

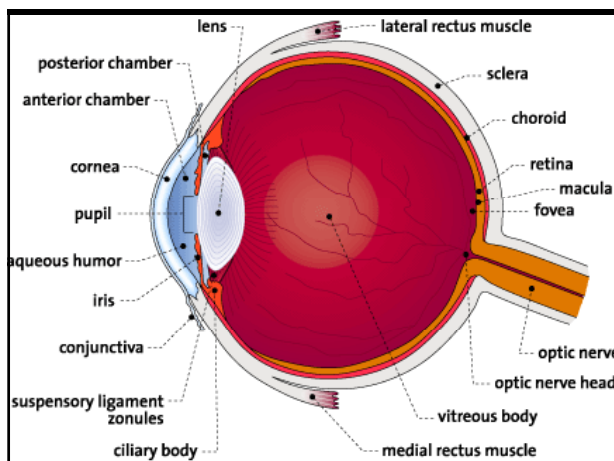
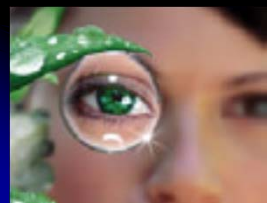


Računarska grafika

predavanja
v.prof.dr. Samir Lemeš
slemes@unze.ba

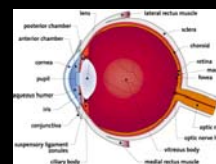
8. Ljudsko oko

- Anatomija ljudskog oka
- Percepcija svjetlosti
- Poremećaji vida



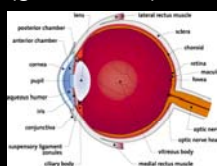
Anatomija ljudskog oka

- Svjetlost ulazi u oko kroz rožnjaču (*cornea*).
- Količina svjetla koja ulazi se kontroliše pomoću zjenice (*pupil*). Mišići irisa je smanjuju i povećavaju po potrebi.
- Svjetlost se lećom (*lens*) fokusira na retinu, koja se sastoji od niza fotoosjetljivih ćelija na zadnjem dijelu oka.
- Retina (*mrežnjača*) šalje signale o registrovanoj slici optičkim nervom u mozak.



Anatomija ljudskog oka

- Unutrašnjost oka je ispunjena staklastom tečnošću (*vitreous body*).
- Između retine i leće nalazi se vodena tečnost sa šećerima, proteinima i solima.
- Konjuktiva je tanka mukoza (glatki mišić) koja pokriva rožnjaču.
- Sklera (bionjača) je bijeli očni omotač.



Anatomija ljudskog oka

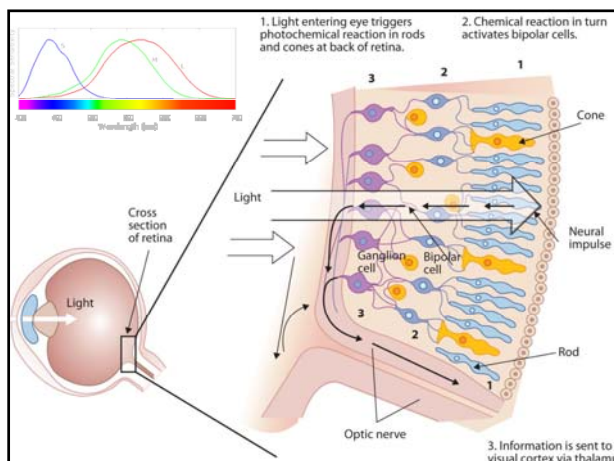
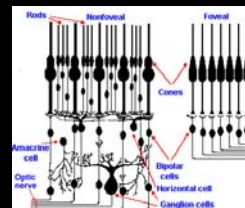
- Žuta mrlja (*Macula lutea*) je oblast žućkastog tkiva u sredini retine.
- U sredini žute mrlje je udubljenje (*Fovea centralis*) sa najvećom koncentracijom čepića, tj. polje najoštrijeg vida.
- To se koristi u nekim algoritmima za kompresiju slike (veća rezolucija slike u sredini nego na periferiji, čime se uštedi na broju piksela).

Anatomija ljudskog oka

- Na retini (mrežnjači) nalazi se sloj pigmenta i nervnog sloja sa milionima senzitivnih ćelija (neurona) i njihovih vlakana.
- Prve ćelije u lancima neurona su receptori, tj. njihova završna vlakna (dendroni) koja šalju impulse kad na njih padnu svjetlosni zraci. Ta vlakna su oblika čepića i štapića.

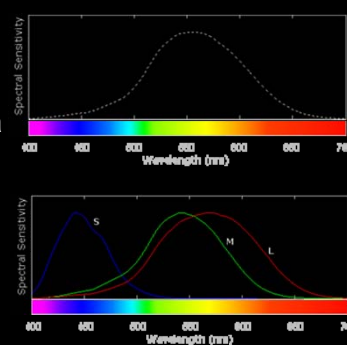
Percepcija svjetlosti

- Ljudsko oko svjetlost detektuje fotoreceptorima.
- Čelije oblika štapića bolje detektuju slabu svjetlost, ali registruju samo intenzitet svjetla.
- Konusne čelije razlikuju i boje, ali ne registruju slabiji intenzitet.
- Oko sadrži 3 tipa konusnih čelija, osjetljivih na svjetlosti kratke (B), srednje (G) ili duge (R) talasne dužine.



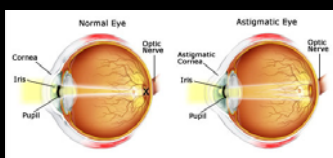
Percepcija svjetlosti

- Relativna osjetljivost ćelija na intenzitet svjetla
- Relativna osjetljivost konusnih ćelija



Poremećaji vida

- Astigmatizam je poremećaj oblika rožnjače (umjesto da je okrugla, ima oblik elipsoida).
- Svjetlost se usljed defekta fokusira na više tačaka, umjesto na jednu, čime se dobija mutna slika.

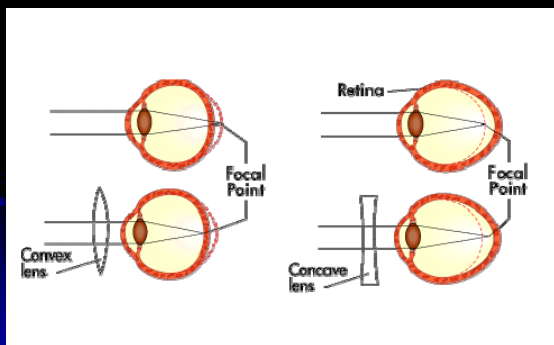


Poremećaji vida

- **Kratkovidost (miopija)** – poremećaj fokusiranja; slika pada ispred mrežnjače
 - Kod mlađih osoba; pri slaboj svjetlosti leća se stalno mora prilagođavati bliskim predmetima, čime se smanji mogućnost akomodacije za gledanje udaljene predmete.
 - **Dalekovidost (hipermetropija)** - slika pada iza mrežnjače.
 - Česta kod starijih osoba jer leća otvrdne, a mišići olabave.
- 



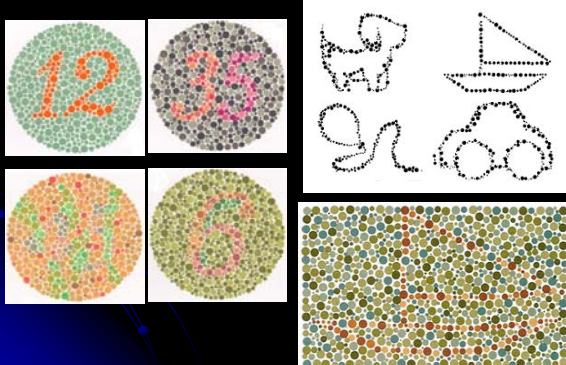
Poremećaji vida



Poremećaji vida

- Trihromat – osoba koja razlikuje sve tri osnovne boje
- Dihromatizam – razlikuje samo dvije osnovne boje:
 - protanopizam – ne raspoznaje crvenu boju
 - deuteranopizam – ne razlikuje zelenu boju
 - tritanopizam – ne razlikuje plavu boju
- Daltonizam – defekt u raspoznavanju boja (fizičar John Dalton 1766-1844)

Poremećaji vida



9. Optičke varke

- Ljudsko oko je nesavršeno.
- Ljudski mozak je nesavršen.
- Kombinacija oka i mozga čine greške; te se greške nazivaju optičke varke.

<http://www.michaelbach.de/ot/>

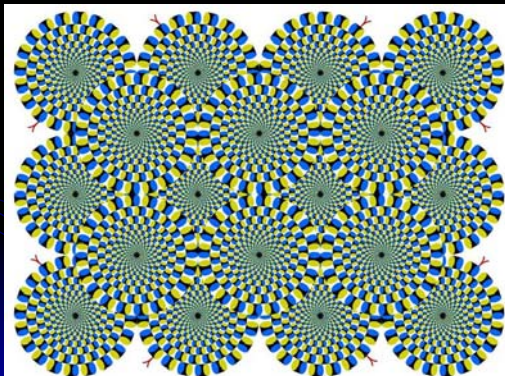
Optičke varke

- Vizuelni fenomeni se nekad nazivaju optičke varke ili vizuelne varke.
- Većina tih iluzija se zasniva na putanji vida, a ne na optici oka.
- Može se reći da su to prilagođavanja ljudskog čula vida standardnim pojavama.
- To prilagođavanje ima korijen u mozgu, tako da putem nekih vještačkih manipulacija može dovesti do pogrešne interpretacije onoga što vidimo.
- Purkinje: "Iluzije čula nam govore istinu o percepciji"

Korisna nesavršenost mozga

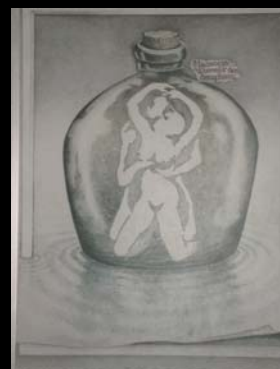
- Nsiam mgoao vejroavti da svtanro rzamuiejm ono što čtiam. Fnenoemnlana sanga ljdkusog uma!
- Perma rzeulttama itsaržiavnja na Cmabrigde Uinervtisy, nije vžano kjoim rdeosljjedom su soležna solva u rjičei, vžnao je smao da pvro i zdanje sovlo bduu na sovm msjetu. Osatatk mžoe btii u toatlonm ndereu, a oept se mžoe čtitai bez prolbmea.
- To je ztao što ljuksdi maozk ne čtia svkao slvoo psoenbo, ngeo rčijei kao cjenie. Čuednso zar ne? A ja sam ujevik mlisio da je spelovanje vanžo.
- Uparvo ztao čtee prnoači pnuo geršaka u skirpti za oavj perdmēt. I u savokj durogj knjzii, narvano.

Ova slika je statična, nije animacija

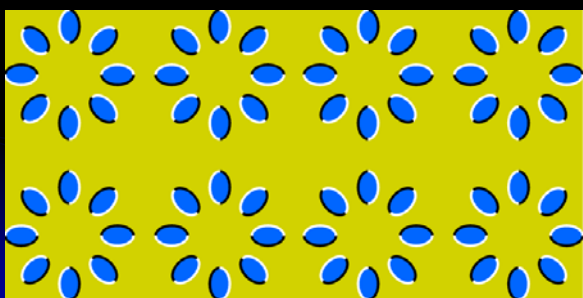


Šta vidite na slici?

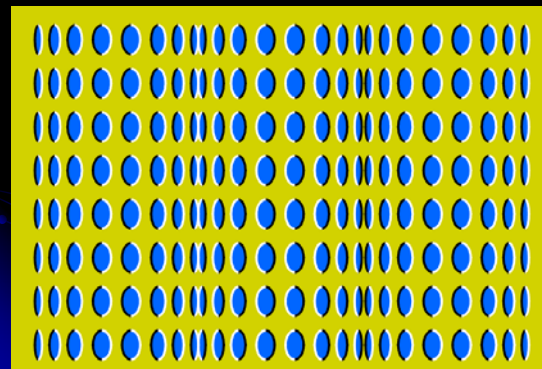
- Djeca vide devet delfina
- To je zato što dječiji mozak još nema asocijaciju na čovjeka i ženu u ovom položaju



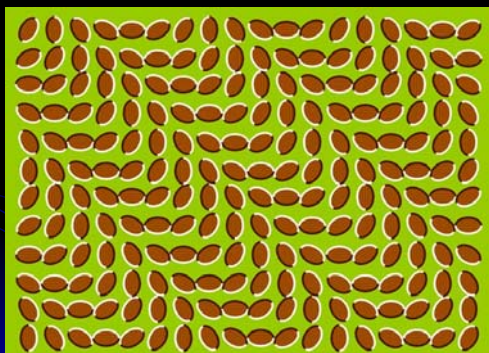
Statična slika ili animacija?



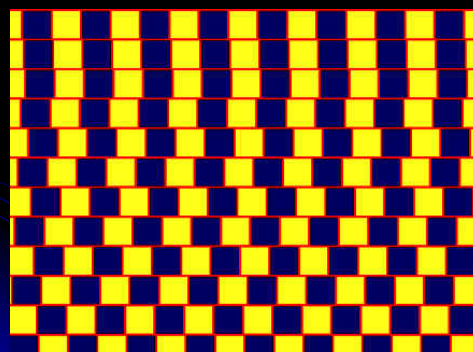
Statična slika ili animacija?



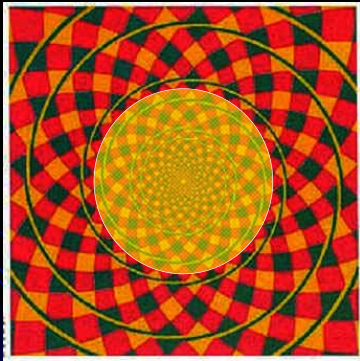
Statična slika ili animacija?



Jesu li linije paralelne?

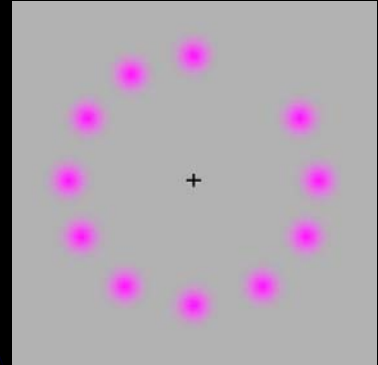


Spirala ili krug?

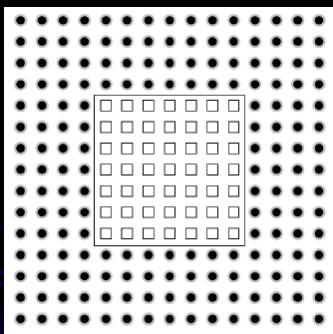


Koncentrirajte se na krstić u centru

- Ljubičasta tačka koja se kreće postaje zelena.
- Nakon izvjesnog vremena sve tačke osim zelene nestaju.



Kvadrat daje iluziju trodimenzionalnosti



Efekat zamagljivanja (blur)



Efekat zamagljivanja (blur)



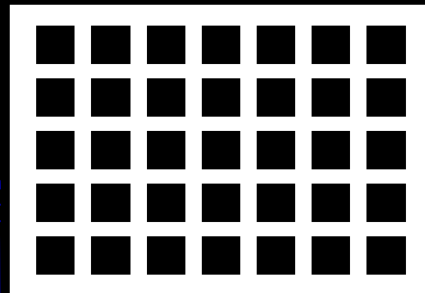
Efekat zamagljivanja (blur)



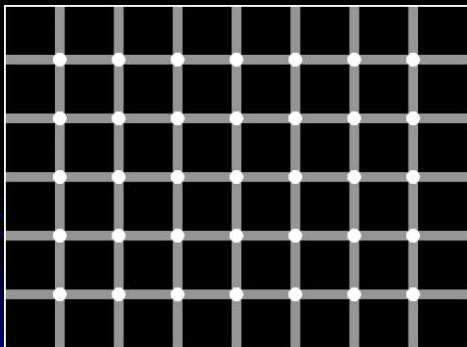
Efekat zamagljivanja (blur)



Šta je sivo između kvadrata?



Koliko ima crnih tačaka?

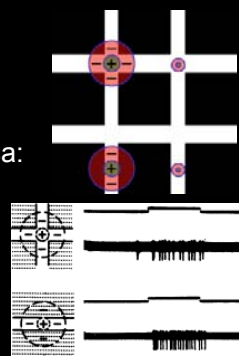


Objašnjenje Hermann-grid iluzije

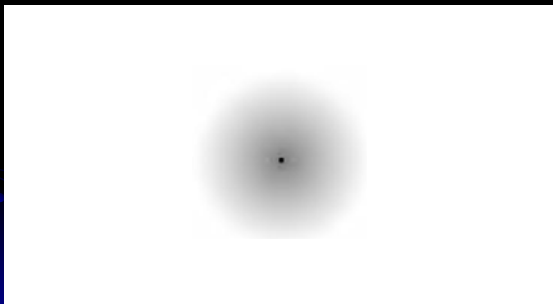
- Baumgartner (1960):

- 4 svijetle tačke oko fokusa: manja reakcija oka

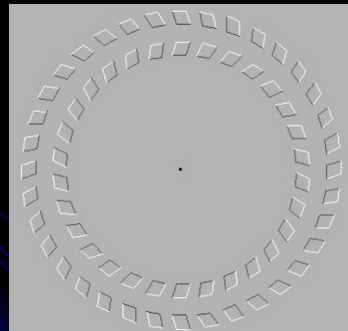
- 2 svijetle tačke: jača reakcija oka



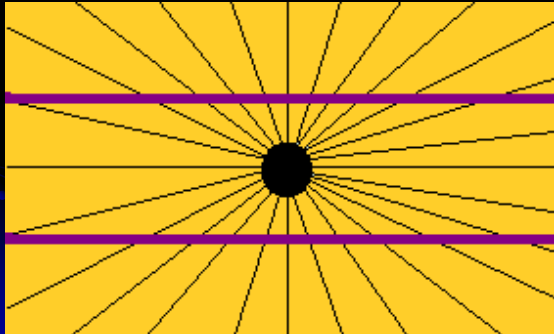
Sivi krug se smanjuje



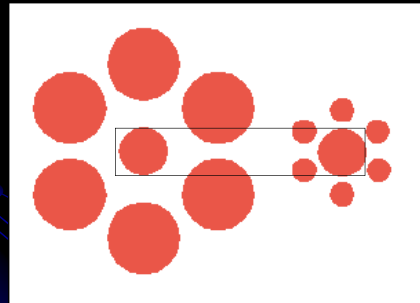
Pomjerajte glavu naprijed-nazad



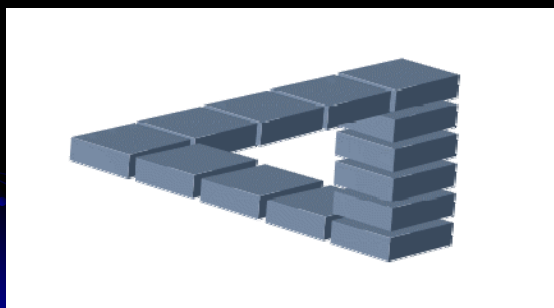
Jesu li ljubičaste linije ravne?



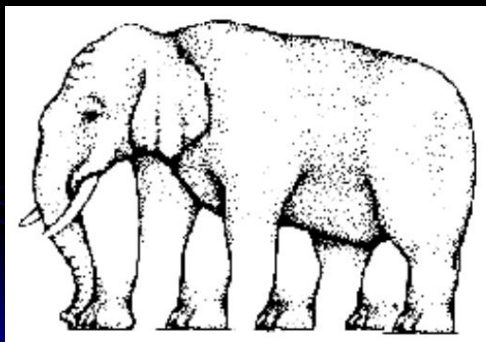
Koji krug je veći?



Je li ovo moguće (2D vs. 3D)



Koliko nogu ima slon?



Šta ovdje ne valja?

