

SVETLOBA IN VID

(seminarska naloga)



Tina Ajdovnik, geodezija uni I

RAZLIČNE OČI, RAZLIČNI NAMENI

Kljub temu, da so oči vseh živih bitij nastale iz iste praoblike, so vendar njihove oblike pojavljanja tako različne kot življenje samo zase. Poznamo oči, ki vidijo le ponoči, zopet drugačne, ki vidijo le podnevi, ter take, ki zmorejo oboje. Nekatere služijo samo za obrambo, druge za lov. Pri tem ima vsaka skupina posebne prednosti in pomanjkljivosti. Veveričine oči, recimo, ležijo ob straneh glave, zato vidi dobro naprej, ker pa so hkrati nameščene dokaj visoko, se ozira za zasledovalcem medtem, ko pleza na drevo. Nasprotno ostanejo oči rib usmerjene proti plenu, medtem ko se trup suka ali upogiba okrog sebe. Krastača, na primer, uporablja svoje oči na precej nenavaden način: njena hrana so večinoma deževniki, ki jih celo živali z dvema vrstama zob le stežka uplenijo. Če torej krastača skoči na zvijajočega se črva z gobcem, ki ima zobe le zgoraj, pri tem zapre veke in spusti oči skozi nekakšni loputi v zgornji del ustne votline tako, da zagradi plen s svojimi izredno močnimi zrkli. Za ta namen ji rabi ista skupina mišic, ki omogoča človeku, da suka oči.

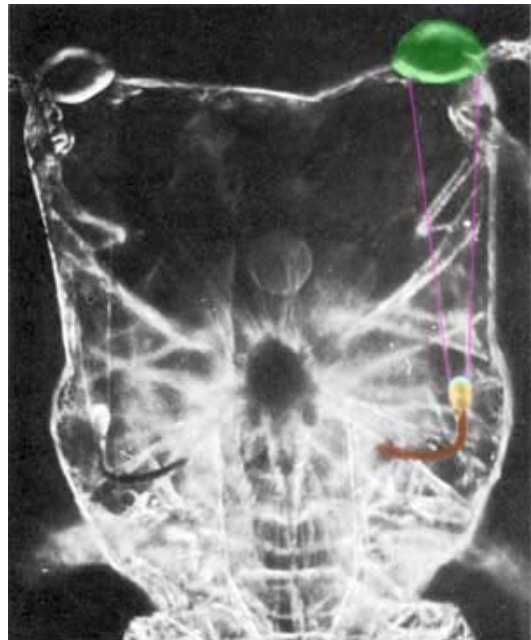
Človekove oči so po sestavi še najbolj podobne optičnemu sestavu živali, ki plezajo na drevesa ali ki lovijo. Oči večine živali, ki živijo na drevesih ali pa se po kopnem lotevajo zasledovanj, so se usmerile naprej, tako da zmorejo brez večjih težav hkrati gledati proti eni točki. Poleg tega so oskrbljene z uravnavnim ustrojem, ki jim omogoča uskladiti sprejeti sliki tako, da nastane ostra tridimenzionirana slika.

Oko sprejema ostro sliko le o tisti stvari, na katero je trenutno uprto. Oko se tako usmerja le proti majhnim odsekom vidnega sveta. S vsakim zasukom oči ali glave vstopajo drugačni predmeti v zorno polje. Vidnega sveta ne moremo zaobjeti vsega naenkrat, vedno zaznamo le zaporedje slik, to zaporedje pa oči združijo v popolno celo.

PEGA, KI VIDI

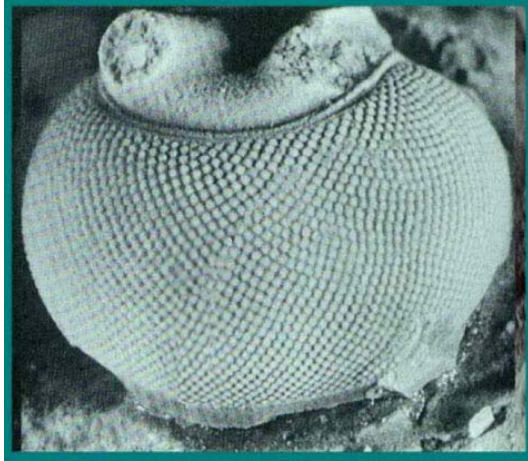
Drobna *copilia* (to je morski plankton) je najmanjše živo bitje, ki vidi slike. Mehurčkoma podobna tvora na zgornji strani sta leči, ki pošiljata svetlobo v majhno lečje znotraj njenega telesa. Notranje lečje in z njimi povezano nasekljani svetlobni receptorji se gibljejo sem ter tja kakor kakšni okrneli radarji ter pošiljajo po enem samem optičnem vodu signale v možgane (črna pega v sredini; *slika 1*). Šele ko je sem in tja premikajoč signal končan-kar traja od pol do dveh sekund-lahko možgani uspešno rekonstruirajo celotno vidno sliko.

Slika 1: okoli 25000-kratna povečava copilie. Na sliki je označena pot vidnega signala.



Med razvitimi vrstami oči so v naravi najpogostejše mrežaste. Najstarejše oko na svetu, ki se je ohranilo v okamnini, je zgrajeno kot mreža. Mrežaste oči sestavlja več sto relativno dolgih cevčic, ki so vezane v nekakšen snop. Na zunanjem koncu vsake cevčice je nepremakljiva leča, ki usmerja svetlobo proti celicam na njenem drugem koncu. Ker se ti

koželji oziroma cevčice zlahka pahljačasto razvlečejo, se očesno površje izboči, kar ustvari izredno veliko zorno polje. Vsak delček takega očesa zajame ozek izsek prizorišča ter ga prenese kot živčni impulz v možgane, kjer se izoblikuje z impulzi drugih delov mozaiku podobna slika.



Slika 2: Trilobit.



Slika 3: Slike mrežastih oči niso nikoli ostre. Kljub tej pomanjkljivosti, take oči odlično zaznavajo premike. Oko, ki pokriva večino glave, je sestavljeno iz dveh vrst različno velikih cevčic. Večje, ki se nahajajo na zgornji strani oči, ustvarjajo splošno in nejasno sliko, manjše, ki so gostejše in na spodnji strani glave, pa omogočajo bolj podrobno gledano okolje.

Iz te raznoličnosti razberemo, da so se bitja v svojem dolgotrajnem razvoju prilagajale različnim življenjskim pogojem:

- nočne živali: imajo velike, okrogle zenice, saj morajo njihove oči zajeti vsako najšibkejšo brenje.
- kača ima oko podobno ključavnici, ki ji omogoča, da vidi skozi vodoravno režo daleč naprej, skozi zaobljeno odprtino pa na desno in levo.
- mnogi prebivalci morja lahko hkrati gledajo v vse smeri, pri večini rib zasledimo oči ob obeh straneh glave, kar dokazuje, da meri kot njihovega zornega polja 360°. Zopet drugačne imajo oči na nekakšnem peclju, da jih morejo premikati sem ter tja in si zvečati zorno polje.



Sklop slik 4: Raznorazne oči živali.

Med živalmi, ki so aktivne zlasti ponoči, je zaslediti tudi drugačne vrste prilagajanja. Oči mačk, na primer, se zasvetijo v svetlobi približujočih se obseval, saj nekakšna zrcalna preobleka na ozadju posameznega očesa odbija svetlobo naprej proti viru. Mačka ima v očesu nadpovprečno množico celic, ki reagirajo na svetlobo, zanimivo pa je, da to bitje ne more razlikovati barv.

SVETLOBA in ZNANOST

Oko se odziva na svetlobo, vsako telo pa naredi svetlobo vidno. Pri tem more telo ali samo zase izsevati svetlobo, ali pa nanj padlo svetlobo odbijati.

Kaj je svetloba? Grki so o tem veliko razmišljali in prišli do različnih ugotovitev. Pitagorejska šola je učila, da vsak vidni predmet sprošča tok svetlobnih delcev, Aristoteles pa se je nagibal k teoriji, da se svetloba širi v obliki valov. Čeprav so te zamisli dolgih dvajset stoletij kasneje, ko so z izboljšanimi napravami pričeli raziskovati optične pojave, morali postopoma preoblikovati, sta ostali v veljavi nasprotujoči si stališči. Deloma so vztrajali, da je svetloba energija, ki se širi v prostoru podobno kakor drobni valovi po mirni gladini vode. Poleg tega so tudi sklepali, da oblikuje svetlobo množica posameznih delcev, podobnih vodnim kapljicam, ki jih izloča naglo iztekajoč curek. Šele v prvi polovici 20. stoletja so prišli do bolj ali manj splošno veljavnega odgovora in ob tem ugotovili, da sta obe teoriji dokaj pravilni.

Po preučevanju lastnosti svetlobe, so Grki ugotovili, da se le-ta širi premočrtno. Drugo pomembno odkritje je napravil Heron iz Aleksandrije, ko je eksperimentalno z zrcali. Dognal

je, da se svetlobni žarek z zrcala odbije v kotu, ki je enak odbojnemu ter to, da vpadni in odbiti žarki ležita z vpadno pravokotnico v isti ravnini.



Slika 5: Sončni žarki, so nam vidni le zato, ker jih odbijajo v zraku plavajoči delci.

Leta 1620 je nizozemski matematik Willebrord Snell zanikal grško teorijo, torej da se svetloba širi premočrtno. Ugotovil je, da se svetloba v različno optično gostih sredstvih drugače lomi. Pojav je imenoval lom svetlobe ali refrakcija. Dolgo časa se je ukvarjal s tem pojavom, ter končno odkril, da obstaja zveza med vpadnim in odbojnim kotom svetlobnega žarka in stopnjo loma; tako se žarek, ki pada pravokotno v drugo sredstvo, sploh ne lomi: čim večji postane kot, tem večji je lom. Snellovim naslednikom je uspelo, da so pri prozornih snoveh izmerili lomnost v obliki lomnega količnika. Še vedno pa je ostalo odprto vprašanje, *zakaj* se svetloba sploh lomi.

Na to vprašanje je uspel odgovoriti Christianu Huygensu. Leta 1678 je pojasnil Snellova opazovanja, ter zasnoval teorijo, po kateri je lomni količnik odvisen od hitrosti, s katero svetloba prodira skozi neko snov. Predstavljal si je svetlobo kot valovni pojav in ob tem sklepal, da mora biti lomni količnik tem večji, čim počasneje prodira svetlobni žarek skozi snov.

Ko se je znanost obogatila z zakonitostjo o lomu, se je pokazalo, da se lahko izboljšajo tedaj še precej nenatančne optične naprave.

Lomni zakon ima eno pomembno zakonitost, in sicer da stopnja loma ni odvisna le od optično bolj ali manj gostega sredstva, ampak tudi od barve svetlobe same zase. Če padata moder in rdeč svetlobni žarek v istem kotu na debelo steklo, se ne lomita enako: modri žarek se namreč lomi močnejše kot rdeči. Ta pojav so razumeli šele tedaj, ko je znameniti angleški fizik Isaac Newton odkril še eno pomembno lastnost svetlobe, in sicer da vsebuje bela svetloba barve. Newton je v temni sobi usmeril tanek svetlobni pramen skozi optično prizmo ter žarke, ki so izstopili, projiciral na zaslon. Tako je nastal spektrum, ki je barvna lestvica svetlob od rdeče do vijolične. Potem je Newton pri poskusu dobljene barvne svetlobne žarke usmeril skozi drugo prizmo, ki jih je združila v prvotno belo svetlobo. Tako je dokazal, da je

bela svetloba zmes vseh spektralnih barv. Ukvarjal pa se je s še eno stvarjo: iz bele svetlobe je izločil posamezne, značilno obarvane spektralne svetlobe in dokazal, da ni mogoče nobene od teh svetlob kakor koli spremeniti.

Povzeti je mogoče, da je svetloba in z njo povezani pojavi znanstvenikom in raziskovalcem povzročala marsikatero vprašanje, na katera so se trudili odgovarjati s poskusi. Kljub vsem nadaljnjim teorijam in dognanji je na koncu vendarle obveljalo, da je svetloba elektromagnetno valovanje, ki ga zazna človeško oko. To je valovanje med približno 380 in 780 nm valovnimi dolžinami.

ČLOVEK IN OKO

Človek ne zaznava vidnega sveta le z očmi, ampak tudi z možgani. To dokazuje že spoznanje, da lahko privede poškodba možganov do popolne slepote, čeprav ostanejo oči popolnoma nepoškodovane. Za svetlobo občutljive celice v mrežnici spreminjajo svetlobne valove v signale, ki jih živci vodijo v možgane. Oko je najpopolnejši optični instrument, ki sliko zunanjega sveta s pomočjo vidne poti prenaša v možganske centre, kjer nastaja slika kakršno zaznamo.

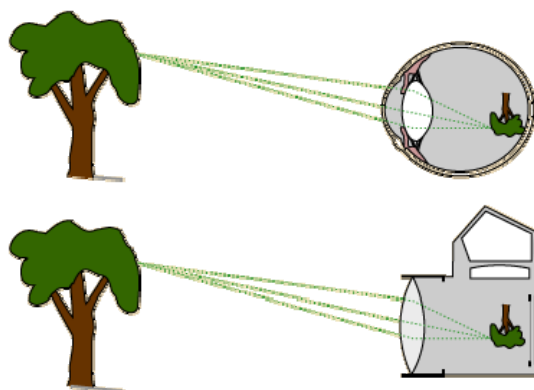
Zaznavanje barv

Bistvo človeškega zaznavanja svetlobe je v delovanju čutnih celic za svetlobo, čepnic in paličic. Čepki so celice, ki reagirajo na različne valovne dolžine svetlobe, na barve. Delimo jih glede na barvo, ki jo zaznavajo, področja občutljivosti pa se prekrivajo, a imajo ločene vrhove. Ko pride v očesu do vzburljenja, pošiljajo čepki po vidnem živcu signale, možgani pa jih nato združijo iz vseh vzburljenih čepkov in jih prevedejo v barvo.

Bela svetloba vzburlja vse tri vrste čepnic, kar možgani interpretirajo kot belo barvo svetlobe. Zanimivo je tudi, da lahko čepnice zaznajo mnogo večjo količino vpadnih žarkov kot paličice, zato ob manjši osvetljenosti slabo zaznavamo barve.

Kako vidimo?

Pot svetlobnih žarkov poteka skozi roženico, zenico, lečo in steklovino, da pride do mrežnice. Pri tem se žarki lomijo, tako da nastane slika gledanega predmeta na mrežnici zmanjšana in obrnjena, ostro in jasno pa vidimo le predmet, katerega slika nastane točno na mrežnici. Pri gledanju oddaljenih predmetov se leča splošči in taka manj lomi svetlobne žarke, bližje kot pa je predmet, tem bolj se leča upogne in močneje lomi svetlobo.

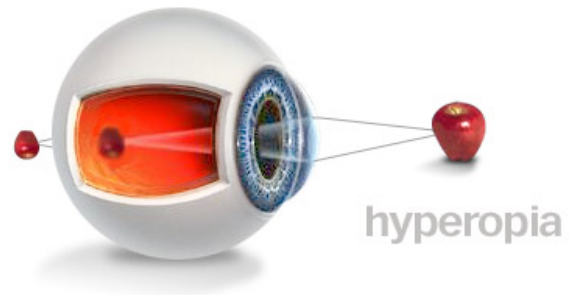


Slika 6: Zmanjšana in obrnjena slika pri gledanju predmeta; - oko (zgoraj)
- fotoaparati (spodaj)

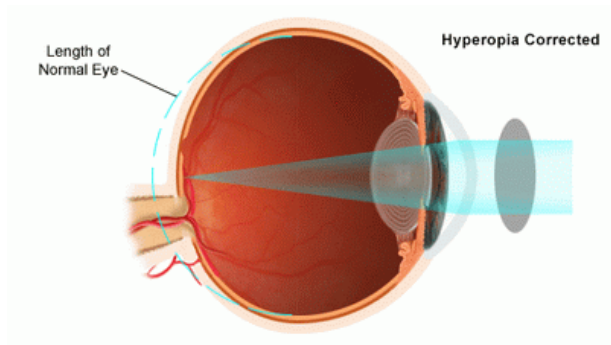
MOTNJE VIDNE OSTRINE

- **DALJNOVIDNOST ALI HIPERMETROPIA**

Daljnovidnost je prešibko lomno stanje očesa, pri čemer se žarki ne združijo na mrežnici, ampak za njo. Na mrežnici se pojavi tako imenovani razpršilni krog, katerega žarišče leži za mrežnico.



Slika 7: Slika bližnjega predmeta pri daljnovidnem človeku nastane za mrežnico.



Slika 8: Daljnovidnost popravimo z dodatno zbiralno lečo.

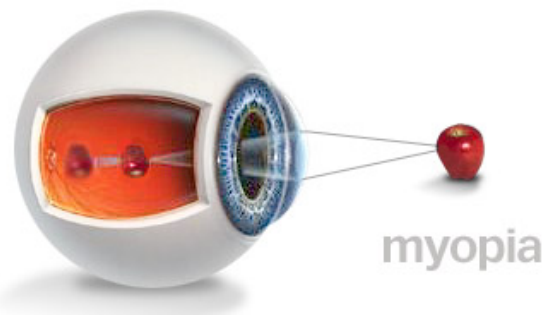
Ta motnja vidne ostrine človeku onemogoča, da gleda bližnje predmete.

Daljnovidnost je napaka očesa, da predmetov v daljavi ne vidimo jasno, če ne prilagodimo leče. Vzrok daljnovidnosti je v večini primerov v njegovi osi prekratko zrklo.

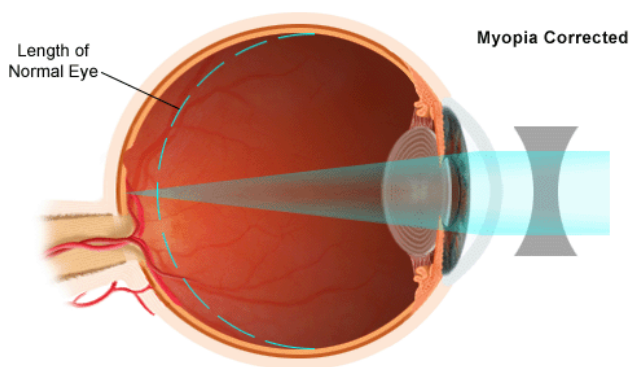
Ob rojstvu je vsak človek daljnoviden, pozneje pa ta napaka vidne ostrine zmanjša in ponavadi popolnoma izgine.

- **KRATKOVIDNOST ALI MIOPIA**

Pri kratkovidnosti je moč loma svetlobnih žarkov v očeh prevelika, kar je posledica podaljšanega zrkla ali predebele leče. Kratkovidnost je napaka očesa, pri kateri se žarki zberejo pred mrežnico in ne na njej, in jo dosežejo, ko se že razhajajo, zato je slika predmeta nejasna.



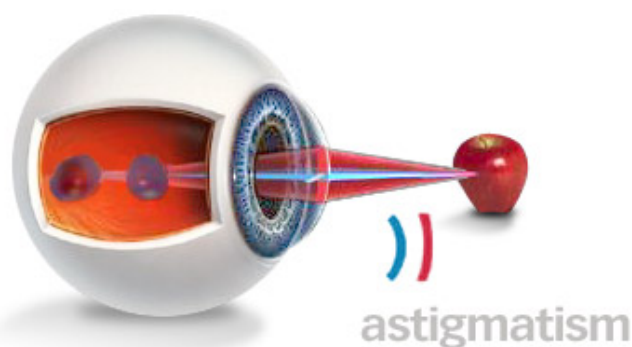
Slika 9: slika predmeta pri kratkovidnem gledanju



Slika 10: Kratkovidnost popravimo z dodatno razpršilno lečo.

- **UKRIVLJENOST ROŽENICE ALI ASTIGMATIZEM**

Pri tej motnji vidne ostrine gre za neenakomerno ukrivljenost roženice, kjer se zato svetloba pri prehodu preko roženice uklanja pod dvema kotoma in se projecira na dve različni mesti na očesni mrežnici kar povzroča neostro sliko. Astigmatizem sam po sebi ni bolezen in ne pomeni, da je takšno oko slabše, ampak pomeni, da je roženica nekoliko nepravilno oblikovana. Ukrivljenost roženice je na splošno izredno pogosta in v določeni meri prisotna skoraj pri vsakem očesu vendar pa je v večini primerov ne povzroča težav.



Slika 11: Slika predmeta pri astigmatizmu

Vzrok nastanka motnje ni poznan, pogosto je prisotna že ob rojstvu lahko pa se razvije tudi kasneje, v nekaterih primerih se lahko pojavi tudi po poškodbi očesa, pri nekaterih obolenjih roženice, ali celo po določenih kirurških posegih na očesu. Zelo pogosto je astigmatizem prisoten v kombinaciji s kratkovidnostjo ali daljnovidnostjo. Ljudje z nizko stopnjo astigmatizma tega sploh ne opazijo ali pa le nekoliko neostro vidijo določen del slike tako na blizu kot na daleč.

Pri višjih stopnjah ukrivljenosti roženice je slika, ki jo vidimo lahko nekoliko izkrivljena, podobno kot če se pogledamo v ukrivljeno ogledalo.

- **BARVNA SLEPOTA**

Je nezmožnost zaznavanja razlik med nekaterimi ali vsemi barvami, ki jih zaznava večina.

Viri in literatura:

- [1] Mueller, Conrad: *Svetloba in vid*. Mladinska knjiga, Ljubljana 1970
- [2] <http://vidim.si/unlimitpages.asp?id=8>
- [3] <http://www.richardgregory.org/papers/copilia/curious-eye-copilia.pdf>
- [4] <http://images.google.si/imgres?imgurl=http://ebiomedia.com>
- [5] <http://forum.kvarkadabra.net/viewtopic.php?f=16&t=2017>
- [6] <http://www.cas.vanderbilt.edu/bsci111b/eye/supplemental.htm>
- [7] <http://wapedia.mobi/sl/Okno>
- [8] <http://www.gea-on.net/isci.asp?besede=muha>
- [9] http://med.over.net/za_bolnike/bolezni_clanki/ocesne_napake_kratkovidnost.htm
- [10] <http://sl.wikipedia.org/wiki/Vid>