

Л.7. Аптычныя прыборы

Змест:

- 1. Вока як аптычная сістэма**
- 2. Асноўныя ўласцівасці вока**
- 3. Дэфекты зроку**
- 4. Лупа**
- 5. Мікраскоп**
- 6. Падзорная труба**
- 7. Бінокль**
- 8. Перыскоп**
- 9. Праекцыйныя прыборы**
- 0. Аптычны фотаапарат**

Вока як аптычная сістэма

Асноўную частку інфармацыі аб навакольным свеце чалавек атрымлівае з дапамогай **вока**.

Вока – універсальны біялагічны аптычны прыбор.

Большасць аптычных прыбораў працуе **сумесна з вокам** ці іх дзеянне заснавана на выкарыстанні аптычных уласцівасцей вока.

Вока чалавека ўяўляе сабой **шарападобнае цела**, дыяметрам ~ 25 мм з невялікай выпукласцю спераду, якое мае назву **вочны яблык**.

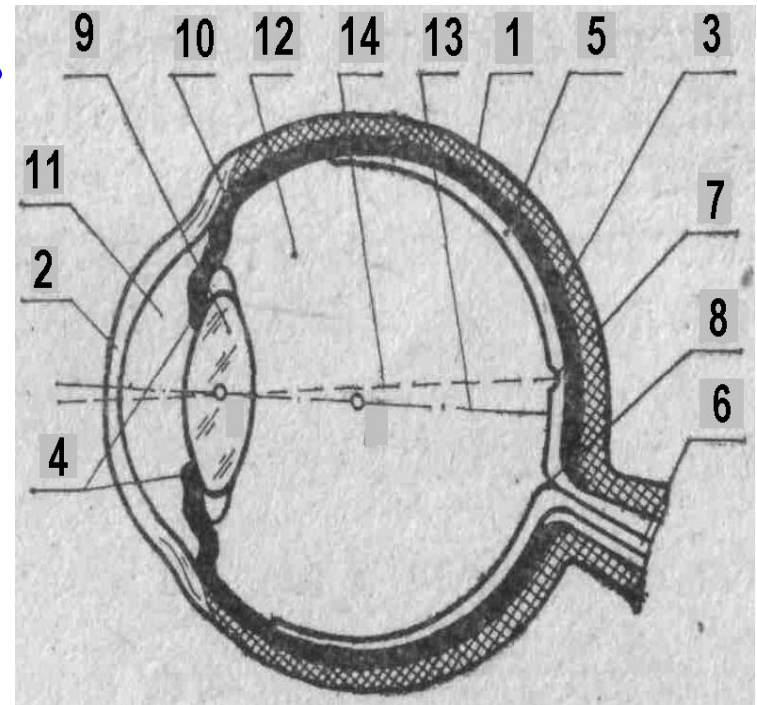
Схематычна вока складаецца з **трох асноўных абалонак**.

Вонкавая, цвёрдая і непразрыстая абалонка
назваецца **склерай 1.**

Яна выконвае ахоўную ролю.

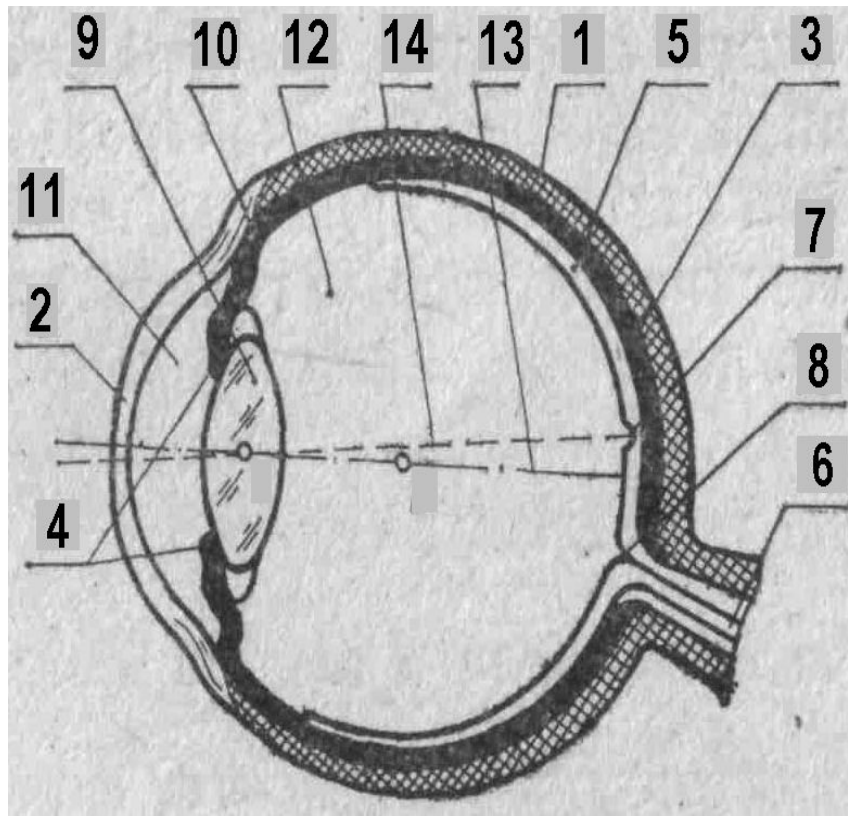
Пярэдняя частка склеры празрыстая і
назваецца **рагавіцай 2.**

Унутраная паверхня склеры ўтварае
сасудзістую абалонку 3.



У перадняй частцы сасудзістая абалонка **3**
пераходзіць у **радужную**, якая вызначае
колер вока.

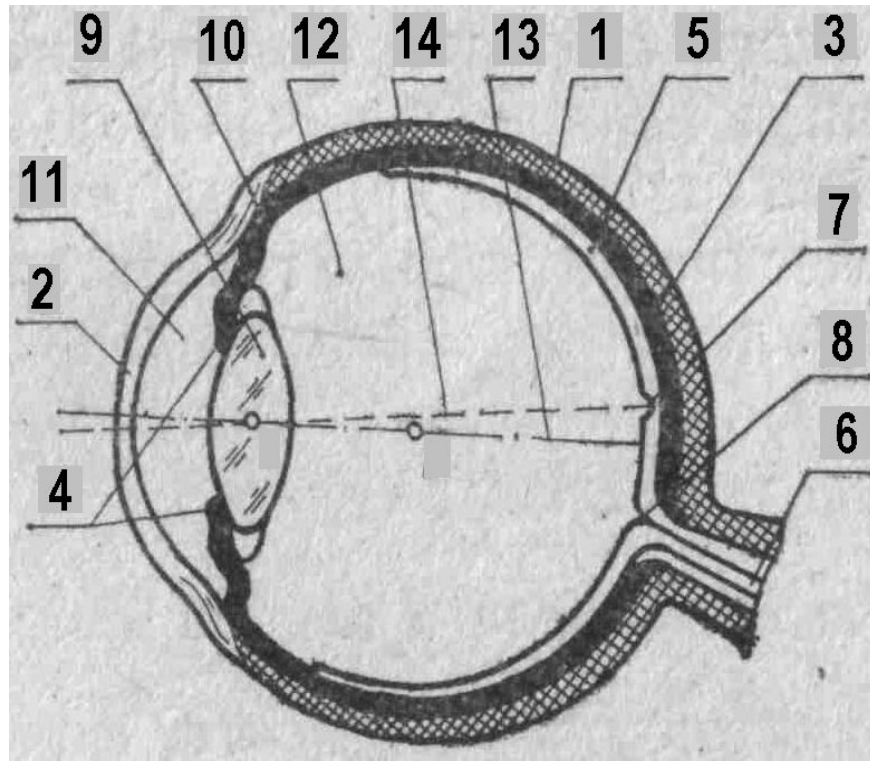
У цэнтры радужнай абалонкі
адтуліна **4** – **зрэнка.**



Зрэнка **4** з'яўляецца рэгулятарам (дыафрагмай)
паступлення светлавой энергіі ў вока.

Зрэнка мае дыяметр у межах **(3 – 4)мм** пры
нармальних умовах і можа змяняцца.

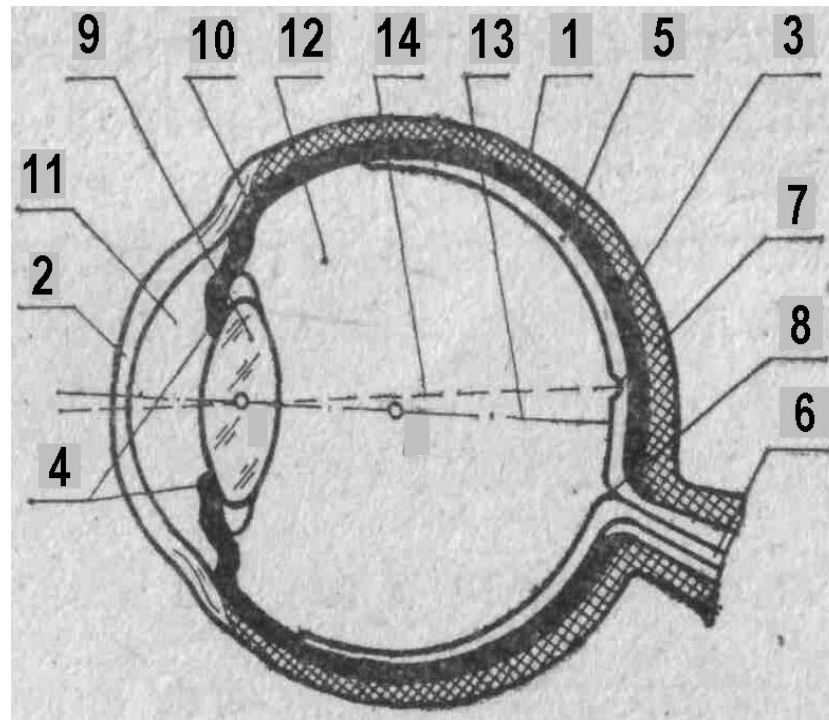
Прыёмнікам светлавой энергіі з'яўляецца
сятчатка 5.



Сятчатка **5** складаецца з канчаткаў зрокавага нерва **6**.

Гэтыя канчаткі маюць выгляд колбачак (**7** млн.штук) і палачак (**130** млн.штук).

У канчатках знаходзіцца рэчыва (пігмент), якое называюць **зрокавым пурпурам** ці **родапсінам**.



Пурпур разлагаецца пад уздзеяннем святла, у
нервовых валокнах узнікаюць **біятокі**.

Біятокі перадаюць у зрокавыя цэнтры кары
мозга зрокавыя адчуванні.

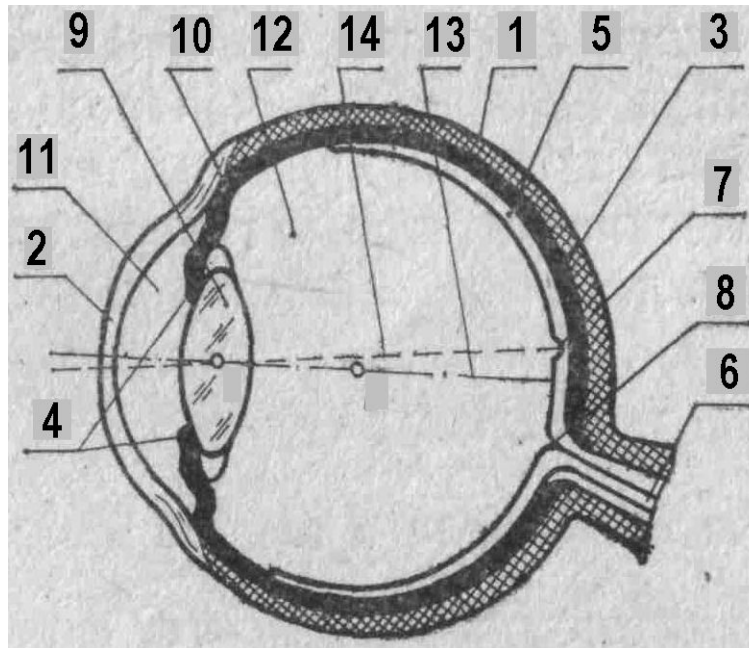
Палачкі не распазнаюць колер.

За колеравыя адчуванні адказны **колбачкі**.

На сятчатцы супраць зрэнкі знаходзіцца
цэнтральнае паглыбленне (ямка) 7.

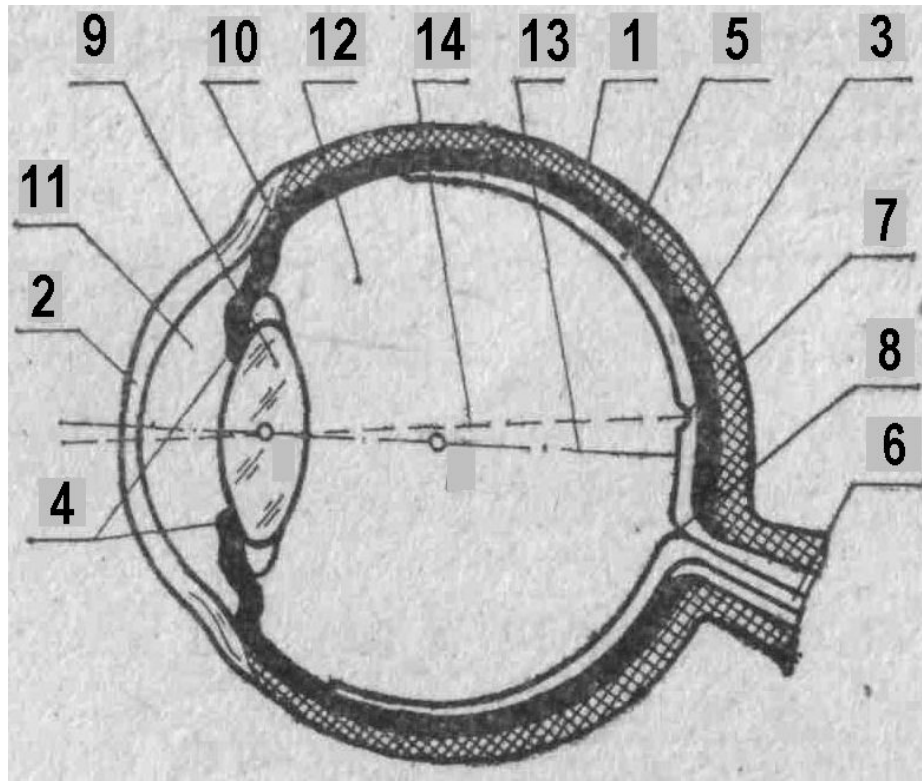
Вакол ямкі размешчана жоўтая пляма плошчай
каля 1 мм^2 - гэта вобласць найбольшай
колераадчувальнасці вока.

Месца ўваходу зрокавага нерва ў вочны яблык
не ўспрымае святло і называецца сляпой
плямай 8.



За радужнай абалонкай знаходзіцца **хрусталік 9**
– празрыстае, пругкае цела з паказчыкам
пралямлення **$n=1,5$** , падобнае на
дваякавыпуклую лінзу.

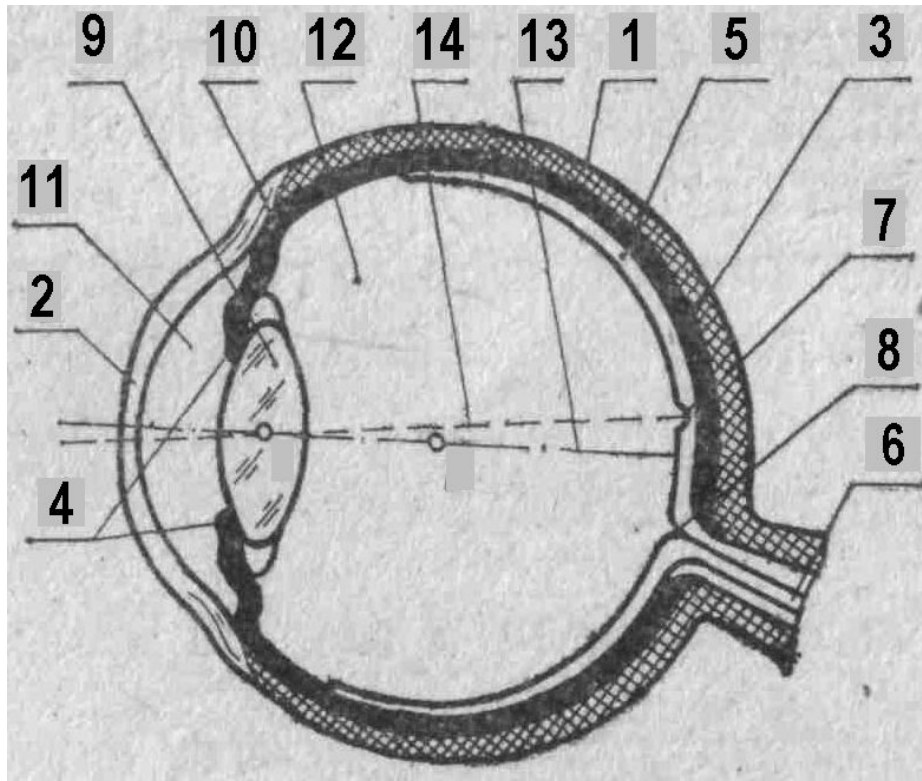
Ён замацаваны **кольцавой мышцай 10** і пад яе
ўздзеяннем здольны змяняць сваю крывізну.



**Хрусталік падзяляе глажны яблык на дзве
камеры:**

**пярэдняю 11, запоўненую безколеравай
вадкасцю – вадзяністай вільгаццю;**

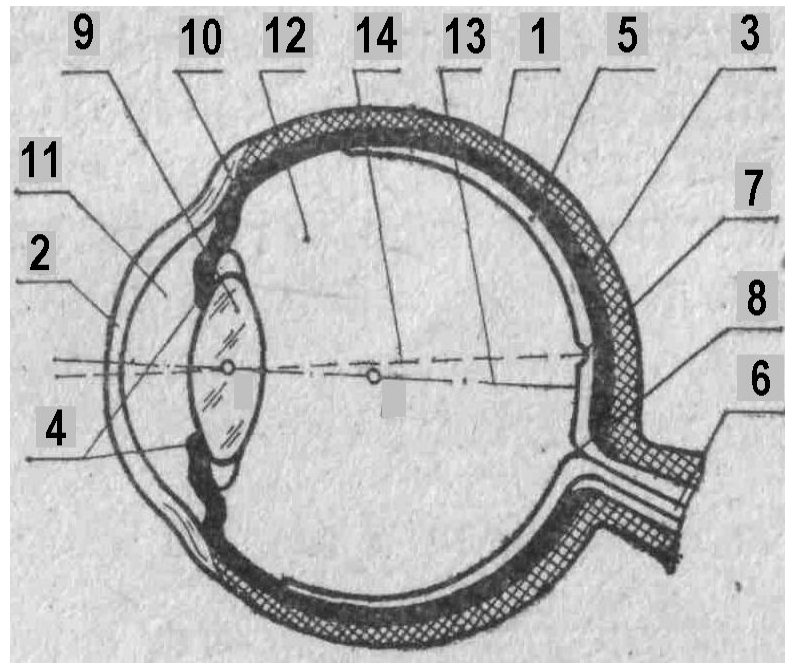
**заднюю 12, запоўненую шклопадобным
рэчывам.**



Лінія **13**, яка праходзіць праз цэнтры хрусталіка і вочнага яблыка, называецца ўмоўнай аптычнай воссю вока.

Лінія **14**, яка праходзіць праз цэнтр хрусталіка і ямку, называецца зрокавай воссю ці лініяй найлепшага зроку.

Вугал паміж гэтымі лініямі $\sim 5^\circ$.



Асноўныя ўласцівасці вока

- Адлегласць паміж цэнтрамі вокавых зрэнкаў называецца вокавым базісам і роўная ў сярэднім каля **65 мм**.
- Глазны яблык можа паварочвацца з дапамогай мышцаў вакол свайго цэнтра ў межах ад **0** да **50°**.
- Поле зроку складае каля **125°** па вертыкалі і **150°** па гарызанталі.

- **Акамадацыя** – здольнасць вока даваць рэзкія відарысы рознааддаленых прадметаў.

Нармальнае вока здольнае разглядаць прадметы на адлегласцях ад ∞ да **70 мм**.

$$D = \left(\frac{n_{\text{xp}}}{n_{\text{ac}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$

- **Адлегласць найлепшага зроку** – кольцавыя мышцы вока знаходзяцца ў стане расслаблення пры адлегласці каля **25 см**.

- **Адрознівальная здольнасць** – здольнасць адрозніваць (распазнаваць) блізка размешчаныя целы ці іх часткі.

Вызначаецца найменшым вуглом пад якім гэтыя аб’екты бачны раздзельна.

Межавым вуглом называюць вугал, які роўны **1'**.

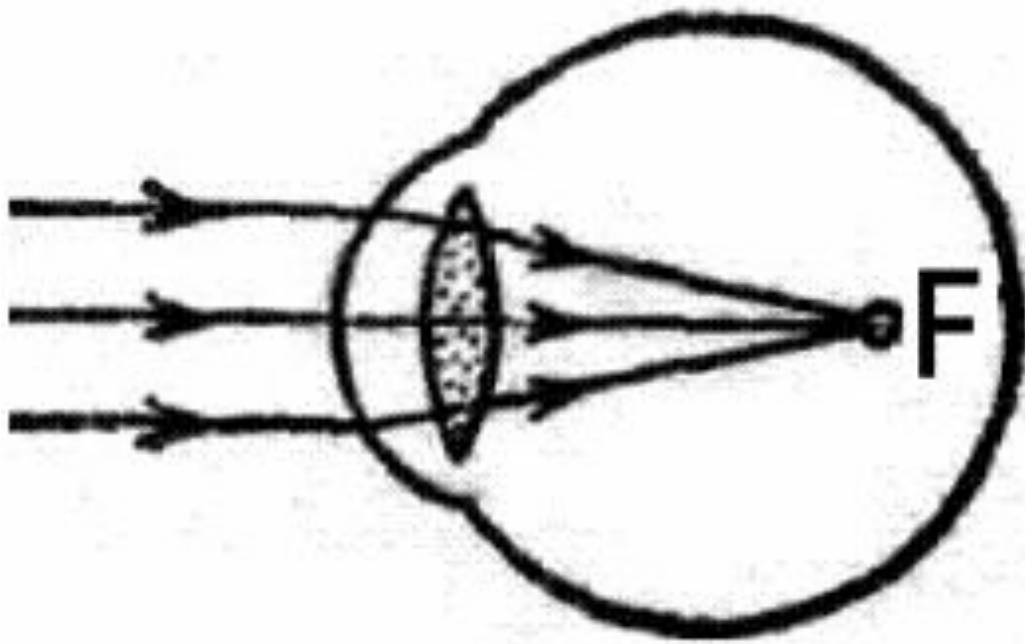
- **Адаптацыя зроку** – здольнасць вока ствараць зрокавыя адчуванні пры рознай асветленасці.

Яна рэгулюецца змяненнем дыяметра зрэнкі і станам пурпура.

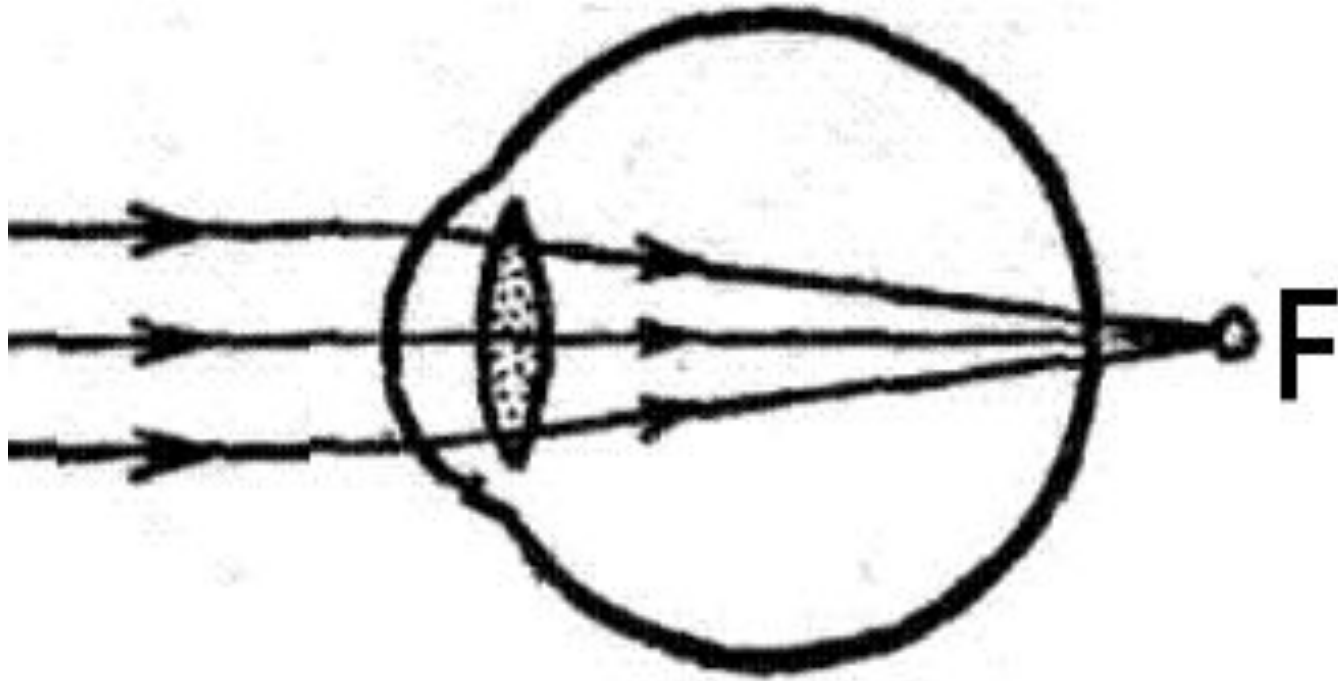
- **Існаванне зрокавых адчуванняў** – пасля спынення светлавога ўздзеяння зрокавыя адчуванні працягваюць існаваць яшчэ каля **0,1 с.**
- **Канвергенцыя** – звядзенне восей вачэй на вызначанай кропцы аб’екта.

Дэфекты зроку

- **Блізарукасць** – відарыс атрымліваецца перад сетчаткай.

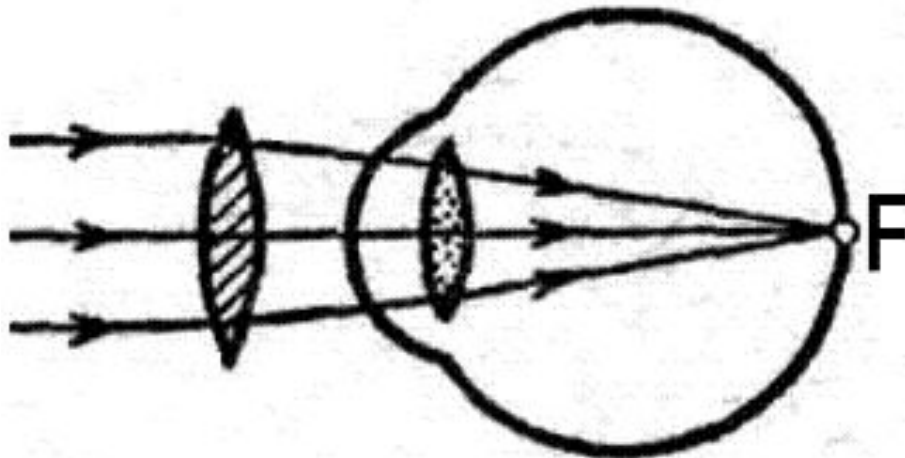
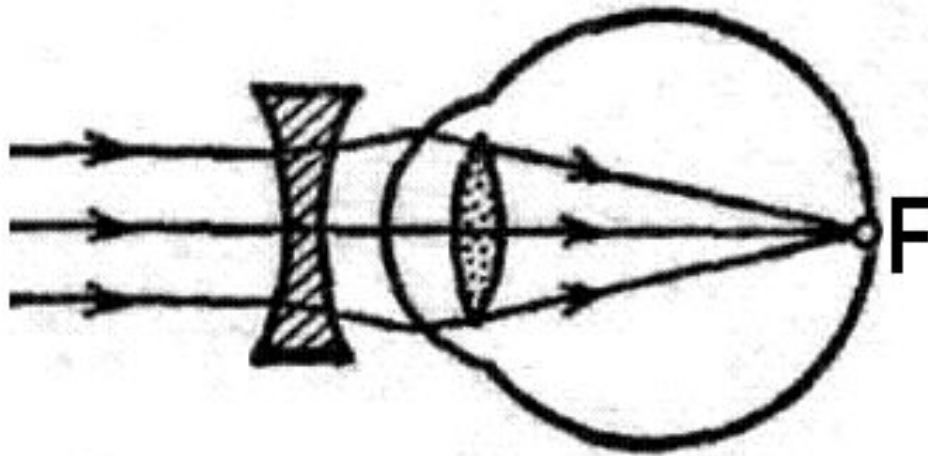


- **Дальназоркасць** – відарыс атрымліваецца за сятчаткай.



Для ліквідацыі гэтых дэфектаў ўжываюць
акуляры.

Для блізарукага вока – рассеивальныя лінзы;
для дальназоркага – збіральныя лінзы.



Воку як і іншым аптычным сістэмам уласцівы ўсе аберацыі:

Сферычная – вызначаецца рознай ступеню праламляльнасці краевых і параксіяльных прамянёў – прыводзіць да размытасці відарыса прадмета.

Храматычная – вызначаецца праяўленнем залежнасці паказчыка праламлення святла ад даўжыні хвалі – прыводзіць да афарбаванасці відарыса.

Астыгматызм - відарысы пункта, які ляжыць не на аптычнай восі, знаходзяцца ў розных месцах – назіраецца раздваенне відарыса.

Кома - шырокі светлавы пучок, які нахілены да аптычнай восі становіцца несіметрычным – пагаршаецца рэзкасць відарыса.

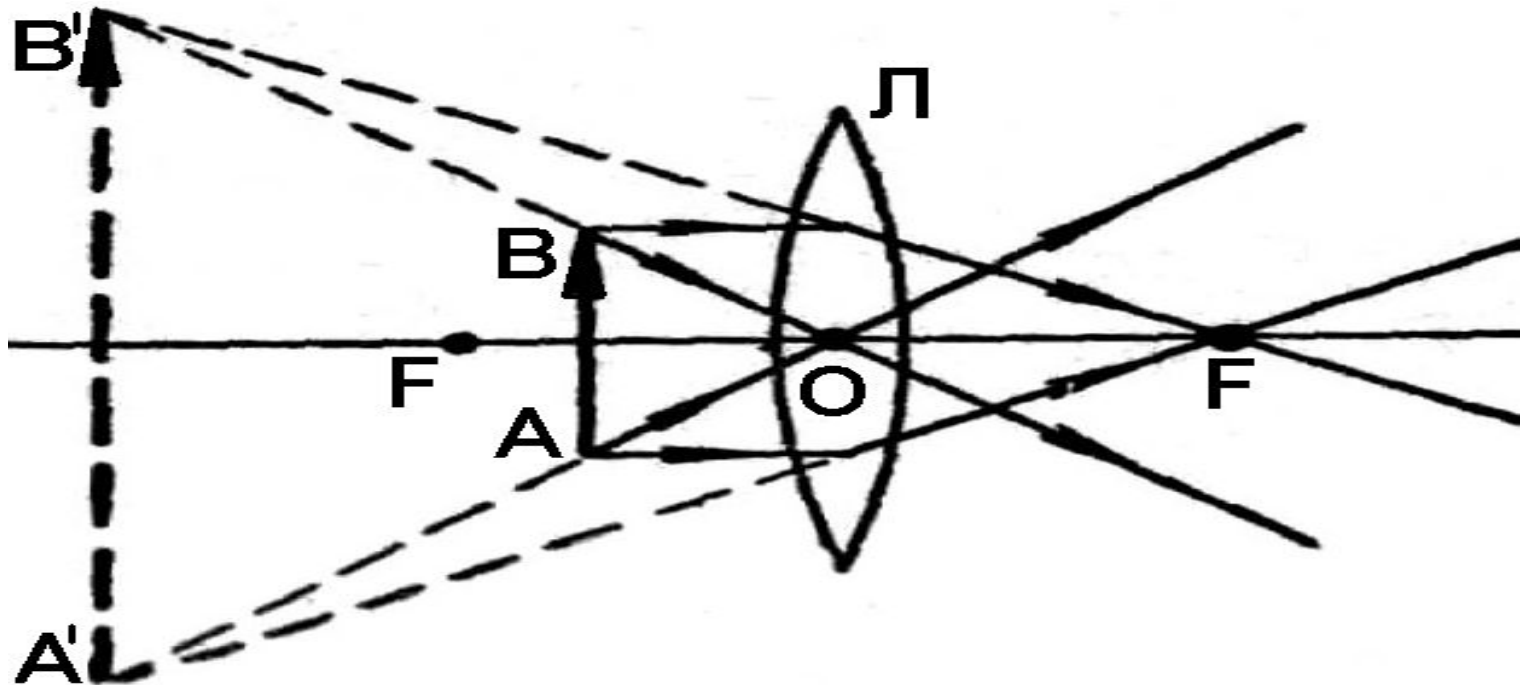
Дысторсія - лінейнае павелічэнне рознае для розных часцей відарыса – парушаецца падабенства прадмета і відарыса.

Але гэтыя недахопы вельмі слаба праяўляюцца дзякуючы шэрагу асаблівасцей здоровага вока (магчымасць змяняць дыяметр зрэнкі, здольнасць вока прыводзіць відарыс на вош вока, якая праходзіць праз ямку, праяўленне вялікай адчувальнасці вока толькі ў вызначай вобласці спектра і інш.).



Лупа

Лупа – прибор для навірання, аптычная сістэма якога складаецца з адной ці некалькіх збіральных лінз, якая стварае павялічаны, прамы і ўяўны відарыс (**A'B'**).

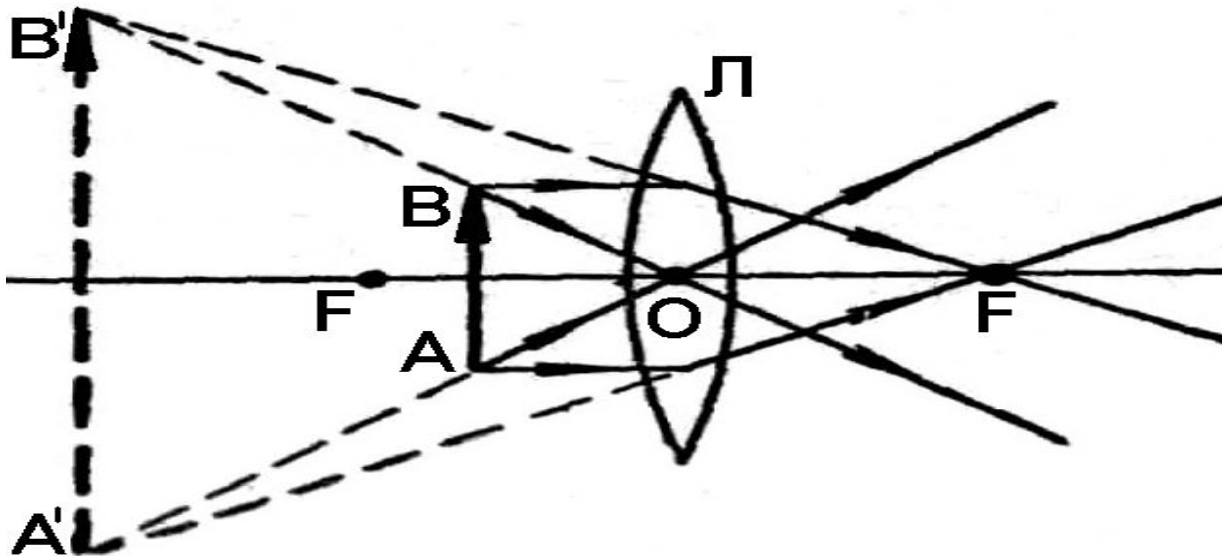


Аб'ект размяшчаецца паблізу фокуса ($d \sim F$), а
відарыс атрымліваецца на адлегласці
найлепшага зроку ($f \sim L$).

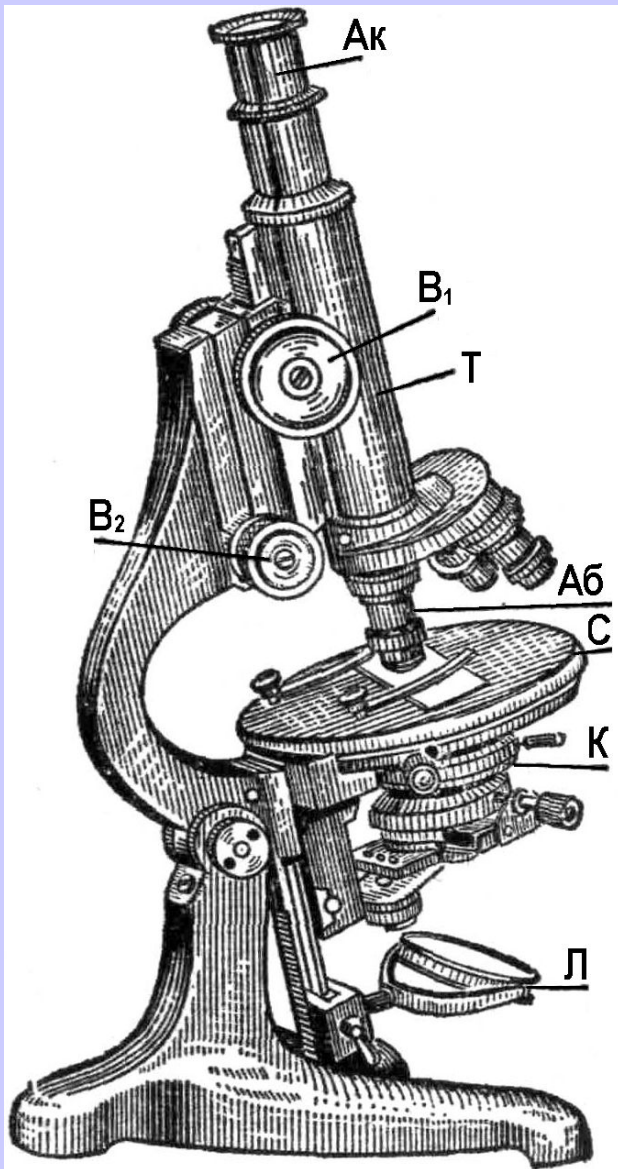
Такім чынам лінейнае павелічэнне $k \approx L/F$.

$k > 1$, а гэта азначае, што $F > 25\text{см}$ быць не
можа.

Лупы маюць павелічэнне ад 2 да 40^x .



Мікраскоп

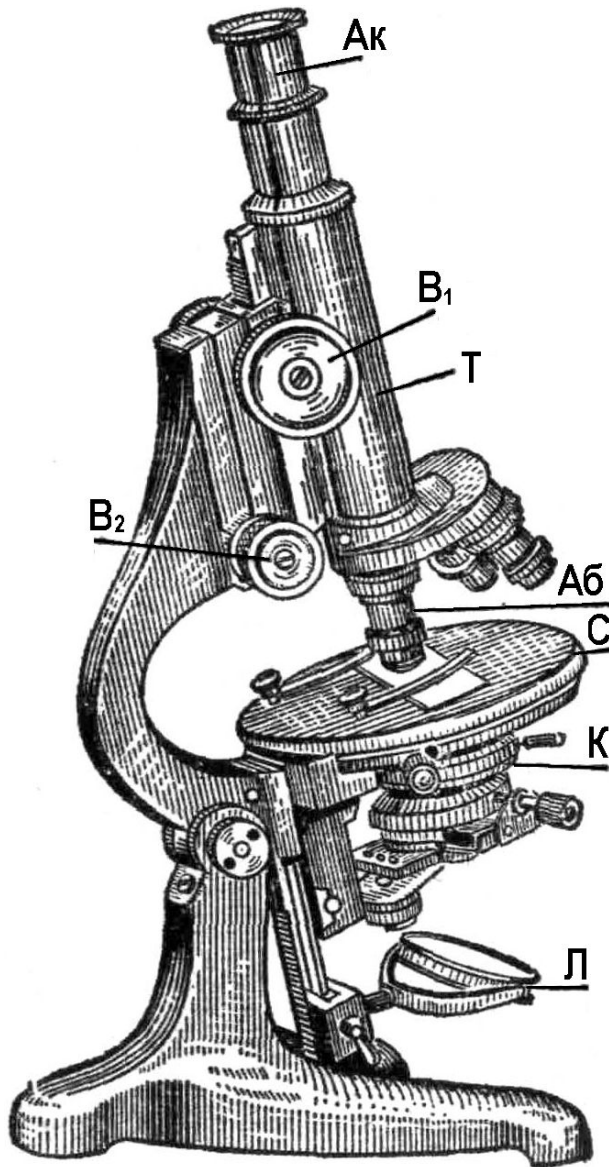


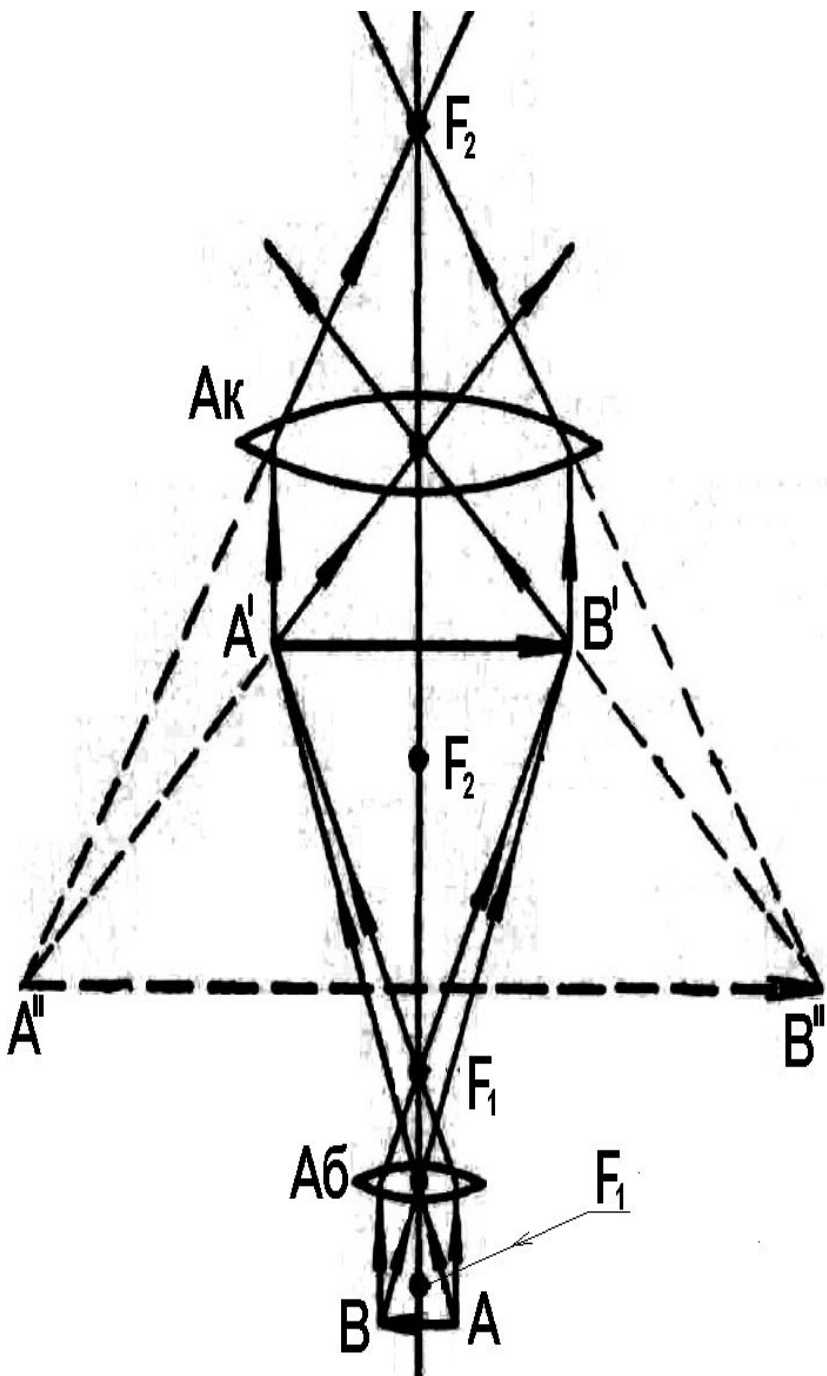
Мікраскоп служыць для атрымання павелічаных малых прадметаў.

Ён уяўляе сабой аптычную сістэму, якая складаецца з аб'ектыва (Аб) і акулярна (Ак), якія змяшчаюцца ў металічную трубку – тубус (Т).

Предмет розм'яшчаюць на століку (С) і
асвятляюць знізу люстэркам (Л) і
сістэмай лінз (К).

Для атрымання рэзкага
відарыса тубус рухаюць
з дапамогай шрубаў
(В₁ і В₂).

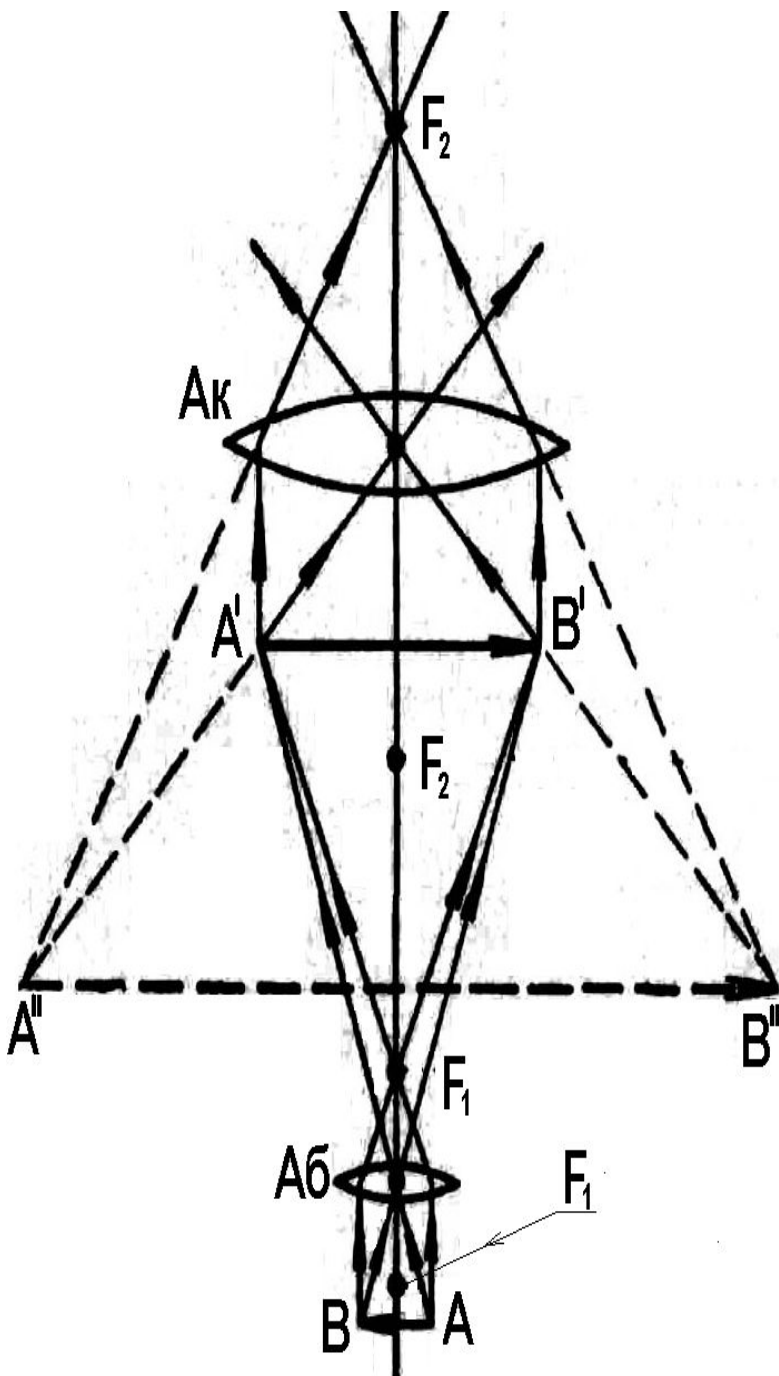




Прадмет **AB** змяшчаюць
паблізу перадняга
фокуса аб'ектыва **F_1** .

Пры гэтым
атрымліваецца
сапраўдны, павелічаны
і адваротны відарыс
 $A'B'$.

Гэты відарыс **$A'B'$**
разглядаецца ў акуляр,
як у лупу.



У выніку атрымліваецца
 ўяўны, павелічаны,
 адваротны відарыс $A''B''$,
 які знаходзіцца на
 адлегласці найлепшага
 зроку $L \approx 25$ см.
 Адлегласць $l = F_1 F_2$ паміж
 “унутранымі” фокусамі
 аб’ектыва і акулярна
 называецца аптычнай
 даўжынёй тубуса
 мікраскопа (~ 16 см).

Агульнае павелічэнне мікраскопа

$$k = k_1 \cdot k_2$$

k_1 – павелічэнне аб’ектыва, k_2 – павелічэнне акуляра.

$k_1 \sim$ ад 1 да 40^x , $k_2 \sim$ ад 4 да 25^x .

$$k = \frac{L \cdot l}{F_1 \cdot F_2}$$

L – адлегласць найлепшага зроку, **l** – даўжыня тубуса, **F₁** – фокусная адлегласць аб’ектыва, **F₂** – фокусная адлегласць акулярна.

Аптычныя мікраскопы даюць павелічэнне не большае чым **1000** разоў. Абмежаванне звязана са з’явай дыфракцыі.



Падзорныя трубы

Падзорныя (глядзельныя) **трубы** – агульная назва аптычных прыбораў, якія выкарыстоўваюцца для візуальнага назірання аддаленых аб'ектаў.

Да іх адносяцца тэлескопы, геадэзічныя трубы, перыскопы, стэрыятрубы, прыцэлы, дальнамеры і шмат іншых.

Першыя астранамічныя трубы былі пабудаваны ў 1609г. італ. фіз. **Г.Галілеем** і ням. фіз. **І.Кеплерам**.

Астранамічная труба, якая дае павелічэнне вугла зроку з дапамогай лінз, называецца **рэфрактарам** (ад лацінскага “рэфрактус” – праламленне).

Астранамічная труба, якая дае павелічэнне вугла зроку з дапамогай сферычных люстэркаў называецца **рэфлектарам** (“рэфлектус” – адбіццё).

Аптычная сістэма падзорнай трубы з’яўляецца **тэлескапічнай** – маецца як мінімум аб’ектыў і акуляр, у якіх сумешчаны задні фокус аб’ектыва і пярэдні фокус акуляра.

Аб'ектыў падзорнай трубы з'яўляецца дадатным кампанентам, а акуляр можа быць і адмоўным.

Бачнае павелічэнне тэлескапічных сістэм (тэлескопаў) складае (**10 – 30^x**).

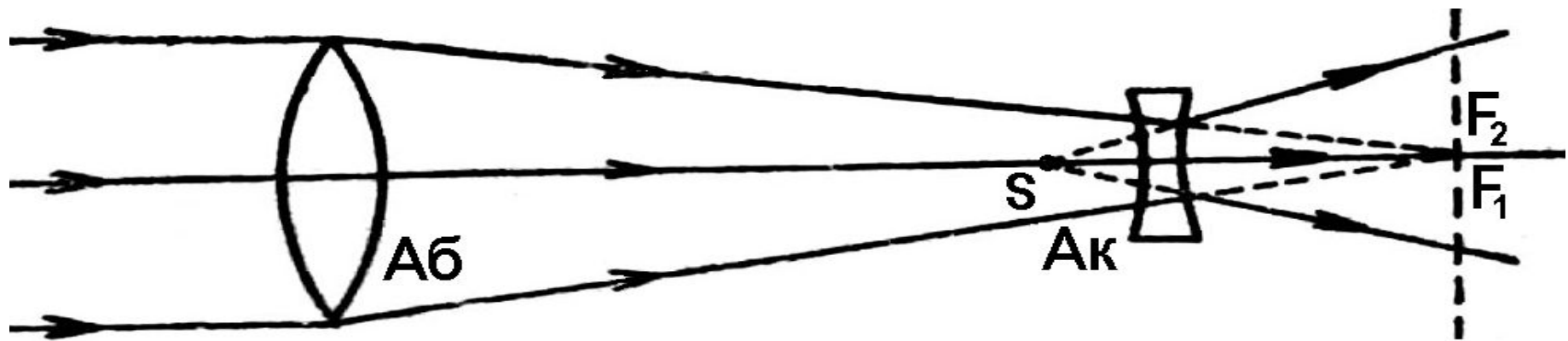
$$k = \frac{F_1}{F_2}$$

F₁ – фокусная адлегласць аб'ектыва, **F₂** – фокусная адлегласць акулара.

Труба Галілея

Аптычная сістэма падзорнай трубы Галілея складаецца з дліннафокуснага дадатнага аб'ектыва (Аб) і кароткафокуснага адмоўнага акулярна (Ак) і фарміруе прамы відарыс аб'екта (S).

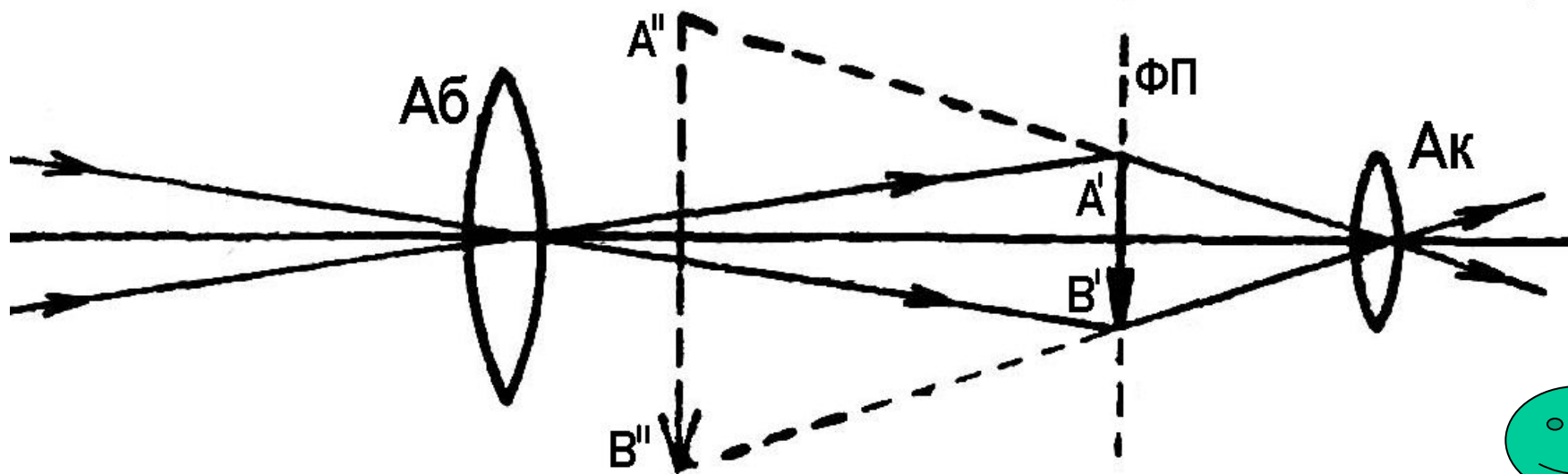
Бачнае павелічэнне $\sim (6 - 8^x)$ — малое, што з'яўляецца недахопам.



Труба Кеплера

Аптичная сістэма падзорнай трубы Кеплера складаецца з дліннафокуснага дадатнага аб'ектыва (Аб) і кароткафокуснага дадатнага акулярна (Ак) і фарміруе адваротны відарыс (А''В'').

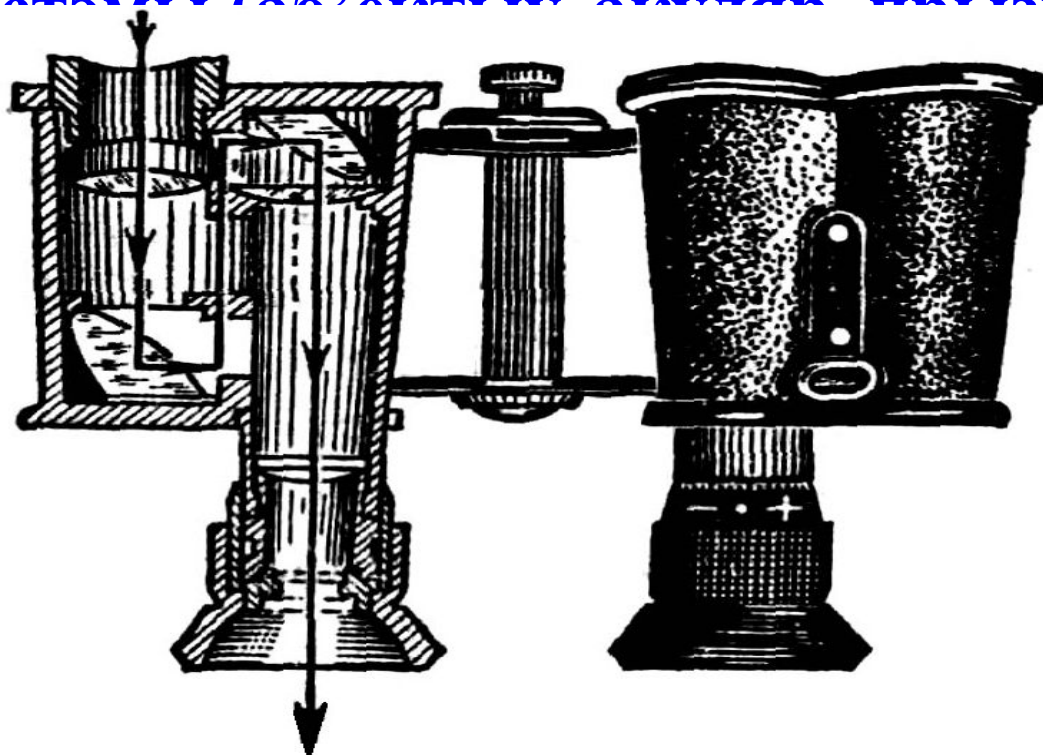
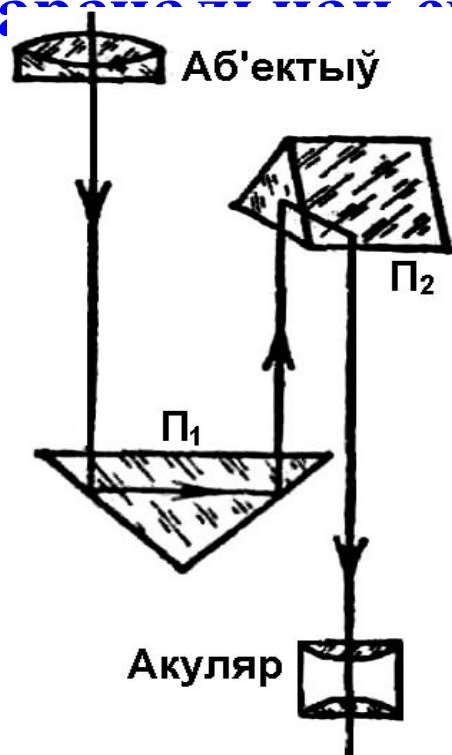
Недахопы: значная даўжыня трубы і адваротны відарыс.



Бінокль

Бінокль – малагабаритны партатыўны бінакулярны (для назірання двума вачамі) прыбор, які выкарыстоўваецца для назірання аддаленых аб'ектаў.

Ён складаецца з двух труб Галілея ці Кеплера і аб'ектыўнай сістэмы (аб'ектыў, акулярнае прыкладна).



Біноклі з падзорнымі трубамі Галілея даюць прамы відарыс, валодаюць вялікай святласілай, іх павелічэнне ад **2,5** да **4^x**. Яны атрымалі назву **тэатральных**.

Большае павелічэнне дае **прызматычны** бінокль, які складаецца з двух труб Кеплера і абарачальнай сістэмы, якая складаецца з двух прызм поўнага адбіцця, і стварае прамы відарыс.

Павелічэнне – ад **2** да **22^x**.

Біноклі **малога** павелічэння – (**2 – 4^x**), **сярэдняга** – (**5 – 8^x**), **вялікага** – (**10 – 22^x**).

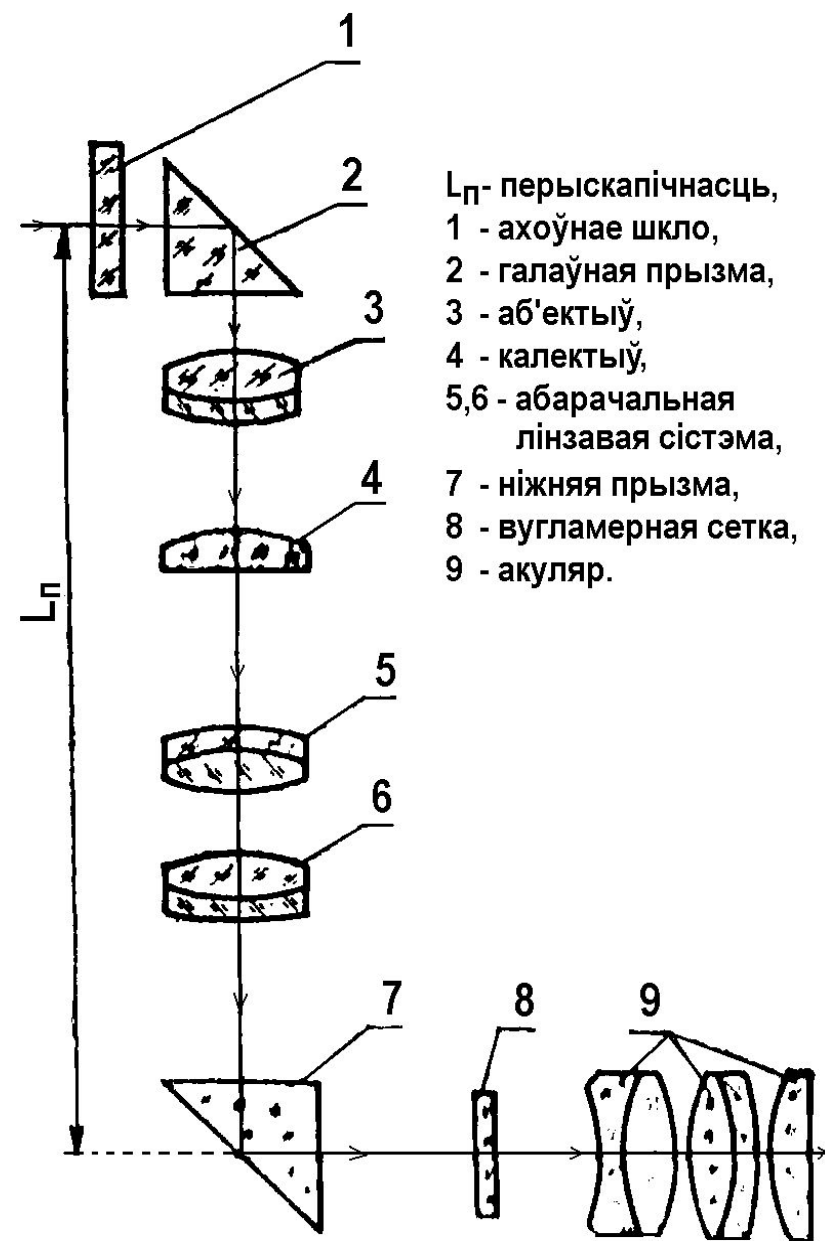
Выкарыстоўваюцца, як правіла, у ваеннай справе.



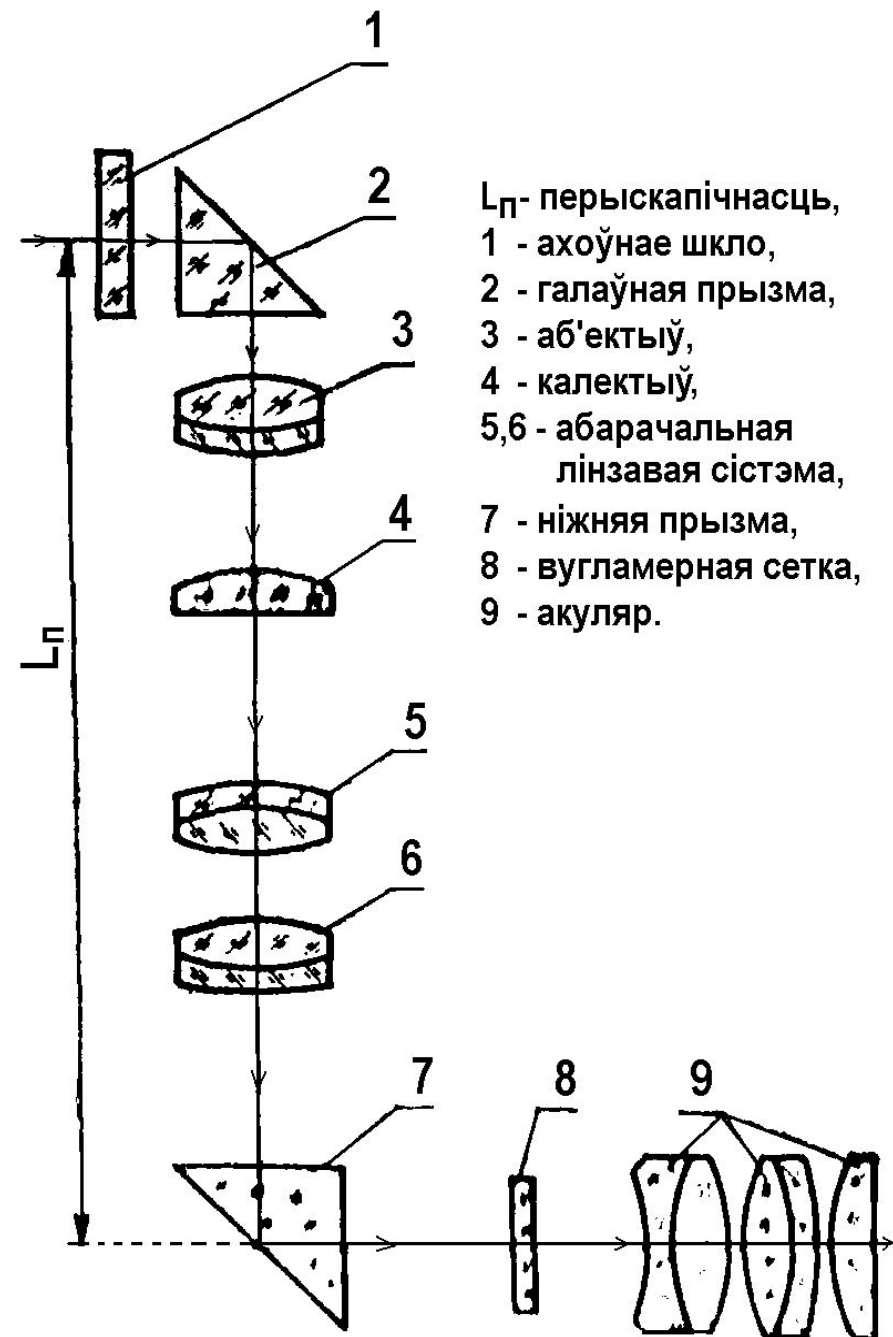
Перыскоп

Перыскоп — аптычны прыбор, выкарыстоўваецца для назірання з падземнага ўкрыцця, падводных лодак, танкаў і г.д.

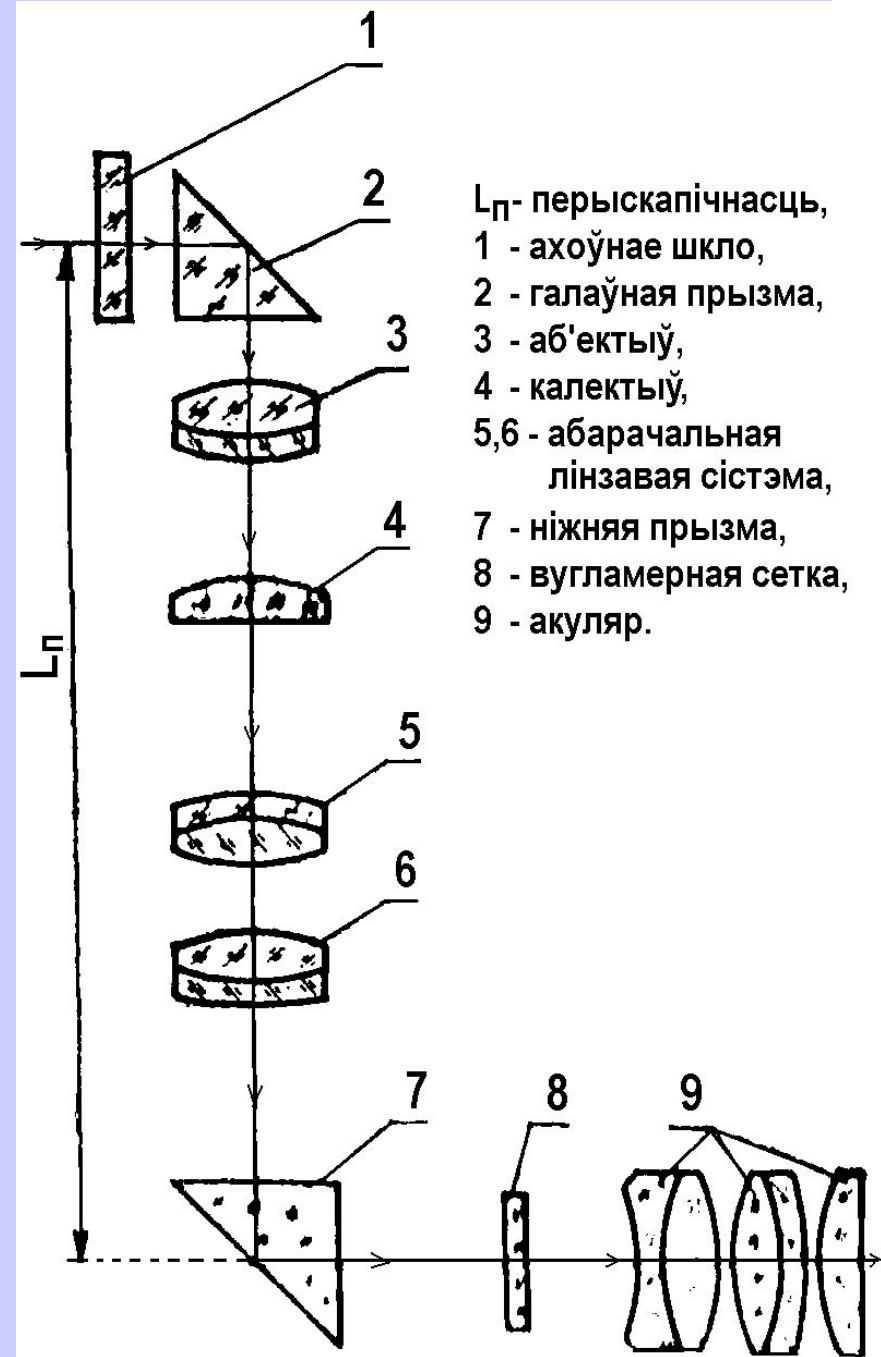
Ёсць **перыскопы**, якія выкарыстоўваюцца для вымярэння вертыкальных і гарызантальных вуглоў на мясцовасці, вызначэння адлегласці да



Специфічна
 характеристика
 перископа з'являється
 перискапічнась L_{Π} .
 L_{Π} – гэта адлегласць
 паміж воссю ўваходнай
 адтуліны і воссю
 акуляр.



Аптычная сістэма
перыскопа
складаецца з ахоўнага
шкла **1**, галаўной
прамавугольнай
прызмы **2**, аб'ектыва
3, калектыва **4**,
абарачальнай
лінзавай сістэмы **5 і 6**,
ніжняй
прамавугольнай
прызмы **7**,
вугламернай сеткі **8**, і
акуляра **9**.



У палявых умовах выкарыстоўваюцца перыскопы з перыскапічнасцю ад 400 да 700 мм, павелічэннем ад 1,5 да 4^x і полем зроку ад 10 да 30° .

У перыскопаў падводных лодак $L_{\text{п}}$ складае 10м і больш пры павелічэнні $1,5^x$ і 6^x (зменныя).



Праекцыйныя прыборы

Гэта прыборы, якія прадназначаны для атрымання відарысаў на экране.

Праекцыйныя сістэмы бываюць дыяскапічныя і эпіскапічныя.

Дыяскапічная праекцыйная сістэма выкарыстоўваецца для фарміравання на экране відарысаў празрыстых аб'ектаў пры іх прасвечванні.

Эпіскапічныя сістэмы фарміруюць на экране відарысы непразрыстых аб'ектаў пры адбіцці святла ад іх паверхні.

Характарыстыкі праекцыйных апаратаў:

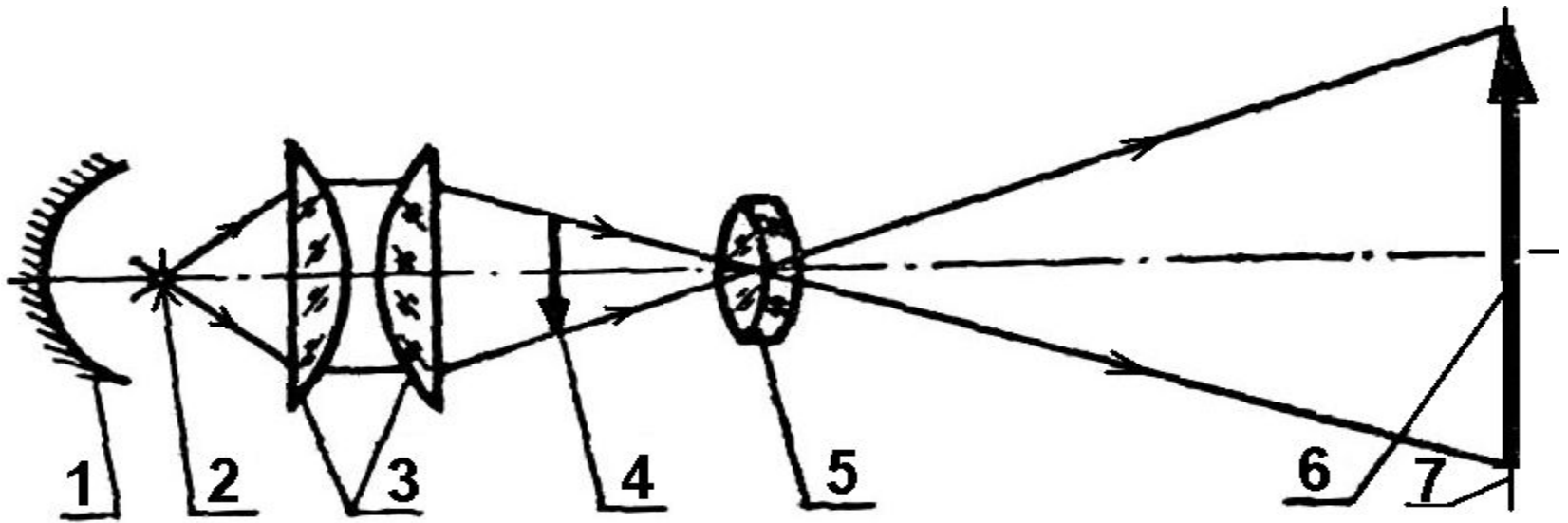
праекцыйная адлегласць – адлегласць ад аб'ектыва да экрана;

асветленасць відарыса – ад 60 да 400лк;

каэфіцыента прапускання сістэмы – трата светлавой энергіі пры праходжанні святла ад крыніцы да экрана (да 70%).

Дыяскоп (дыяпраектар)

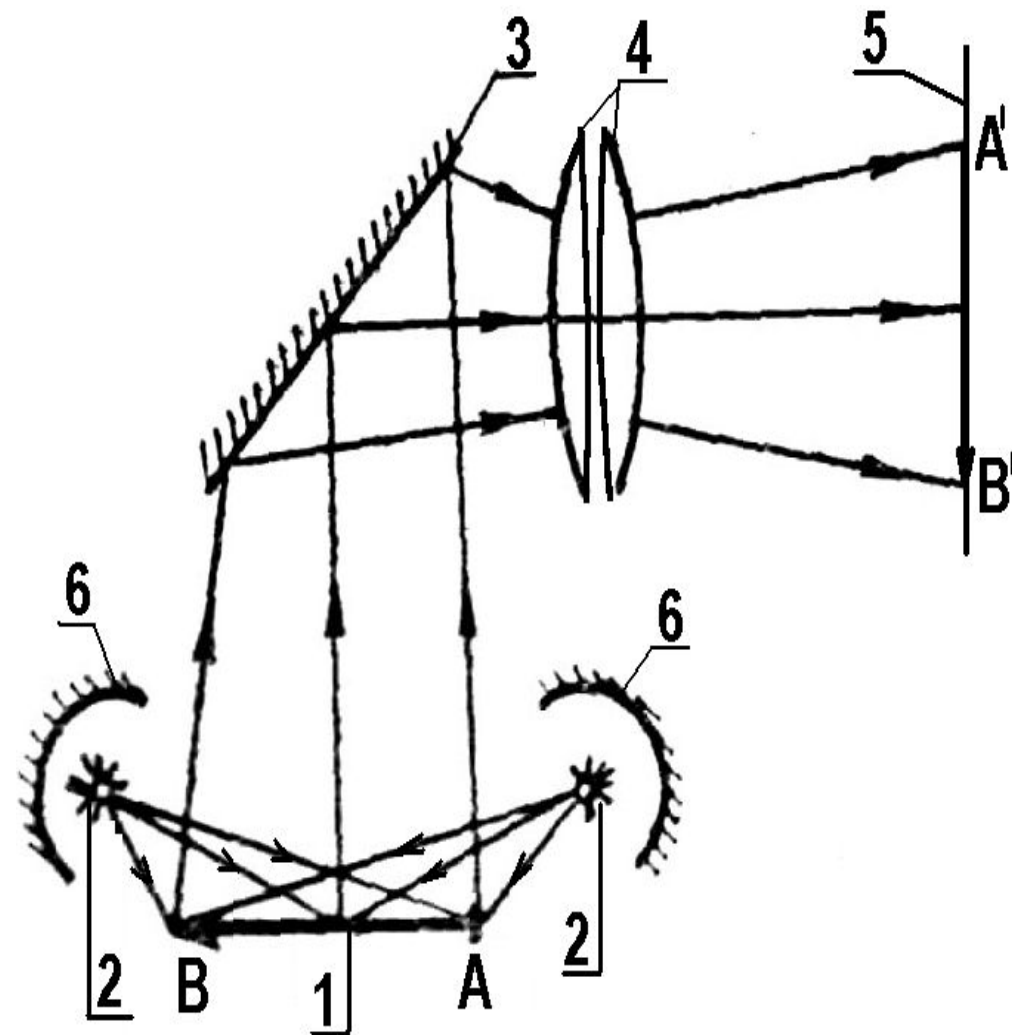
Аптычная сістэма дыяпраектара: аб'ектыў 5, кандэнсар 3, крыніца святла 2, адбівальнік 1. Аб'ектыў фарміруе на экране 7 сапраўдны, павелічаны і адваротны відарыс 6 прадмета 4.



Павелічэнне дыяскапа $k = a/F$, дзе a – праекцыйная адлегласць, F – фокусная адлегласць аб'ектыва.

Эпіскоп (эпіпраектар)

Аптычная сістэма эпіпраектара: крыніцы святла **2**, плоская люстэрка **3**, аб'ектыў **4**, экран **5**, адбівальнікі **6**.



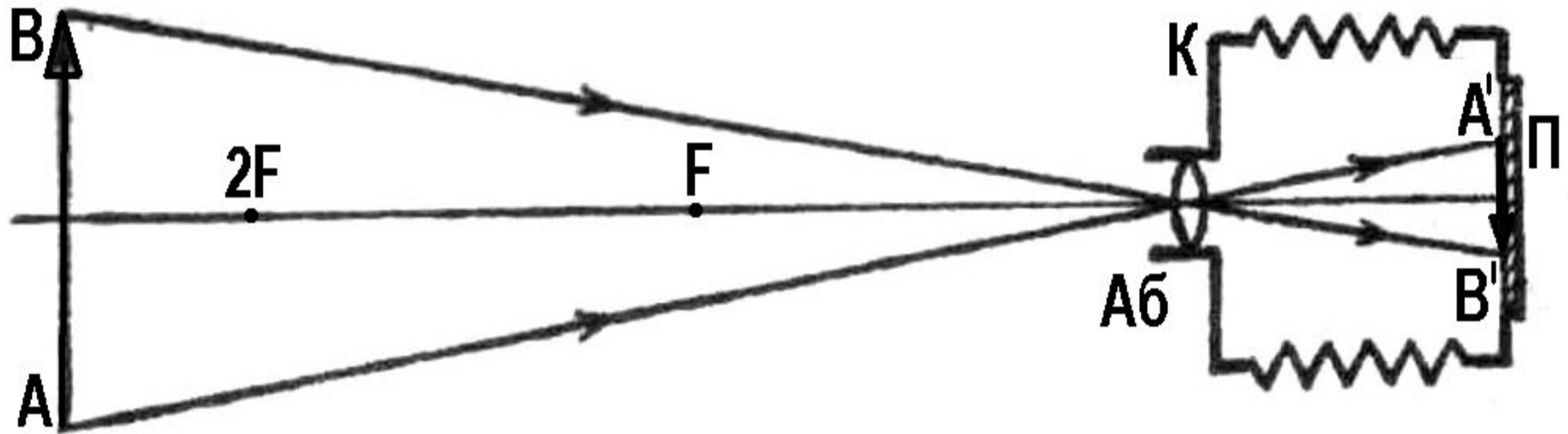
На экране атрымліваецца
вядарыс **A'B'** непразрыстага
прадмета **AB** (1).

Праекцыйная сістэма,
якая складаецца з
эпіскапічнай і
дыяскапічнай сістэм,
назваецца
эпідыяскапічнай;
прыборы –
эпідыяскопамі



Аптычны фотаапарат

Фатаграфічны апарат – прыбор для атрымання **аптычных** відарысаў аб'ектаў на святладчувальным слоі фотаматэрыяла – плёнцы, пласцінцы і г.д.



Асноўнымі часткамі фотаапарата з'яўляюцца: корпус (камера) (**К**), аб'ектыў (**АБ**), затвор, відашукальнік, касета з плёнкай (**П**) і механізм для перамоткі фотаплёнкі.

Атрымліваецца сапраўдны, паменшаны і адваротны відарыс **A'B'** прадмета **AB**.

