

Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani
Laboratorij za razsvetljavo in fotometrijo
Izbirni predmet - 10142

Svetlobna tehnika

Svetloba in vid

predavatelj
prof. dr. Grega Bizjak, u.d.i.e.

Svetloba in človek

razsvetljáva -e ž () glagolnik od razsvetljevati

razsvetljeváti -újem nedov. (á) 1. delati,
povzročati, da postane kaj svetlo, vidno

víd -a m () 1. čut za zaznavanje svetlobnih
dražljajev

svetlôba -e ž (ó) 1. kar omogoča, da so
predmeti vidni

okó očesa s, v pomenu parni organ vida mn.
očí ž () 1. čutilo za vid

Svetloba je življenje



Če bi sonce
ugasnilo, bi
življenje na
zemlji izumrlo

Svetloba
Toplota

Sonce kot božanstvo



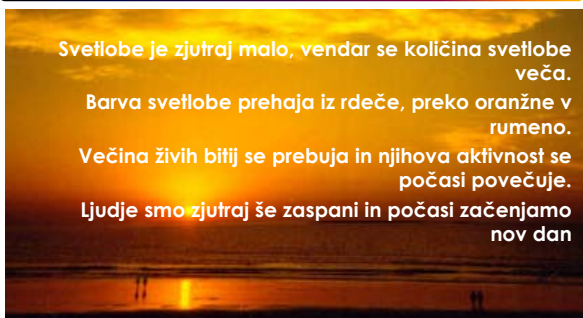
V strahu, da bo sonce in z njim svetloba lepega dne izginila, so naši predniki sonce častili kot božanstvo

Ritem svetlobe je ritem življenja



Svetloba
(sonca)
ima svoj
dnevni in
letni ritem.

Ritem svetlobe: jutro



Svetlobe je zjutraj malo, vendar se količina svetlobe veča.
Barva svetlobe prehaja iz rdeče, preko oranžne v rumeno.
Večina živih bitij se prebuja in njihova aktivnost se počasi povečuje.
Ljudje smo zjutraj še zaspani in počasi začnemo nov dan

Ritem svetlobe: dan

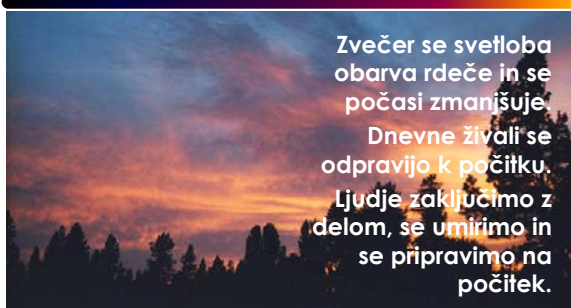


Svetloba dneva je
močna in bela.

Vsi dnevni
organizmi so na
višku moči.

Ljudje smo z veliko
elana sredi dela.

Ritem svetlobe: večer



Zvečer se svetloba
obarva rdeče in se
počasi zmanjšuje.

Dnevne živali se
odpravijo k počitku.

Ljudje zaključimo z
delom, se umirimo in
se pripravimo na
počitek.

Ritem svetlobe: noč



Ponoči je svetloba medla in
brezbarvna.

Življenje se je, razen redkih
izjem, umirilo in počiva.

Ljudje s počitkom nabiramo
moči za nov dan.

Vpliv svetlobe na človeka

PSIHA

VID

ZDRAVJE

Kako vpliva svetloba na človeka?

ČUSTVA

POČUTJE

RAZPOLOŽENJE

Vidna in nevidna svetloba



Svetloba nam omogoča uporabo enega izmed čutil - **VID**

Sončne žarke, ki se širijo med drevesi, vidimo le, ker jih odbijajo v zraku plavajoči delci megle. Drugače bi ostali našim očem nevidni.

Svetloba je glavni vir informacij



Svetloba vpliva na naše zaznavanje okolja

Preko 80% informacij iz okolja dobimo preko vida

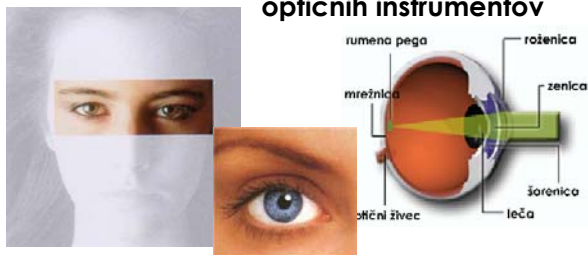
Kako se počutimo, če ne vidimo?



Kaj vse nam vid omogoča:
Pisni jezik, skice, formule, načrti, fotografije,

Človeško oko - organ vida

Človeško oko, eden najpopolnejših
optičnih instrumentov



Človeško oko kot fotografski aparat

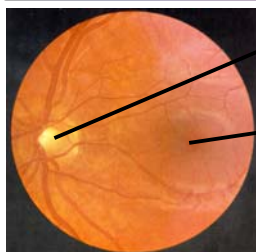


Zenica, očesna leča
in mrežnica delujejo
podobno kot:

zaslonka, leča in film
pri fotografskem
aparatu



Mrežnica očesa



Slepa pega

Rumena pega
(brez žilnic, ki bi
poslabšale ostrino
vida)

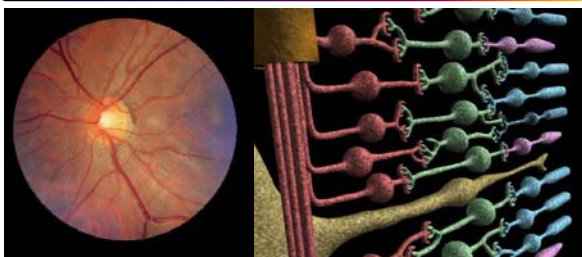
Mrežnica očesa vsebuje fotoreceptorje, ki so občutljivi na svetlobo.

Slepa pega



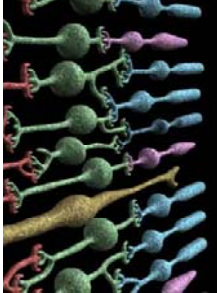
Zapremo levo oko in z desnim očesom opazujemo jabolko. Sliko približujemo in kar naenkrat pomaranča izgine. Njena slika se namreč nahaja na slepi pegi.
(premer 2 cm, razdalja 12 cm)

Fotoreceptorji v očesu



Fotoreceptorji v očesu vpadlo svetlobo pretvorijo v impulze, ki jih živci vodijo v možgane.

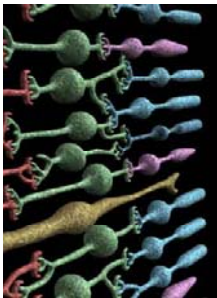
Čepnice in paličnice



Čepnice

- 7.000.000 čepnic v povprečnem očesu.
- Manj občutljive na svetlobo
- Ločijo barve.
- Razporejene so predvsem okoli rumene pege.
- Z njimi gledamo, ko je svetlobe dovolj - **fotopski vid**.

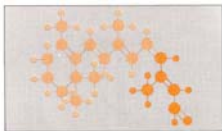
Čepnice in paličnice



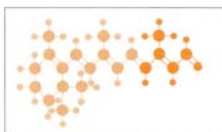
Paličnice

- 130.000.000 paličnic v povprečnem očesu.
- Bolj občutljive na svetlobo
- Ne ločijo barve.
- Razporejene so bolj ob robu mrežnice.
- Z njimi gledamo, ko je svetlobe malo - **skotopski vid**.

Čepnice in paličnice

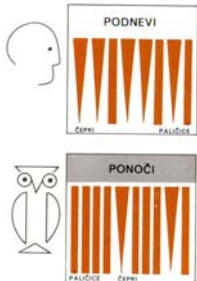


V paličnicah se nahaja pigment rodopsin, ki je sestavljen iz dveh delov: opsina in retinena. Pod vplivom svetlobe se retinen premakne in omogoči kemičnim snovem, da vdvo v opsin in tako začno oddajati živčnim celicam akcijske tokove.



Rodopsin je rdeče barve in se pod vplivom svetlobe razbarva.

Čepnice in paličnice



Razporeditev čepnic in paličnic v centralnem delu očesa (rumeni pegi in bližnji okolici), kaže na to, da smo ljudje prilagojeni življenju in gledanju podnevi.

Čepnice in paličnice



Podnevi gledamo s čepnicami, ki so sicer manj občutljive, vendar ločijo barve.



Ponoči, ko ni dovolj svetlobe za čepnice, gledamo s paličnicami. Te so bolj občutljive, vendar ne ločijo barv.

Zato so ponoči vse krave črne.

Čepnice in paličnice



Pokrajina, ki podnevi izgleda takole, ...

Čepnice in paličnice



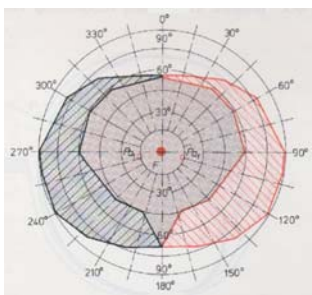
... je ponoči videti precej drugačna

Lastnosti človeških oči



Vidno polje
Občutljivost
Ostrina
Adaptacija
Akomodacija
Globinski vid
Aberacija

Vidno polje



Maksimalno vidno
polje:

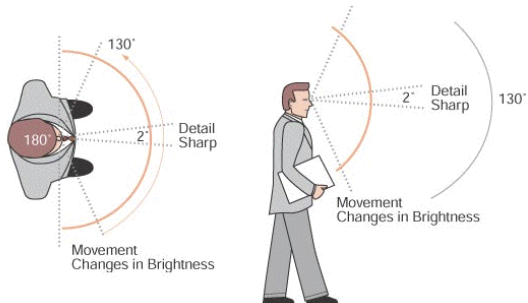
Vodoravno:

180 ° - 190 °

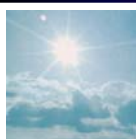
Navpično:

120 ° - 130 °

Vidno polje



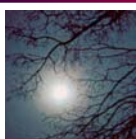
Svetlobna občutljivost



Dnevna svetloba:
svetlosti od
 10 cd/m^2
do 10^{-4} cd/m^2

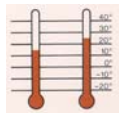


Cestna
razsvetljava
ponoči:
svetlosti
od 10^{-2} cd/m^2
do 10 cd/m^2



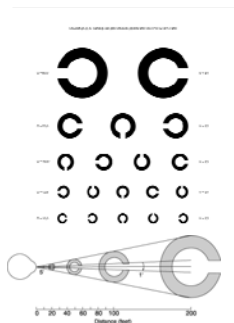
Noč z mesečino:
svetlosti
od 10^{-6} cd/m^2
do 10^{-2} cd/m^2

Zaznamo
svetlosti
manjše od
 10^{-6} cd/m^2



Statični kontrast (brez adaptacije) je 1:100;
dinamični kontrast (z adaptacijo) je 1:1.000.000.

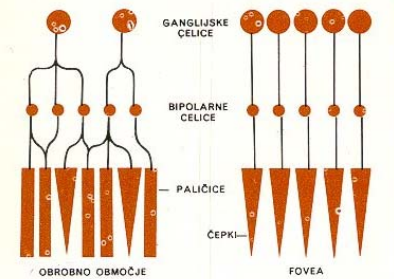
Ostrina vida



Sposobnost
razločevanja
dveh blizu skupaj
ležečih
predmetov.

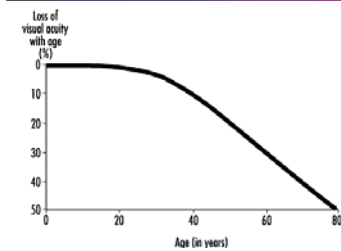
Tisti, ki ima ostrino vida 1, na
razdalji 5 metrov še loči
predmete, ki so med seboj
oddaljeni 3 mm.

Ostrina vida



Čepnice v rumeni
pegi omogočajo
največjo ločljivost
vida zaradi boljših
povezav z
ganglijskimi
celicami.

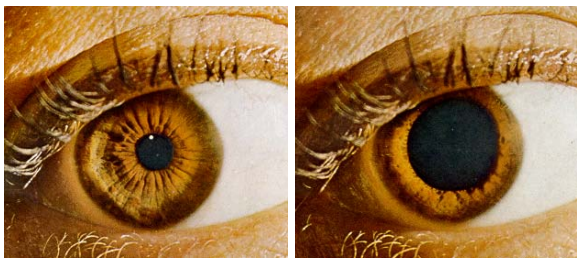
Ostrina vida



**Ostrina
vida
z leti
pada!**

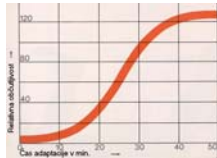
Največjo ostrino vida omogočajo gosto posejane
čepnice v rumeni pegi

Adaptacija



Adaptacija je sposobnost
prilagajanja na različne svetlosti okolja

Adaptacija



Za adaptacijo je potreben čas!
Adaptacija na svetlo je hitrejša,
adaptacija na temno pa precej
počasnejša (do 1 ure)



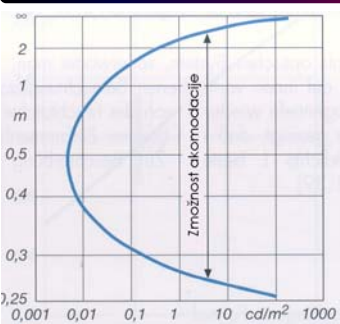
Adaptacijo omogoča oženje
in širjenje šarenice, ki deluje
podobno kot zaslonka pri
fotografskem aparatu.

Akomodacija

Akomodacija je sposobnost ostrega
videnja različno oddaljenih predmetov



Akomodacija



Razdalja, na
katero se oči
lahko
akomodirajo, je
odvisna od
svetlosti, na
katero so
prilagojene.

Globinski vid

Globinski vid je sposobnost razločiti razdaljo med dvema različno oddaljenima predmetoma in je pri gledanju z obema očesoma neverjetno dober.

Na razdalji 1 m ločimo razliko do 0,4 mm

Na razdalji 10 m ločimo razliko do 4,0 cm

Na razdalji 100 m ločimo razliko do 3,7 m

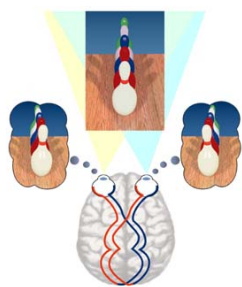
Na razdalji 1000 m ločimo razliko do 275 m

Pri razdalji opazovanja večji od 1300 m se globinski vid izgubi.

Globinski vid

Globinski vid uporablja:

- informacije **dveh** oči ali
- informacije **enega** očesa



Informacije s pomočjo dveh oči:

- "stereo" slika
- konvergenca
- "stereo" sence

Globinski vid



Globinski vid



Globinski vid



Globinski vid



Ko ladja
Bremen
zapluje na
odprto morje,
je videti
precej
mogočno.

Globinski vid



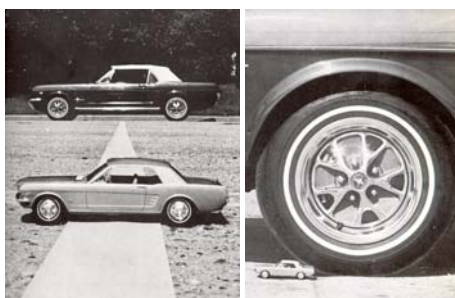
Še posebej, če ne vidimo cele slike.

Globinski vid



Avtomobila na sliki sta videti enako velika, moti le bela črta, ki se zožuje. Ali pa avtomobila vseeno nista enako velika?

Globinski vid



Globinski vid

Sposobnost globinskega vida razvijemo že zelo zgodaj.

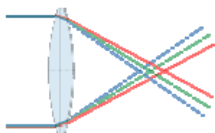


Globinski vid



Aberacija

Različni lomni količniki barvnih svetlob povzročajo:



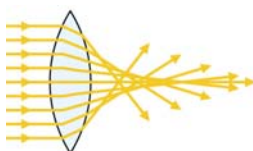
barvno ali kromatično aberacijo: neoster vid barvnih predmetov ali težave pri določevanju oddaljenosti predmetov različnih barv

Aberacija

Poleg kromatične poznamo tudi sferično aberacijo:



žarki, ki potujejo skozi lečo na njenem robu imajo gorišče bližje leči kot tisti, ki potujejo skozi sredino leče. Pojav je izrazitejši v temnem okolju



Delovanje očesa - vid

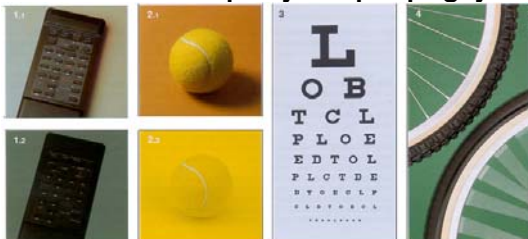
Človeško oko loči sledeče:

- Razliko v svetlosti
- Razliko v barvi
 - Obliko
- Premike oziroma gibanje
 - Razdaljo

Vendar le, če je dovolj svetlobe. Pri več svetlobe človeško oko deluje bolje

Delovanje očesa - vid

Za uspešno videnje mora biti izpolnjenih pet pogojev.



Minimalna svetlost



Opazovanih
predmetov
in okolice

Podnevi brez težav opazimo podrobnosti na predmetih.
V mraku se zdijo predmeti neostri in zabrisani.

Minimalni kontrast

V svetlosti ali barvi



Kontrast v svetlosti pri isti barvi. Kontrast v barvi pri isti svetlosti.

Minimalna velikost opazovanih predmetov oziroma podrobnosti

Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo, kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše.

Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše. Pisava mora imeti neko minimalno velikost, da še lahko beremo kaj piše.

Zadosten čas za adaptacijo

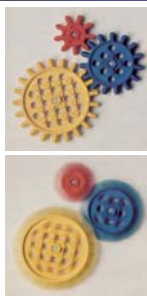


Oči se morajo prilagoditi na nove svetlobne razmere.

Naredite poskus:
Iz svetle sobe stopite v temno.

Najprej ne vidite nič, po določenem času se pojavijo silhete predmetov, nato grobe podrobnosti in šele po dolgem času lahko ločite detajle.

Zadosten čas opazovanja



Predmet mora biti zadosti dolgo v vidnem polju, da ga opazimo.

Pri mirujočih predmetih lahko opazimo vsako podrobnost.

Pri hitro se gibajočih predmetih lahko razločimo le osnovne oblike.

Zelo hitrih predmetov (krogla iz puške) ne moremo videti.

Moteči vplivi svetlobe

Tako kot povsod, tudi pri svetlobi ni vse samo dobro. Svetloba ima lahko tudi negativne učinke:

Bleščanje, Odsev (refleksno bleščanje), Senčnost, Dvojna svetloba, Utripanje.

Bleščanje

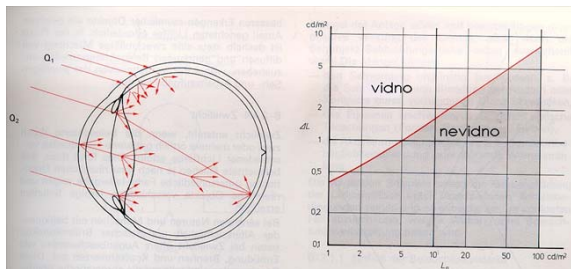
Oči se adaptirajo na srednjo svetlost okolice tako, da ima opazovani objekt ravno toliko (od okolice) različno svetlost, da ga še opazimo.

Če se v vidnem polju pojavi zelo svetel objekt, povzroči "njegova" svetloba, ki se razprši v očesu (zastirajoča svetlost), dvig adaptacijskega nivoja in zato predmeta ne opazimo več.

Govorimo o fiziološkem bleščanju, katerega vpliv na zmanjšanje vidnih sposobnosti se da izmeriti (zastirajoča svetlost znaša 1-2% svetlosti dela vidnega polja v katerem se nahaja opazovani predmet).



Bleščanje



Bleščanje

Če je zastirajoča svetlost, ki jo povzroča bleščeči predmet, manjša od 1% svetlosti v delu vidnega polja, kjer se nahaja opazovani predmet, ne zmanjša vidne sposobnosti.

Vendar tak predmet še vedno moti opazovalca. Ker ima večjo svetlost od opazovanega predmeta, nenehno priteguje pozornost in s tem povzroča hitrejšo utrujenost in manjšo koncentracijo.

V tem primeru govorimo o psihološkem bleščanju.

Bleščanje



Kaj opazite najprej?

Svetilke na stropu, ki bleščijo in tako pritegnejo našo pozornost, hkrati pa motijo pri opazovanju ostalih predmetov na sliki.

Odsev (refleksno bleščanje)

Gre za bleščanje, ki ga povzroča svetloba, ko se odbije od gladkih (zrcalnih) predmetov.

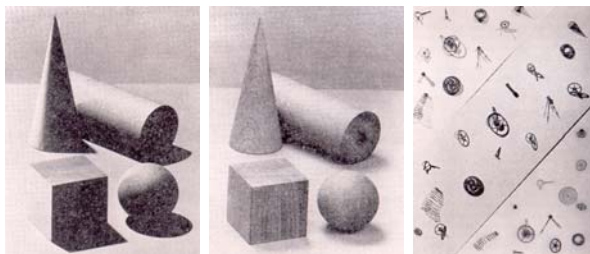


Sence

Sence omogočajo lažje zaznavanje tridimenzionalnih predmetov. Vendar, če so pretemne, lahko popačijo sliko predmeta.



Sence



Dvojna svetloba



O dvojni svetlobi govorimo, ko imamo v prostoru dva prostorsko ločena vira z različnima barvama svetlobe. Zaradi tega je videz predmeta in senc odvisen od trenutnega položaja predmeta v prostoru.

Dvojna svetloba povzroča utrujenost, pekoče oči in glavobol.

Utripanje svetlobe

Če jakost svetlobe ni konstantna ampak svetloba utripa, povzroča podobne težave kot dvojna svetloba.

Poleg tega se lahko pojavi tudi **stroboskopski efekt**, ki onemogoča pravilno zaznavanje premikajočih ali vrtečih se predmetov.



Dojemanje videnega

To kar vidijo (dojamejo) naši možgani ni vedno enako tistemu kar vidijo naše oči.



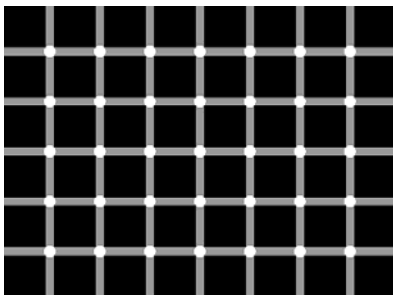
Dojemanje je proces pri katerem možgani iz senzoričnih informacij sestavijo "sliko" naše okolice. Rezultat ni odvisen samo od posameznih pridobljenih informacij ampak tudi od izkušenj iz preteklosti, izobrazbe, kulturnega okolja...

Dojemanje videnega



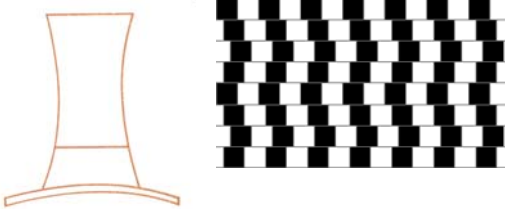
Kaj je bilo narobe s sliko na prejšnji strani?

Dojemanje

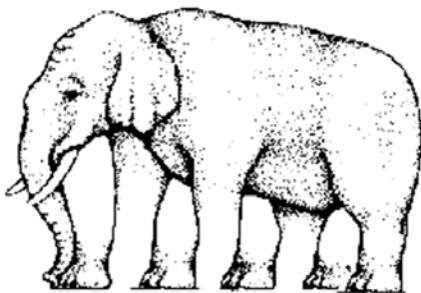


Dojemanje

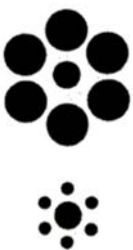
Stalnost zaznavanja pa vpliva še na nekatere napačne zaznave.



Dojemanje



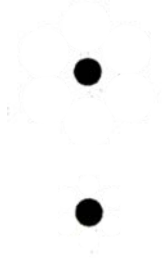
Dojemanje



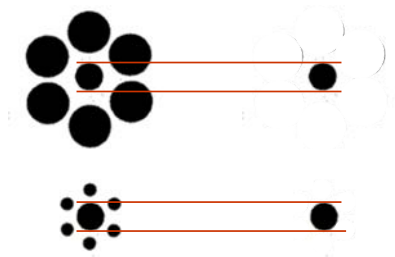
Ali sta kroga
na sredini
enako velika?

Dojemanje

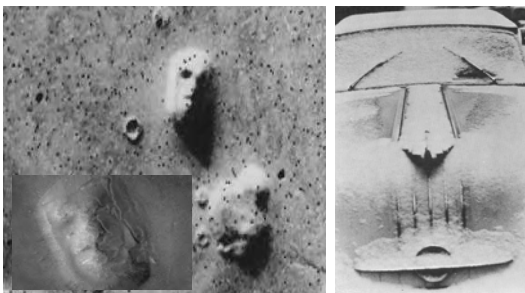
Ali sta ta dva
kroga enako
velika?



Dojemanje



Dojemanje

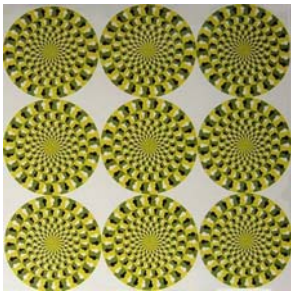


Dojemanje



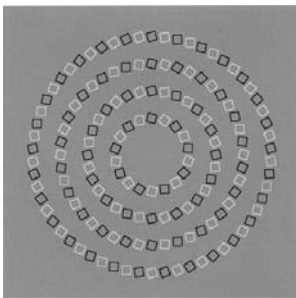
Ali bo fant na
sredi skočil v
bazen ali
počne kaj
drugega?

Dojemanje



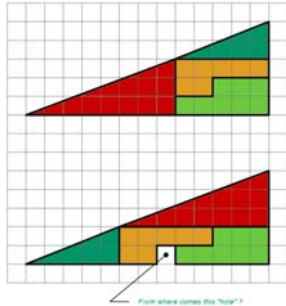
Kateri krogi se
vrtijo v desno
in kateri v
levo?

Dojemanje



Ali je na sliki
spirala ali ...?

Dojemanje



Kam je
izginil en
kvadrat?

Dojemanje - stalnost zaznavanja

Poznamo različne vrste stalnosti
zaznavanja:



- oblike
- velikosti
- barve
- svetlosti
- razdalje
- lokacije

Stalnost zaznavanja - barve



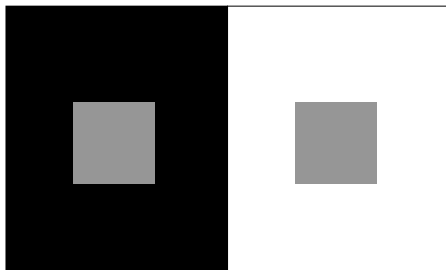
Vsi vemo: lonček
je samo ene
barve, del
izgleda svetlejši,
ker je na soncu,
temnejši del pa v
senci.

Dojemanje - stalnost zaznavanja

Sposobnost stalnosti zaznavanja je učinkovita le, če je opazovani predmet enako osvetljen kot okolica.

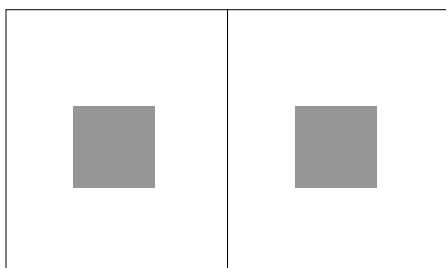
Če bi na predmet usmerili omejen svetlobni snop, ki osvetljuje le predmet, bi bila ocenjena odsevnost večja kot je v resnici.

Stalnost zaznavanja - barve



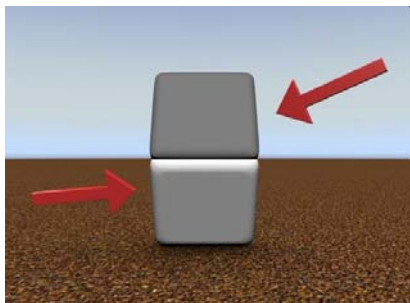
Kateri kvadrat je temnejši?

Stalnost zaznavanja - barve

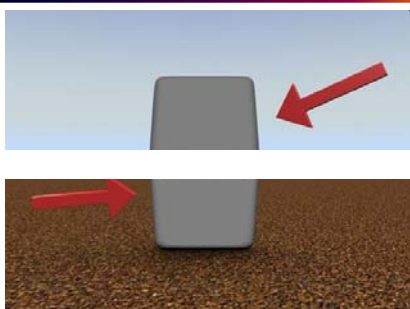


Kateri kvadrat je temnejši?

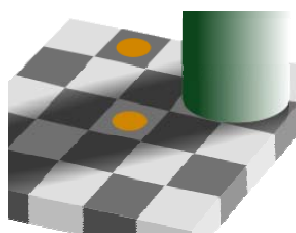
Stalnost zaznavanja - barve



Stalnost zaznavanja - barve



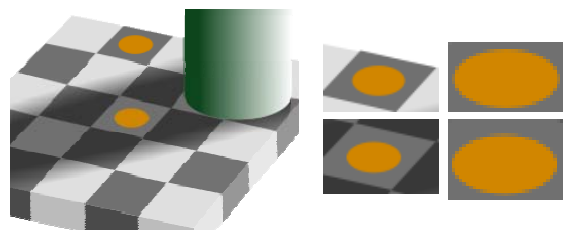
Stalnost zaznavanja - barve



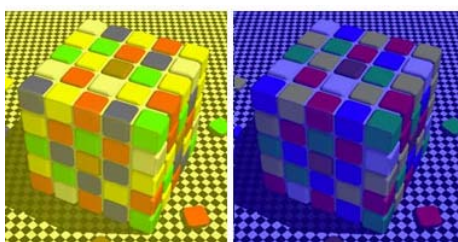
Kaj pa ti dve oranžni piki? Sta iste barve ali je ena vseeno svetlejša?

Kaj pa kvadrata na katerih sta piki?

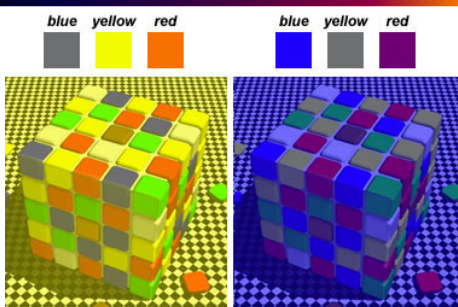
Stalnost zaznavanja - barve



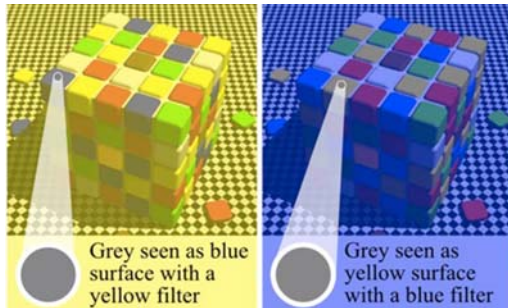
Stalnost zaznavanja - barve



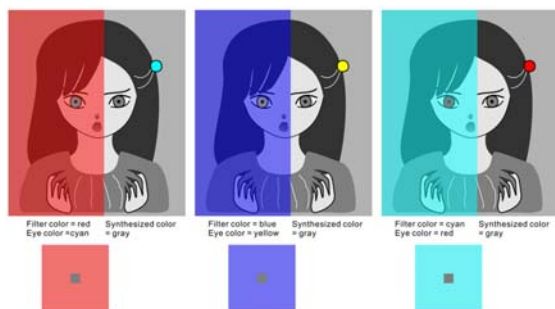
Stalnost zaznavanja - barve



Stalnost zaznavanja - barve



Stalnost zaznavanja - barve



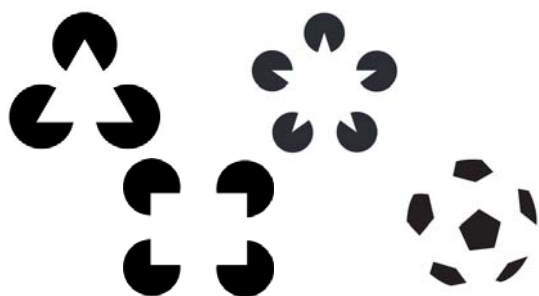
Stalnost zaznavanja - velikost



Stalnost zaznavanja - velikost



Stalnost zaznavanja - oblika



Za konec

- Svetloba nam prinese preko 80% informacij iz okolja.
 - Brez svetlobe ni vida.
- Za ustrezno delovanje vida mora biti izpolnjenih 5 pogojev: minimalna svetlost, minimalen kontrast, minimalna velikost, zadosten čas za adaptacijo in zadosten čas opazovanja.
- Svetloba ima lahko tudi negativne vplive!

... in še:

Vprašanja?
