

Gaisma

Apgaismojums

Gaismas viļņi

Lieluma nosaukums	Lieluma apzīmējums	Mērvienības nosaukums	Mērvienības apzīmējums
Gaismas stiprums	I	kandela	cd
Gaismas plūsma	Φ	lūmens	lm
Apgaismojums	E	lukss	lx
Telpas leņķis	Ω	steradiāns	sr
Gaismas avota spožums	B	kandela uz kvadrātmetru	cd/m ²
Gaismas krišanas leņķis	α	grādi	
Gaismas atstarošanās leņķis	β	grādi	

Gaismas laušanas leņķis	γ	grādi	
Gaismas laušanas koeficients	n	mērvienības nav	
Fokusa attālums	F	metrs	m
Optiskais stiprums	D	dioptrijs	1/m
Attālums no priekšmeta līdz lēcai (vai spogulim)	d	metrs	m
Attālums no attēla līdz lēcai (vai spogulim)	f	metrs	m
Lineārais palielinājums	Γ	mērvienības nav	
Priekšmeta izmērs	H	metrs	m
Attēla izmērs	h	metrs	m

Katrs gaismas avots uz visām pusēm izstaro gaismu, kuru sauc par gaismas **plūsmu** Φ , kuras mērvienība ir *lumeni lm*. Gaismas plūsma ir atkarīga no avota **gaismas stipruma** I , kuru mēra *kandelās cd*. Gaismas stiprums ir punktveida gaismas avota izstarotās gaismas plūsma telpas **leņķa vienībā** Ω , kuru mēra *steradiānos sr*. Pilnā telpiskā leņķī, kas patver visu telpu, ietilpst 4π steradiāni.

$$I = \frac{\Phi}{\Omega},$$
$$\Phi = 4\pi \cdot I$$

Dzīvē ne visus avotus var uzskatīt par punktveida gaismas avotiem. Ja gaismas avotu mēs redzam kā spīdošu virsmu, tad ir svarīgi cik spoža ir katra virsmas laukuma S vienība. Virsmas laukuma spožumu raksturo gaismas avota **spožums** B , kuru mēra kandelās uz kvadrātmetru. Piemēram, Mēness ir spīdoša virsma.

$$B = \frac{I}{S}$$

Apgaismojums E ir gaismas plūsma Φ , kas krīt uz virsmas laukuma S vienību. Apgaismojumu mēra *luksos lx*

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

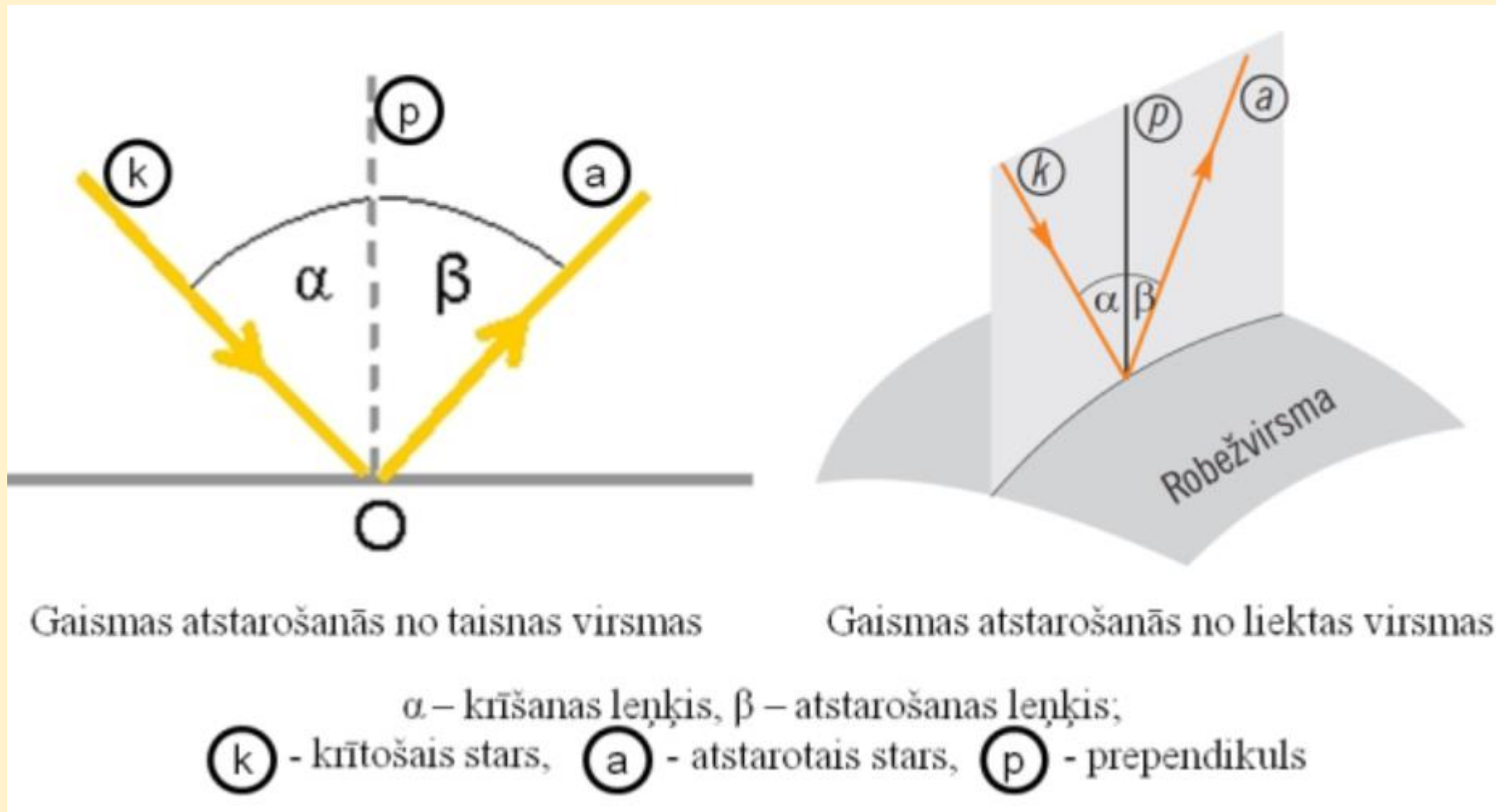
Ķermeņu apgaismojums E ir tieši proporcionāls gaismas avotu stiprumam I un apgriezti proporcionāls *gaismas avota atrašanās attālumam* R kvadrātam līdz apgaismojuma virsmai.

$$E = \frac{I}{R^2}$$

Ja apgaismojamā virsma neatrodas tieši zem gaismas avota, tad apgaismojuma lielumu ietekmē arī **krišanas leņķis** α , kādā gaisma krīt no gaismas avota līdz apgaismojamai virsmai.

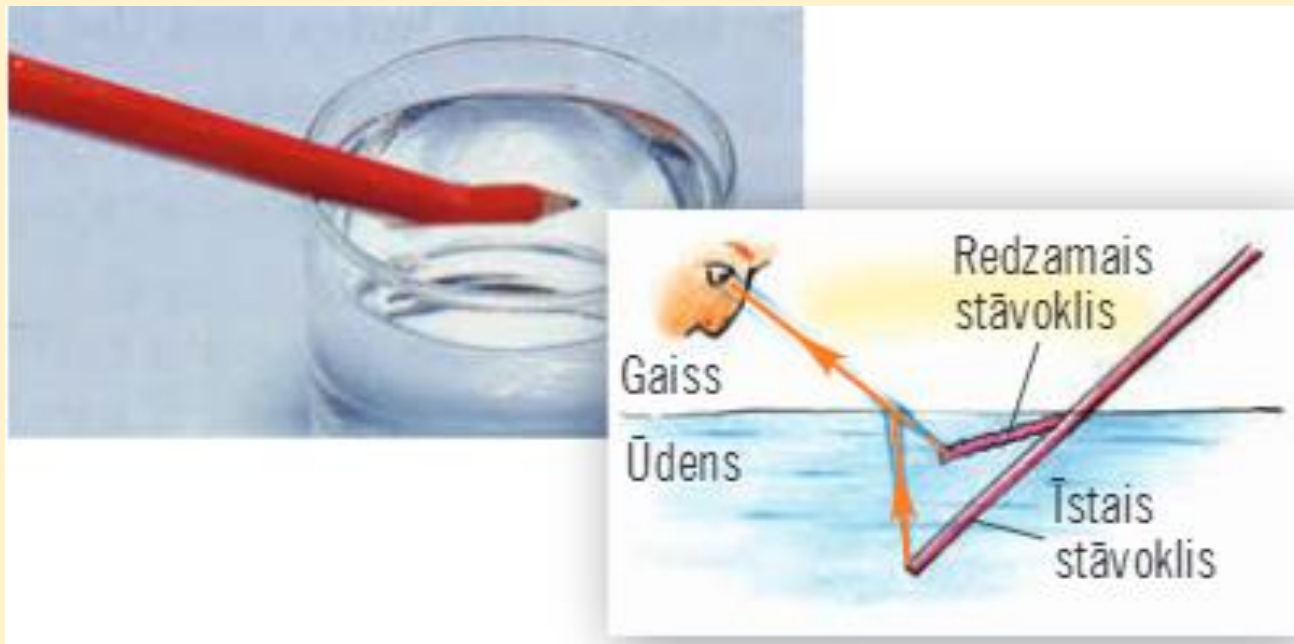
$$E = \frac{I}{R^2} \cdot \cos \alpha$$

Gaismas krišanas leņķis vienmēr ir vienāds ar gaismas atstarošanās leņķi.



Krišanas un atstarošanās leņķi mēra starp gaismas staru un perpendikulu attiecībā pret virsmu. Gaismas krītošais stars, atstarotais stars un perpendikuls atrodas vienā plaknē. Leņķis starp krītošo un atstaroto staru ir 2 reizes lielāks nekā krišanas leņķis.

Gaismas laušanu mēs varam novērot, kad skatāmies uz ķermeni vienlaicīgi caur divām vidēm, kurām ir atšķirīgs optiskais blīvums - piemēram, gaisu un ūdeni. Izskatās, ka ķermenis "salūzt" uz vielu robežvirsmas kā to var redzēt attēlā.



Gaismas laušanu novēro tādēļ, ka gaisma dažādās vielās izplatās ar atšķirīgu ātrumu. Tieši gaismas laušanas **koeficients n** parāda, cik reizes gaisma izplatās lēnāk kādā noteiktā vielā nekā vakuumā. Jo **optiski blīvāka vide**, jo lielāks ir gaismas laušanas koeficients un mazāks gaismas izplatīšanās ātrums. Samazinoties gaismas izplatīšanās ātrumam, samazinās gaismas viļņa garums, bet frekvence paliek nemainīga.

Gaismas laušanas koeficients **n** ir gaismas ātrumu attiecība **vakuumā c** un kādā **vielā v** .

$$n = \frac{c}{v}$$

Gaismas laušanas koeficienti **sarkanai** gaismai.

Dažādas krāsas gaismai laušanas koeficienti nedaudz **atšķiras**. Tādēļ **balto** gaismu ir iespējams sadalīt spektrā un iegūt **varavīksni**, kad baltā gaisma iziet cauri ūdens pilieniem vai trijstūra stikla prizmai.

Viela	Gaismas laušanas koeficients, n
Ūdens	1,33
Ledus	1,31
Stikls	1,46 - 1,74
Glicerīns	1,47
Dimants	2,40

Piemērs:

Ūdens gaismas laušanas koeficients ir 1,33. Tātad gaisma ūdenī izplatās 1,33 reizes lēnāk nekā vakuumā.

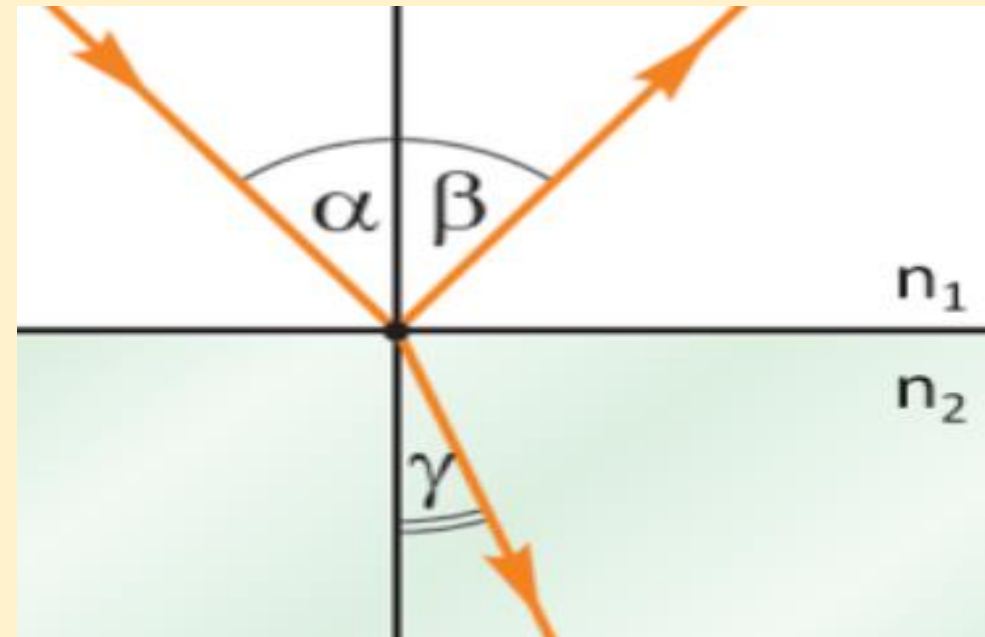
$$v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,33} = 2,26 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

Gaismas laušanas dēļ gaismas stars maina savu sākotnējo virzienu. Gaismas laušanas koeficients katrai videi nosaka, cik ļoti gaisma novirzīsies no sava sākotnējā virziena. Jo lielāka ir gaismas laušanas koeficientu attiecība, jo vairāk gaisma novirzās no sākotnējā virziena.

Gaismas krišanas leņķa sinusa attiecība pret lauztā leņķa sinusu ir vienāda ar gaismas laušanas koeficientu attiecību abās vidēs.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}$$

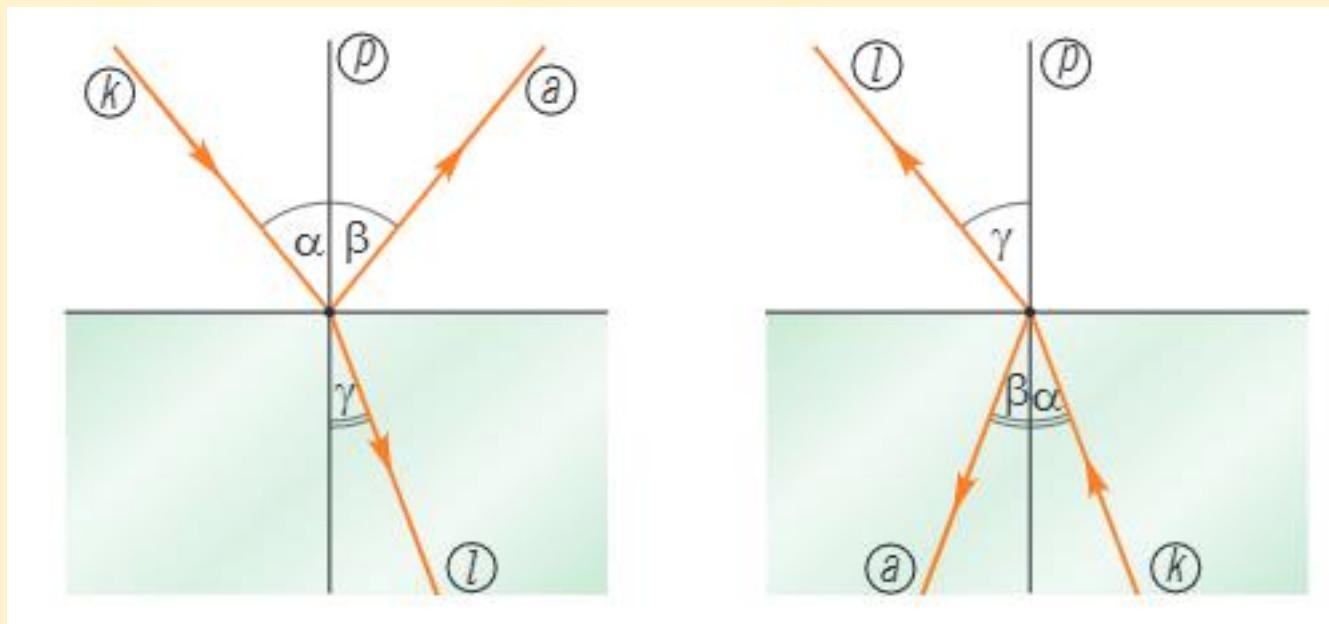
Ja divām vidēm gaismas laušanas koeficients ir vienāds, tad gaismas laušanu nenovēro. Glicerīnam un stiklam gaismas laušanas koeficienti var būt vienādi, tādēļ stikla pudeli glicerīnā var padarīt neredzamu.



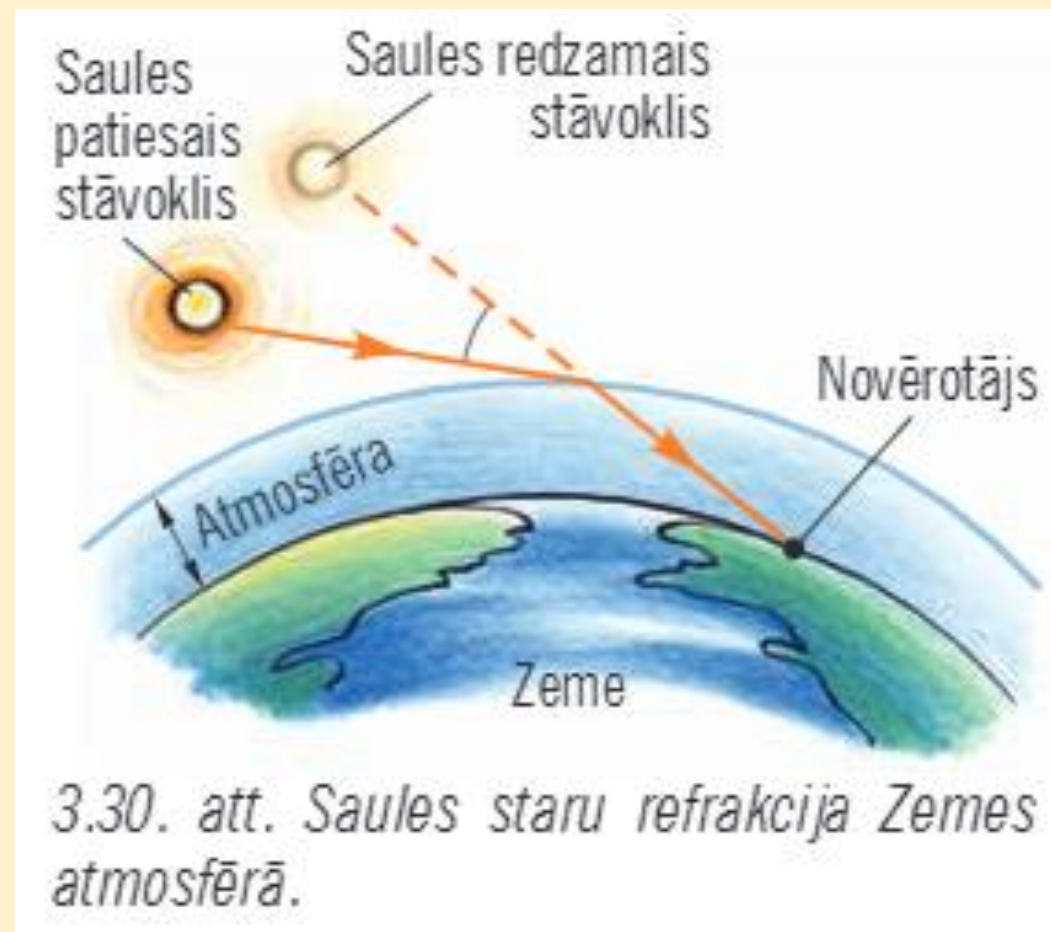
Atceries, ka salīdzinot krišanas un laušanas leņķi, **leņķis būs lielāks vidē ar mazāku gaismas laušanas koeficientu**.

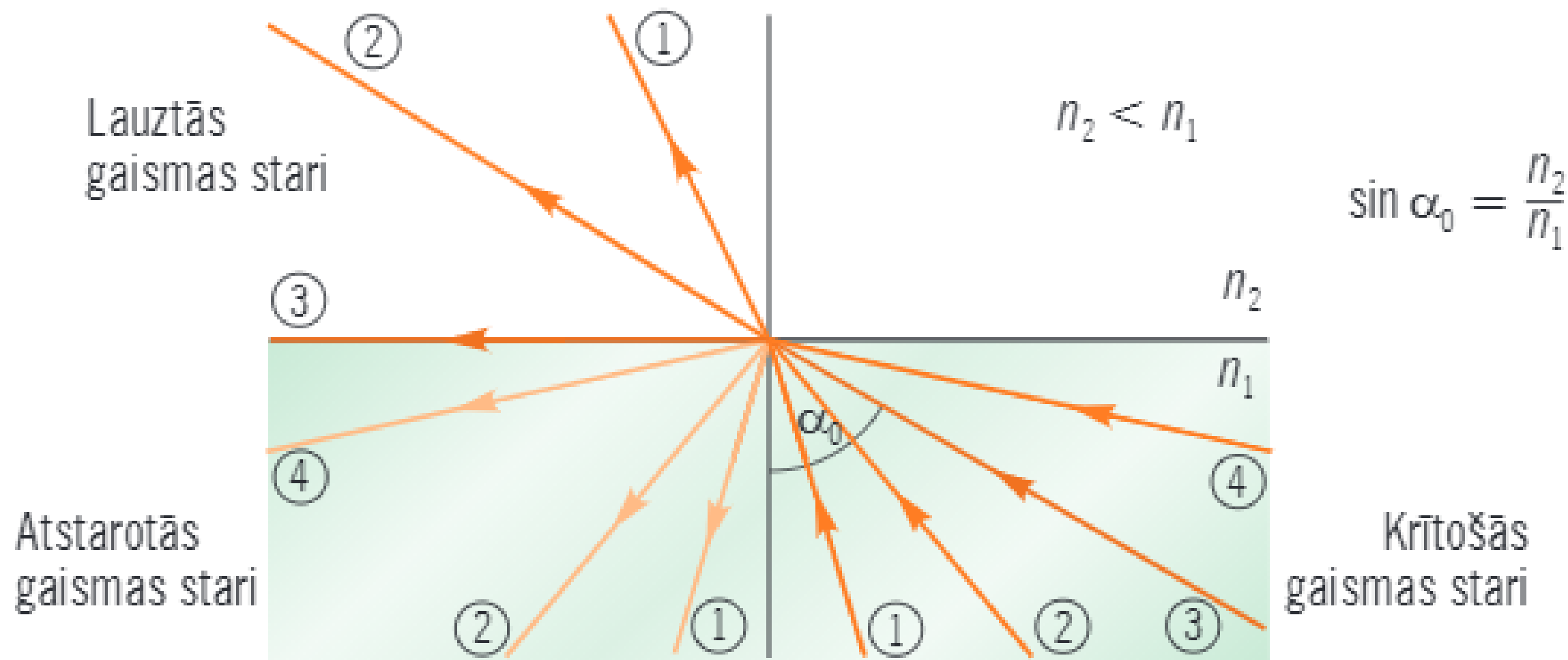
Gaismas **pilnīgā iekšējā atstarošanās** ir iespējama, ja gaisma virzās no optiski blīvākas vides uz optiski mazāk blīvu vidi. Šo parādību izmanto "**gaismas vados**" optisko signālu pārvadīšanai. Lai nodrošinātu signālu pārvadīšanu pa **optisko šķiedru**, tad ir jānodrošina, lai optiskās šķiedras gaismas laušanas koeficients būtu lielāks nekā apvalka gaismas laušanas koeficients.

Gaismas pilnīgā iekšējā atstarošanās ir parādība, kad visa gaisma, krītot uz robežvirsmu starp divām caurspīdīgām vidēm, atstarojas vidē, no kuras krīt.



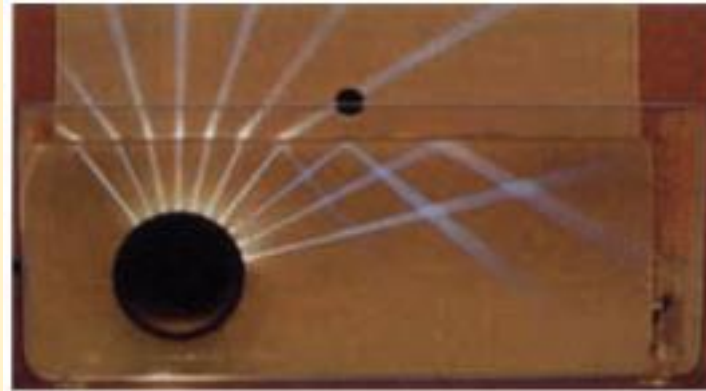
Šī paša iemesla dēļ mēs Sauli no Zemes redzam nedaudz augstāk nekā tā patiesībā atrodas. Šo parādību, kas saistīta ar gaismas staru laušanu, dēvē par **refrakciju**. Saules un arī citu zvaigžņu izstarotā gaisma Zemi sasniedz, izejot cauri biežam atmosfēras slānim, kura blīvums pieaug virzienā uz Zemi. Pakāpeniski palielinās arī gaismas laušanas koeficients un mainās gaismas staru izplatīšanās virziens. Saulei atrodoties zenītā (virs novērotāja galvas), laužtie stari sākotnējo virzienu nemaina — refrakcija ir vienāda ar nulli. Refrakcija pieaug spīdeklim slīdot uz horizonta pusi.





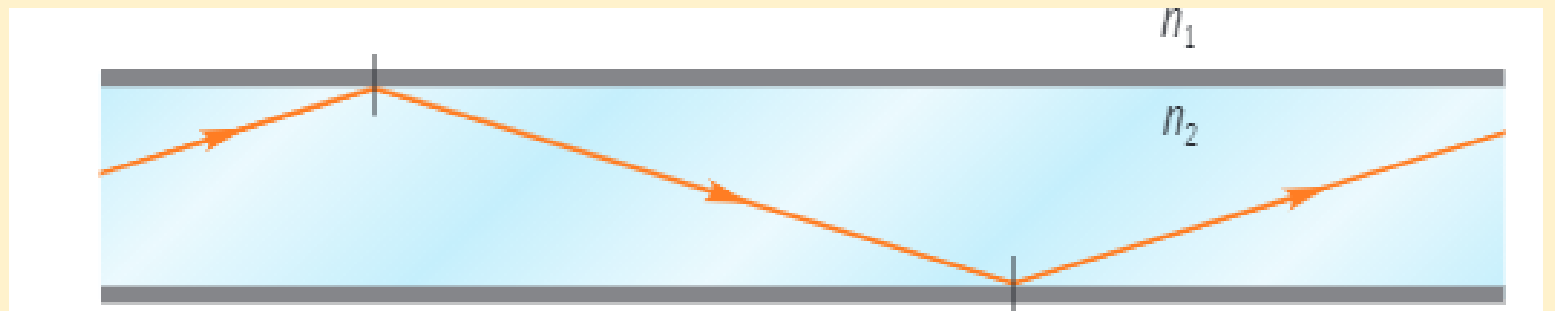
3.32. att. Pie noteiktas krišanas leņķa vērtības α_0 laužtais stars slīd pa robežvirsmu un otrajā vidē nenokļūst.

Pilnīgā iekšējā atstarošanās notiek tad, kad gaismas krišanas leņķis sasniedz robežvērtību, kuru sauc par pilnīgās iekšējās atstarošanās robežleņķi.
Pilnīgās iekšējās atstarošanās robežleņķis ir atkarīgs no gaismas laušanas koeficientu attiecības abām vidēm.



3.31. att. Gaismas pilnīgo iekšējo atstarošanu var novērot traukā ar ūdeni.

$$\sin \alpha_o = \frac{n_2}{n_1}, \text{ kur } n_1 > n_2$$

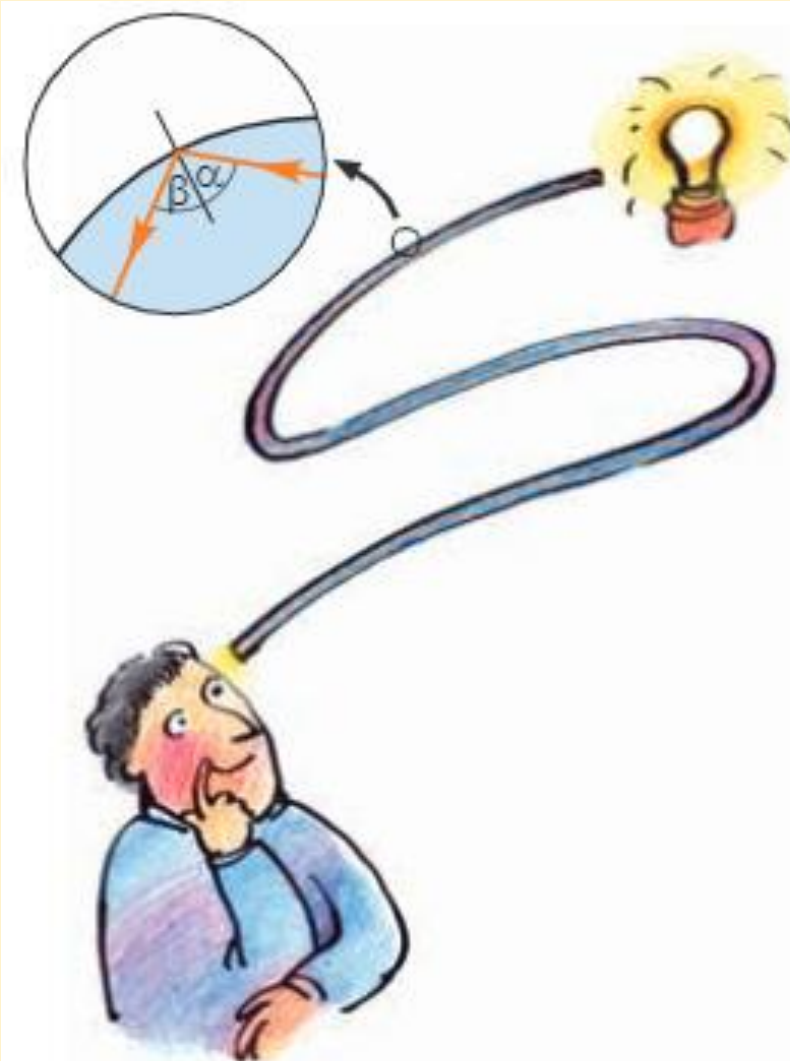
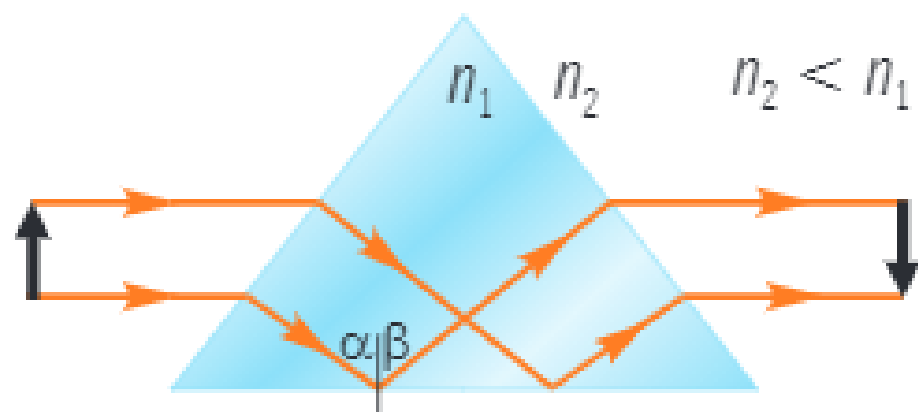


3.34. att. Gaismas pilnā iekšējā atstarošanās optiskajā šķiedrā.

Lokanajā caurulē ietilpst gaismas vadi, ar kuriem pārvada gaismu un raida attēlu, mazgājošais kanāls, kā arī kanāls instrumentu ievadīšanai cilvēka organismā



3.36. att. Medicīniskajā diagnostikā iekšējo orgānu apskatei plaši lieto endoskopus, kuros izmanto gaismas vadus.



3.35. att. Optiskā šķiedra un no tām veidots optiskais kabelis ir lokans, kas nodrošina optiskā signāla aizvadīšanu nepieciešamajā vietā.

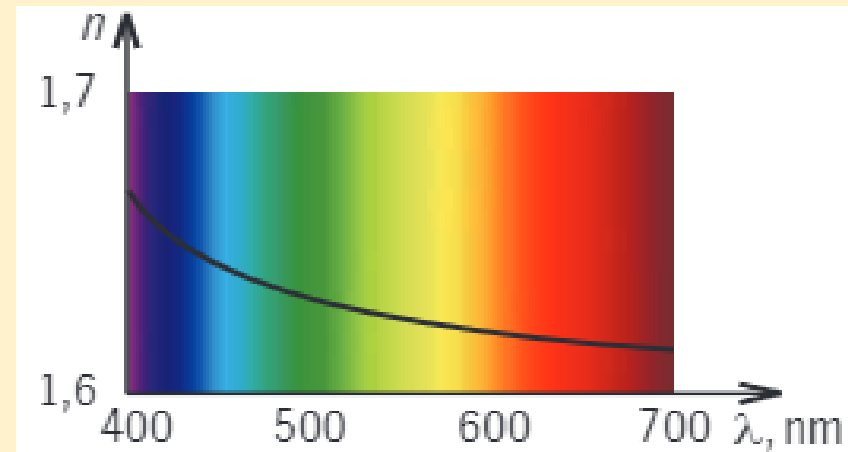
Gaismas krāsainībai, neatkarīgi no mūsu subjektīvās uztveres, ir objektīvs cēlonis. To nosaka gaismas elektromagnētisko viļņu svārstību frekvence ν . *Katras krāsas gaismai ir sava raksturīga svārstību frekvenču josla.*

Jau 17. gadsimtā Īzaks Ņūtons konstatēja, ka, virzot šauru Saules gaismas kūli uz stikla prizmas sānu skaldni, gaismai izejot no prizmas, tā uz ekrāna veidoja platu, krāsainu joslu. Joslas septiņas krāsas bija sakārtotas tāpat kā varavīksnes lokā, veidojot Saules jeb tā sauktās **baltās gaismas spektru**. Šīs septiņas varavīksnes loka pamatkrāsas ir — **sarkana**, oranža, dzeltena, **zaļa**, gaiši zila, **zila**, violeta.



3.37. att. Baltās gaismas sadalīšana spektrā, izmantojot stikla prizmu.

Gaismas laušanas koeficients **n** ir atkarīgs no gaismas viļņu svārstību frekvences jeb viļņa garuma. Šo parādību sauc par **gaismas dispersiju**. Gaismas dispersija ir gaismas laušanas koeficienta atkarība no gaismas viļņu svārstību frekvences jeb viļņa garuma.



3.38. att. Gaismas laušanas koeficienta stiklam atkarība no gaismas viļņa garuma.

Vairāki viļņi, kad tie sastopas, viens otra izplatīšanos netraucē. Trokšņainā telpā, kurā skan daudzas balsis, mums domāto uzrunu varam sadzirdēt. Tātad skaņas vilnis, šķērsojot vēl daudzus citus viļņus, nonāk pie adresāta. Tas liecina par to, ka vienā vietā vienlaikus var pastāvēt vairāku viļņu izraisītās svārstības. Un nav būtiski, par kādu viļņu svārstībām ir runa.

Tikko aprakstīto viļņu pārklāšanos sauc par **interferenci**. Telpā, kur pastāv viļņu pārklāšanās jeb interference, katrā punktā viļņu svārstības summējas. Tā izpaužas visiem viļņiem raksturīgais superpozīcijas princips: rezultējošās svārstības ir vairāku svārstību summa. Pārklāšanās rezultātā svārstības vienā vietā pastiprinās, bet citā vietā — pavājinās.

Gaismas viļņu pārklāšanās rezultātā viļņu svārstības savstarpēji pastiprinās un pavājinās.

Aplūkojot adatas vai žiletas ēnu spēcīgā gaismas staru kūlī, var ievērot, ka to ēnām nav asas kontūras, bet ap tām veidojas gaišu un tumšu josliņu raksts. Arī gaismas staru kūļa ceļā novietojot šķērsli, kurā ir izdurts mazs caurumiņš, uz ekrāna iegūto mazo gaišo punktiņu aptver gaiši gredzeni. Kas ir cēlonis šādām parādībām, un kā tās var izskaidrot?

Par gaismas **difrakciju** sauc parādības, kad gaismas viļņiem savā ceļā sastopot šķērsli, novēro atkāpšanos no gaismas taisnvirziena izplatīšanās.

Staru gaita, gaismai ejot caur šauru spraugu. Spraugas attēls ir nevis viena gaiša josla, bet gan tumšu un gaišu joslu kopums, kas radies gaismas difrakcijas dēļ.

Difrakcijas režģis gaismu sadala spektrā. Difrakcijas režģi veido daudzas paralēlas, vienāda platuma a un vienādos attālumos b novietotas spraugas.

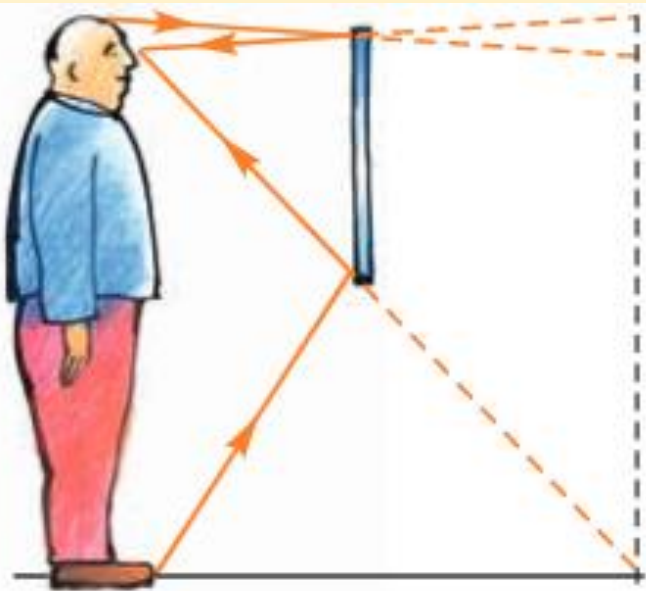
Difrakcijas režģis gaismu sadala spektrā.

Koherentu gaismas viļņu frekvences ir vienādas un viļņu svārstību fāzu starpība ir nemainīga.

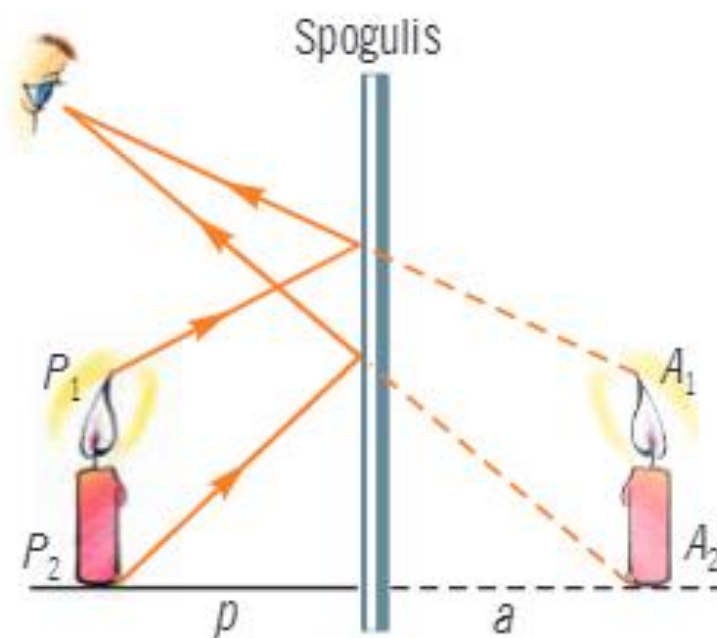
Par **spoguļi** var uzskatīt jebkuru gludu virsmu, kas atstaro pietiekami daudz gaismas, lai mēs saskatītu spoguļa veidoto attēlu. Izšķir 2 veidu spoguļus - plakanos un sfēriskos spoguļus.

Plakanā spoguļī vienmēr veidojas - vienliels, tiešs un šķietams attēls.

Priekšmeta attēls vienmēr atrodas tieši tādā pašā attālumā no spoguļa kā pats priekšmets. Tādēļ, lai redzētu priekšmeta attēlu visā augstumā, spoguļa augstums var būt divreiz mazāks nekā priekšmeta augstums.



4.34. att. Staru gaita plakanā spoguļī nodrošina to, ka sevi pilnā augumā varam aplūkot arī spoguļī, kura augstums ir vienāds ar pusi no mūsu garuma.

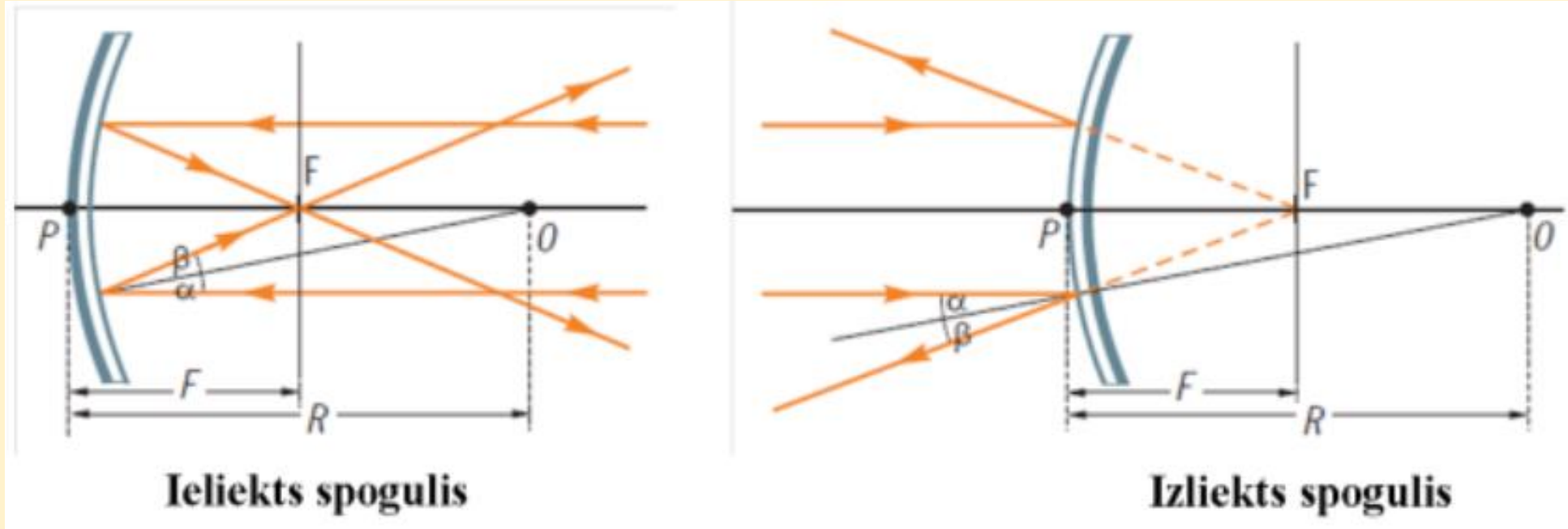


4.35. att. Priekšmeta attēls plakanā spoguļī. Spoguļattēlam vienmēr labā un kreisā puse ir mainījušās vietām. Attālumi p un a ir vienādi.

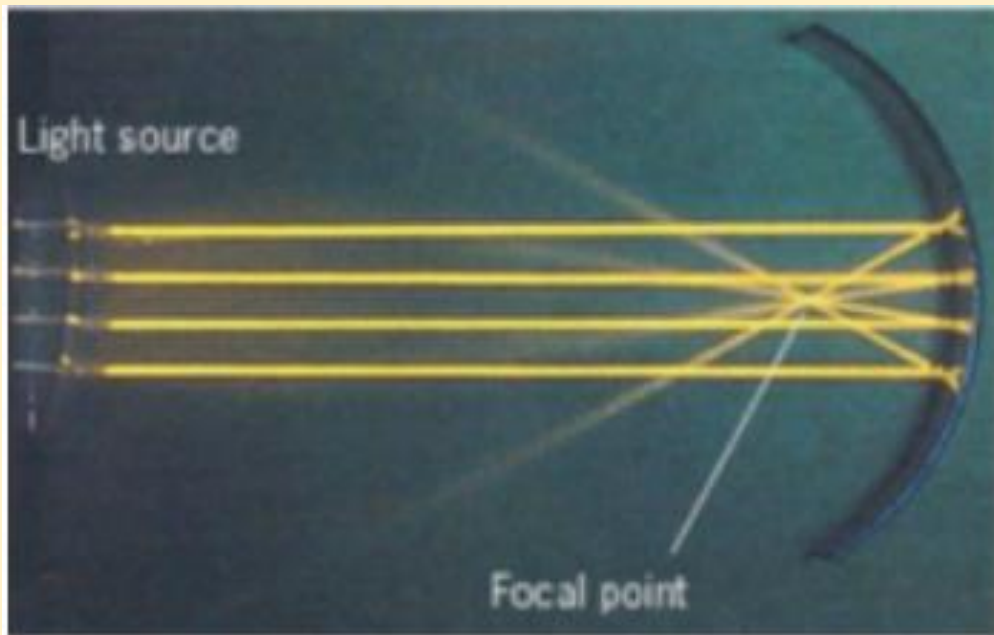


Ir divu veidu **sfēriskie** spoguļi - **ieliekti** un **izliekti** spoguļi.

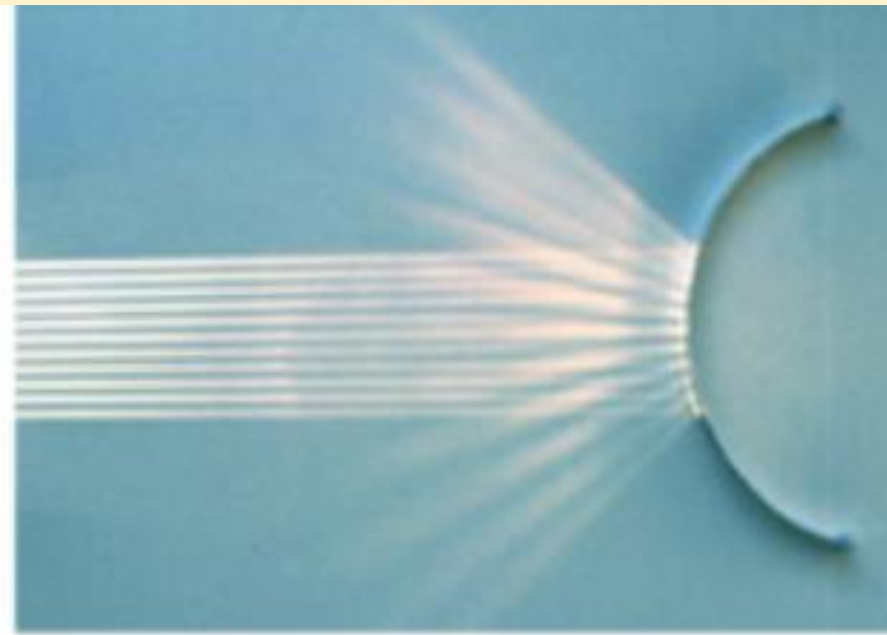
Piemērs: Ieliektu spoguļi izmanto, lai sakopotu gaismu vienā punktā vai vienā kūlī. Pazīstamākais izmantošanas veids ir prožektors. Ieliektus spoguļus izmanto arī siltuma un elektroenerģijas ieguvē. Izliektus spoguļus izmanto, lai izkliedētu gaismu. Tas ir noderīgs dažādos dizaina elementos, piemēram, eglīšu rotaļlietas vai disko bumba.



Jebkuram sfēriskam spogulim ir galvenā **optiskā ass** un **fokuss F**. Galvenā optiskā OP ass ir iedomāta līnija, kas iet caur fokusu un spoguļa viduspunktu. Jebkuru citu līniju, kura iet caur fokusu un spoguļa virsmu, sauc par optisko blakusasi. **Fokuss F ir punkts, kurā krustojas atstarotie gaismas stari vai gaismas staru turpinājumi**, kuri pirms atstarošanās ir paralēli galvenajai optiskajai asij. Izliektam spogulim fokusa punktā krustojas gaismas staru turpinājumi.



Ieliekts spogulis

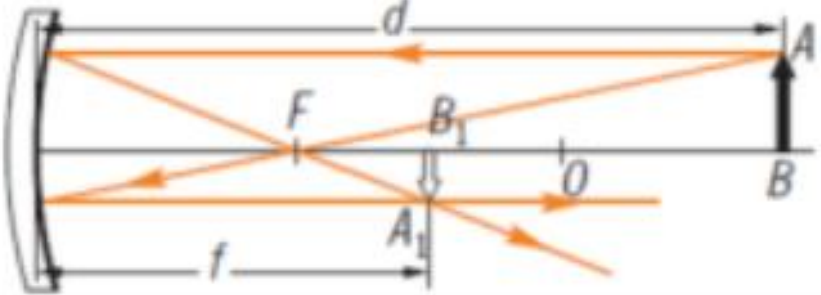
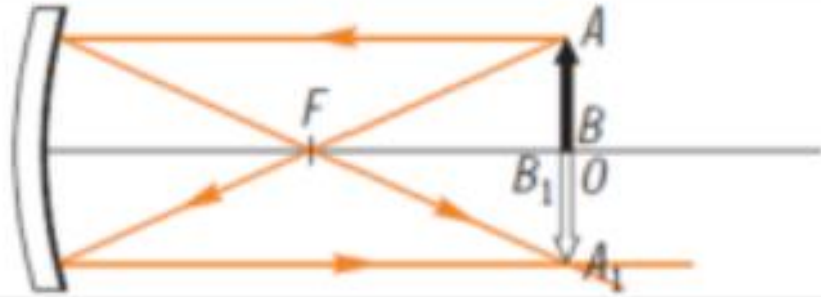
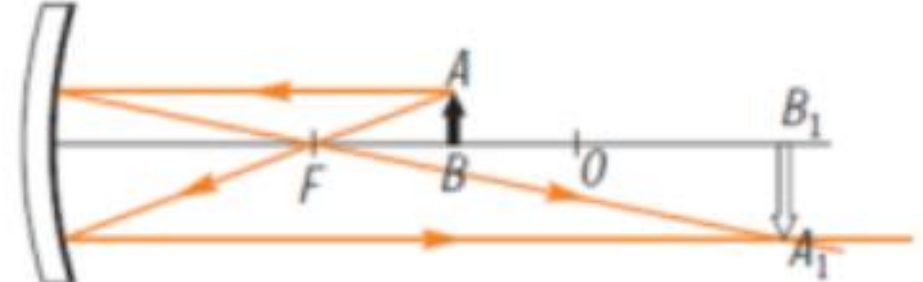


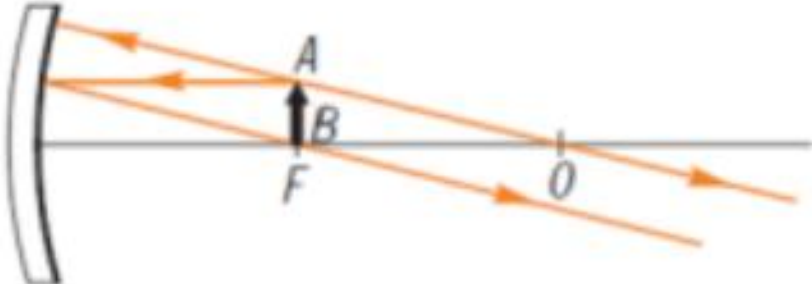
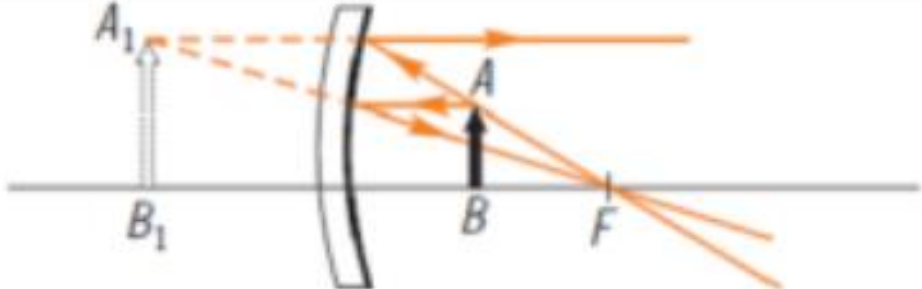
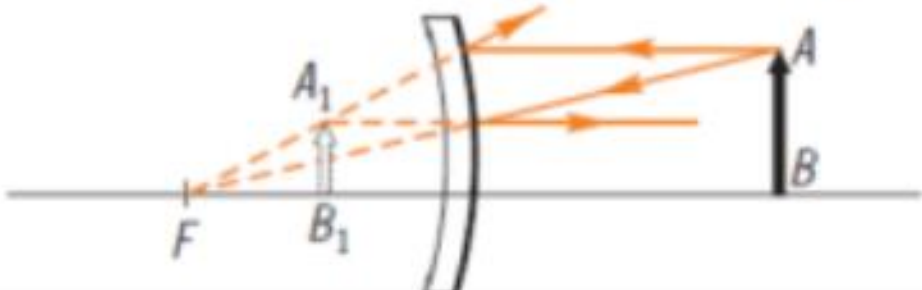
Izliekts spogulis

Jāatceras 2 **pamatnoteikumi**:

1) Gaismas stars, kas iet **paralēli** galvenajai optiskajai asij, pēc atstarošanās vienmēr iet caur **fokusu**.

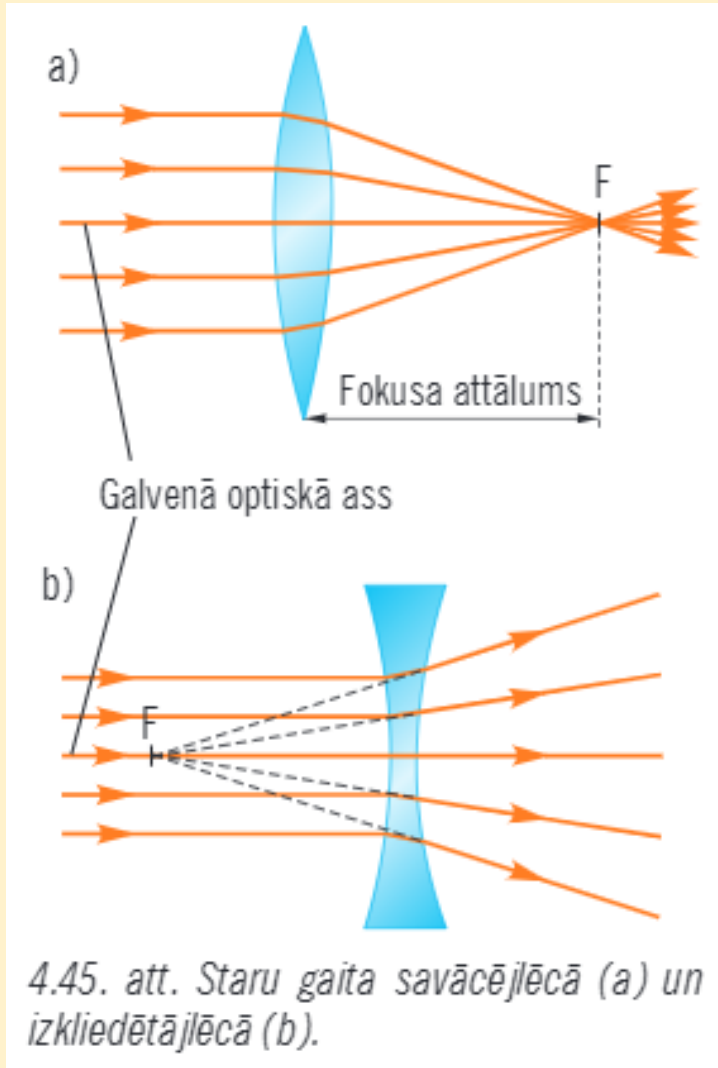
2) Gaismas stars, kas iet **caur fokusu**, pēc atstarošanās iet **paralēli** galvenajai optiskajai asij.

Nr.	Priekšmeta novietojums	Attēla veids	Attēla konstrukcija
1.	Ieliekts spogulis $\infty > d > 2F$ $F < f < 2F$	Reāls, apgriezts, samazināts	
2.	Ieliekts spogulis $d = 2F$ $f = 2F$	Reāls, apgriezts, vienliels ar priekšmetu	
3.	Ieliekts spogulis $F < d < 2F$ $\infty > f > 2F$	Reāls, apgriezts, palielināts	

4.	Ieliekts spogulis $d = F$ $f = \infty$	Attēls neveidojas	
5.	Ieliekts spogulis $0 < d < F$ $0 < f < \infty$	Šķietams, tiešs, palielināts	
6.	Izliekts spogulis $F < d < \infty$ $0 < f < F$	Šķietams, tiešs, samazināts	

Attēlu iegūšana ar lēcām .

Attēls, kas veidojas ar lēcu palīdzību, ir atkarīgs no lēcas veida un no priekšmeta attāluma līdz lēcai d . Lai konstruētu attēlu uz papīra, no katra priekšmeta raksturīgā punkta ir jānovelk vismaz divi uz lēcu krītoši stari un jāatrod tiem atbilstošie lauztie stari vai šo staru turpinājumi. Iegūtā attēla raksturīgie punkti ir laužto staru krustpunkti. Lai precīzi atrastu attēla atrašanās vietu, tad var izmantot trīs gaismas starus, kuru gaita jau iepriekš ir zināma.



Ja uz lēcu krītošs paralēls staru kūlis pēc laušanas lēcā kļūst saejošs, tad lēca ir **savācējlēca**.

Ja paralēls staru kūlis pēc laušanas lēcā izkliedējas, tad lēca ir **izkliedētājlēca**.

Staru gaita	Savācējlēca	Izkliedētājlēca
Staru, kas iet caur lēcas optisko centru O , virzienu nemaina.		
Staru, kas krīt uz lēcu paralēli un tuvu galvenajai optiskajai asij, pēc tam iet caur savācējlēcas fokusu, bet izkliedētājlēcā lūst tā, ka stara pagarinājums iet caur lēcas fokusu priekšmeta pusē.		
Staru (izkliedētājlēcai — krītošā stara pagarinājums), kas iet caur lēcas fokusu izejot no lēcas, ir paralēls galvenajai optiskajai asij.		
Jebkurš uz lēcu krītošs stars pēc laušanas iet caur punktu, kurā krītošajam staram paralēlā optiskā blakusass krusto fokālo plakni (izkliedētājlēcai priekšmeta pusē).		

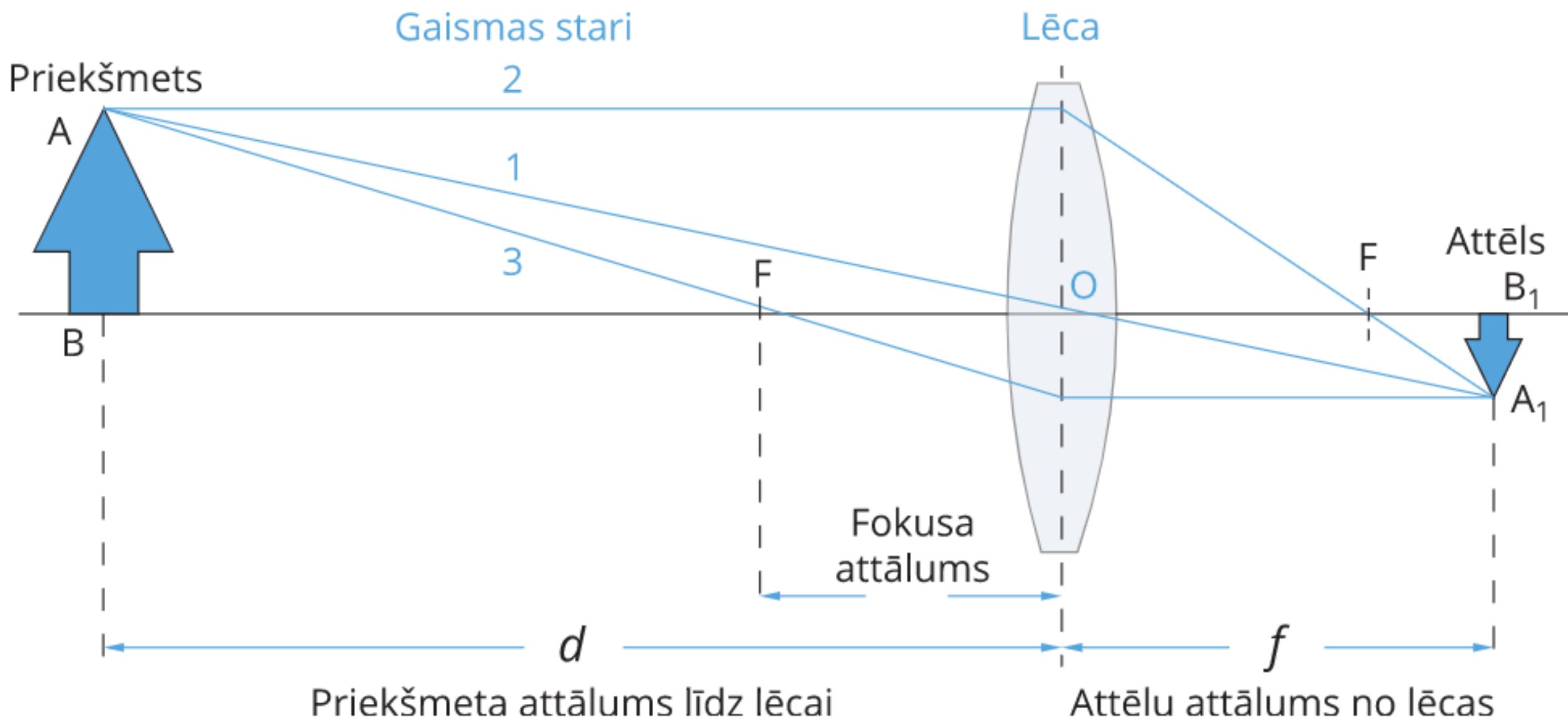
Lēcas formula

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

F — lēcas fokusa attālums

d — priekšmeta attālums līdz lēcai

f — attēla attālums līdz lēcai



1. attēls. Attēla iegūšana ar lēcu

Lēcas optiskais stiprums raksturo lēcas vai lēcu sistēmas gaismas staru laužtspēju. Jo lielāks ir lēcas optiskais stiprums, jo spēcīgāk lēca lauž gaismas starus. Praktiski par to var pārbaudīt salīdzinot savā starpā divus palielināmos stiklus. Kurš palielināmais stikls vairāk palielina, tas arī spēcīgāk lauž gaismas starus un līdz ar to tā optiskais stiprums ir lielāks.

$$D = \frac{1}{F}, \text{ kur:}$$

D - lēcas optiskais stiprums, $\frac{1}{m}$ jeb dioptrijas;

F - lēcas fokusa attālums, m.

Palielinoties lēcas optiskajam stiprumam, lēcas fokusa attālums samazinās. Ja lēcas optiskais stiprums ir 1 dioptrijs, tad lēcas fokusa attālums ir 1 m. Bet, ja lēcas optiskais stiprums ir 2 dioptrijas, tad lēcas fokusa attālums ir 0,5 m.

Savācējlēca gaismas staru kūli savāc vienā punktā, tādēļ savācējlēcas optiskais stiprums ir pozitīvs lielums ($D > 0$). Bet izkliedētājlēca izkliedē gaismas staru kūli, tādēļ izkliedētājlēcas optiskais stiprums ir negatīvs lielums ($D < 0$).

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

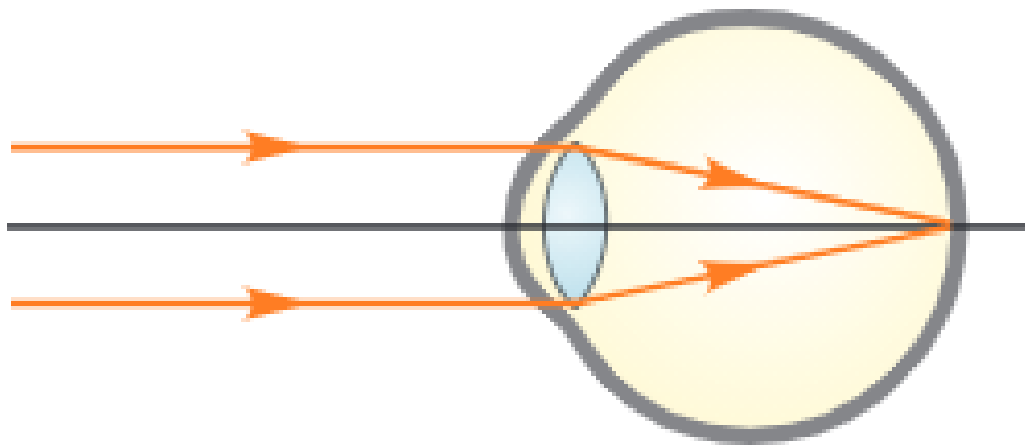
Γ — lēcas lineārais palielinājums

H — attēla lineārais izmērs

h — priekšmeta lineārais izmērs

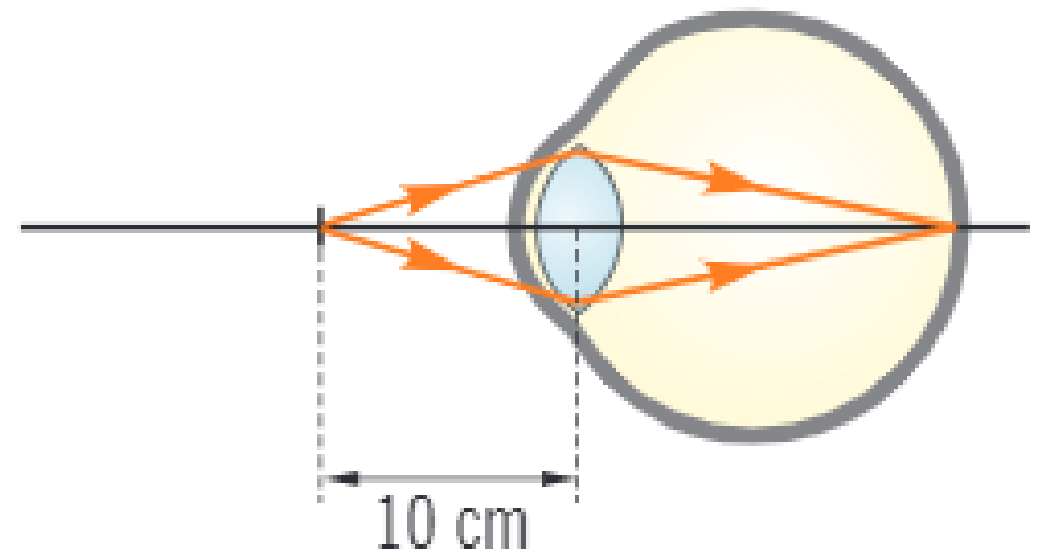
$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

$$D_{\min} = 58,5 \text{ dioptr.}$$

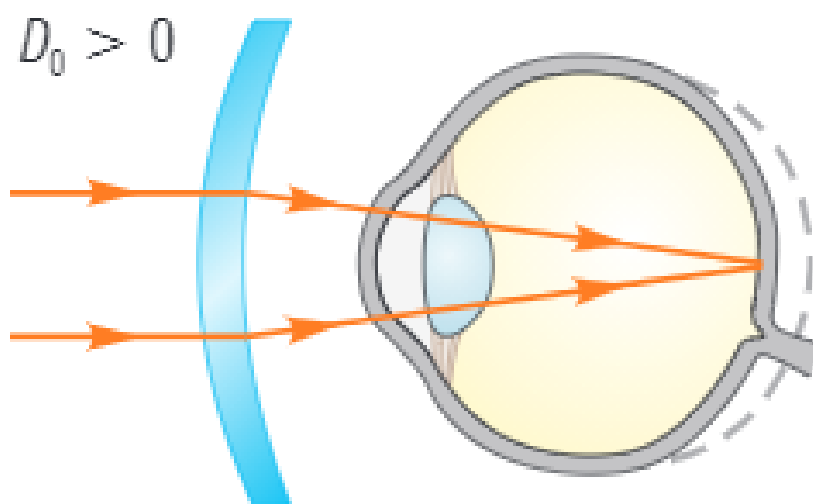
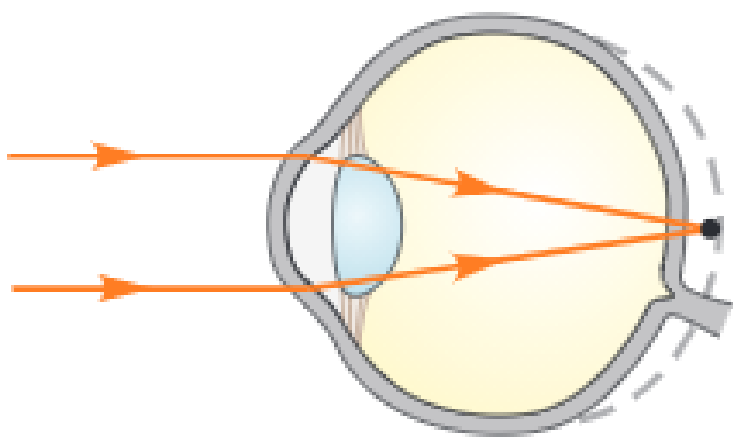


4.56. att. Aplūkojot tālumā esošu priekšmetu, acs muskulis nav saspringts un acs lēcas optiskais stiprums ir vismazākais.

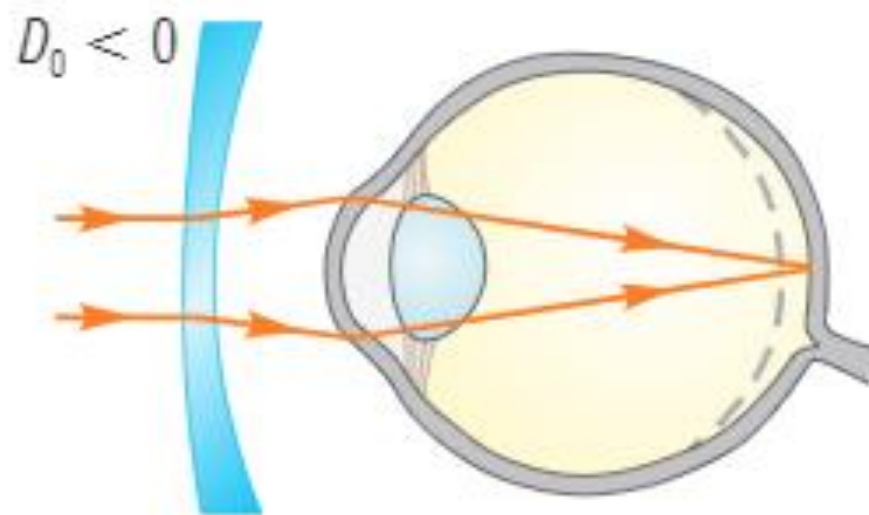
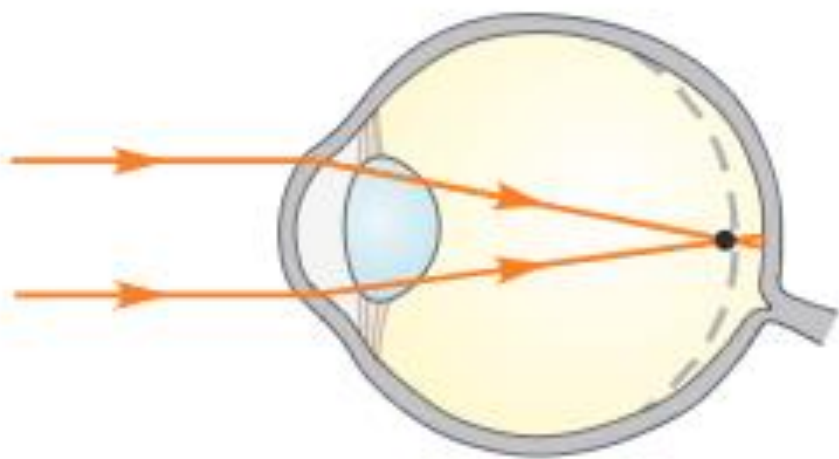
$$D_{\max} = 68,5 \text{ dioptr.}$$



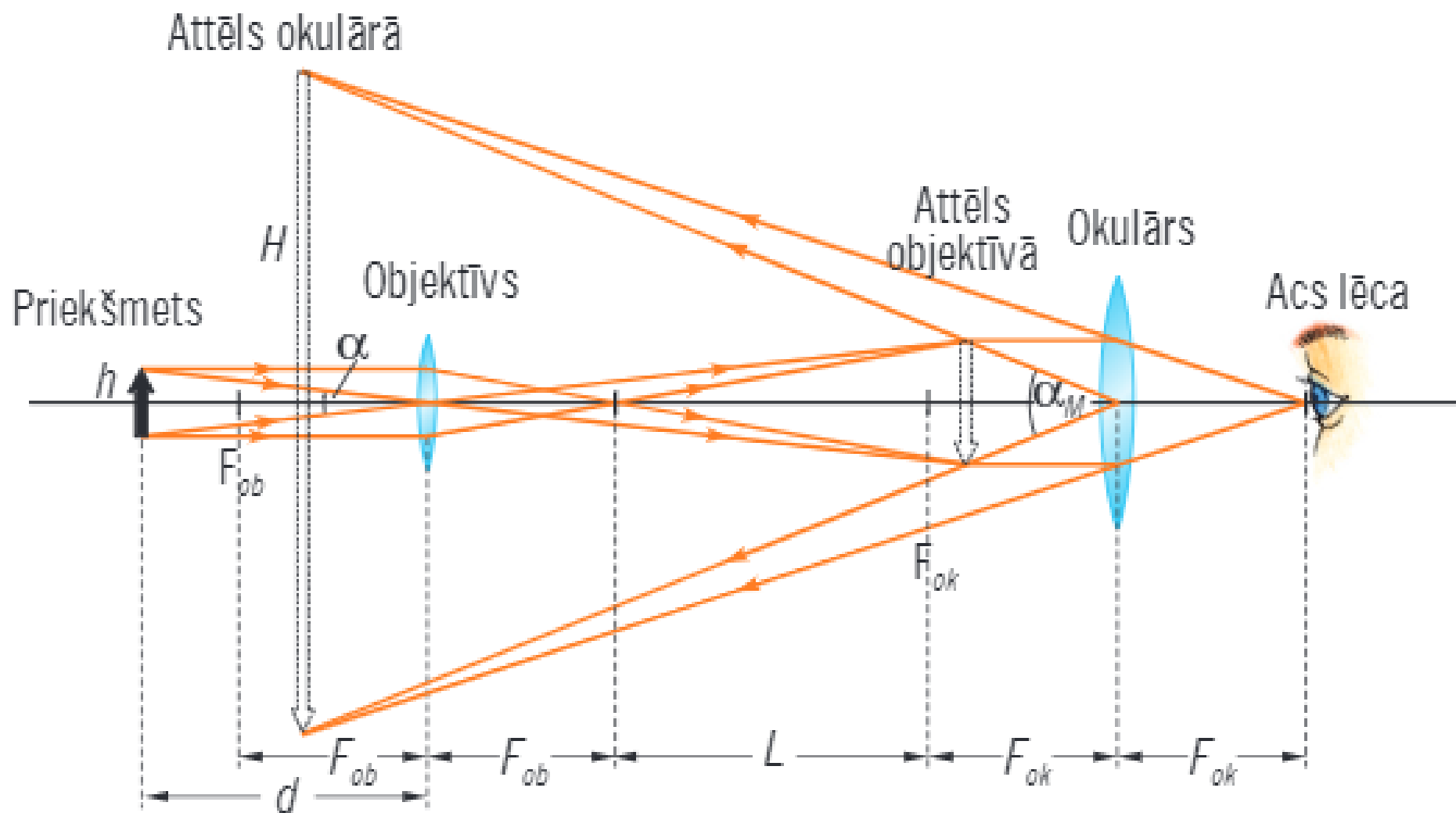
4.57. att. Tuvinot priekšmetu acij, muskuļi maina lēcas izliekumu un tās optiskais stiprums palielinās.



4.61. att. Tālredzības korekcija ar savācējlēcu.



4.62. att. Tuvredzības korekcija ar izkliedētājlēcu.



4.67. att. Staru gaita mikroskopā.