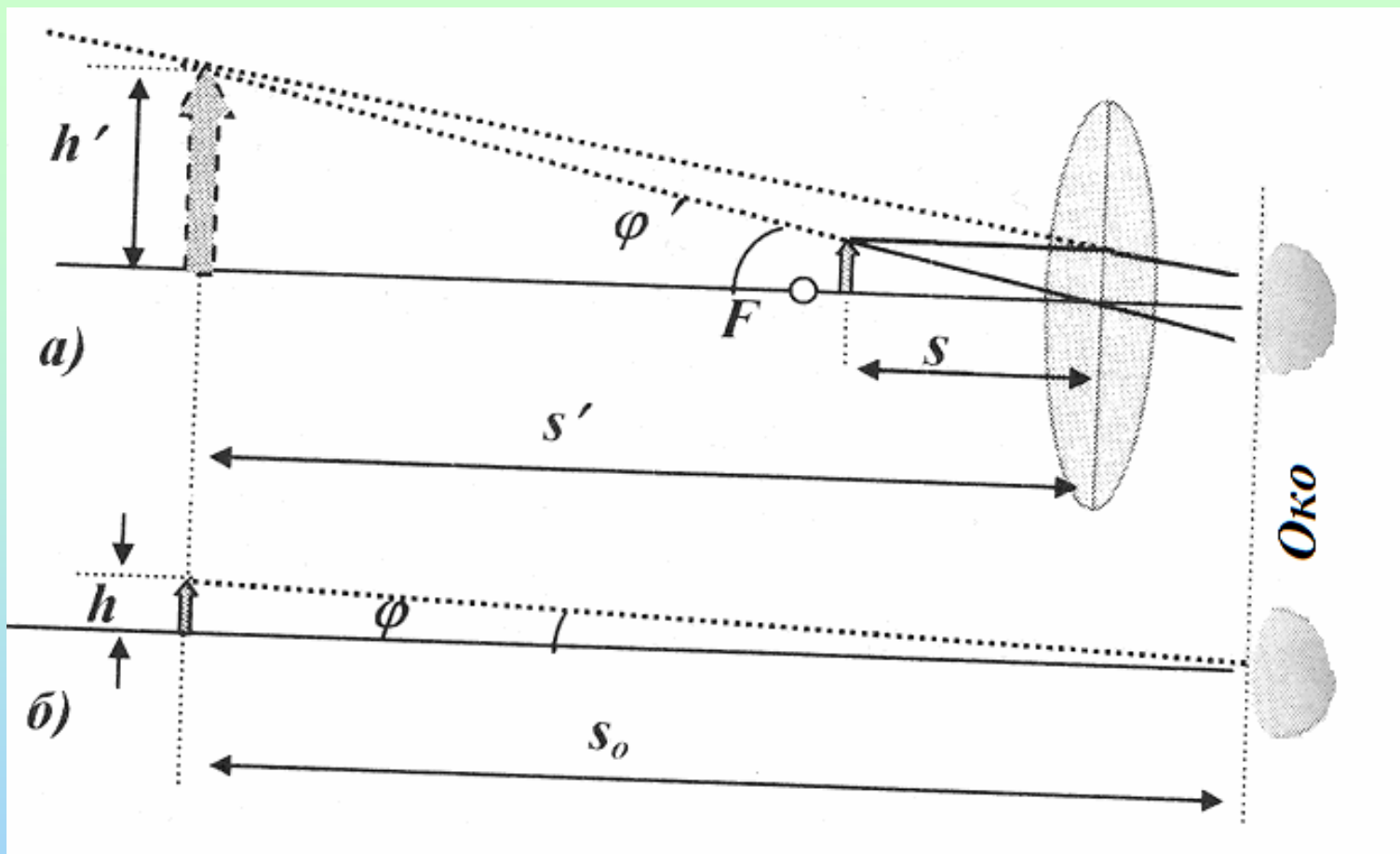
В рецептата се посочва оптичната сила на лещата, която е положителна: $\Phi > 0$. Например: $\Phi = +0.25 \text{ D}$ или $\Phi = +3 \text{ D}$.



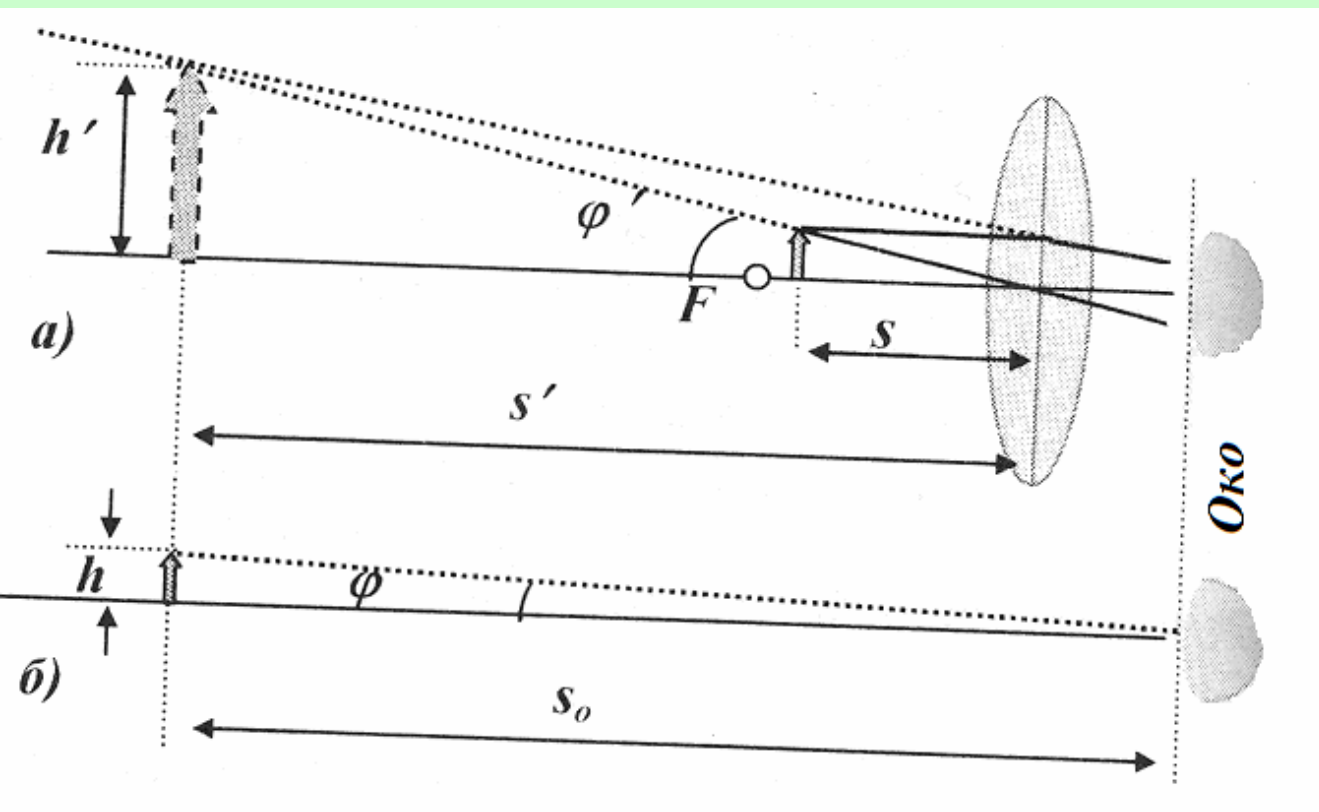
Астигматизъм

- Формата на нормалната роговица е приблизително сферична, с еднакви кривина и оптична сила във всички меридиани.
- Асиметрията на роговицата (различната кривина на роговицата) е причина за астигматизма, което води до изкривяване на образа върху ретината.
- При простия астигматизъм, окото има нормална оптична сила в единия от двата взаимно перпендикулярни меридиана.
- Например, астигматичното око с вертикална аномалия, вижда ясно хоризонталните линии на предметите и неясно – вертикалните.
- Този недостатък се отстранява с цилиндрични лещи, чиято ос е ориентирана по меридиана с нормална оптична сила (в горния случай хоризонтално).
- Цилиндричната леща корегира оптичната сила на окото само в меридиана на аномалията и образите на предметите върху ретината стават ясни във всички направления.

2. Лупа

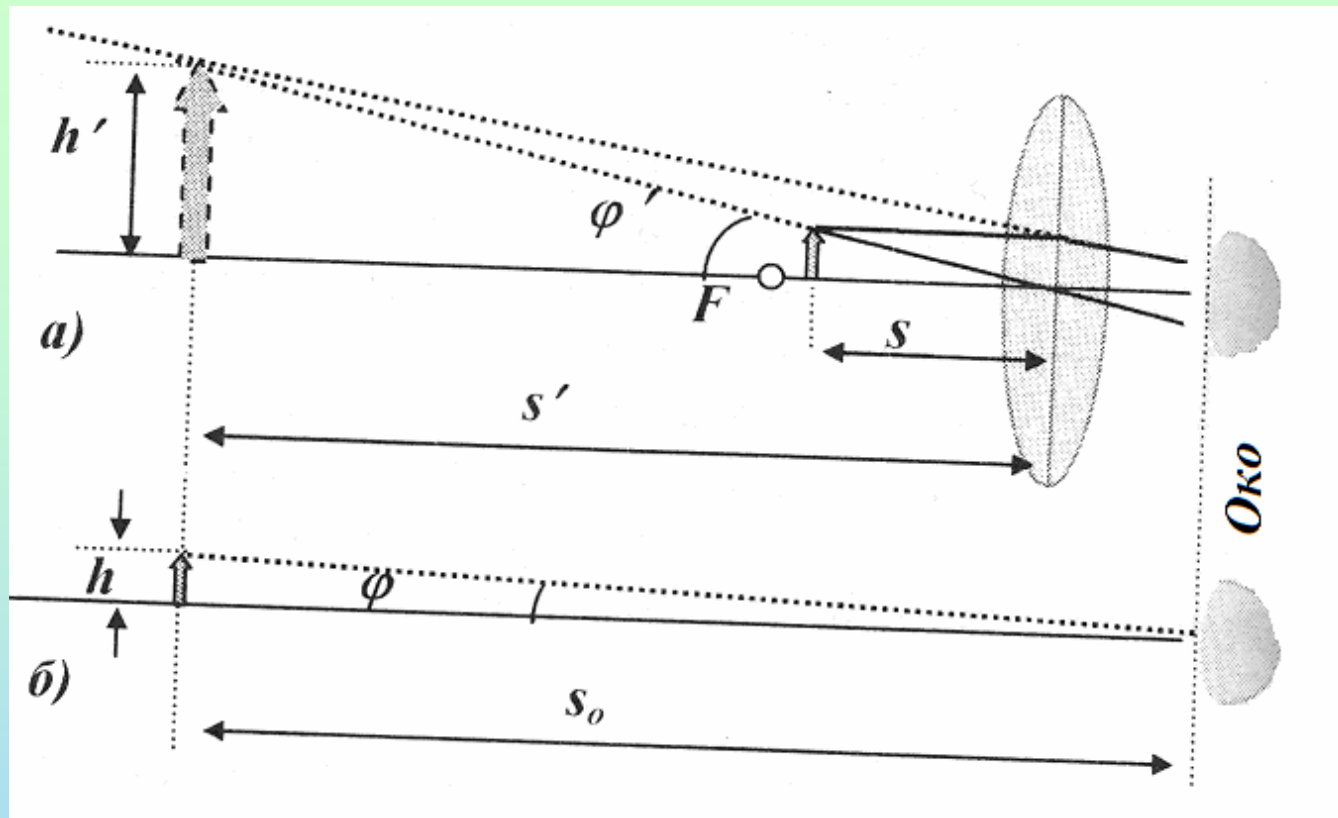


Лупата е най-простият оптичен уред. Това е единична двойноизпъкнала леща, но се използват и цилиндрични двойноизпъкнали. Прилагат се за получаване на увеличен образ на различни обекти, наблюдавани от човека.

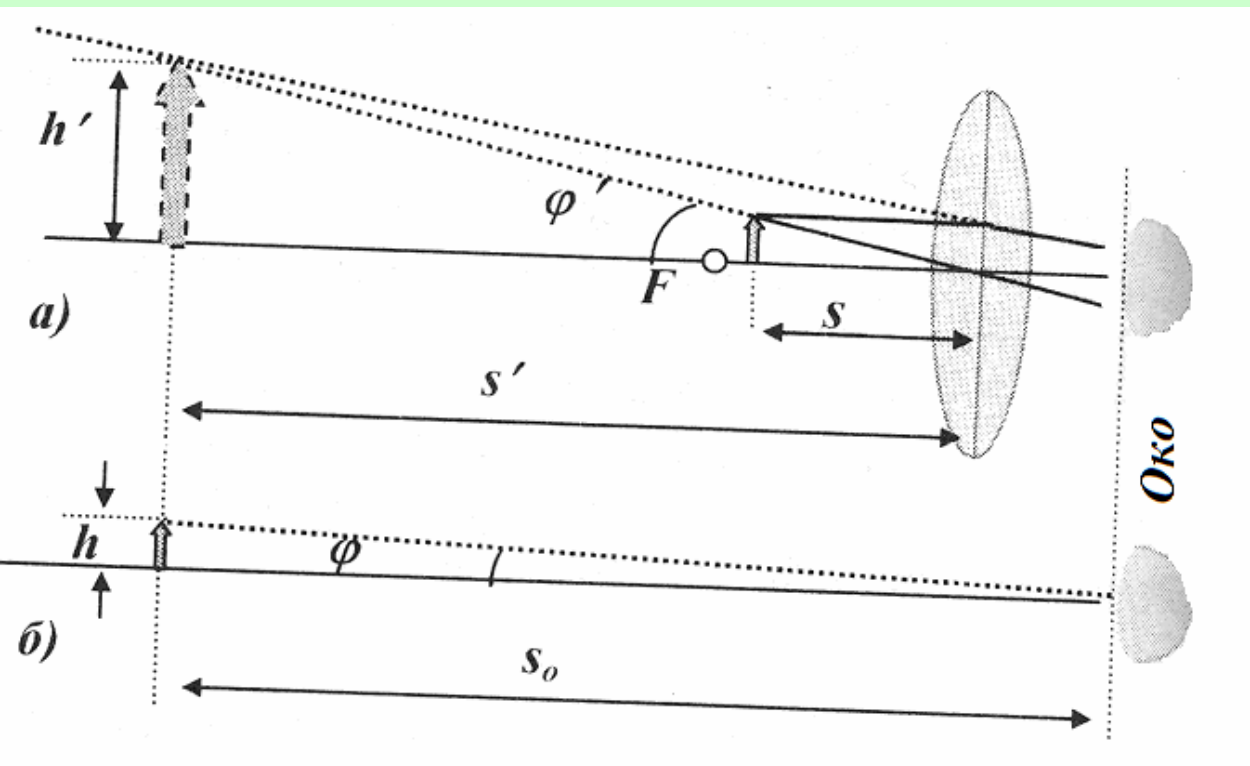


Големината на даден предмет, гледан от човешкото око зависи от разстоянието до предмета или от ъгъла, под който се вижда.

- По тази причина за наблюдаване на по-големи подробности, ние приближаваме предметите по-близо до окото.
- Разстоянието на най-добро виждане средностатистически е $s_0 = 0.25 \text{ m}$.



От друга страна окото има и граница на виждане, която за нормално око може да се приеме за безкрайност. Приближаването на предмета на разстояние по-малко от S_0 е безмислено, защото очната леща не може да създаде образ на този предмет върху чувствителното жълто петно.



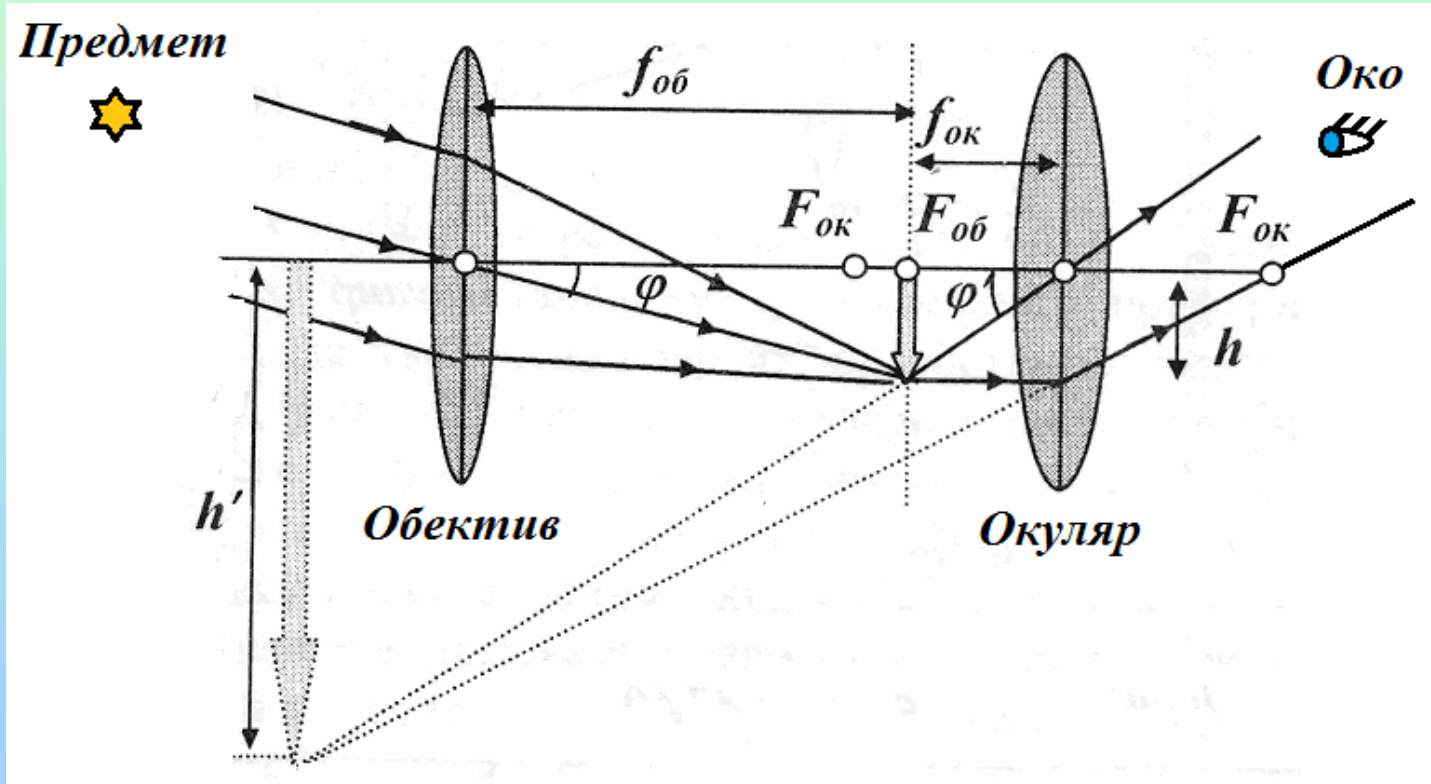
Тук помага лупата, която създава увеличен, прав, недействителен образ на разстояние s_0 . Характерен параметър на всяка лупа е ъгловото увеличение M .

То е отношението между ъгъла φ' , под който се вижда образа и ъгъла φ , под който се вижда предмета на същото разстояние, разстоянието на най-добро виждане s_0 :

$$M = \frac{\varphi'}{\varphi}$$

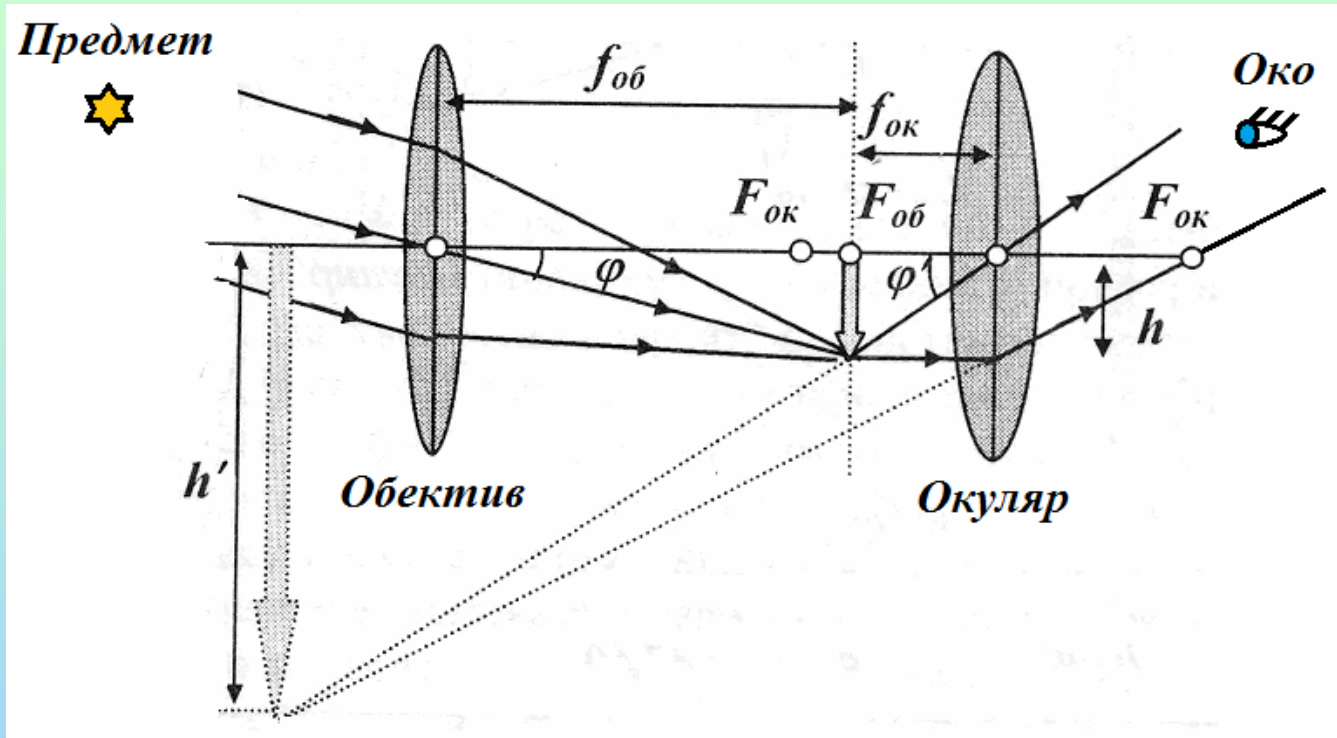
3. Телескопи

Телескопите са оптични уреди, които дават увеличени образи на предмети отдалечени на големи разстояния понякога в безкрайност. Приложенията им са в две направления:

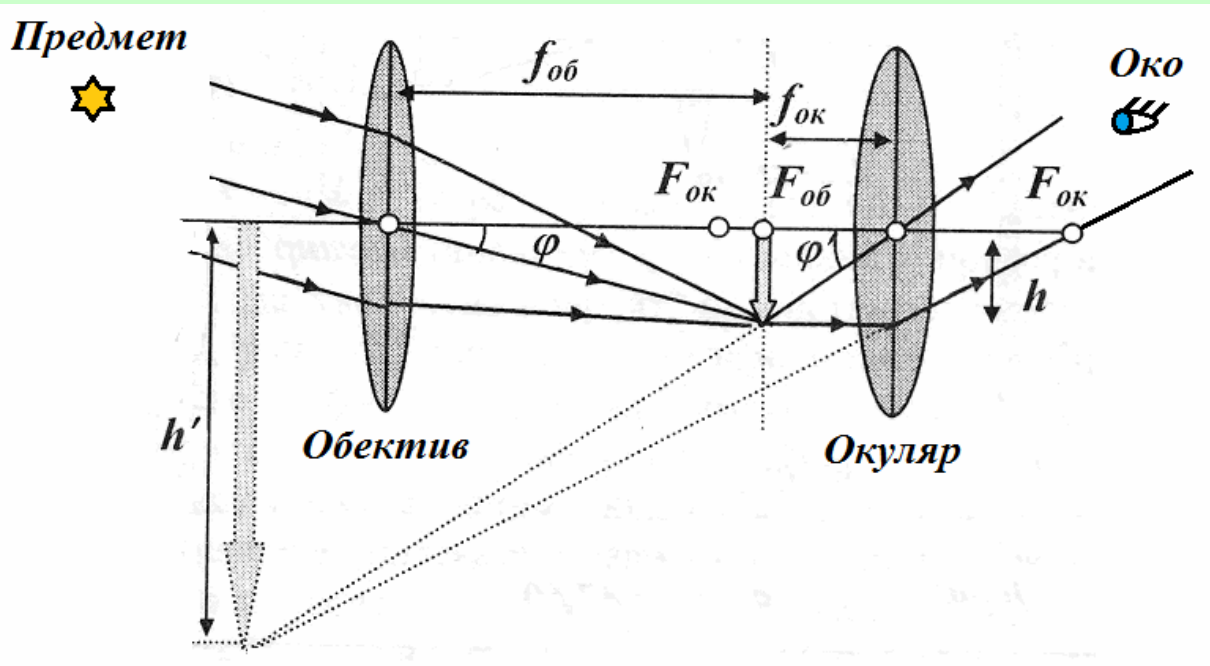


- астрономични телескопи за наблюдаване на космически обекти;
- далекогледни тръби и бинокли – за наблюдаване на земни обекти.

Лещов телескоп на Кеплер – Не е създаден от Кеплер, но е описан за първи път от него и е наречен в негова чест. Състои се от две двойно изпъкнали лещи.



- Лещата откъм обект се нарича обектив, а към око – окуляр.
- Обектът е в безкрайност и образът от обектива е умален, обърнат, действителен и разположен във фокуса му $F_{об}$.
- Първият фокус на окуляра е разположен преди този на обектива.



Образът от обектива (h) лежи между фокуса и лещата на окуляра.

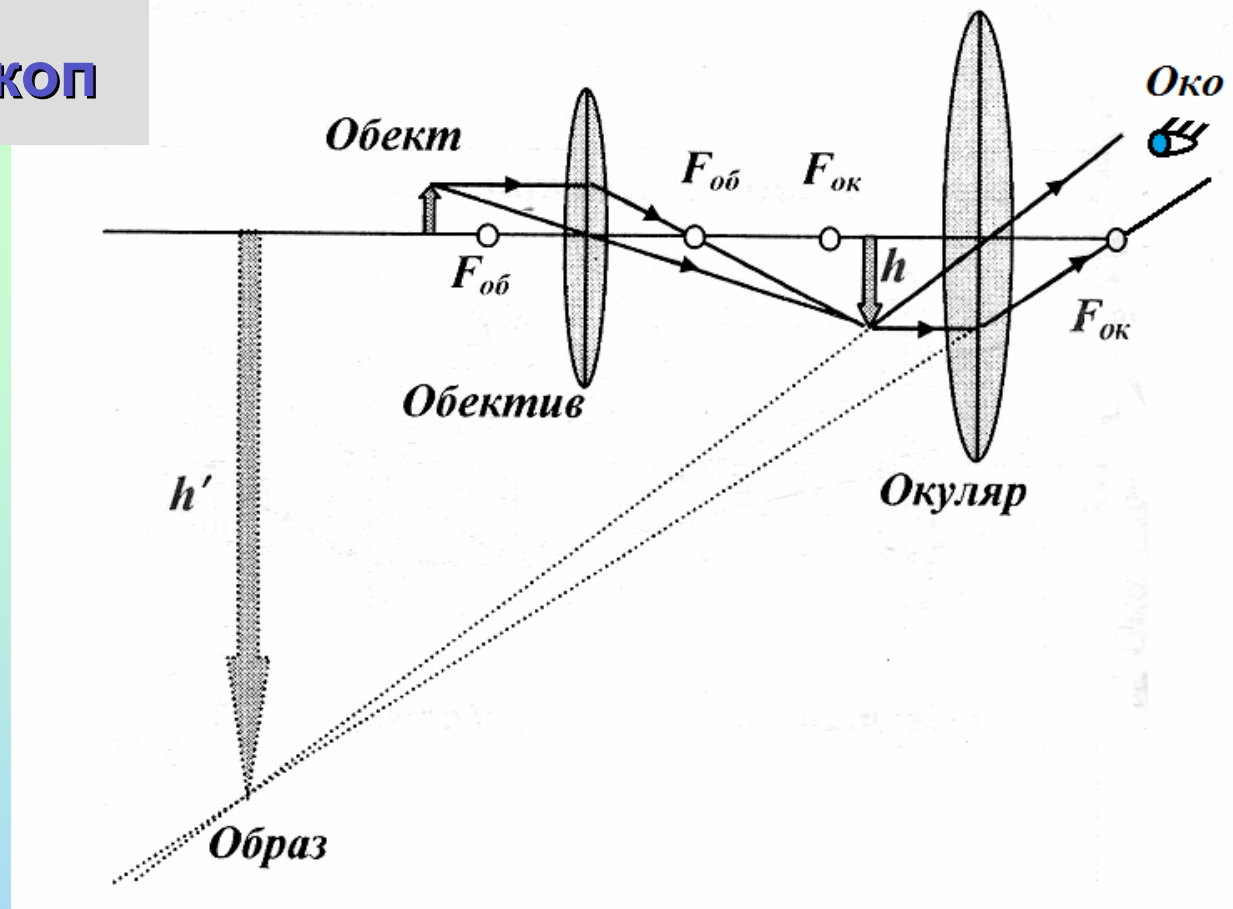
Тогава, образът от окуляра (h') е увеличен, обърнат и недействителен.

Двата фокуса са близки и могат да се разглеждат като съвпадащи. Това е така, когато очите на наблюдателя са настроени за виждане в безкрайност.

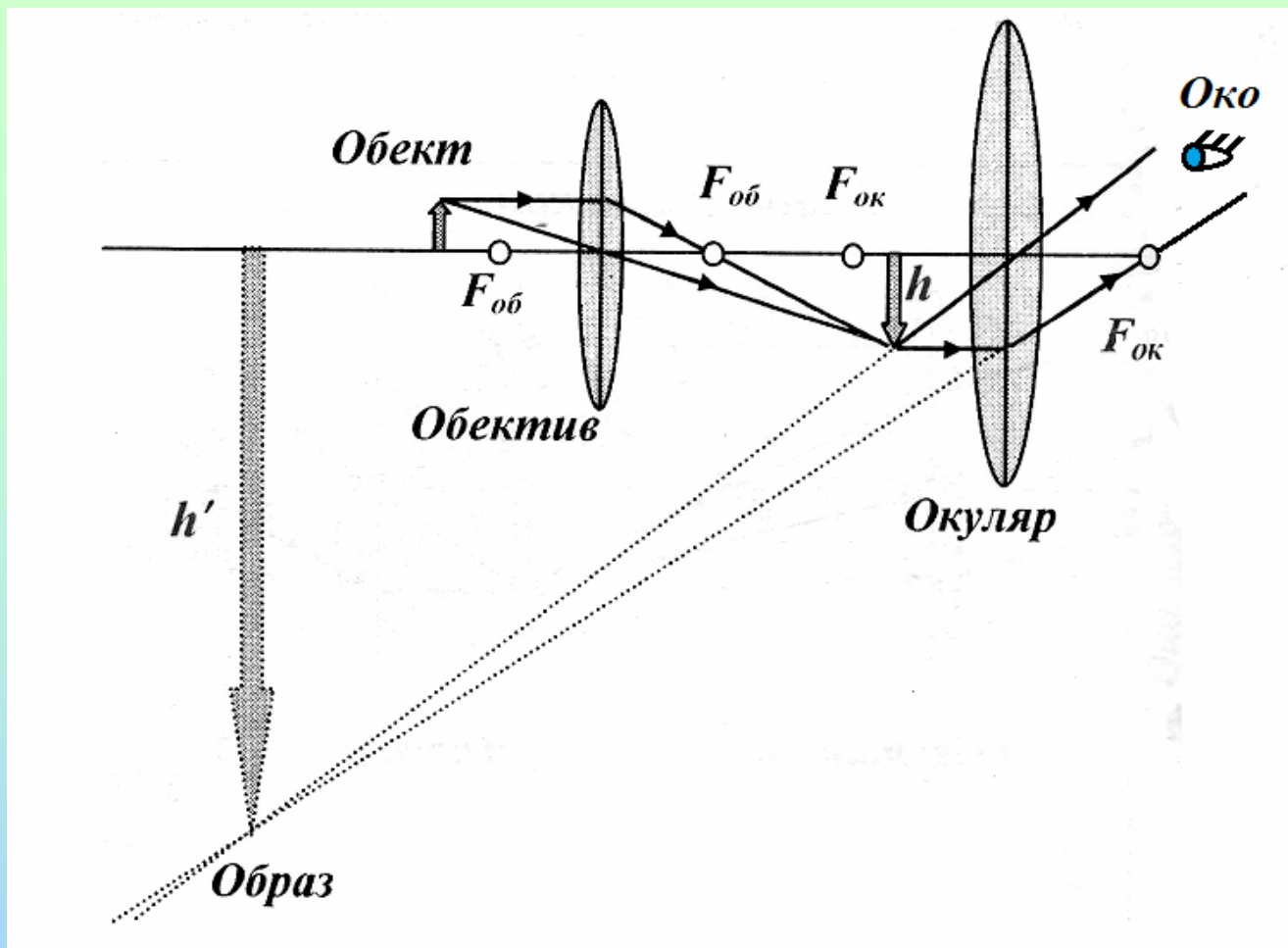
Ъглите φ и φ' са означени на фигурата. Ъгълът φ е този, под който се вижда обектът. Ъгловото увеличение на телескопа е:

$$M = \frac{\varphi'}{\varphi} = \frac{tg\varphi'}{tg\varphi} = \frac{h/f_{ок}}{h/f_{об}} = \frac{f_{об}}{f_{ок}}$$

4. Оптичен микроскоп



- Устройството на микроскопа е подобно на това на телескопа.
- Разликата е в отдалечеността на наблюдаваните обекти.
- При микроскопа те са в близост до обектива.
- Той дава увеличен, действителен, обърнат образ (h), разположен между предния фокус на окуляра и самия окуляр.



- Образът от окуляра е увеличен, недействителен, обърнат (h').
- Увеличението на микроскопа M е равно на произведението от увеличенията на обектива $M_{об}$ и окуляра $M_{ок}$.

$$M = M_{об} \times M_{ок}$$