

Noțiuni fundamentale de optică geometrică.

Elemente de biofizica analizorului vizual

Noțiuni de optică geometrică

Numim *dioptru* suprafața de separare dintre două medii transparente cu indici de refracție diferiți (apă – aer, sticlă – aer etc.)

Dioptrul sferic

În cazul în care suprafața de separare dintre două medii cu indici de refracție diferiți este sferică dioptrul este sferic. Elementele dioptrului sferic (Fig. 1) sunt: vârful V (punctul de intersecție al axului optic principal cu suprafața dioptrului), raza de curbură R și indicii de refracție ai celor două medii transparente n și n' .

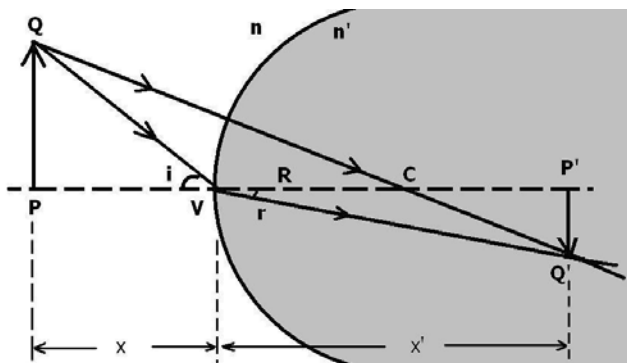


Fig. 1 Formarea imaginii unui obiect PQ prin dioptrul sferic

Relația care există între raza de curbură R (Fig. 13) a dioptrului sferic, distanța obiect-vârf x , imagine-vârf x' și indicii de refracție n și n' este:

$$\frac{n'}{x'} - \frac{n}{x} = \frac{n' - n}{R}$$

(relația punctelor conjugate)

Se definește mărirea liniară β ca fiind numărul care arată de câte ori înălțimea imaginii este mai mare decât înălțimea obiectului

$$\beta = \frac{P'Q'}{PQ} = \frac{y'}{y}$$

Se poate demonstra că pentru dioptrul sferic mărirea liniară are expresia:

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{n}{n'} \cdot \frac{x'}{x}$$

Construcția imaginii unui obiect PQ printr-un dioptru se face ținând cont de legile refracției razelor de lumină. La intersecția razelor refractate prin oglindă se află imaginea $P'Q'$ a obiectului PQ. Se observă din Fig. 1 că raza care pleacă din punctul Q orientată către centrul de curbură al dioptrului trece nedeviată în cel de-al doilea mediu deoarece incidența este normală. În punctul V care constituie vârful dioptrului, raza care cade sub unghiul de incidență \hat{i} va fi refractată sub unghiul \hat{r} , la intersecția ei cu raza care trece prin centrul dioptrului aflându-se imaginea Q' a punctului Q. Coborând din punctul Q' o perpendiculară pe axul optic principal al sistemului, obținem imaginea punctului P. Unind P' cu Q' , obținem imaginea finală a obiectului PQ. Deoarece imaginea finală se obține prin intersecția razelor de lumină, și nu a prelungirilor acestora, spunem ca imaginea este *reală*. Acest tip de imagine poate fi captată pe un ecran.

Oglinzi sferice

O oglindă sferică reprezintă un dioptru în care cel de-al doilea mediu nu mai este transparent ci perfect reflectător. Se definește **focarul** oglinzii (F în Fig. 2) ca fiind punctul în care se întâlnesc razele de lumină care cad pe suprafața oglinzii venind de la infinit, paralel cu axul optic principal, după reflexia pe oglindă. Se poate demonstra că focarul unei oglinzi sferice se află la jumătatea distanței dintre centrul oglinzii și vârful acesteia, prin urmare distanța focală a oglinzii sferice este egală cu jumătatea razei de curbură a acesteia.

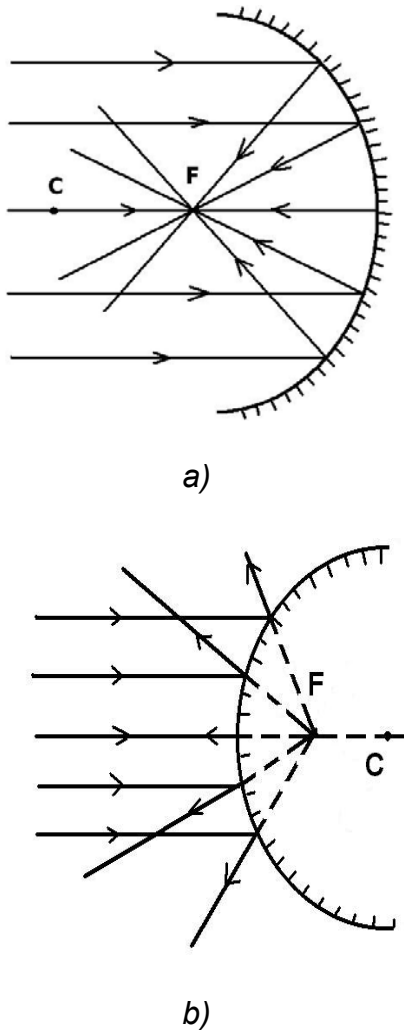


Fig. 2 Focarul unei oglinzi sferice a) concave, b) convexe

În funcție de concavitățile oglinzilor, razele de lumină care cad pe oglindă pot converge după reflexie, caz în care oglinda se numește *concavă* (Fig. 2a), sau pot să fie împrăștiate, oglinda fiind, în acest caz, *convexă* (Fig. 2b).

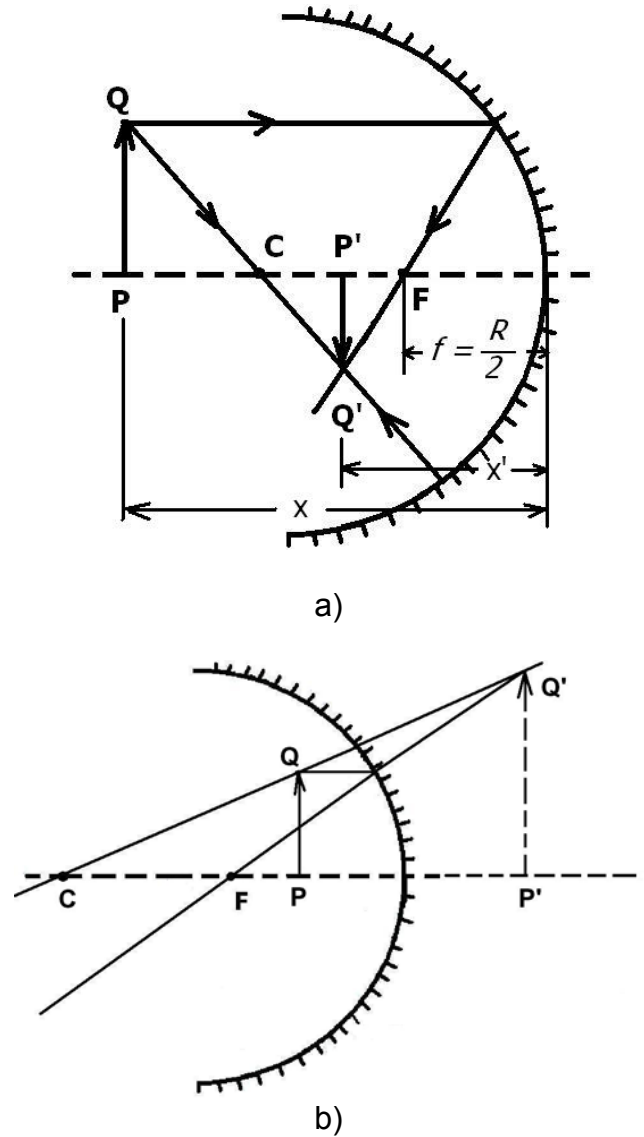


Fig. 3 Formarea imaginii unui obiect PQ într-o oglindă concavă; a) obiectul fiind situat în afara centrului oglinzii, imaginea P'Q' este reală, micșorată și răsturnată; b) obiectul fiind situat între focar și vârf, imaginea finală este virtuală, mărită și dreaptă

Focarul unei oglinzi concave este real, iar cel al unei oglinzi convexe este virtual,

aflându-se la intersecția prelungirilor razelor de lumină.

Formarea imaginilor prin oglinzi se face ținând cont de legile reflexiei. Astfel, pentru construirea imaginii unui obiect PQ printr-o oglindă concavă (Fig. 3 a) și b)) se urmăresc pașii:

- se trasează mersul razei care este reflectată de vârful Q al obiectului PQ, paralel cu axul optic principal; după reflexia pe oglindă această rază va trece prin focarul oglinzii;
- raza care pleacă din vârful Q orientată către centrul oglinzii se va reflecta pe același drum;
- la intersecția celor două raze se află imaginea punctului Q, Q';
- coborând o perpendiculară din punctul Q' pe axul optic principal, se obține punctul P' care constituie imaginea punctului P;
- imaginea finală a obiectului PQ este segmentul P'Q'.

În mod similar se procedează pentru construcția unei imagini printr-o oglindă convexă (Fig. 4).

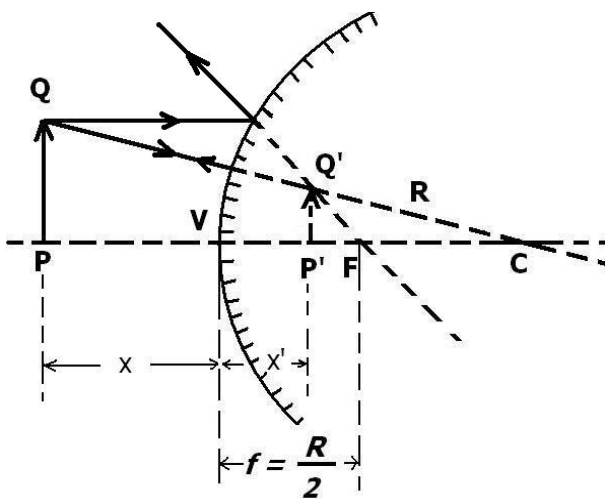


Fig. 4 Formarea imaginii unui obiect PQ într-o oglindă convexă; imaginea P'Q' este dreaptă, virtuală și micșorată.

Se observă că, în funcție de locul de plasare a obiectului în fața oglinzii, putem obține imagini reale sau virtuale, drepte sau rasturnate în oglinda concavă, în timp ce, indiferent de poziția obiectului, oglinda convexă formează doar imagini virtuale, drepte și micșorate ale acestuia.

Dacă în formula punctelor conjugate a dioptrului sferic se înlocuiește n' cu $-n$ (razele incidente pe oglindă sunt reflectate total, deci se întorc tot în mediul din care au provenit), se poate deduce relația dintre focarul oglinzii, distanța obiect-oglină x și imagine-oglină x' :

$$\frac{1}{x'} + \frac{1}{x} = \frac{2}{R} = \frac{1}{f}$$

De asemenea, se poate deduce mărirea liniară dată de oglindă

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{n}{n'} \cdot \frac{x'}{x} = -\frac{x'}{x}$$

Utilizarea oglinzilor în practica medicală

Aparatele de cercetare, microscopul, colorimetrele au oglinzi plane care aduc prin reflexie lumina de la izvorul luminos în câmpul optic al aparatului.

În endoscopie se folosesc oglinzi plane pentru explorarea unor cavități ale corpului, cavități care au un orificiu de comunicare cu exteriorul. Endoscoapele pot fi cu iluminare internă sau externă. În Fig. 5 este desenată schema unui uretoscop cu iluminare exterioară. El este compus dintr-o sondă S, o lampă electrică cu incandescență L, un sistem optic A care cuprinde o oglindă plană m , perforată la mijloc. Lumina trimisă de lampa L se reflectă în oglinda m și este trimisă în

uretră, iar examinarea se face prin sistemul optic, care apropie imaginea fără să o mărească.

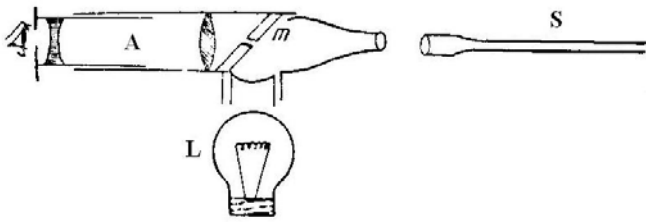


Fig.5 Uretroscop cu iluminare exterioara

Un endoscop utilizat la examinarea vezicii este cistoscopul, la care se întrebunțează iluminarea internă. Cistoscopul (Fig. 6) este o sondă care are o regiune curbată spre extremitatea ce pătrunde în vezică și un sistem de oglinzi care aduce imaginea la ochiul observatorului.

Oglinzi stomatologică este o oglindă concavă, cu aceasta se privește în partea posterioară a dinților, imaginea finală fiind virtuală, mărită și dreaptă.

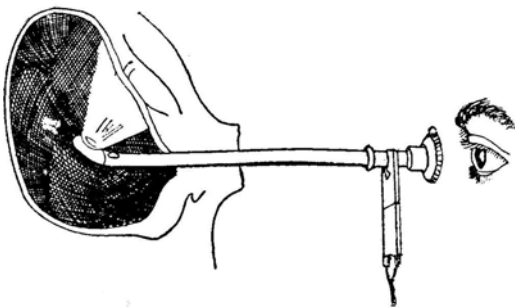


Fig. 6 Cistoscop

În oto-rino-laringologie (ORL) se folosește mult oglinda frontală care primește lumină de la un bec electric care concentrează lumina asupra regiunii de examinat. Pentru examinarea laringelui se introduce în gură așa-

numita oglindă laringoscopică (Fig. 7), aflată la capătul unei tije metalice.

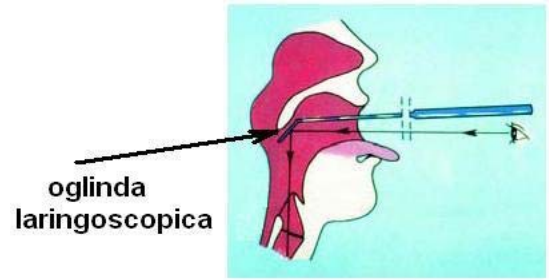


Fig. 7 Oglinda laringoscopica

Dând oglinzii frontale și oglinzii laringoscopice direcții convenabile se poate obține o iluminare corespunzătoare a corzilor vocale și se poate vedea imaginea lor în oglinda laringoscopică.

Întâlnim oglinzi concave și în oftalmologie, utilizate pentru examinarea fundului de ochi.

Lentile sferice subțiri

O lentilă reprezintă un mediu transparent caracterizat de un anumit indice de refracție ($n_{\text{lentilă}}$), imersat într-un mediu, de asemenea transparent, cu un indice de refracție diferit (n_{mediu}) – o succesiune de doi dioptri sferici.

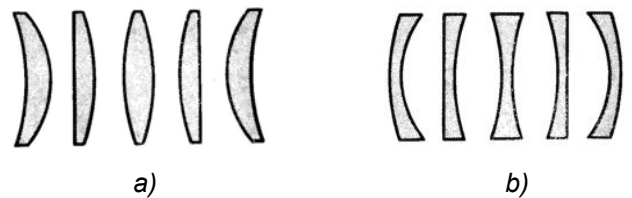


Fig. 8 a) lentile convergente (mijlocul mai gros decât capetele); b) lentile divergente (mijlocul mai subțire decât capetele)

Lentilele se obțin prin șlefuirea unor medii transparente în așa fel încât suprafețele obținute să fie perfect netede.

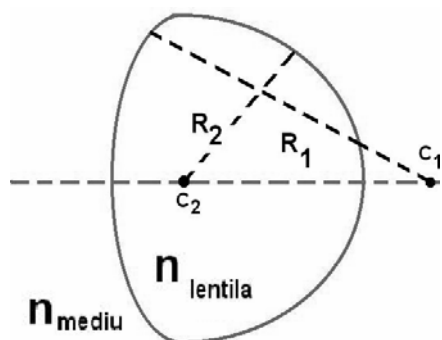


Fig. 9 Elementele unei lentile

Cele mai uzuale tipuri de lentile sunt cele sferice (Fig. 8a), b)) ale căror fețe sunt reprezentate de niște calote sferice (de raze R_1 și R_2) și cele cilindrice ale căror fețe sunt decupate din niște cilindrii (Fig. 10).

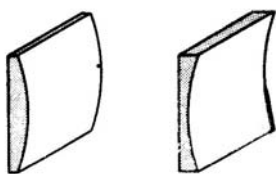


Fig. 10 Lentile cilindrice

O mărime caracteristică sistemelor optice este convergența C care reprezintă inversul distanței focale f .

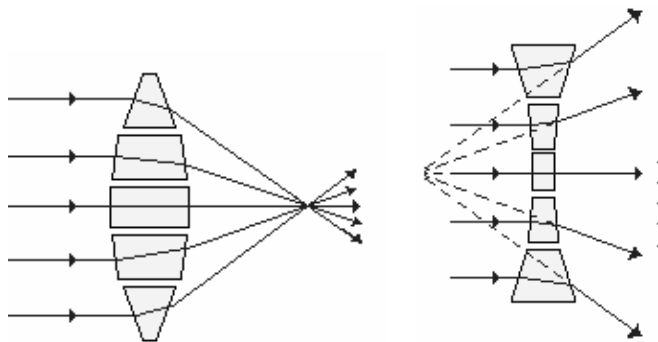


Fig. 11 a) Focarul unei lentile sferice convergente; b) Focarul unei lentile sferice divergente

Focarul este acel punct în care se întâlnesc razele de lumină care vin de la infinit, paralel cu axul optic principal după ce străbat lentila, respectiv punctul din care izvorăsc razele de lumină care după refracția pe lentilă merg paralel cu axul optic principal (Fig. 11).

În funcție de razele de curbură și de indicii de refracție ai mediilor implicate (Fig. 9), se poate calcula convergența lentilei folosind relația:

$$C = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_{\text{lentila}}}{n_{\text{mediu}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

Pentru un sistem de lentile alipite convergența totală este egală cu suma convergențelor individuale.

Lentilele sferice se împart în două categorii și anume în lentile **convergente** (Fig. 8 a)) și lentile **divergente** (Fig. 8 b)). Lentilele convergente au marginile mai subțiri decât mijlocul, în timp ce cele divergente sunt caracterizate de o grosime mai mică a mijlocului decât a marginilor. Convergența lentilelor convergente este pozitivă (focare reale), iar a lentilelor divergente este negativă (focare virtuale).

Imaginile obiectelor reale în lentilele subțiri sferice

Pentru a construi mersul razelor de lumină printr-o lentilă convergentă putem desena mersul a două raze reflectate de vârful obiectului: raza care trece nedeviată prin centrul optic al lentilei și raza care cade pe

lentilă paralel cu axul optic principal (aceasta se va refracta prin focar).

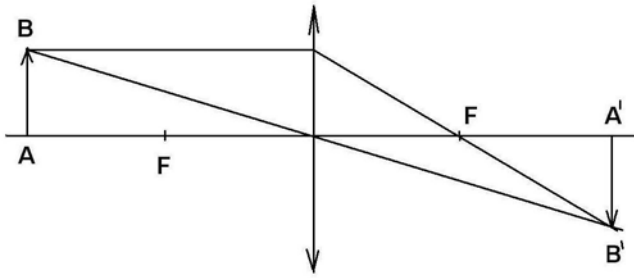


Fig. 12 Formarea imaginii prin lentila convergentă când obiectul este situat la $-2f$

În figurile 12 – 16 sunt reprezentate imaginile unui obiect situat la distanțe diferite de o lentilă convergentă. Se observă că imaginea este reală (se află la intersecția razelor de lumină și poate fi captată pe un ecran) dacă obiectul este situat la o distanță mai mare decât distanța focală față de lentilă.

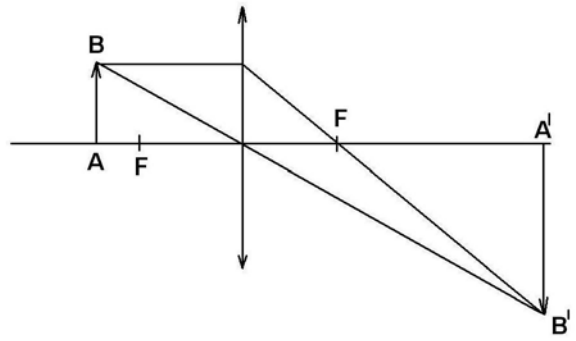


Fig. 15 Formarea imaginii prin lentila convergentă când obiectul este situat între $-2f$ și $-f$

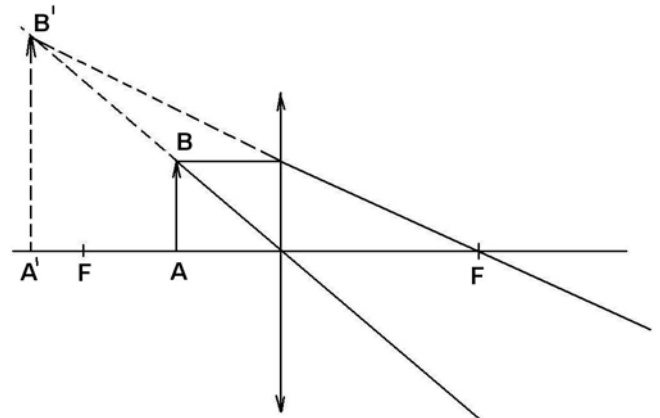


Fig. 16 Formarea imaginii prin lentila convergentă când obiectul este situat între $-f$ și vârful

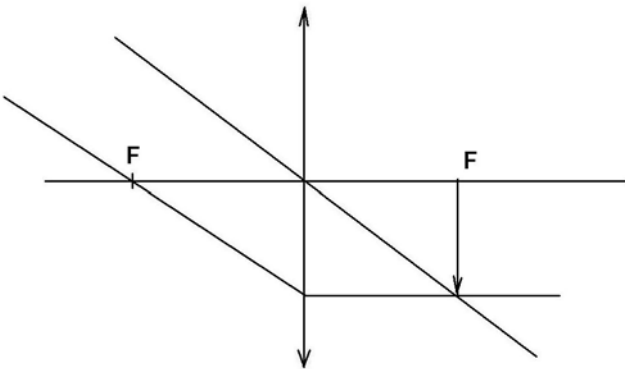


Fig. 13 Formarea imaginii prin lentila convergentă când obiectul este situat la $-\infty$

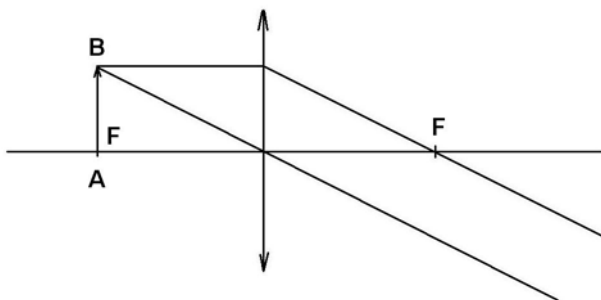


Fig. 14 Formarea imaginii prin lentila convergentă când obiectul este situat la $-f$

În cazul în care obiectul este situat între focar și centrul lentilei imaginea devine virtuală (aflată la intersecția prelungirilor razelor de lumină, nu poate fi captată pe un ecran)

Lentile divergente dau imagini virtuale ale obiectelor reale, indiferent de poziția acestora față de lentilă (Fig. 17).

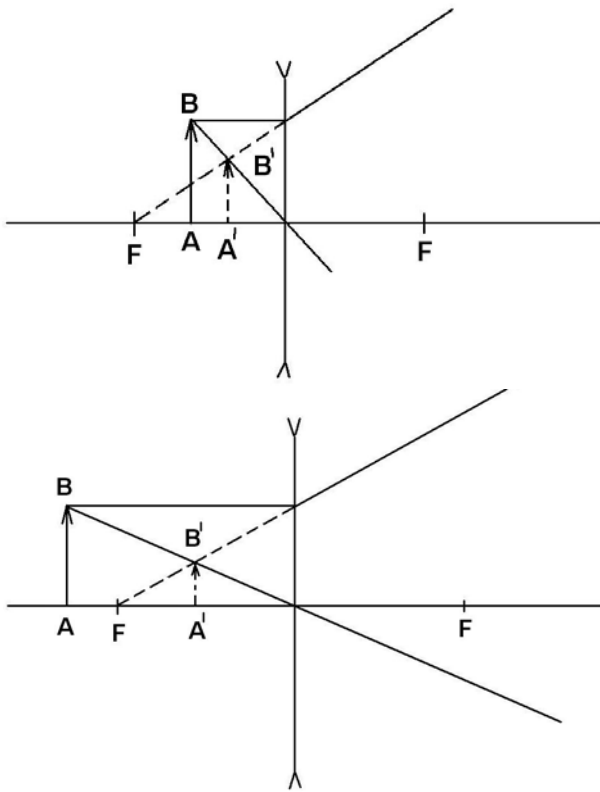


Fig. 17 Formarea imaginii prin lentila divergentă

Analizorul vizual

Cu ajutorul analizorului vizual se recepționează, se analizează și se traduc în impulsuri nervoase informațiile privind forma, dimensiunile, poziția, mișcarea, culoarea obiectelor lumii înconjurătoare. Semnalul fizic ce poate fi recepționat de către analizorul vizual este radiația electromagnetică cu lungimea de undă λ cuprinsă între 400 - 750 nm.

Elementele principale ale analizorului vizual sunt ochiul, traiectele nervoase aferente și eferente, stațiile de prelucrare intermediare și proiecția corticală.

Structura ochiului

Ochiul are o formă globulară cu diametrul de cca. 2,5 cm.

În ordine, antero-posterior, elementele ochiului (Fig. 18) sunt:

- corneea (transparentă, grosimea ei crește de la centru spre periferie unde atinge aproximativ 1 mm)

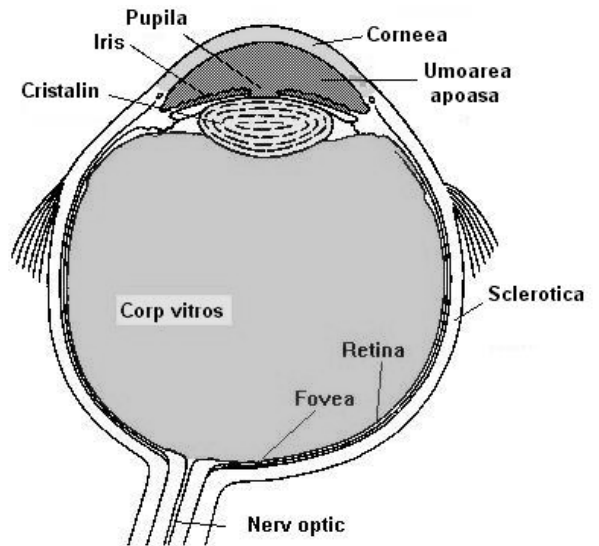


Fig. 18 Elementele ochiului

- sclerotica (țesut opac, fibros și elastic care acoperă globul ocular pe 5/6 din suprafața sa)
- camera anterioară cu umoarea apoasă
- irisul (diafragmă inelară pigmentată, din fibre de țesut conjunctiv și fibre netede); fața anterioară a irisului, colorată diferit la diferiți oameni se vede bine prin corneea, în timp ce fața posterioară este căptușită cu celule pline de pigment negru care continuă pe cele ale coroidii
- cristalinul – lentilă biconvexă menținută de fibrele zonulei lui Zinn; cristalinul este înconjurat de un înveliș elastic numit cristaloidă care cuprinde un sistem de fibre transparente așezate în pături concentrice; refringenta cristalinului crește de la periferie spre centru
- camera posterioară cu umoarea vitroasă
- retina (cu foveea, pata galbenă și papila) constituită din prelungirea nervului optic, se

întinde până la zonula lui Zinn; grosimea totală a retinei este de 0,4mm; dintre toate straturile care o formează cel mai important este cel cu conuri și bastonașe, prelungire diferențiată a celulelor nervoase terminale ale nervului optic.

- coroida (țesut puternic pigmentat care absoarbe lumina parazită, împiedicând difuzia acesteia în interiorul ochiului); înspre partea anterioară coroida este îngroșată și formează corpul ciliar format în parte de mușchiul ciliar, constituit din două grupe de fibre netede, unele rectilinii în direcția meridianului ochiului, altele circulare la periferia corneei.

Mușchii ciliari (fibre radiale și circulare) și zonula lui Zinn (ligament inelar legat de sclerotică, alcătuit din fibre elastice) permit modificările convergenței cristalinului. Zonula menține cristalinul în poziția sa în stare de tensiune mecanică. Mușchii ciliari pot elibera, prin contracție, cristalinul de sub tensiunea zonulei.

Studiul ochiului din punct de vedere al opticii geometrice

Modele ale ochiului redus

Ochiul este redus la un dioptru prin care razele se propagă la fel ca în ochiul real. În *modelul Listing*, ochiul este un dioptru sferic cu raza de 6 mm care separă aerul de un mediu transparent cu indice de refracție $n = 1.337$.

Modelul Gullstrand constă dintr-un un sistem optic centrat în care un dioptru sferic unic cu raza 5,7 mm (care reprezintă practic corneea: $C = 60$ D) separă aerul de un mediu transparent de indice de refracție 1,336. Centrul optic este centrul de curbura al dioptrului.

Distanța dintre centrul optic și retină este de cca. 15 mm. Retina se află în planul focal.

Ochiul este considerat un sistem optic centrat alcătuit din următoarele elemente:

- corneea, având indicele de refracție $n = 1,372$, separată de aer printr-un dioptru anterior convex și de
- umoarea apoasă, $n = 1,336$, printr-un dioptru posterior concav
- cristalinul, $n = 1,413$ (1,375-1,473) este separat de umoarea apoasă printr-un dioptru anterior convex și de
- umoarea vitroasă ($n = 1,336$), printr-un dioptru posterior tot convex.

Corneea este mediul cel mai refringent, cca 40 D. Are cea mai mare contribuție la convergența totală de cca 60 D. Cristalinul contribuie cu restul de 20 D. Convergența cristalinului este mai mică deoarece acesta este mărginit de medii cu indici de refracție apropiați, în timp ce corneea se află în contact cu aerul care are indicele de refracție mult mai mic decât cel al corneei.

Cristalinul este o lentilă biconvexă cu $R_1 = 10$ mm și $R_2 = 6$ mm (în stare neacomodată). Este alcătuit din straturi celulare concentrice al căror indice de refracție crește dinspre periferie spre centru.

Convergența cristalinului este variabilă datorită modificării curburii. Umoarea vitroasă conferă tensiune globului ocular.

Adaptarea la lumină

Irisul reprezintă o diafragmă care limitează fluxul luminos ce cade pe retină și care micșorează aberațiile cromatice și de

sfericitate produse de lentilele ochiului. Când luminozitatea este slabă, fibrele radiale ale irisului se contractă (midriază), diametrul pupilei crește. La iluminare excesivă, fibrele circulare ale irisului micșorează pupila (mioză). Acest fenomen se numește adaptare la lumină. Adaptarea de la lumină la întuneric cere mai mult timp decât adaptarea inversă de la întuneric la lumină.

Acomodarea la distanță

Într-un ochi normal, imaginea obiectelor foarte îndepărtate se formează pe retină (Fig. 19 a)).

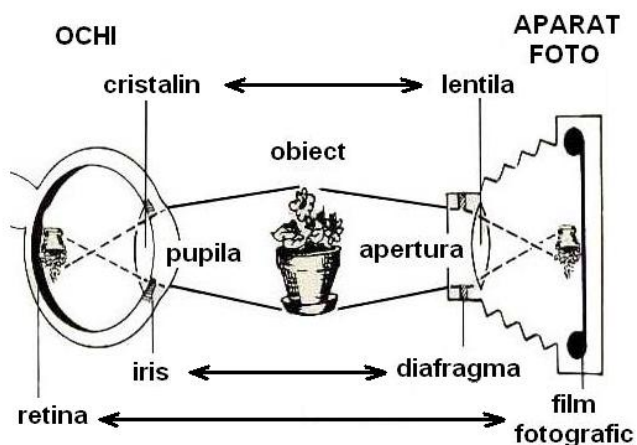


Fig. 19 a) Formarea imaginii pe retină în ochiul emetrop

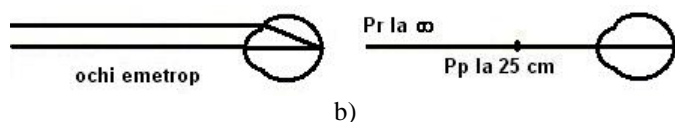


Fig. 19 b) Poziționarea Pp și Pr pentru ochiul emetrop

Dacă obiectele sunt situate la o distanță mai mică de 6 m de ochi, imaginea lor s-ar forma în spatele retinei dacă cristalinul nu s-ar bomba mărundu-și convergența (Fig.20).

Pentru ca imaginea să fie clară, ea trebuie să se formeze pe retină.

Aceasta se realizează astfel: cristalinul este înconjurat de un ligament circular, zonula lui Zinn, pe care se află înserați mușchii ciliari circulari și radiali. La contracția fibrelor circulare, zonula se relaxează și cristalinul iese de sub tensiune, bombându-se sub efectul propriei elasticități. Convergența sa va crește și imaginea se formează mai aproape de centrul optic (mai în față, deci pe retină).

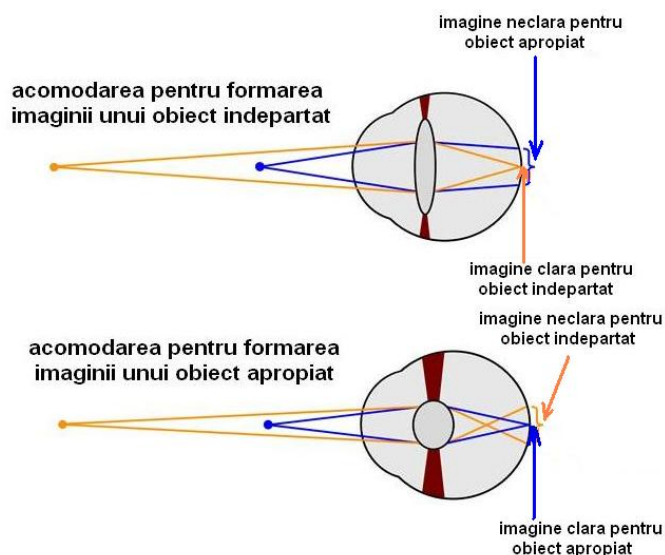


Fig. 20 Modificarea formei cristalinului în cursul acomodării

Invers, la contracția fibrelor radiale, zonula este din nou pusă sub tensiune, cristalinul se subțiază și își micșorează convergența. În acest fel se realizează acomodarea.

Vederea clară se realizează între două puncte (Fig. 19 b)): *punctum proximum* – pp și *punctum remotum* – pr. Pp – cel mai apropiat, văzut clar cu acomodare maximă. Pr – cel mai depărtat, văzut clar fără acomodare. La ochiul normal (emetrop) $pp = 25 \text{ cm}$, $pr \rightarrow \infty$.

Defectele geometrice ale vederii (ametropiile)

Cu ajutorul oftalmoscopului, oftalmologul stabilește starea de sănătate a retinei și a umorii vitroase.

Ochiul normal se numește ochi *emetrop*, el poate vedea clar obiectele depărtate, fără acomodare. Ochiul emetrop, din punct de vedere fizic are focarul posterior pe retină. În cazul în care ochiul nu vede clar, fără acomodare, obiectele situate la infinit, el se numește *ametrop*, de aici și denumirea de ametropii pentru defectele de vedere.

Defectele geometrice ale vederii pot fi clasificate astfel, în funcție de cauza lor:

- defecte axiale (dimensiunile globului ocular)
- defecte de curbură (forma dioptrilor)
- defecte de indice (indicii de refracție ai mediilor transparente)
- defecte de elasticitate (proprietățile mecanice ale cristalinului)

Miopia

Acest defect de vedere se manifestă prin creșterea convergenței ochiului.

În funcție de cauza acestei creșteri avem de a face cu mai multe tipuri de miopii și anume:

- Miopia *axială*, cel mai frecvent întâlnită, este caracterizată de axul anteroposterior mai lung decât cel al ochiului emetrop, din această cauză imaginea se formează înaintea retinei. P_p și P_r se află mai aproape de ochi.

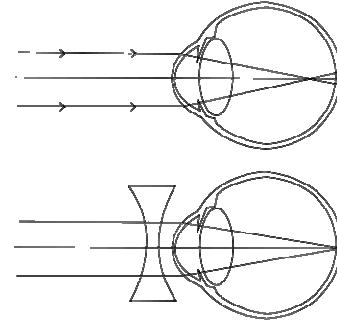
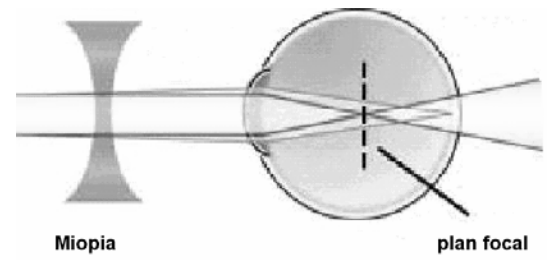
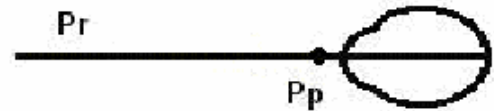


Fig. 21 a) Formarea imaginii înaintea retinei în ochiul miop și corectarea miopiei cu ajutorul lentilei divergente



P_p și P_r sunt mai aproape de ochi

Fig. 21 b) Atât P_p cât și P_r sunt mai aproape de ochiul miop

- Miopia de *curbură*: curbura cristalinului este mai mare, convergența va fi mărită (de obicei este legată de oboseală).
- Miopia de *indice* caracterizată de creșterea indicelui de refracție datorită creșterii concentrației saline în anumite stări patologice (vărsături incoercibile, diaree rebele, mari hemoragii și plasmoragii, expuneri excesive la soare, șocuri traumatice, lipotimie – în aceste din urmă două cazuri, deshidratarea și hiperconcentrarea salină consecutivă apar ca o consecință a fugii apei din țesuturi spre patul vascular lărgit ca urmare a epuizării mecanismelor neuro-hormonale de menținere a tonusului vascular).

În toate cazurile se corectează cu **lentile divergente** (Fig. 21a) care au convergența negativă care, adăugată convergenței crescute a ochiului, o aduc în limitele normale.

Hipermetropia

Se caracterizează prin scăderea convergenței totale a ochiului. Imaginea se formează în spatele retinei, pp se află mai departe. Avem de-a face cu următoarele tipuri de hipermetropie:

- Hipermetropia *axială* caracterizată de axul anteroposterior mai scurt decât cel al ochiului emetrop
- Hipermetropia de *curbură* caracterizată prin cristalinul mai alungit. Cristalinul trebuie să se bombeze în permanență pentru a aduce imaginea pe retină.

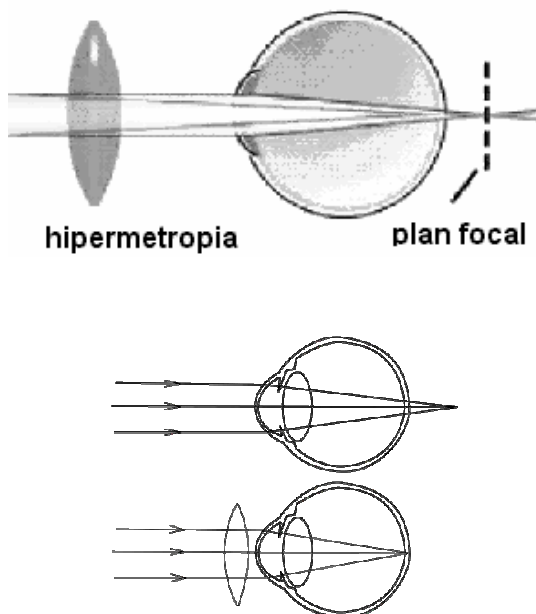
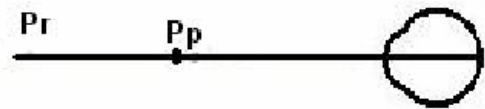


Fig. 22 a) Formarea imaginii în spatele retinei în ochiul hipermetrop și corectarea hipermetropiei cu ajutorul lentilei convergente



Pp și Pr sunt mai îndepărtate de ochi

Fig. 22 b) Atât Pp cât și Pr sunt mai departe de ochiul hipermetrop

În ambele cazuri, corectarea vederii (Fig. 22) se face cu ajutorul **lentilelor convergente** care au o convergență pozitivă, prin urmare, însumând convergența lenilei cu convergența scăzută a ochiului hipermetrop se obține o convergență totală corectă egală cu cea a ochiului emetrop. Se produc uneori și hipermetropii din cauza absenței cristalinului (congenital – foarte rar sau extirpat printr-o operație de cataractă), caz în care ochiul se numește *afac*.

Presbiopia

Sau **presbitismul** este o ametropie de elasticitate care apare, în general, după vârsta de 40 de ani. Bombarea cristalinului se face mai dificil, deoarece elasticitatea acestuia se diminuează o dată cu înaintarea în vârstă. Se folosesc **lentile convergente** pentru a vedea obiectele apropiate.

Astigmatismul

Este o ametropie de curbură. Razele de curbură ale mediilor transparente ale ochiului nu sunt egale de la un meridian la altul al dioptrilor (mai ales pentru corneea), prin urmare forma acestora nu mai este sferică, ci cilindrică. Astigmatismul este de două feluri: regulat sau neregulat. Astigmatismul regulat

este acea ametropie în care refringenta variază progresiv de la un meridian la altul. Acest tip de astigmatism este mai ușor de studiat și de corectat. Într-un dioptru astigmat imaginea unui punct nu mai este punctiformă ci este reprezentată de o dreaptă verticală și una orizontală așezate în plane diferite, prin urmare, ochiul astigmat nu obține pe retină o imagine clară a unui punct luminos. Corectarea acestui defect de vedere se face cu ajutorul **lentilelor cilindrice**. Lentila cilindrică nu are un focar punctiform ca cea sferică ci o dreaptă focală. Această dreaptă focală poate fi considerată ca fiind formată din focarele a numeroase lentile convergente elementare supraetajate ca o coloană și formând o lentilă cilindrică. Adeseori, astigmatismul este însoțit și de o altă ametropie.

În general, pentru corectarea unei ametropii se așează subiectul în fața unei scări de acuitate vizuală - Harta Snellen (numită astfel după Hermann Snellen care a creat-o în 1862, Fig. 23). Harta Snellen conține așa numitele **optotipuri** care reprezintă simboluri standardizate cum ar fi litere, numere, forme geometrice de diferite mărimi.

Ele prezintă o geometrie simplă și anume:

- grosimea liniilor este egală cu distanța dintre spațiile albe dintre linii și cu diametrul cercului din care se formează litera C

- înălțimea și grosimea optotipului este de cinci ori mai mare decât grosimea unei linii.

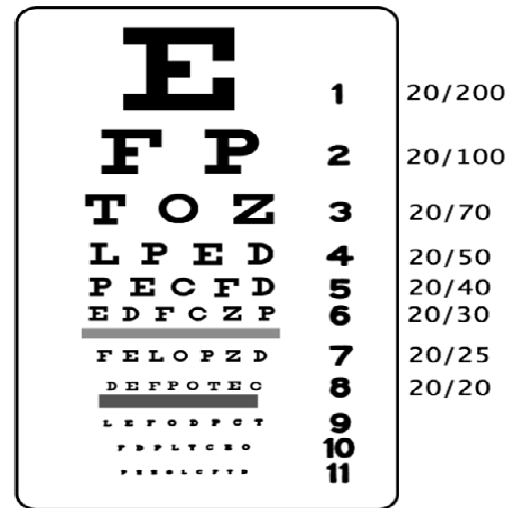


Fig.23 Harta Snellen folosită pentru testarea acuității vizuale

Acuitatea vizuală reprezintă raportul dintre distanța la care se află subiectul și distanța la care cel mai mic optotip identificat subîntinde un unghi de 5 minute. Linia 20/20 este cea mai mică dintre linii care poate fi vizualizată de un subiect sanatos aflat la o distanță de aproximativ 6 m. Pacientul își acoperă ochiul care nu urmează să fie examinat, apoi se fixează pe rând, într-un ochelar special, cu locuri pentru lentilă, câte o lentilă divergentă sau convergentă. În funcție de lentila cu care subiectul vede mai bine se stabilește diagnosticul, respectiv tipul ametropiei (miopie, hipermetropie), apoi se dau lentile de convergență pozitivă sau negativă până ce subiectul citește bine de aproape sau vede bine de departe. Lentila care redă subiectului facultatea de a vedea normal compensează ametropia și are convergența numeric egală și de semn contrar cu aceasta.

Utilizarea laserelor pentru corectarea defectelor de vedere

Laserele medicale sunt folosite în oftalmologie de peste 20 de ani pentru corectarea defectelor de vedere (de exemplu, în cataracta secundară, în unele forme de glaucom, în retinopatia diabetică și unele afecțiuni ale fundului de ochi). Razele ultraviolete sparg joncțiunile dintre celulele corneei cu o precizie de 0,25 de microni și, în acealși timp, lumina nu influențează temperatura țesuturilor din jur. Prima intervenție pe ochi uman s-a realizat în 1988 în Germania și s-a numit PRK (keratectomie fotoreactivă). De atunci, este perfecționată încontinuu, pentru corecția miopiei, hipermetropiei și astigmatismului. Tehnica LASIK (laser assisted *in situ* keratomileusis) este mai eficace în viciile de refracție severe. Această tehnică este complet nedureroasă și are un efect spectaculos, după câteva ore de la operație, pacientul este complet refăcut.

În esență, în timpul unei intervenții, raza laser, ghidată de computer, șlefuieste corneea, modelând curbura acesteia, în funcție de tipul și gradul viciului de refracție. Cu o precizie extraordinară, laser-ul înlătură straturi ultrasubțiri de țesut. În cazul miopiei, de exemplu, laser-ul scurtează axul ochiului, aplatizând corneea; în cel al hipermetropiei, laserul îl alungește, îndepărtând țesutul de la periferie. Pentru astigmatism, se îndepărtează o suprafață eliptică dintr-un anumit meridian.

Biofizica recepției vizuale

Structura retinei

Retina (Fig. 24) are o suprafață de cca 2 cm^2 , o grosime de $350 \mu\text{m}$ și este alcătuită din 5 tipuri de celule fiecare îndeplinind un alt rol, dispuse în straturi succesive (Fig. 24, săgeata din stânga figurii indică sensul luminii). Ultimele în calea luminii sunt *celulele epitelului pigmentar*, urmate de *celulele fotoreceptoare* cu conuri și bastonașe care conțin pigmentii fotosensibili și sunt orientate cu extremitatea fotosensibilă înspre coroidă. Fotoreceptorii nu sunt distribuiți uniform în retină, în zona nervului optic sunt absenți și de aceea zona este numită *pata oarbă*.

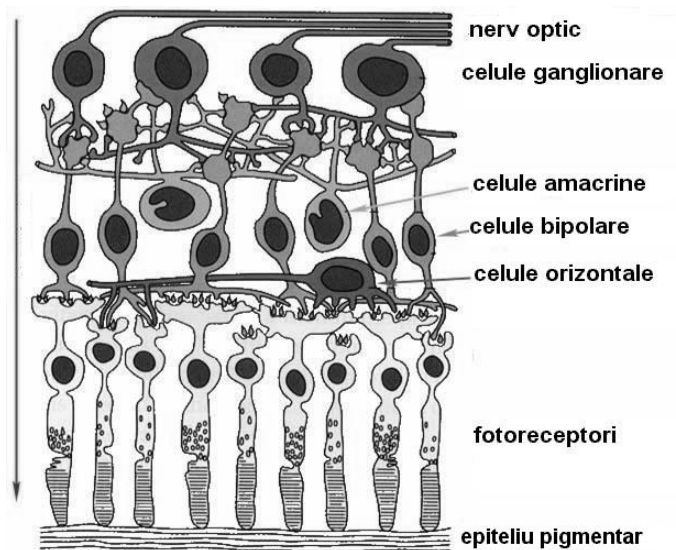


Fig. 24 Structura retinei

Urmează apoi *celule orizontale*, *celulele bipolare*, *celulele amacrine* și *celulele ganglionare* ale căror axoni alcătuiesc nervul optic.

Structura și funcția celulelor fotoreceptoare

Celulele fotoreceptoare realizează funcția de traducere a semnalului vizual (radiația electromagnetică din domeniul vizibil) în semnal electric.

Celula cu bastonaș (Fig. 25 a)) este alcătuită din două părți: *segmentul extern (SEB)*, sub formă alungită, cilindrică, de bastonaș, și *segmentul intern (SIB)*. Segmentul extern este fotoreceptorul propriu-zis, cel intern are rol metabolic.

Bastonașele asigură *vederea scotică* (la lumină crepusculară), având o mare sensibilitate. Segmentul extern al bastonașelor conține până la 2000 de discuri membranare suprapuse. Membrana discurilor este formată din subunități membranare (cca 5 nm diametru) în centrul cărora se găsește proteina transmembranară numită rodopsină (pigmentul fotosensibil) alcătuită din *opsină* și *retinal* (aldehida vitaminei A).

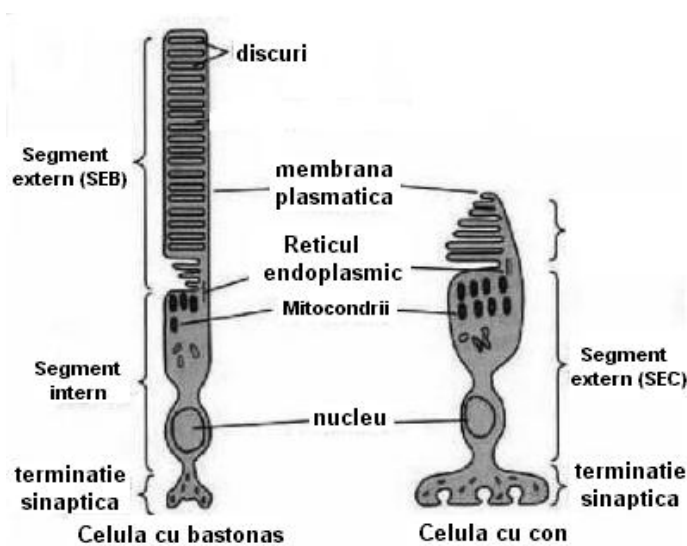


Fig. 25 Celulele cu bastonaș a) și cu con b)

La întuneric, prin canale numeroase din membrana bastonașului, care este polarizată

negativ, are loc influxul pasiv de Na și Ca numit *curent de întuneric* (Fig. 26), ionii de Na neacumulându-se deoarece sunt evacuați pe măsură ce intră de către pompele ionice din segmentul intern al bastonașului.

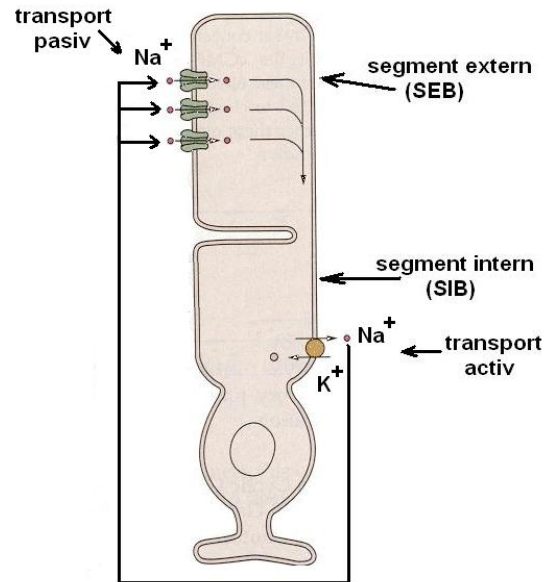


Fig. 26 Curentul de întuneric

În prezența luminii, rodopsina se activează (Fig. 27) și, ca urmare, se închid canalele de Na (Ca), ducând la dispariția curentului de întuneric și la hiperpolarizarea membranei.

În funcție de intensitatea luminii, potențialul celular poate ajunge la -80 mV. Variația de potențial duce la apariția potențialelor de acțiune de tip tot sau nimic care, prin nervul optic, ajung în scoarța cerebrală unde produc senzația vizuală.

Celulele cu conuri (Fig. 25b) permit perceperea culorilor (*vedere fotopică* – diurnă) fiind activate în condiții de luminozitate puternică. Se prezintă sub formă de con, în locul discurilor bastonașelor având o membrană faldurată. Pigmentul fotosensibil al conurilor este *iodopsina*, de trei tipuri în cazul

retinei umane: *eritrolab* (λ -570 nm), *clorolab* (λ -535 nm) și *cianolab* (λ - 445 nm). Aceste valori diferă de la o specie la alta.

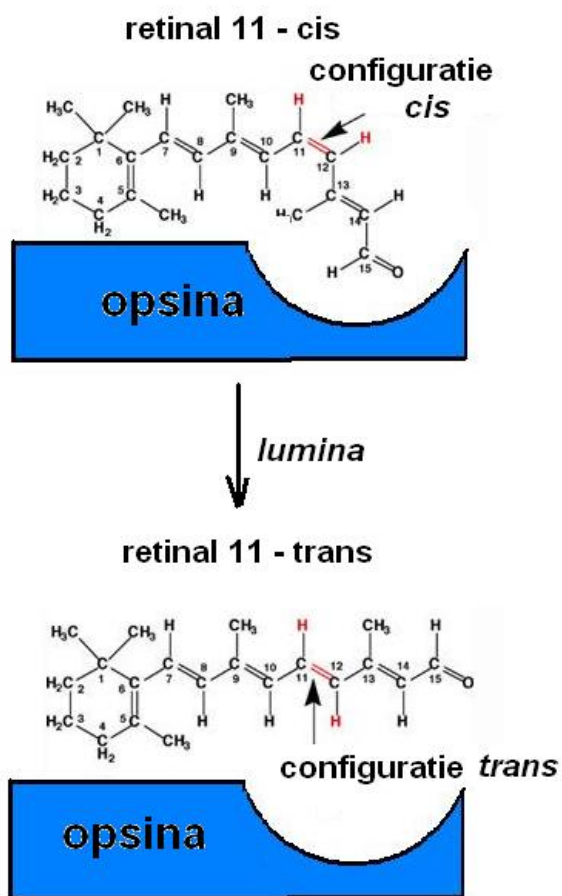


Fig. 27 Activarea rodopsinei la lumină; retinalul 11-cis trece în retinal 11-trans

Discromatopsiile

Discromatopsia este o anomalie a vederii, cauzată de absența sau de dereglarea funcțională a celulelor fotoreceptoare. Persoanele cu discromatopsie prezintă tulburări ale vederii colorate. Lipsa percepției culorilor, *acromatopsia*, este rezultatul lipsei conurilor. Majoritatea persoanelor cu probleme de percepție a culorilor pot identifica anumite culori, în foarte puține cazuri pacienții nefiind capabili să recunoască nici o culoare, ci văd doar nuanțe de gri, alb și negru. *Dicromazia*

constă în perceperea a două culori: dacă pacientul nu percepe culoarea roșie avem de-a face cu *protanopie*, dacă nu este perceput verdele ne referim la acel tip de dicromazie ca fiind *deuteranopie*, iar în cazul absenței culorii albastre avem *tritanopie*. Conform *teoriei tricromatice a vederii colorate* (Young, Maxwell, Helmholtz) orice culoare se poate obține prin combinarea a trei culori.

Discromatopsiile sunt, în general, transmise genetic caz în care ambii ochi sunt afectați, aceste tulburari fiind ireversibile și netratabile, neputându-se însă agrava.

Discromatopsiile pot fi dobândite ca urmare a unor boli (de exemplu, cataracta care constă în opacifierea parțială sau totală a cristalinului) și traumatisme ale ochiului sau pot să apară cu înaintarea în vârstă. Discromatopsiile dobândite pot fi unilaterale sau asimetrice (unul dintre ochi este afectat mai puternic). Acestea pot fi tratate, în funcție de cauză, prin intervenție chirurgicală (în cazul în care cataracta a produs discromatopsia respectivă), prin oprirea medicamentelor care au cauzat tulburarea de vedere, prin recomandarea folosirii lentilelor de contact colorate sau a lentilelor antireflex (celulele cu basonaș funcționând mai bine la lumină mai slabă).

Testarea pacienților constă în recunoașterea culorilor și a denumirii acestora: subiectului i se cere să privească un așa-numit "pattern" care este un pătrat cu puncte colorate care realizează o literă sau un număr și să recunoască imaginea alcătuită din punctele

colorate. Cei cu vedere cromatică intactă pot recunoaște aceste pattern-uri, persoanele suferind de discromatopsie nu vor recunoaște sau vor identifica doar anumite litere sau cifre.

Discromatopsiile pot afecta dezvoltarea cognitivă (un copil cu rezultate slabe va trebui consultat și de un oftalmolog) dar pot limita și opțiunile profesionale.