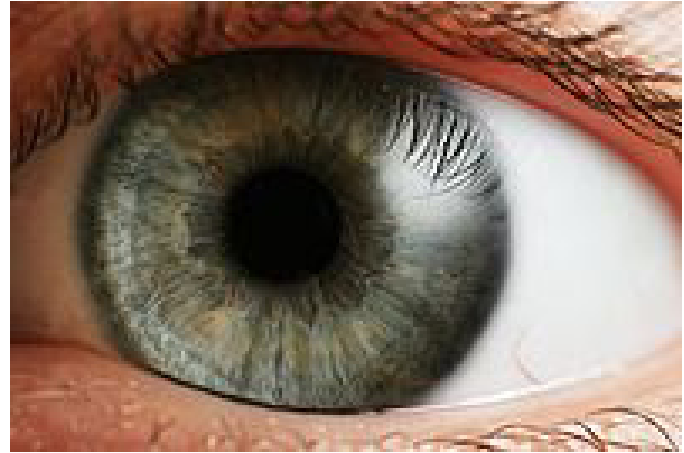


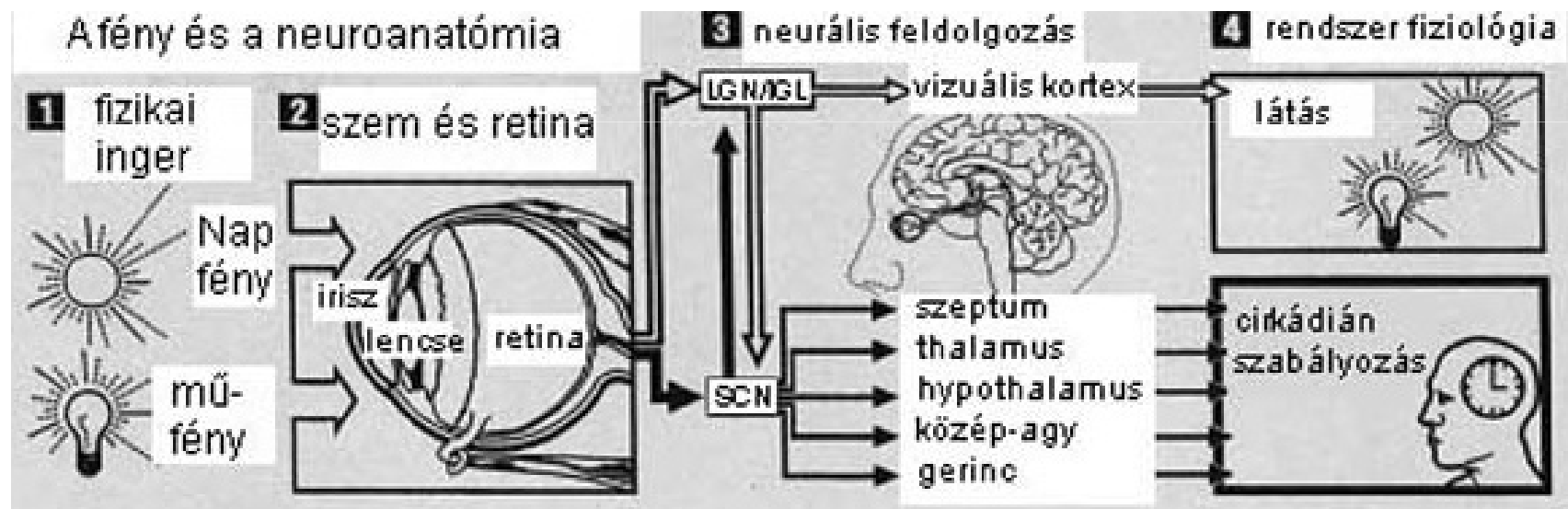


Szem, látás

4.ea

Látószervünk működése

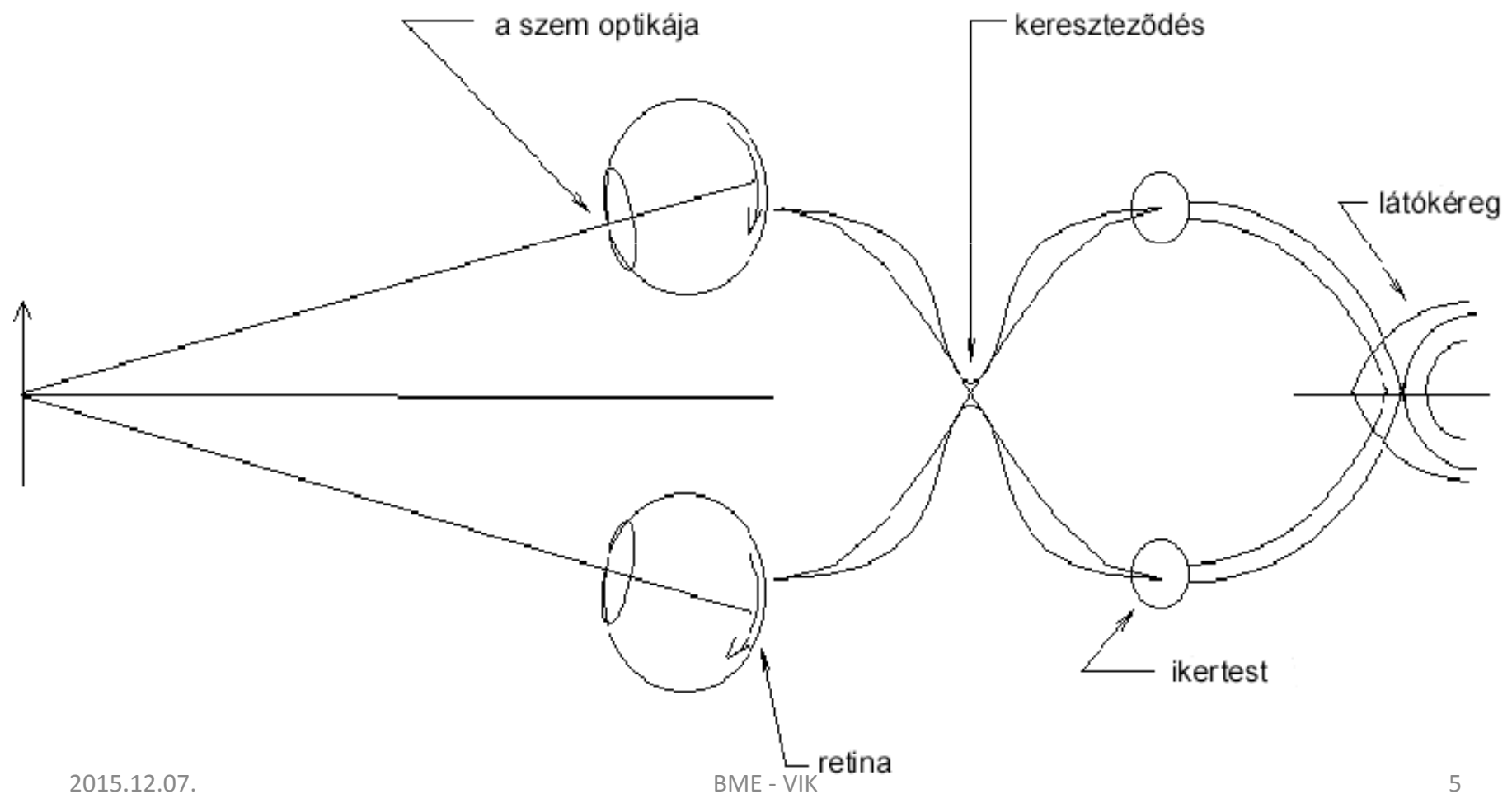
- bemenő optikai rendszer
- fiziológiai - biológiai jelfeldolgozás
- agyi mechanizmusok: pszichológiai jelfeldolgozás
- környezetből származó fény-**inger**, vagy **-stimulus**
- idegi gerjesztések: fény-**érzet**
- feldolgozott információ: fény- **észlelet**

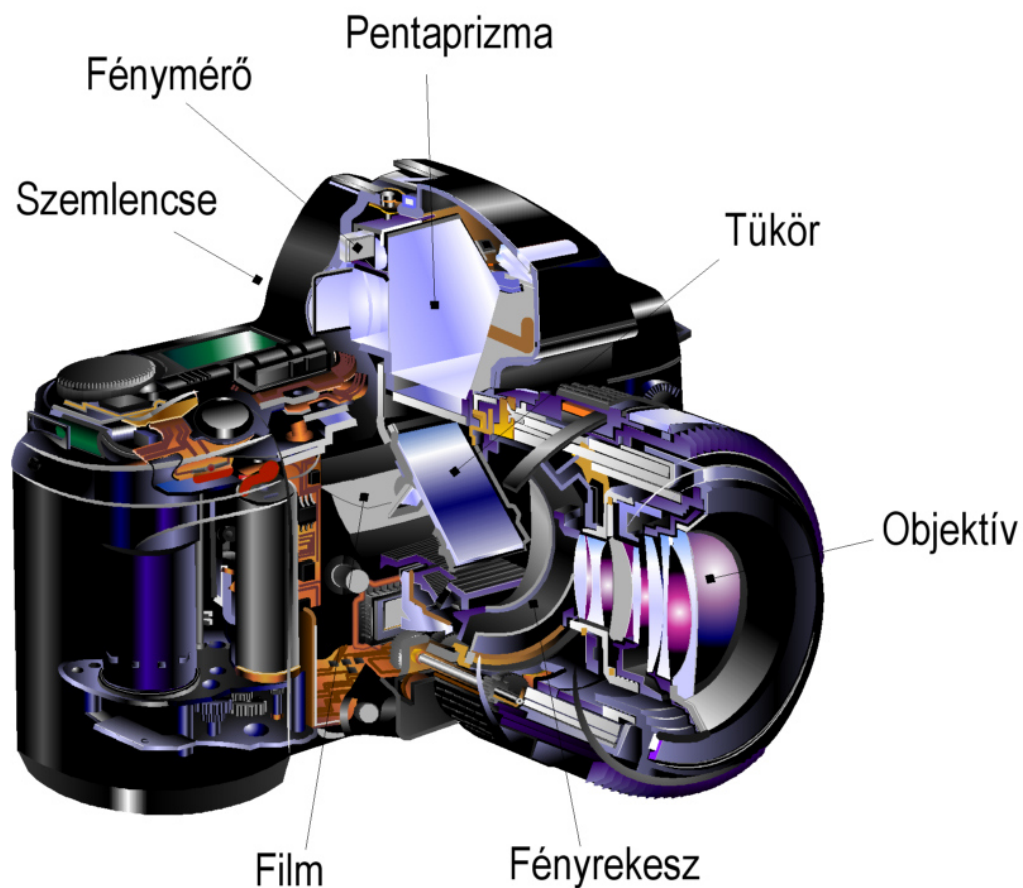


Látószervünk működése, 2

- a szem leképező mechanizmusa
- retina: csapok és pálcikák: a fényinger ideg ingerületté való alakítása
- az agy felé továbbítandó ingerületek kialakulása a retinában
- idegpályák mechanizmusa
- agyi feldolgozás: észlelet kialakulása
 - a mentális kép összetevői: forma, mozgás, szín információk
 - asszociációk kialakulása: tárgy (pl. betűkép) azonosítása

Az emberi látórendszer felépítésének sematikus ábrája



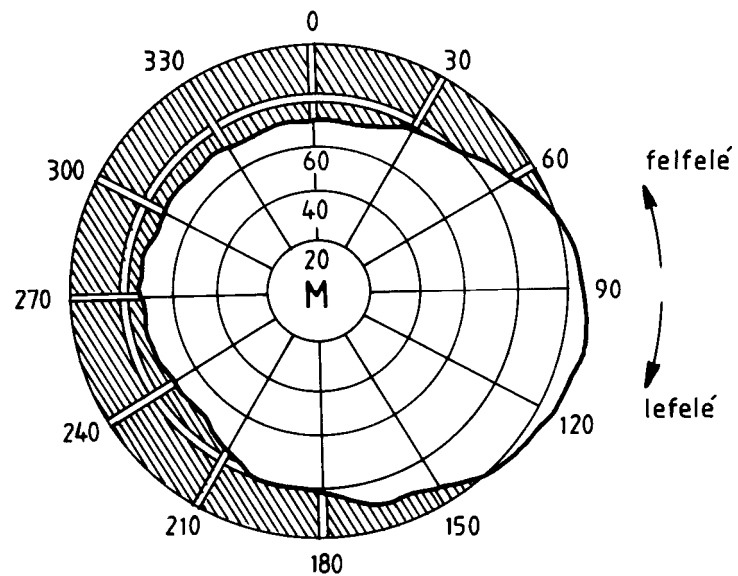


A szem fizikai szempontból lencse rendszer (szaruhártya (cornea) - lencse – csarnokvíz) Kép keletkezése retinán – film, CCD érzékelő

Pupilla - fényrekesz

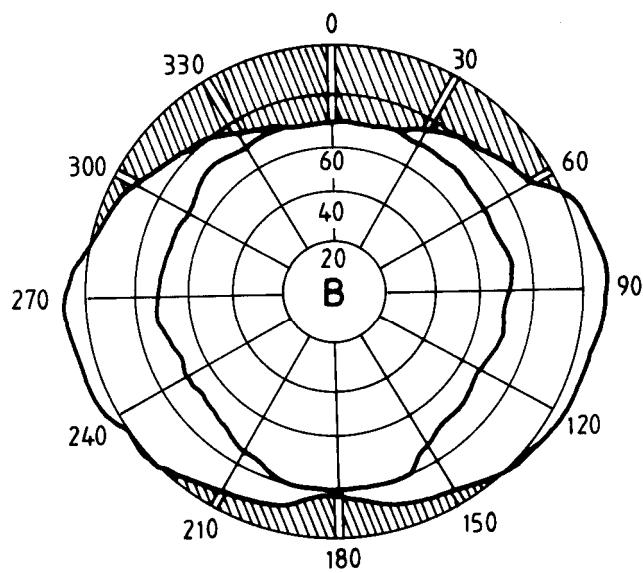
Látótér

Egy szemmel
(jobb)



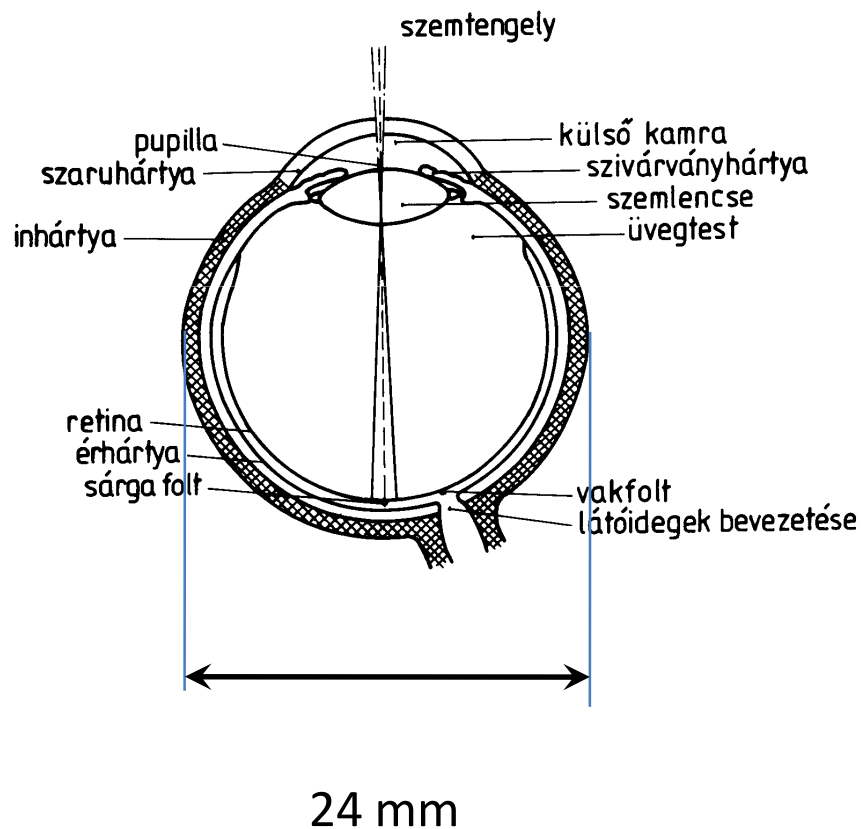
a)

Két szem esetén



b)

Látószerv: szem (fizikai inger, elsődleges feldolgozás) + idegpályák (közvetítés) + agy (feldolgozás, észlelet, értelmezés)



Szem felépítése:

szem lencse tartó és mozgó izmok (szivárványhártya szemszín)

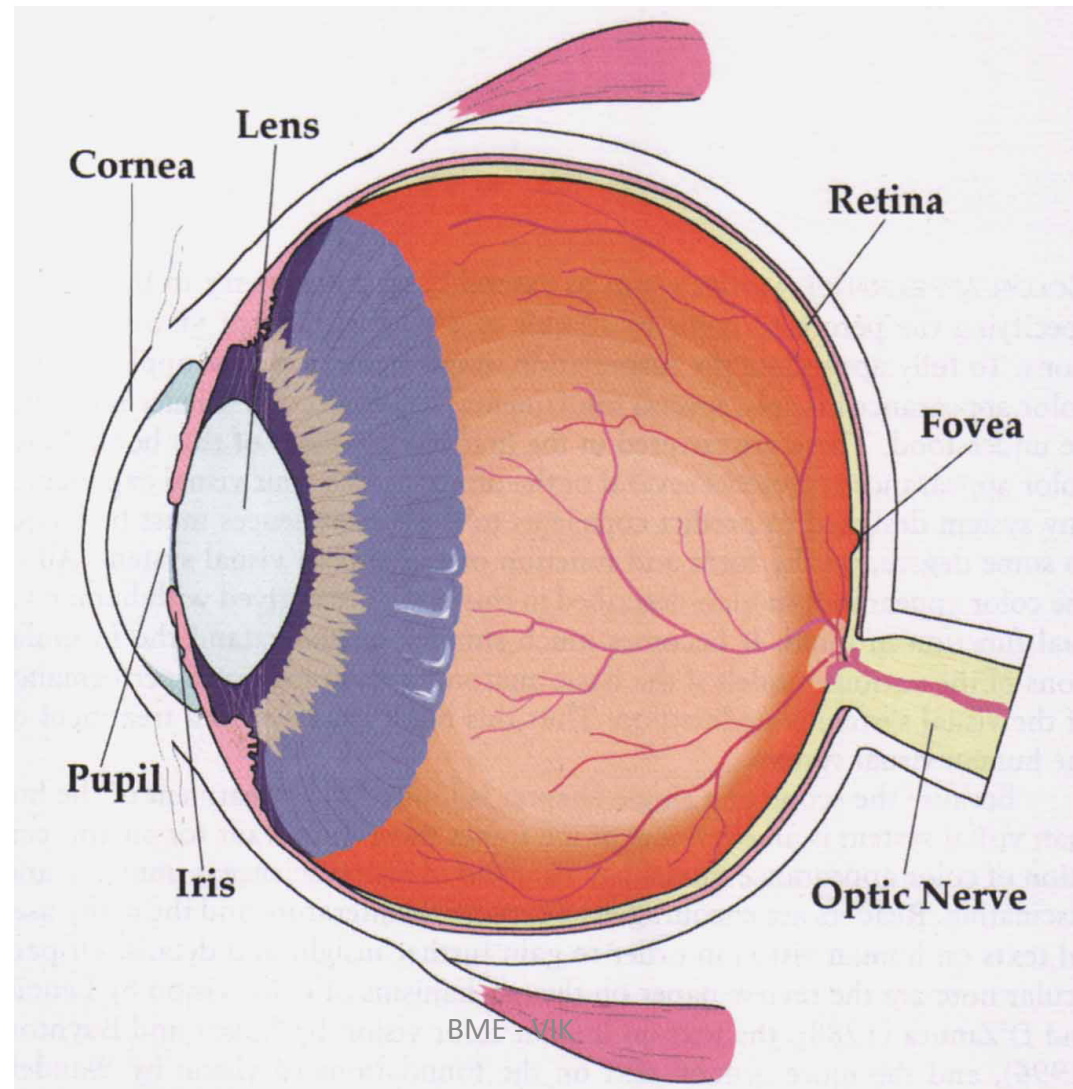
pupilla

retina (érzékelők, csapok pálcikák) fényérzékeny ganglion sejtek
sárga folt (fovea centrális)

szem lencse

Vakfolt

A szem szerkezete



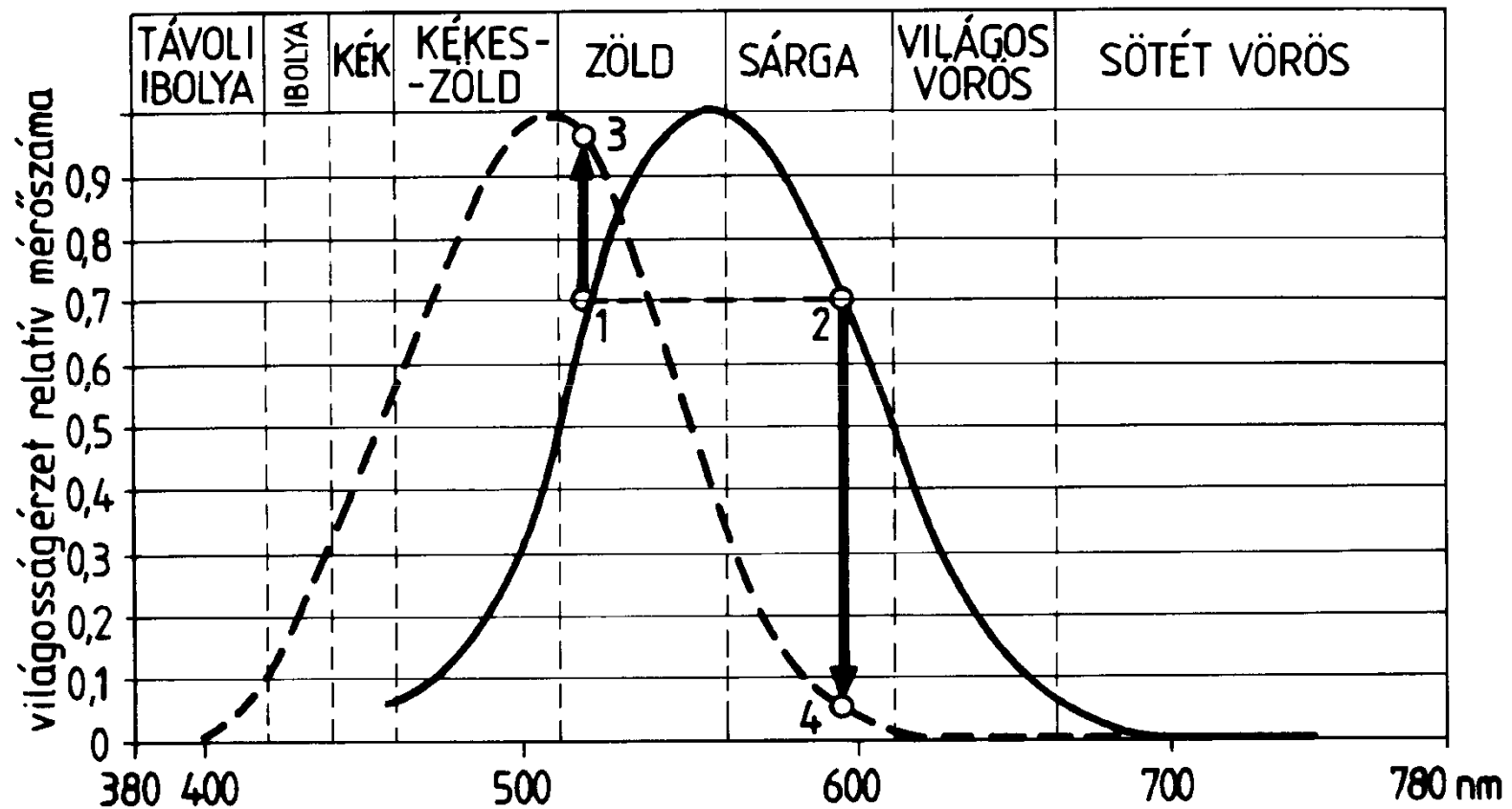
Vakfolt helyének megkeresése



Képalkotás a szemben

- a szaruhártya (cornea) és szemlencse képezi le a külvilágot a retinára
- dioptria: $d = 1/f$
 f : fókusz távolság m-ben mérve
- leképezési hibák a szemben
 - határvonal élessége
 - kromatikus aberráció

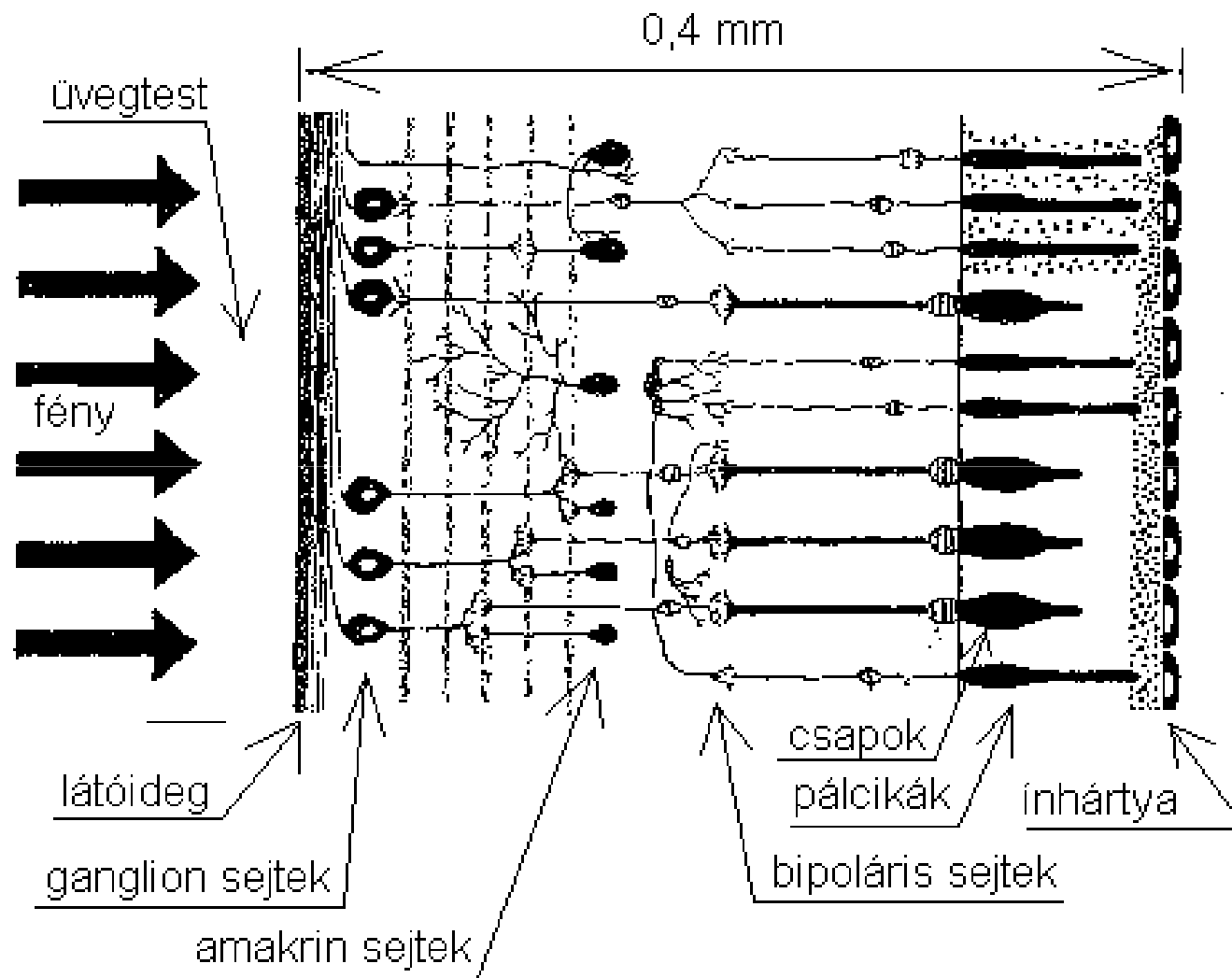
Purkinje jelenség



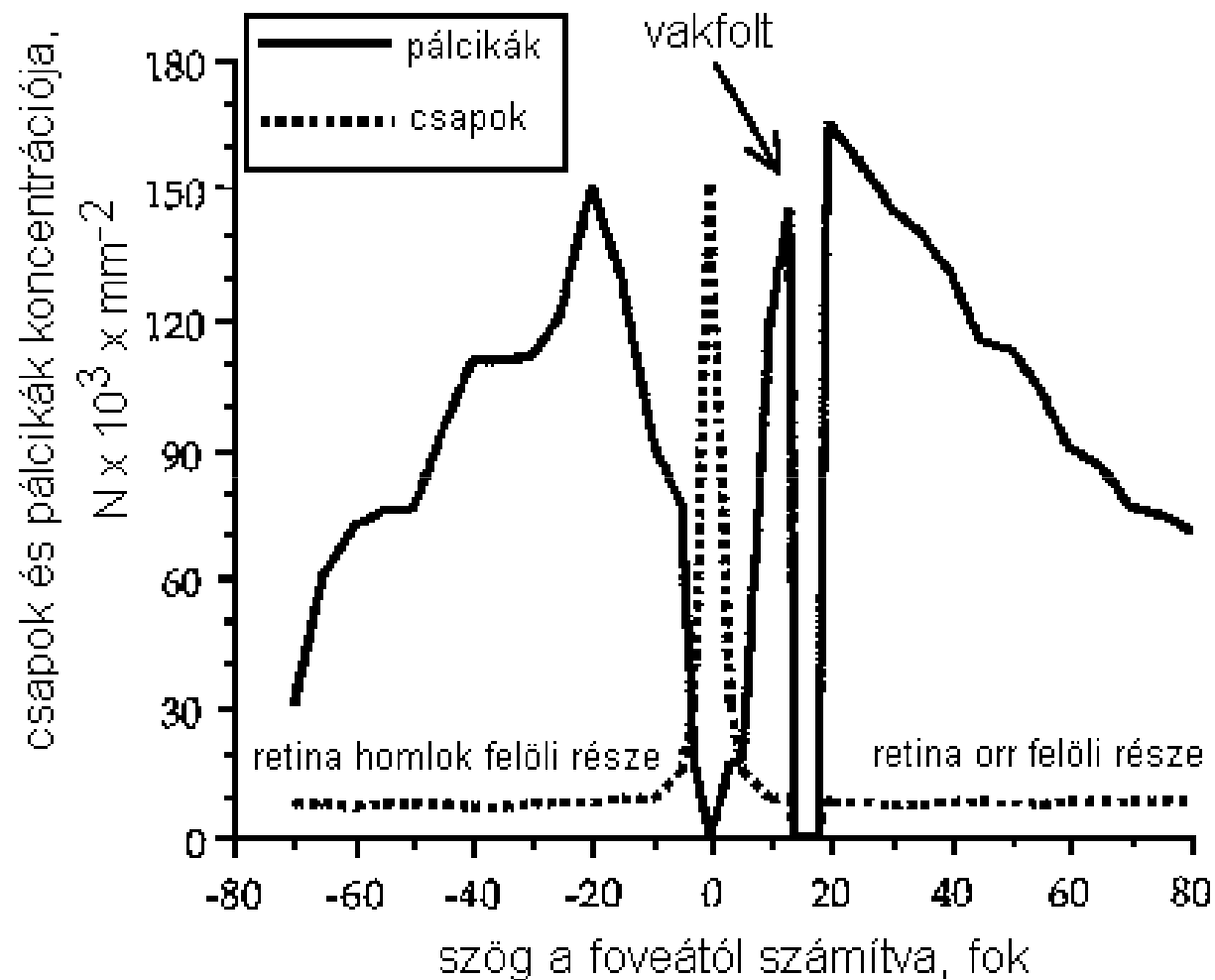
Az optikai jel feldolgozása a retinán

- A cornea és szemlencse leképezi a külvilágot a retinára: **fény inger** kép
- A retinán fényérzékelők: csapok (nappali és színes látás) és pálcikák alakítják az ingert **ideg-ingerületté**
- további sejtek a retinában előfeldolgoznak, majd az agy felé továbbítják a jelet, ahol kialakul a **fény észlelet kép**

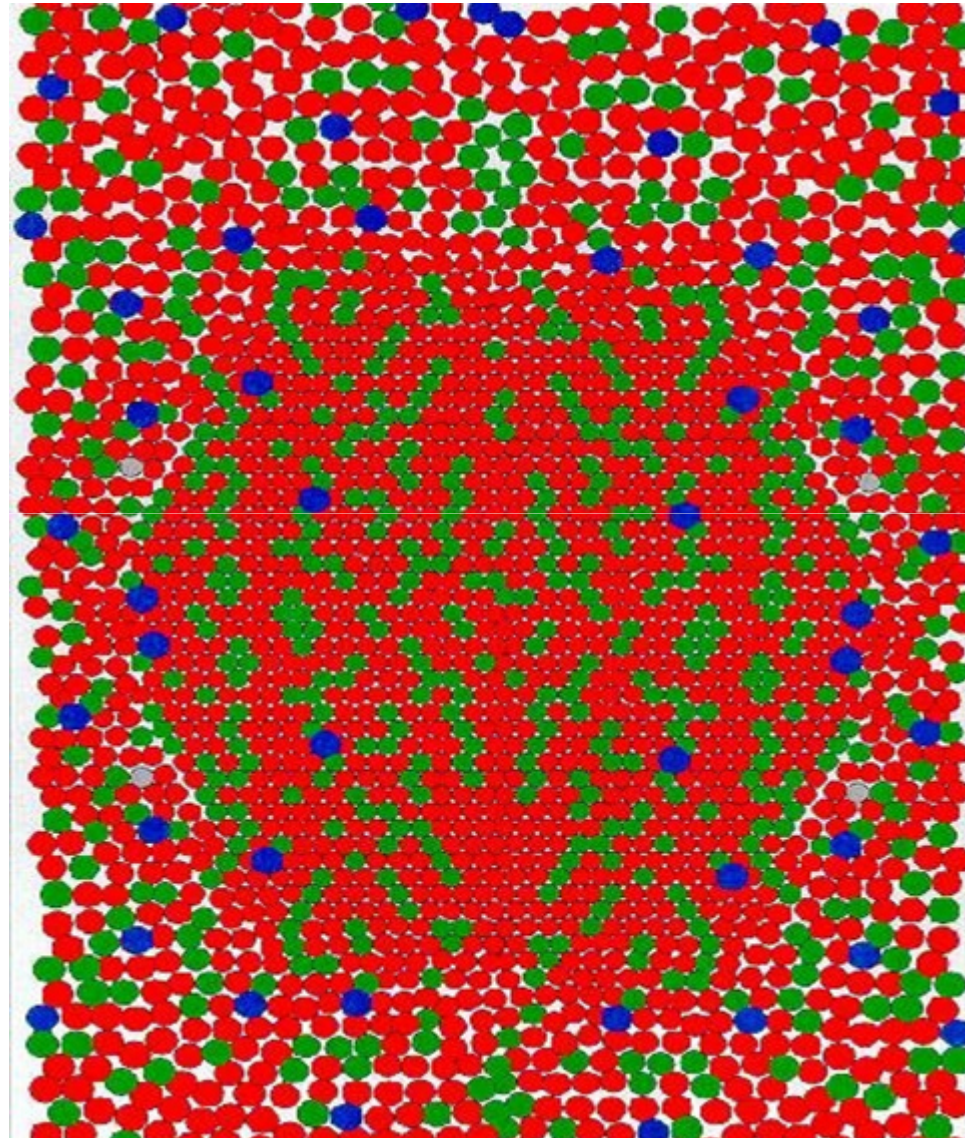
A retina szerkezete



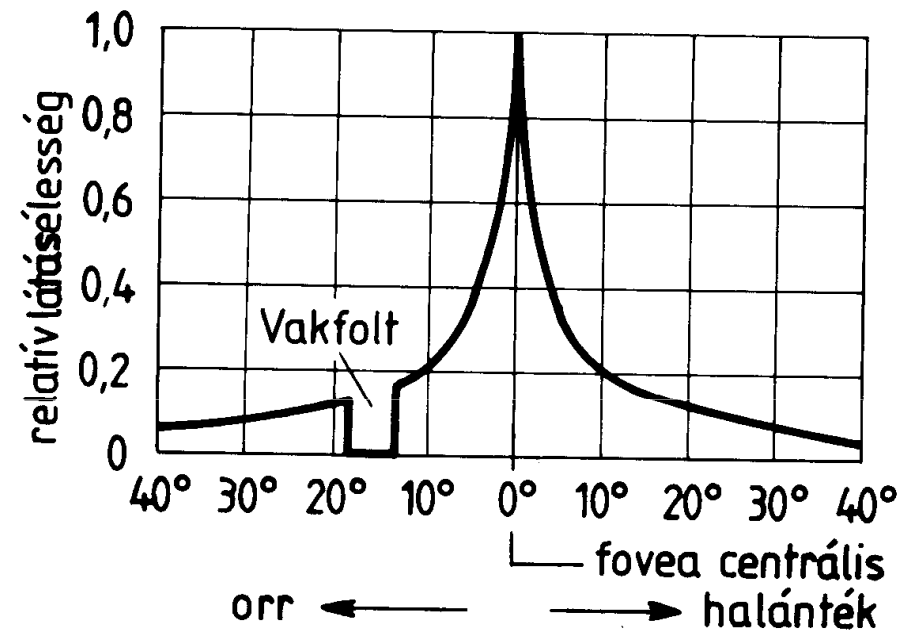
Csapok és pálcikák elhelyezkedése a retinán



Csapok elhelyezkedése a foveában

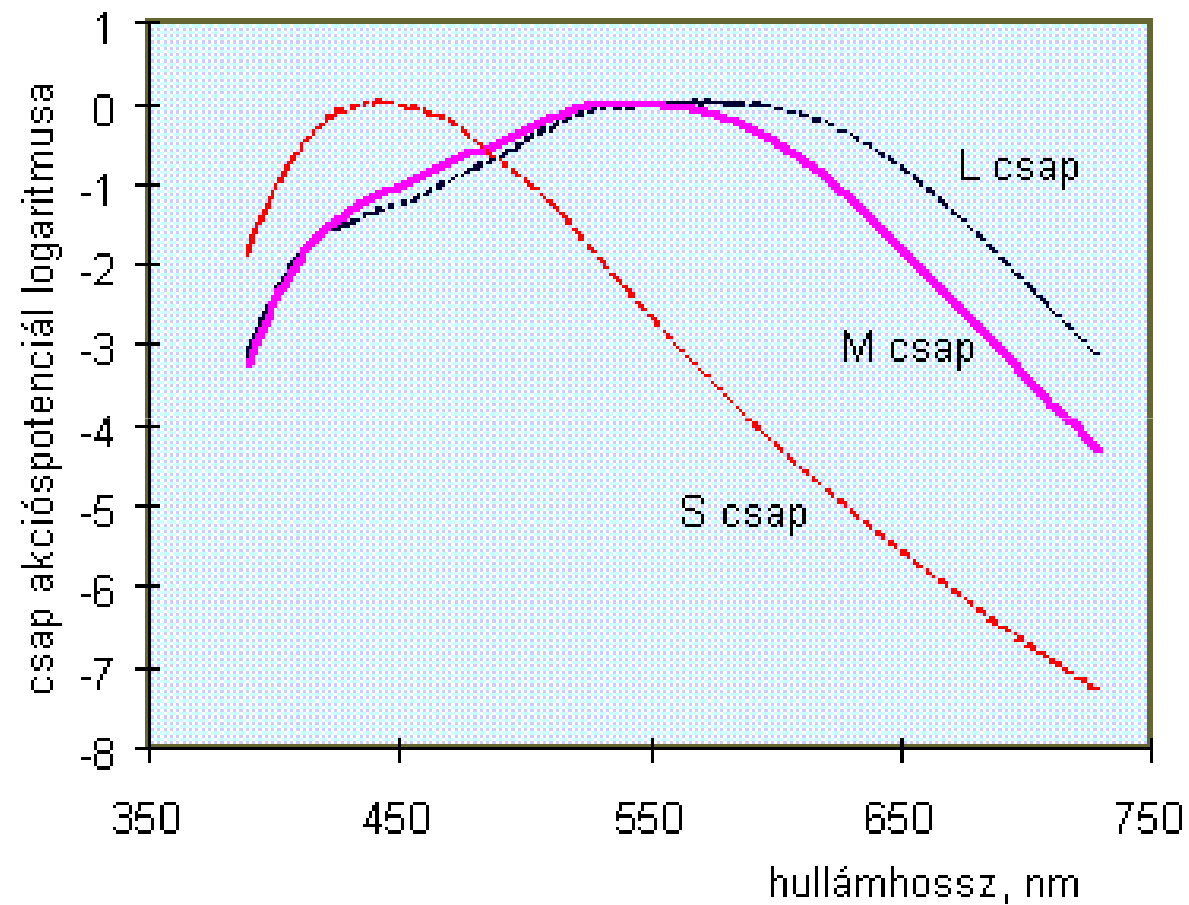


Látásélesség változása a retinán



Fovea centralis kb. $0,5^\circ$ -s látószöghöz tartozik

Csapok hullámhossz függése



A fovea szerkezete

- $\sim 10^\circ$ -os tartományban még elsősorban csap látás, de van pálcika kölcsönhatás is (lásd majd CIE színmérés);
 $L:M:S = 40:20:1$
- $\sim 4^\circ$ -os tartományban sárga pigmentáció: macula lutea, szelektív szűrő
- 2° -on belül jó szín és éleslátás
- $\sim 1^\circ$ alatt foveola: nincs S-csap: kék-sárga színtévesztő (tritanop), saccadok (éleslátás) miatt látunk

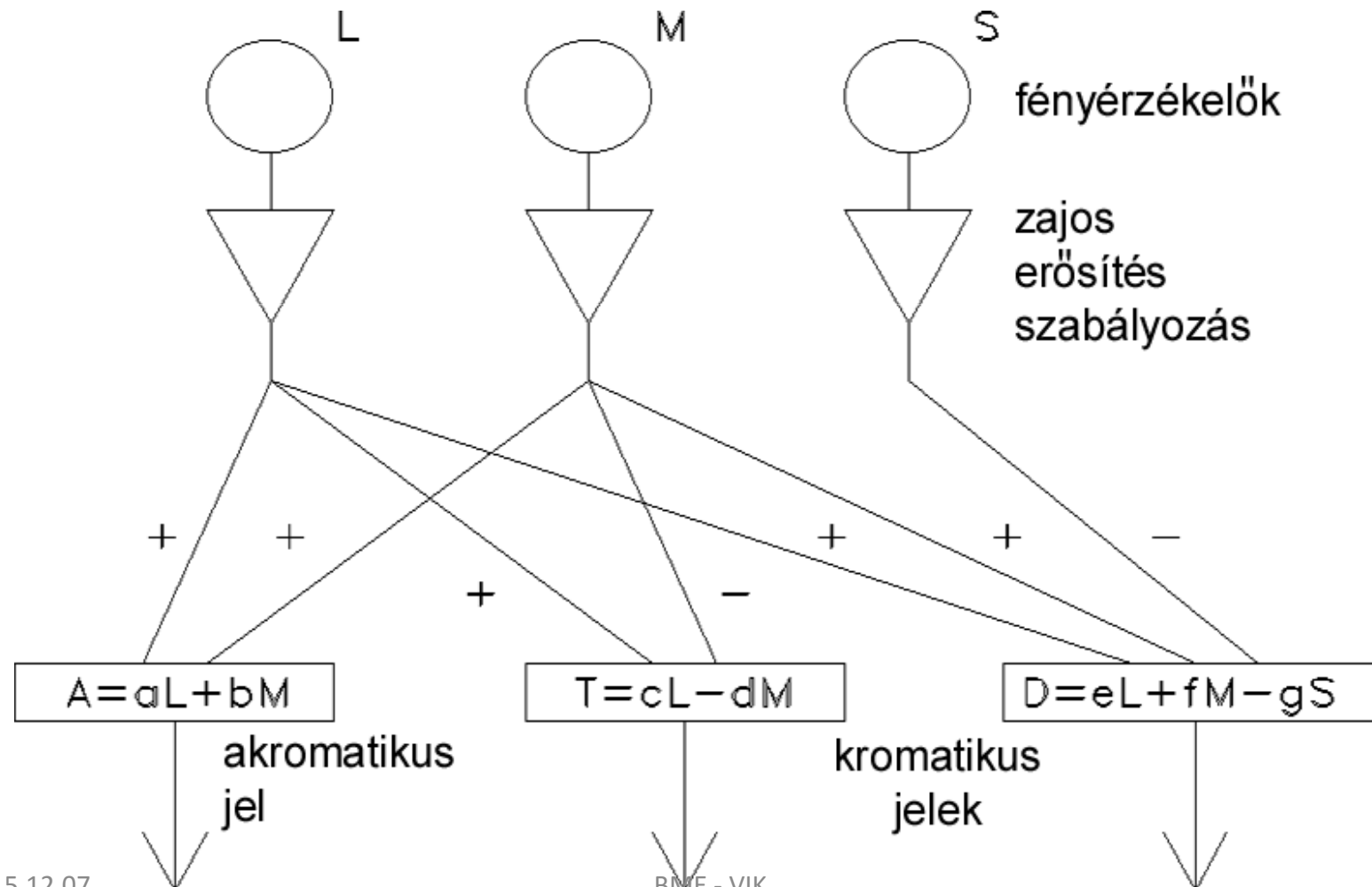
Világosban – sötétben látás

- világosban-, fotopos-látás: csap látás;
 3 cd/m^2 felett
- sötétben-, szkotopos-látás: pálcika látás;
 10^{-3} cd/m^2 alatt
- alkonyi-, mezopos-látás: a két tartomány között, mind a csapok, mind a pálcikák aktívak

Retinális előfeldolgozás

- bipoláris-, amakrin- és ganglion sejtek előfeldolgozzák a csapok és pálcikák nyújtotta jelet:
 - centrum-környezet szembe kapcsolódó jel
 - L, M, S csap jel átkódolása:
 - világos - sötét (achromatikus) jelpár
 - vörös - zöld
 - sárga - kék
- antagonisztikus jel

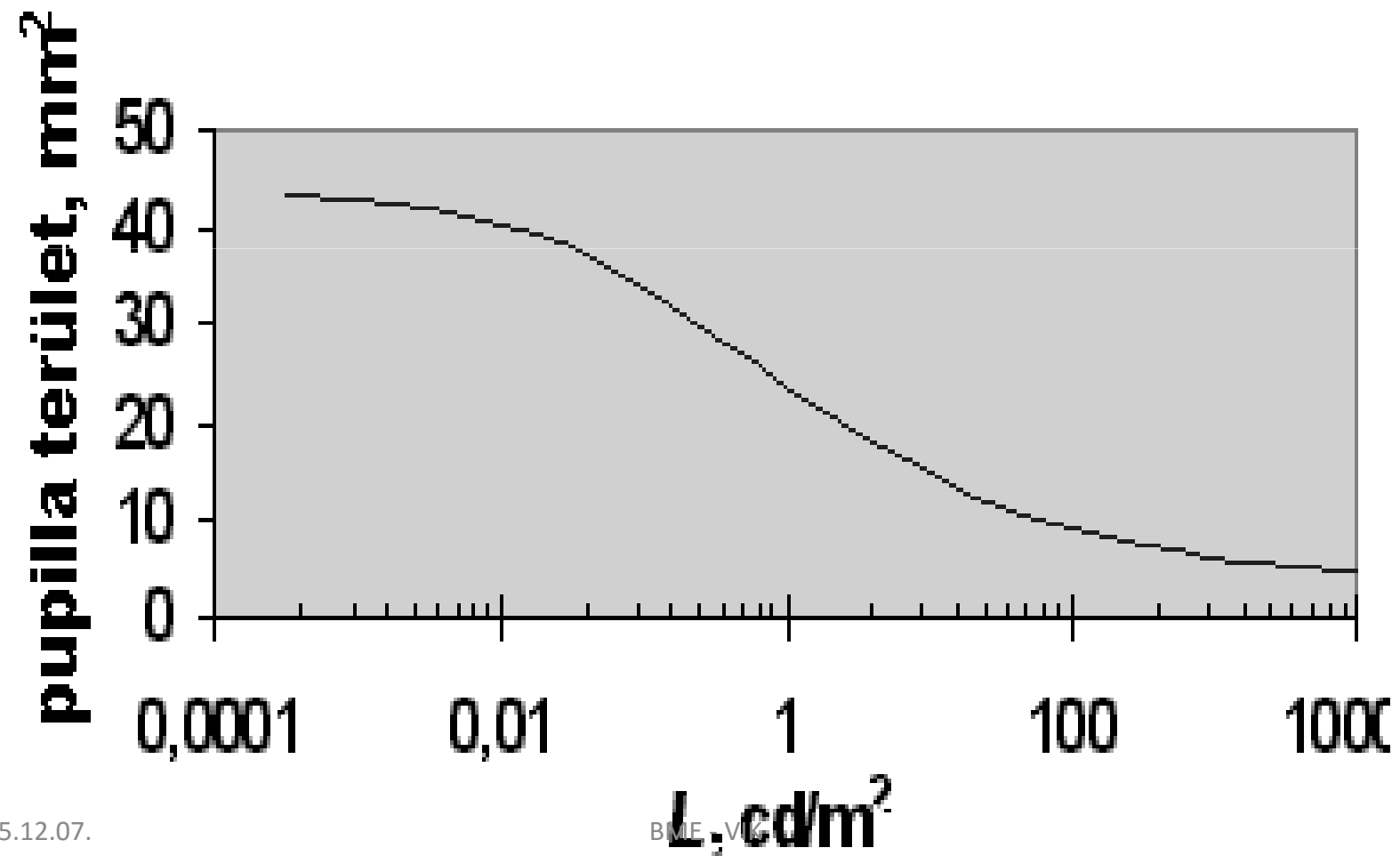
Retinális előfeldolgozás



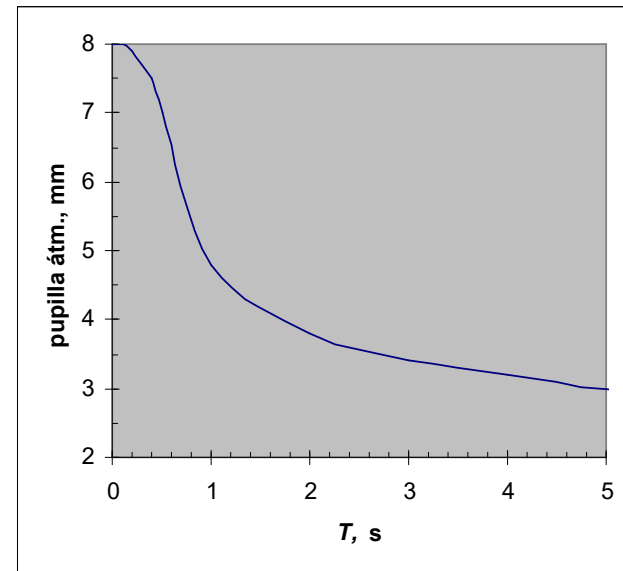
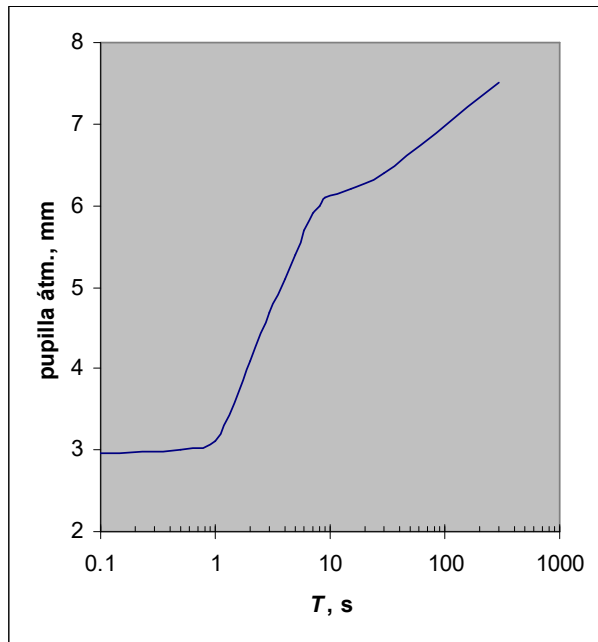
A pupilla szerepe

- *adaptáció*: a környezeti fénysűrűséghez való igazodás, pupilla átmérő csökken a növekvő fénysűrűséggel: 8 ... 2 mm
- *látóélesség* nő növekvő fénysűrűséggel, csökkenő pupilla átmérővel
- a pupilla átmérő változási sebessége fénysűrűség irány változás függvénye

A pupilla területének változása az adaptációs fényssűrűség (L) függvényében



Adaptáció: alkalmazkodás L_{av}



Pupilla átmérő változása
sötétből világosra (~ 300
 cd/m^2)

Pupilla átmérő változása
világosról sötétbe

Akkomodáció: fókuszálás, élesre állítás

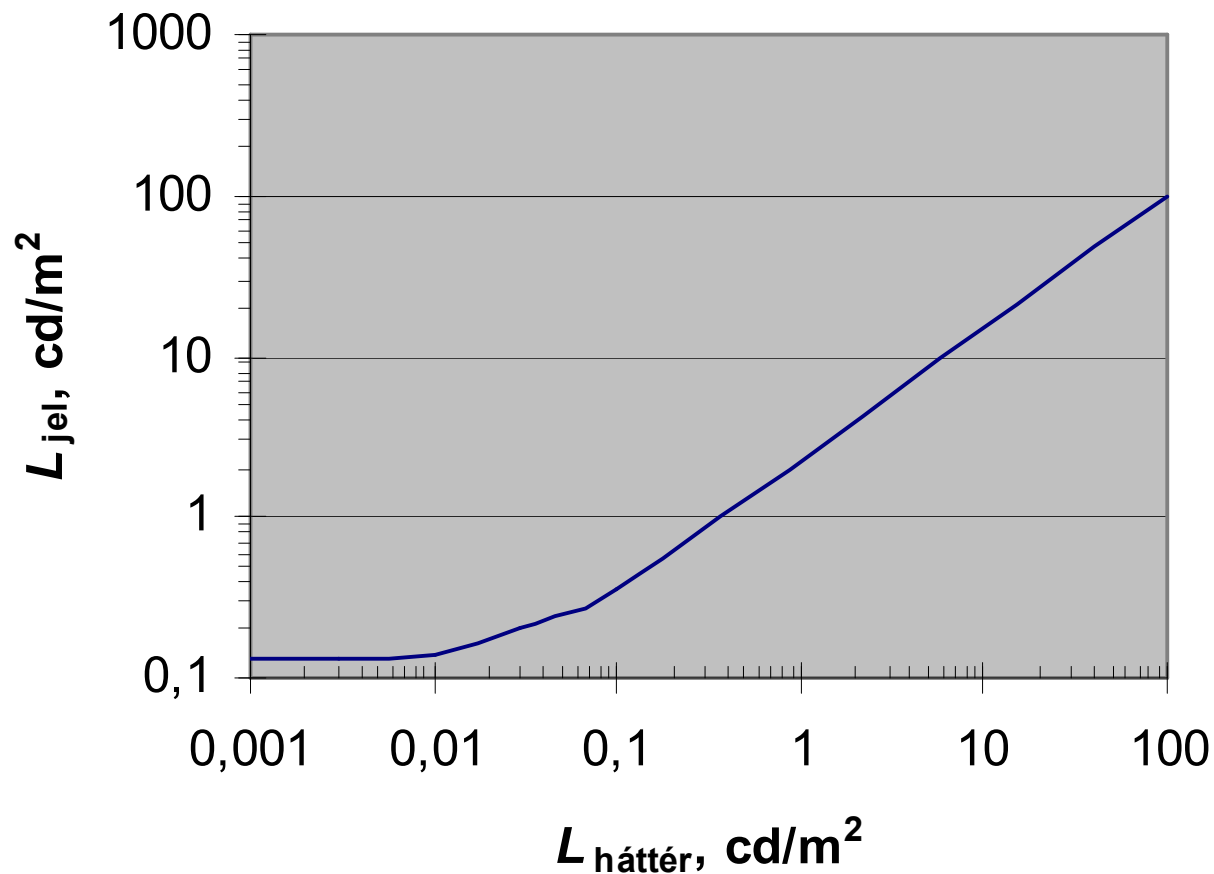
A sugárizmok: szemlencse és cornea eredő fókusz távolságát állítják be.

A fókusz távolság reciprokéval jellemzik a lencse törő képességét= dioptria. (20 cm fókusztávolságú lencse 5 dioptria. Szóró lencse esetén negatív előjellel)

Éleslátás

- sugárizmok domborítják a szemlencsét, *akkomodáció* (eltérések: *aberráció*)
 - kb. 0,25 dioptriás oszcilláció
- a két szemtengely azonos helyre irányítja a szemet, hibája: *phoria*
 - *fentiekhez izommozgatus kell: fáradás*
- a szem irányításának apró mozgásai: *hippus*
- akkomodációs helyek megkeresése: *versio* és *saccadok*
 - Újra akkomodálás fárasztó, ha új távolságra kell akkomodálni
 - 10°-os irányváltás kb. 40 ms

Látásélesség fénysűrűség függése

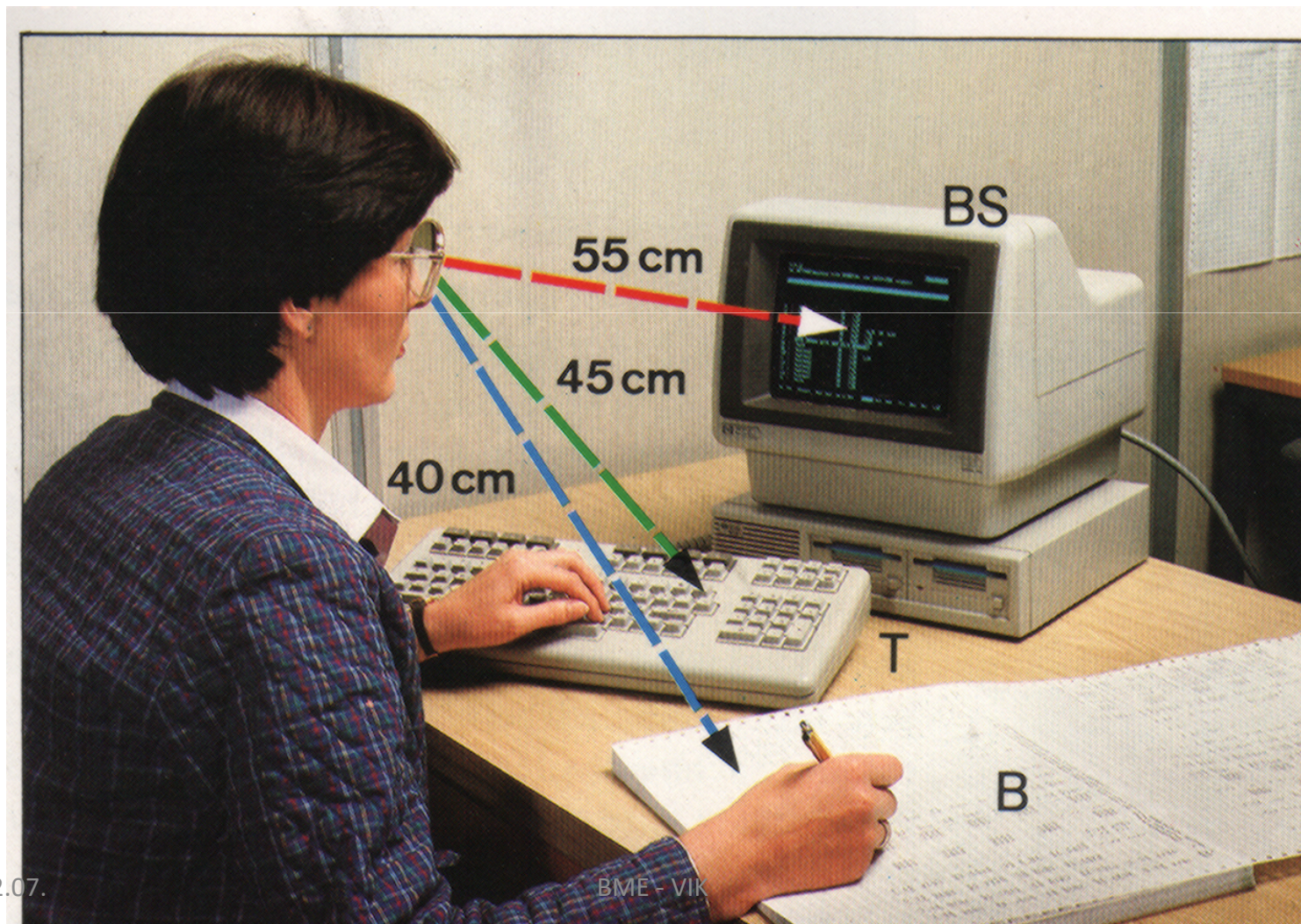


- 4 szögperc látószögű, 1/5 s-re felvillantott jel láthatósági határértéke a háttér fénysűrűségének függvényében

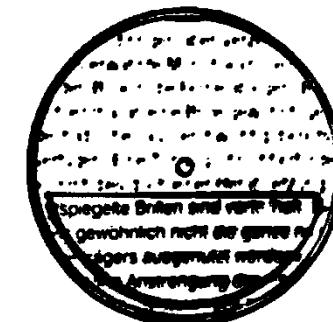
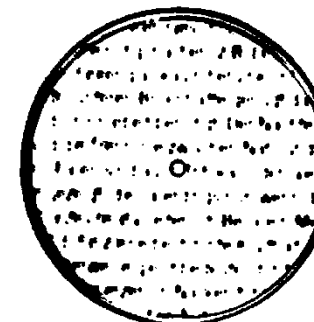
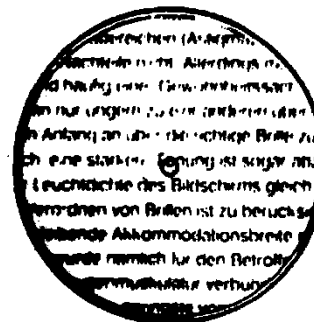
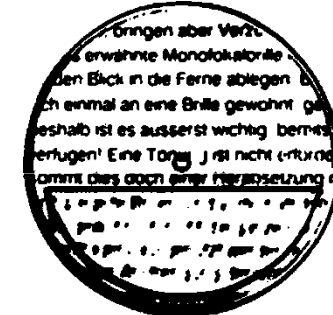
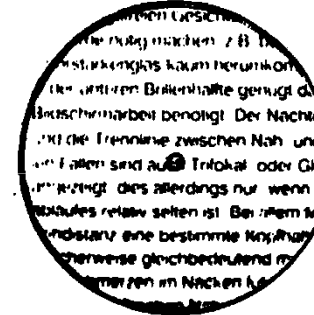
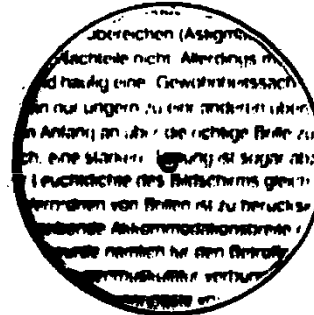
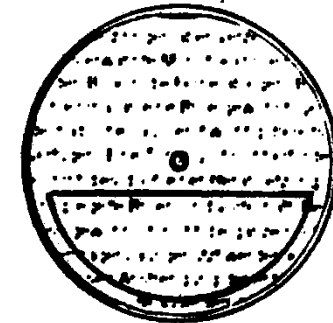
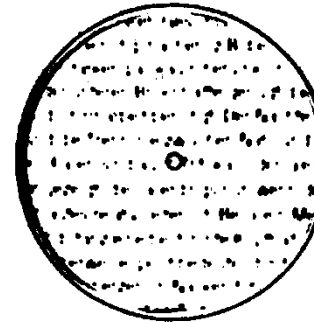
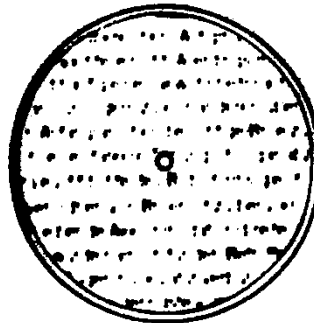
Az akkomodációs tartomány változása az életkorral

életkor, év	közel- pont, cm	távol- pont, cm	meg- jegyzés
20	11	∞	-
50	50	∞	korr. nélkül
50	11	50	korr.-val

Számítógépes munkahely távolságai



Mono-, és bifokális szemüveglen- csével élesen látott tartományok

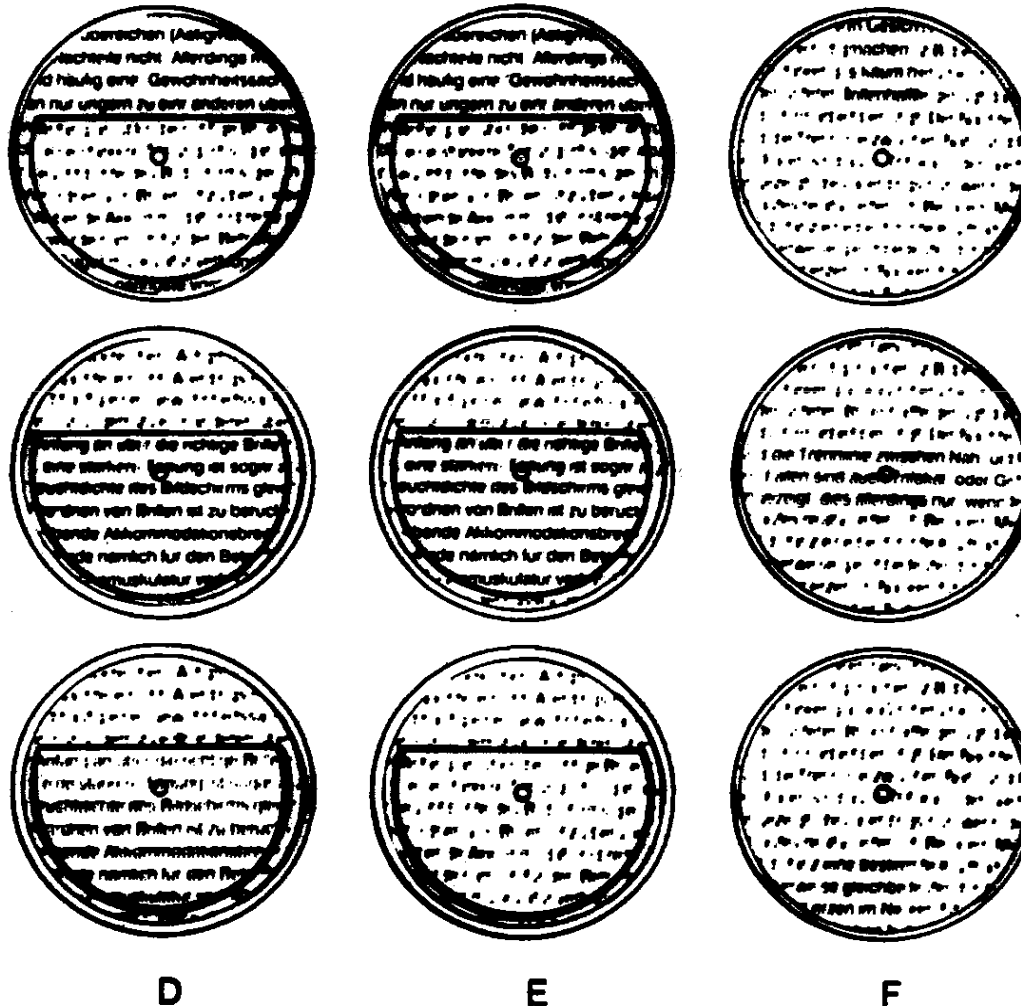


A

B

C

Bi- és multifokális szemüveglencsével élesen látott tartományok



Látásélesség fénysűrűség függése

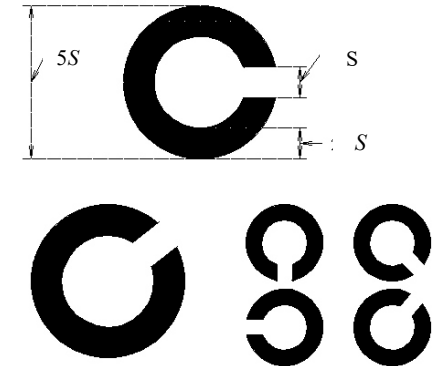
- Weber-Fechner törvény
($L = 1 \dots 100 \text{ cd/m}^2$)

$$\Delta L/L = \text{Konst}$$

- **Észlelhetőség határa** $\Delta L/L = 1,05 : 1$,
ebből származik a „szürke árnyalat – shade of grey”:
éppen észlelhető lépcső: $1,05^7 \sim 1,41$
- **Villogó fények:** 1,005:1
 - leghatékonyabb figyelemfelkeltésre:
 $1/3^\circ$, 1 ... 5 felvillanás/s
 - optikailag keltett epilepszia !

A szem ill. látás hibái

- A kép leképezés hibái:
myopia (rövidlátás)
hypermetropia (távol látás)



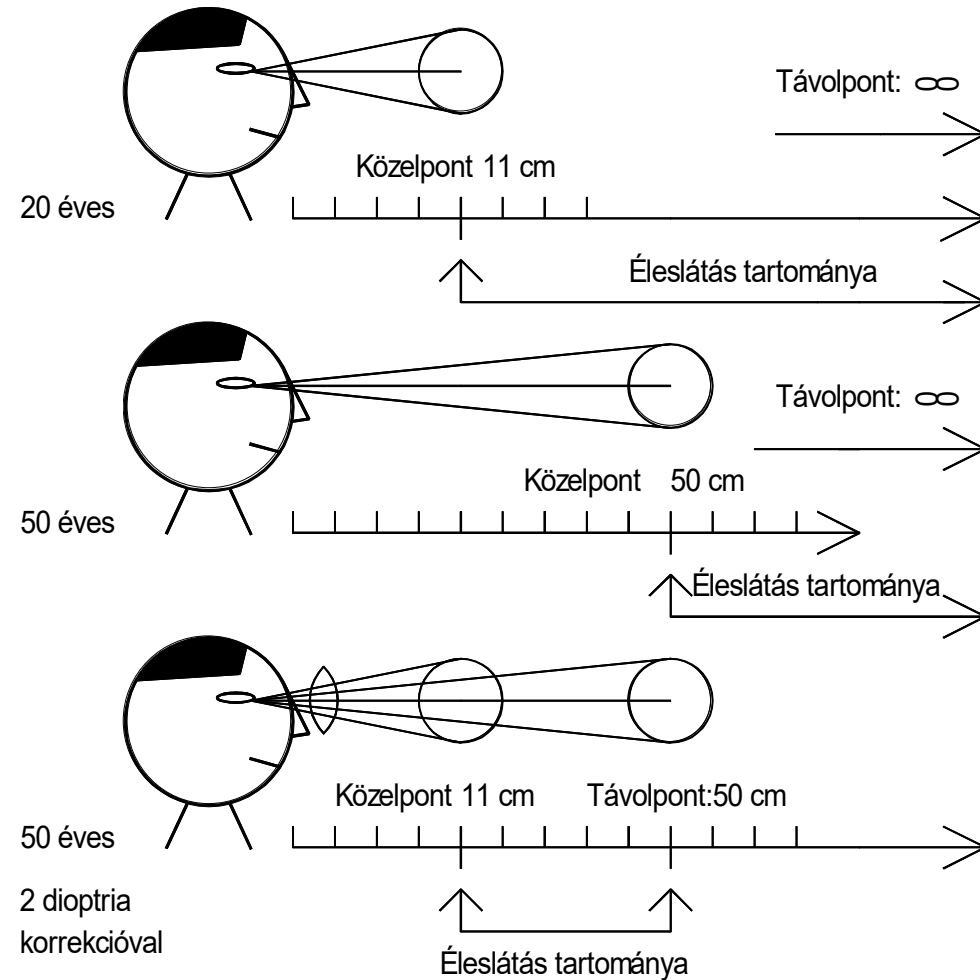
Látóélesség: annak a szögnek a reciproka, amely szög alatt még két pontot meg tudunk különböztetni.

Látóélesség vizsgálat pl landolt gyűrűkkel, Kettessy féle vizuális táblákkal

D	O J	E
C	F D	H
T	L O	U
J	T D	F
TU	JH	LC
HD	FC	CE
DT	UE	FJ
OF	LC	DE
TU	FC	DK
UT	UL	FL
UL	FC	UL
FC	DE	FC
DE	KE	DE
KE	FL	KE
FL	UL	FL

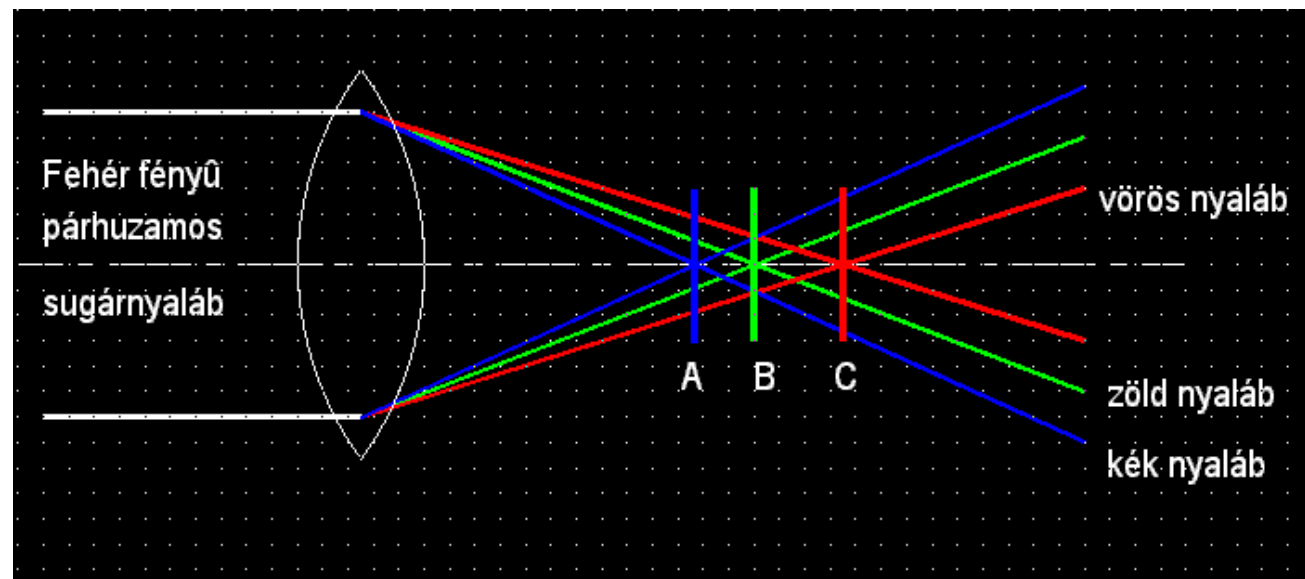
A szem ill. látás hibái 2.

- Öreg szeműség

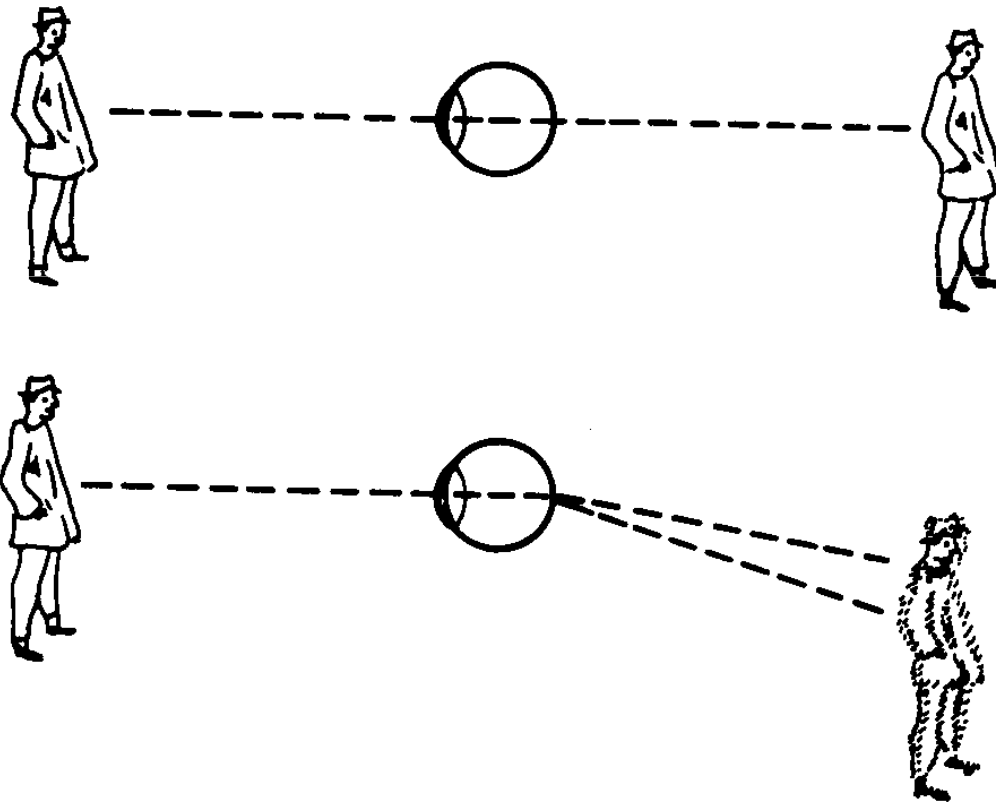


A szem ill. látás hibái 3.

- Hemeralopia (farkas vakság)
- Kromatikus aberráció
a rövid és hosszabb hullámhosszak
különböző szóródása miatti elmosódás



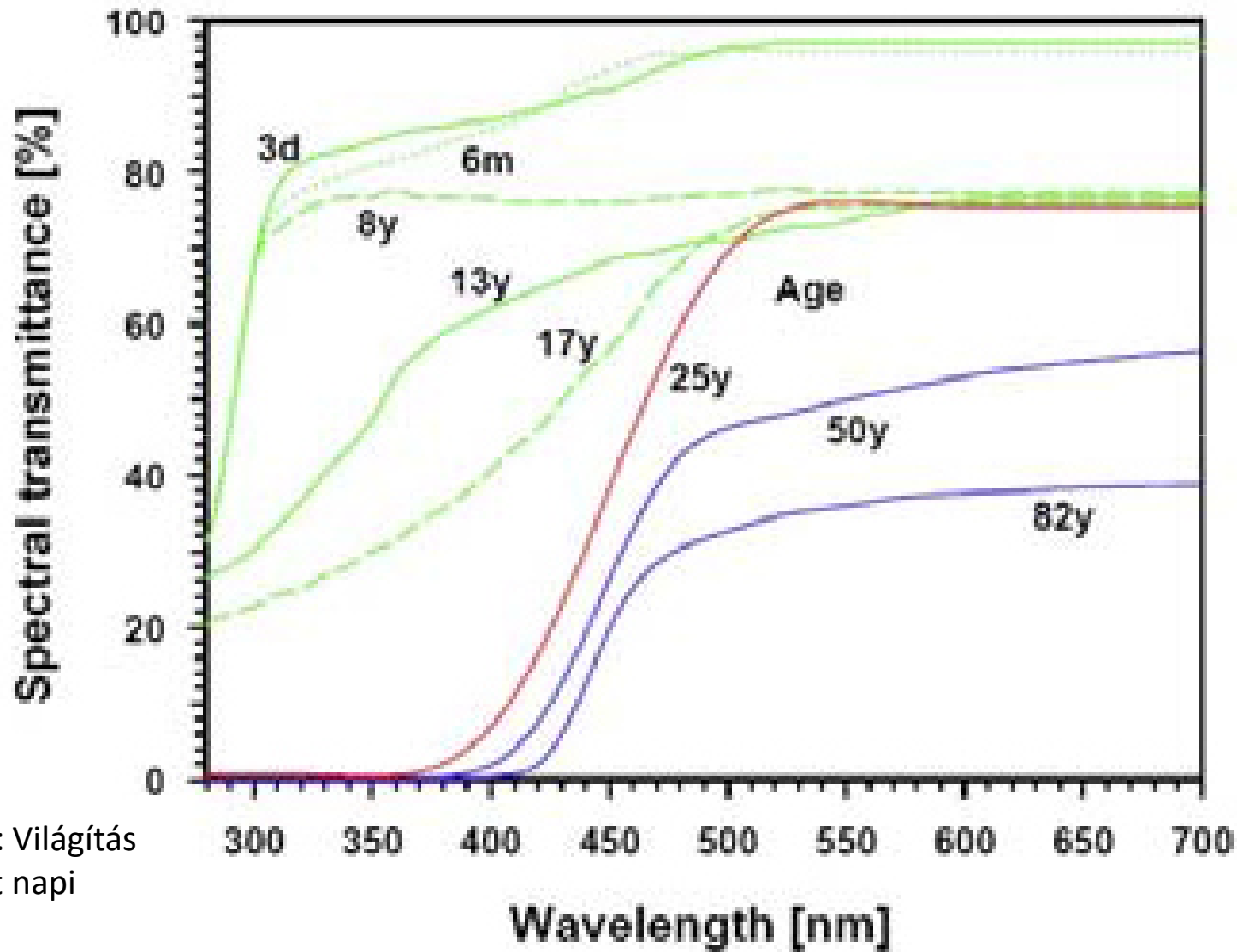
Kromatikus aberráció 2.



Kromatikus aberráció hatása látásunkra

- rövidhullámhosszú sugarak (kék fény) erősebben törik meg, mint a hosszúhullámhosszú sugarak (vörös fény)
- ha a kék fényre fókuszálunk (A), vörös gyűrű jelenik meg
- ha a zöld fényre fókuszálunk (B), magenta (bíbor) gyűrűt látunk
- ha a vörös fényre fókuszálunk (C), kék gyűrűt látunk
- **sose használjunk egyszerre vörös és kék színt információ megjelenítésre!**

A szemlencse transzmisszió változása az életkorral



Forrás: Schanda: Világítás
és az ember élet napi
ritmusa ea

Kontraszt

A látómező két vagy több egyidejűleg vagy egymás után látott része közötti megjelenésbeli különbség.

$$C = \frac{L_t - L_b}{L_b}$$

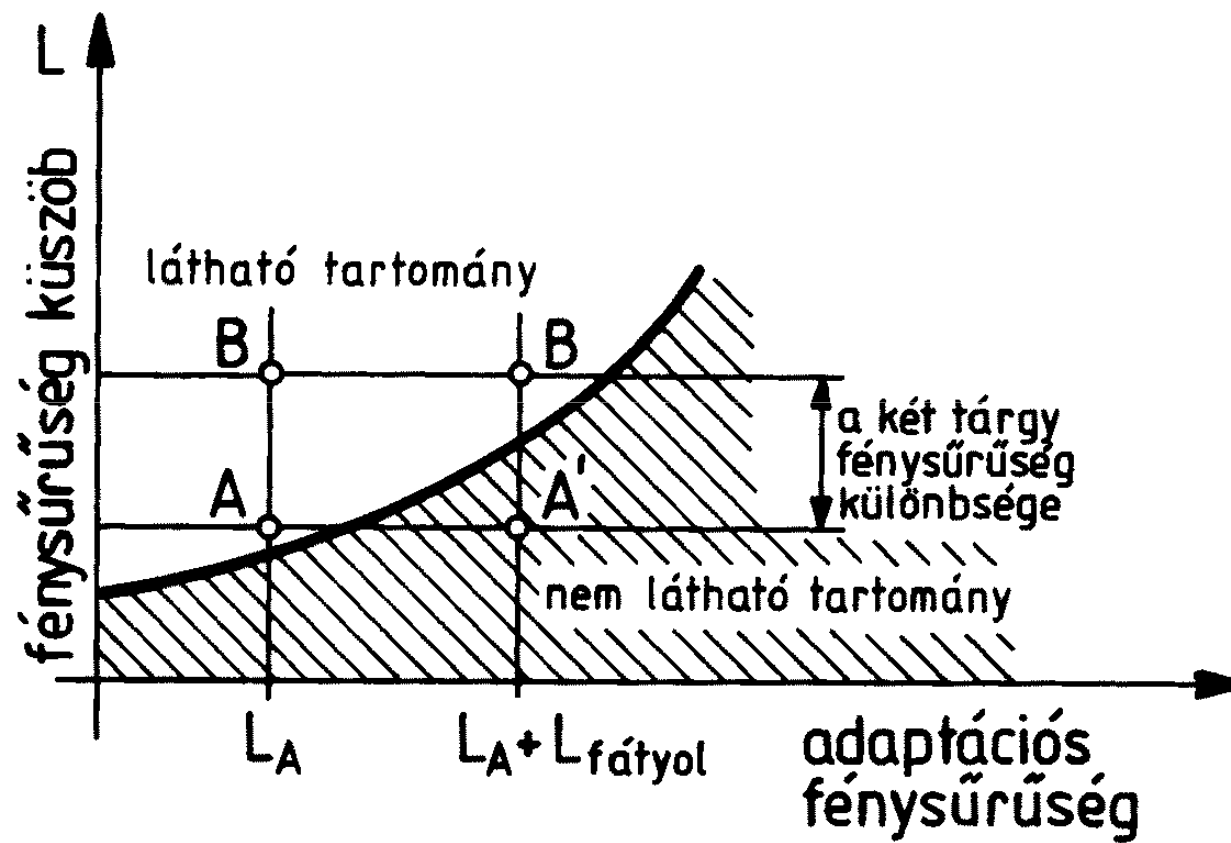
Kontraszt viszony:

$$C_v = \frac{L_t}{L_b}$$

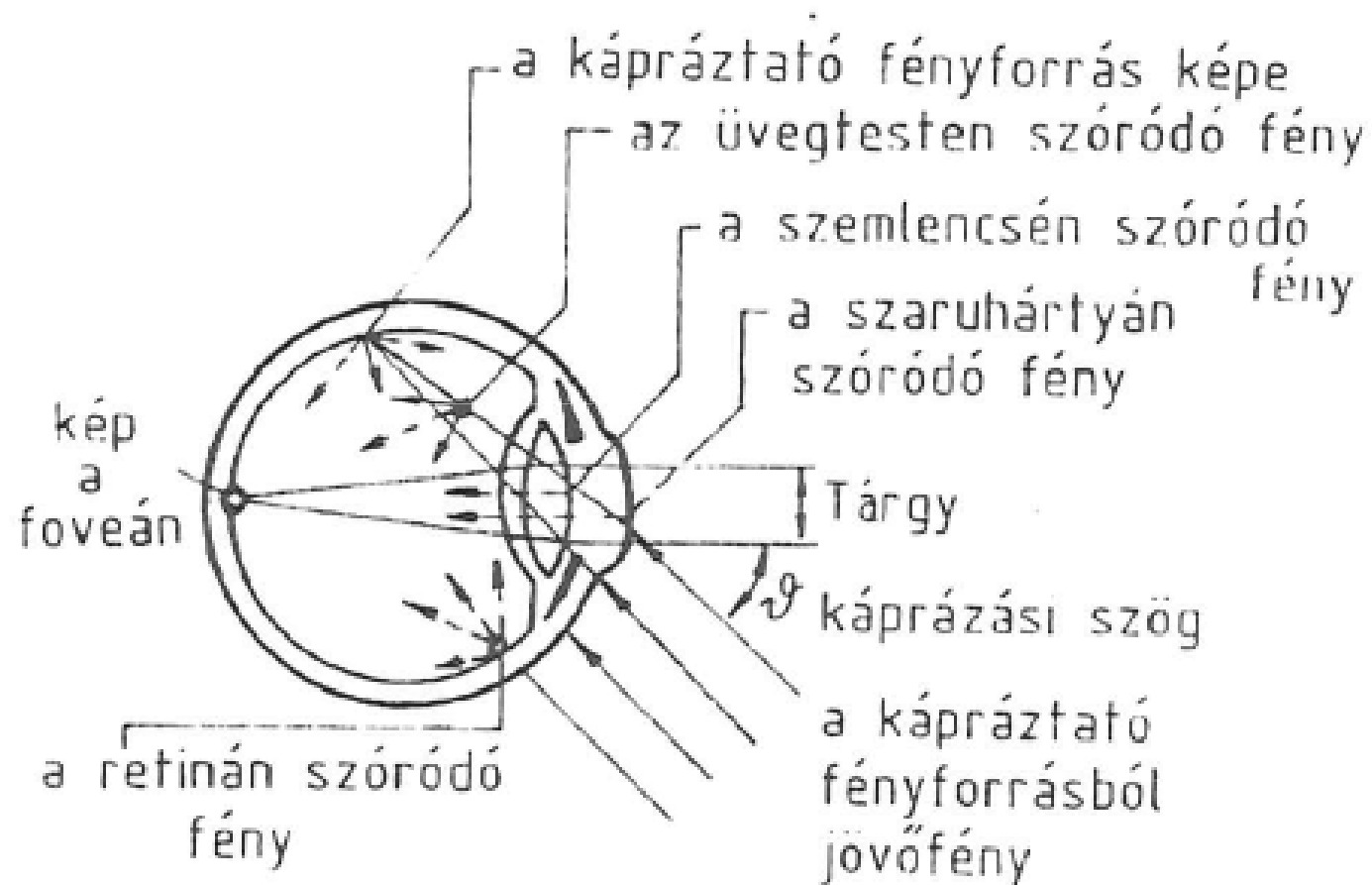
Kontraszt érzékenység: valamely adaptációs szintnél a már érzékelhető legkisebb fénysűrűség különbség és az adaptációs fénysűrűség hányadosa.

$$S_c = \frac{L_1}{(L_2 - L_1)_{\min}} = \frac{L_1}{\Delta L}$$

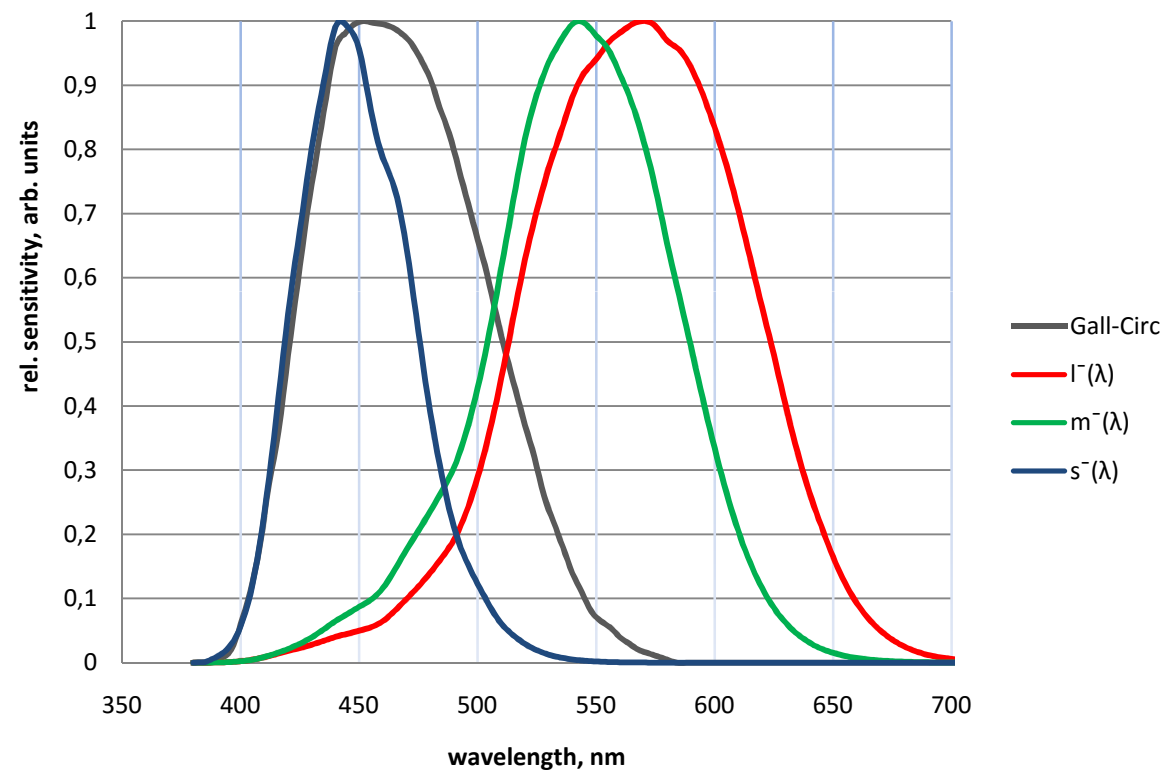
Negatív kontraszt: $L_{\text{háttér}} > L_{\text{tárgy}}$



Fátyol fényűrűség kialakulása



A különböző fényérzékeny sejtek spektrális érzékenységei

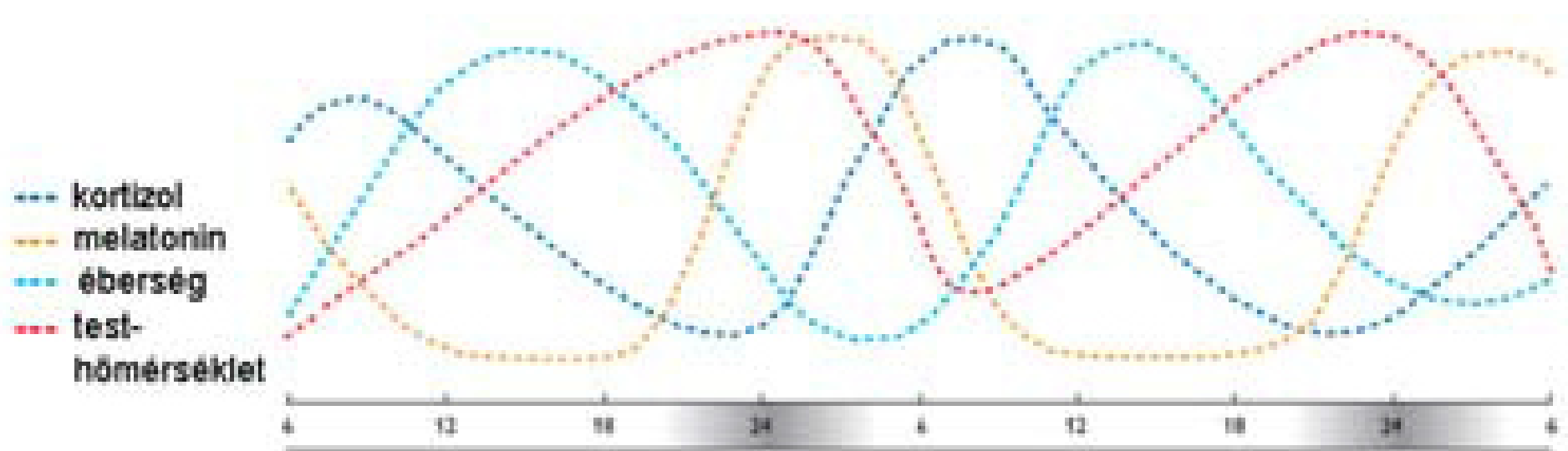


Cirkadian hatás

Az optikai besugárzás hatása
(1000 lx, 20-30 perc)

- Elnyomja a melatonin kiválasztást
- Növeli a cortisol kiválasztást
- Növeli a szív ritmust
- Emeli a testhőmérsékletet
- Csökkenti a pupilla átmérőt
- Növeli az elvenséget, élénkséget (alertness)
- Hatásos a szezonális hangulati zavar (seasonal affective disorder – SAD) kezelésére

Napi biológiai változások főbb jellemzői



Kortizol – stressz hormon; éberséget okoz

Stressz: a szervezet nem specifikus válasza az ingerekre

Melatonin – alvás hormon

Sötétben keletkezik, a tobozmirigy váltja ki.

Vezérlése a hipotalamuszban történik

Az információ hordozója a melanopsin nevű fotopigment

A melanopsint a

látható

színeképtartomány

rövidhullámú részén

történő ingerlésre a

szuprakiazmatikus

mag

(SCN) közvetítésével a

tobozmirigyben a

melatonin kiválasztást

szabályozza

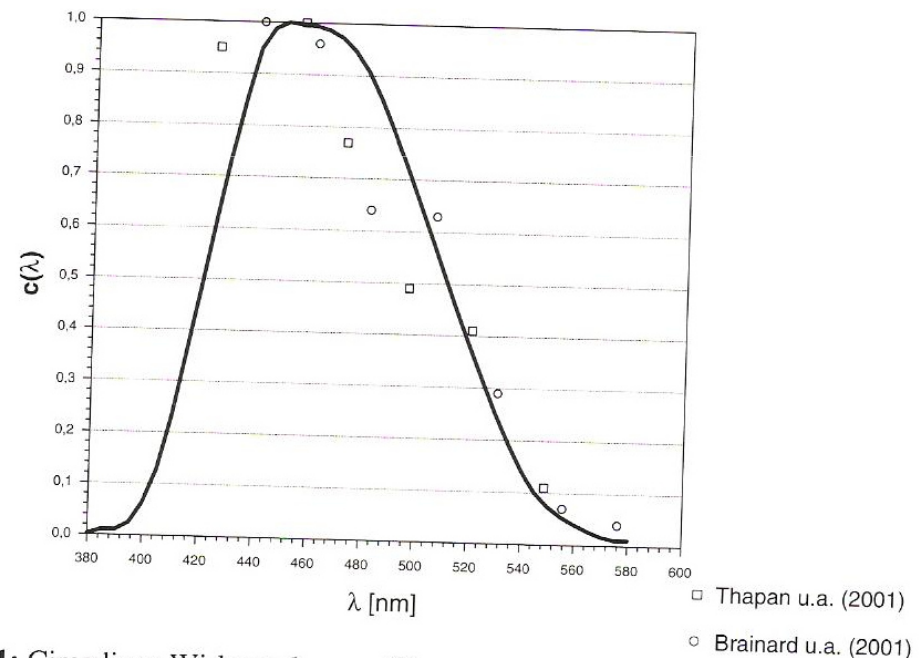
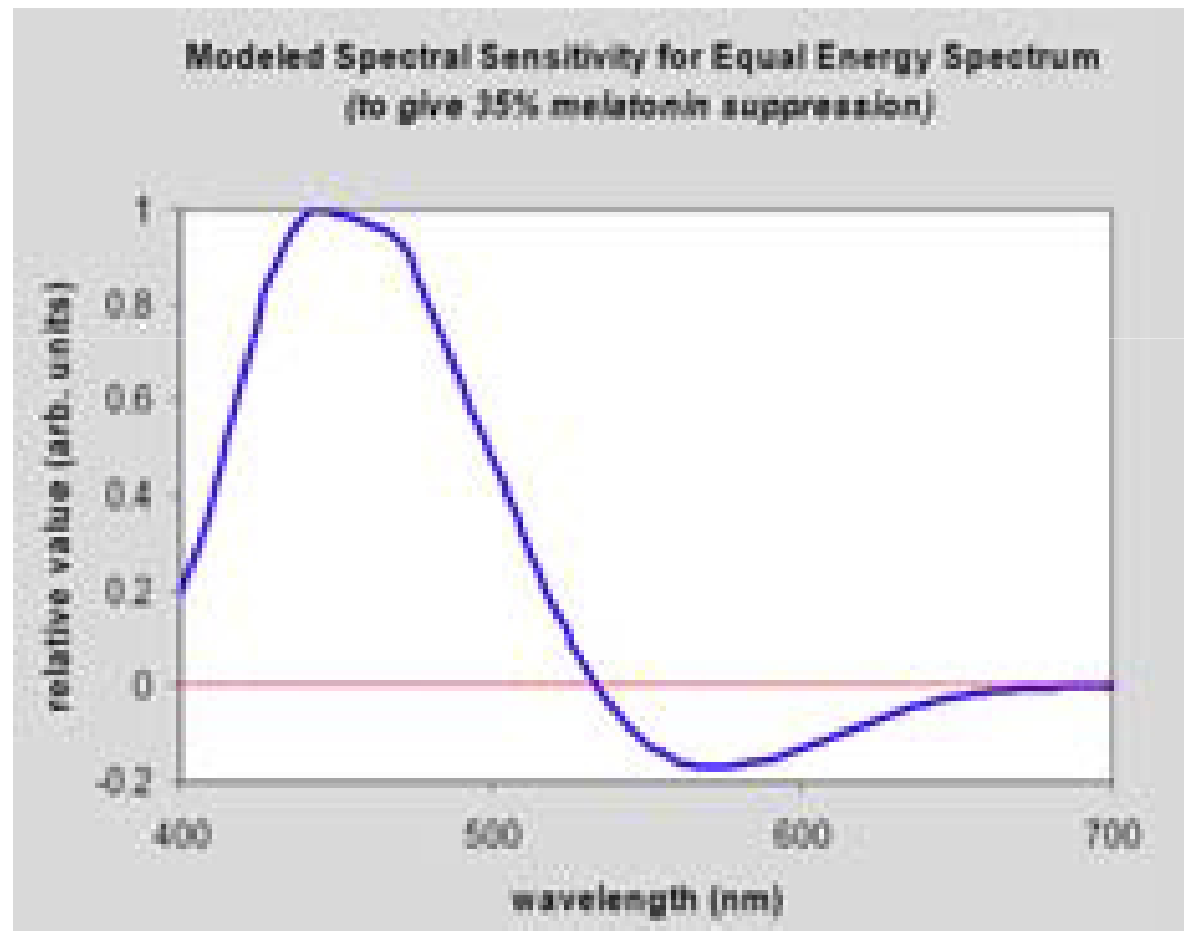
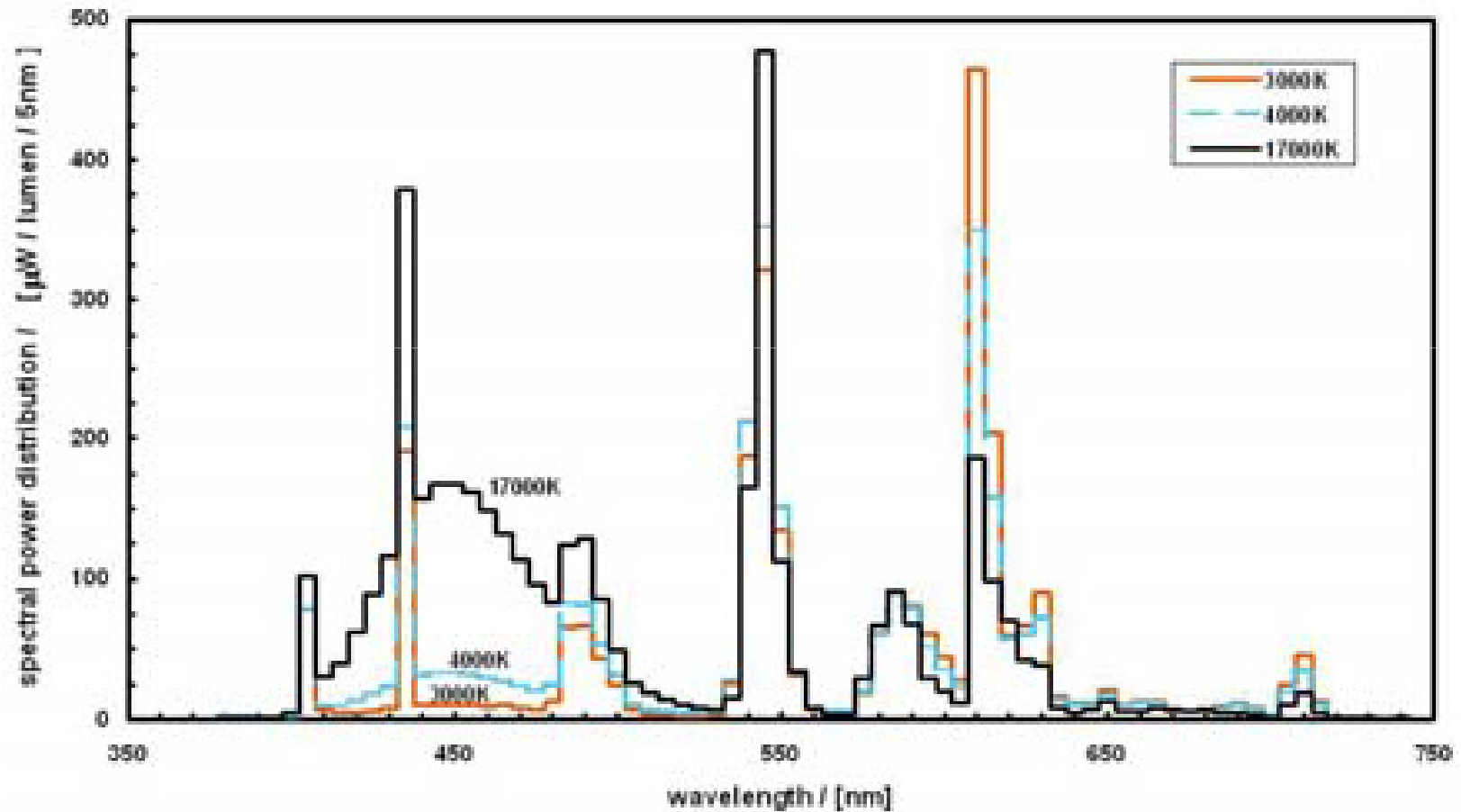


Bild D1: Circadiane Wirkungskurve $c(\lambda)$

A circadian rendszer hatásfüggvénye szélessávú sugárzással mérve



Melatonin elnyomásra javasolt fényforrás: 17.000 K színhőmérséklettel



Az alvást nem zavaró, melatonin elnyomást nem okozó világítás



2015.12.07.



BME - VIK

50

Az agy szerepe a látásban

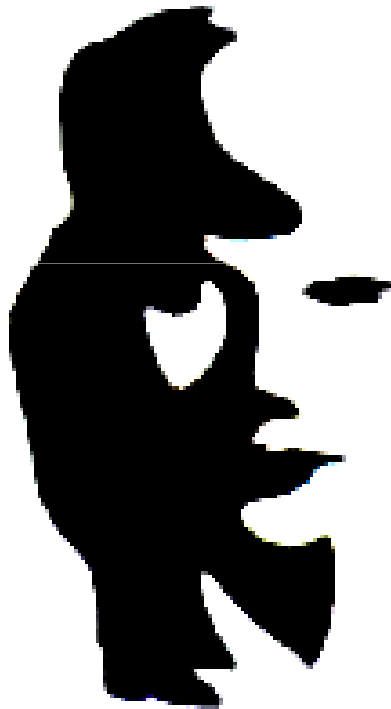


Látási illúziók

Mit látnak? Öreg embert, vagy a természetben csókolódzó párt?



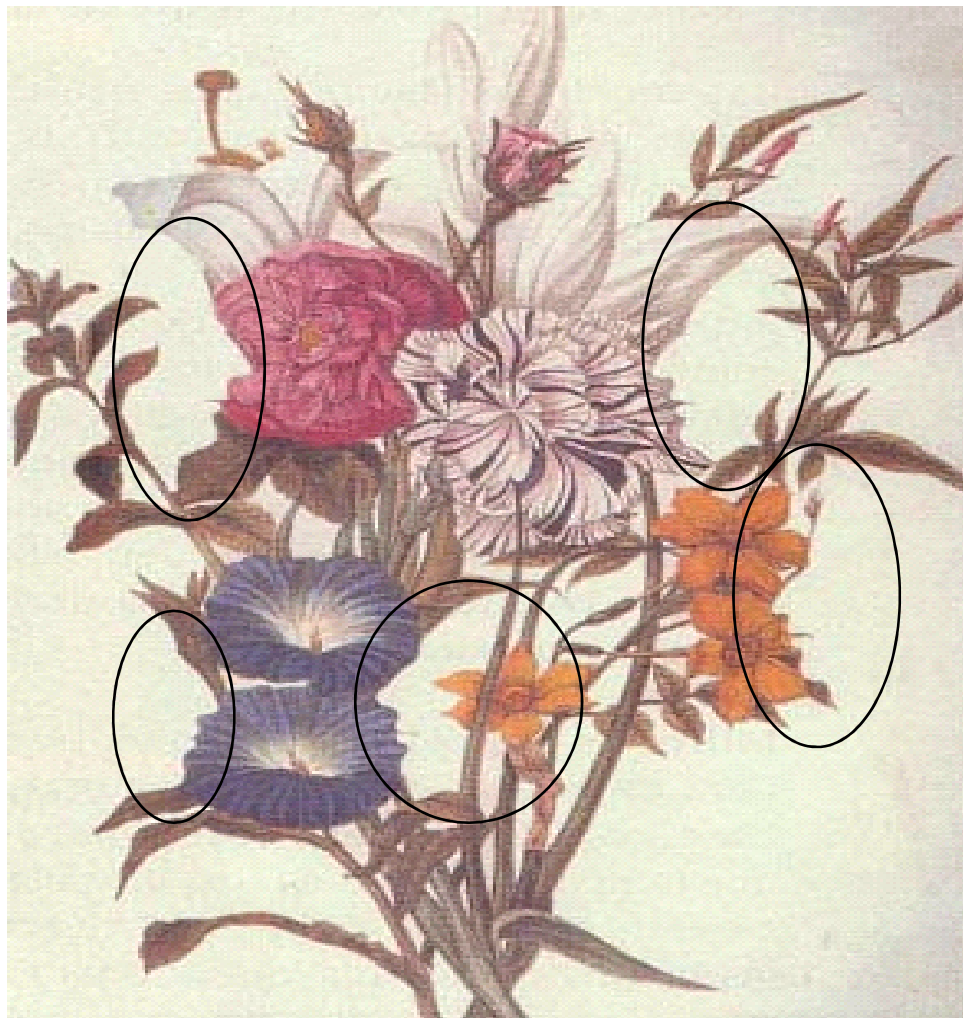
Ki ez? (Szaxofonos, vagy ifjú hölgy)



Árnyék hatások

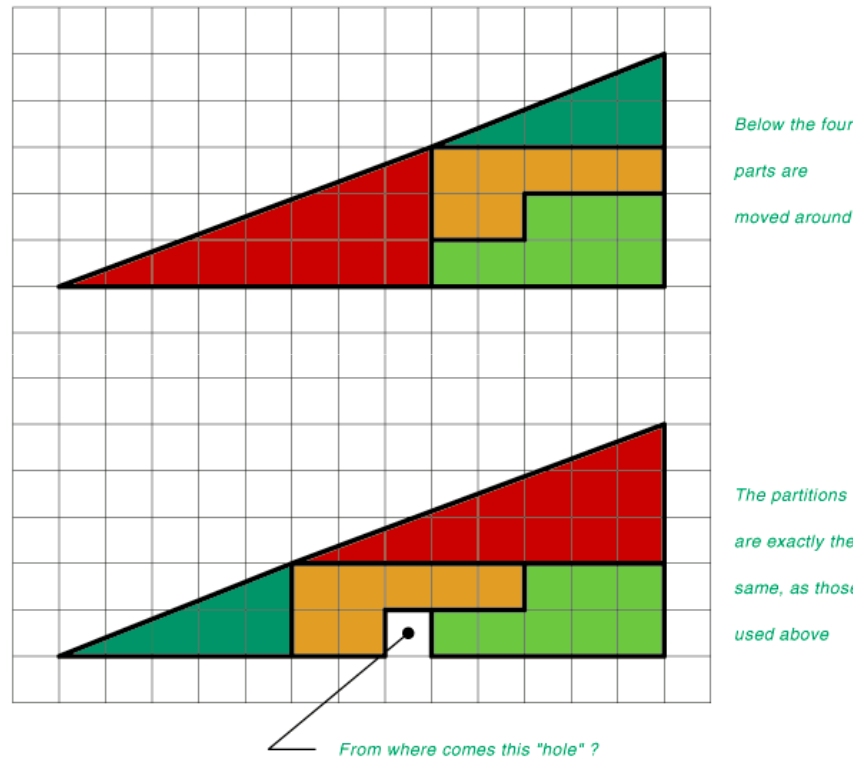


Hány emberi arc van a képen?

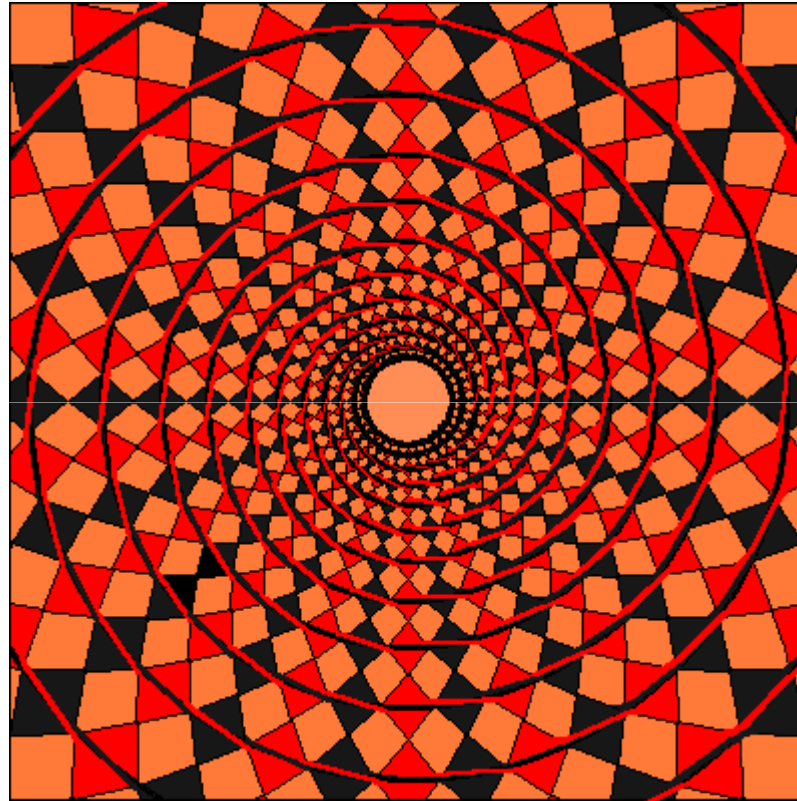


Hogy lehet ez?

HOW CAN THIS BE TRUE ?



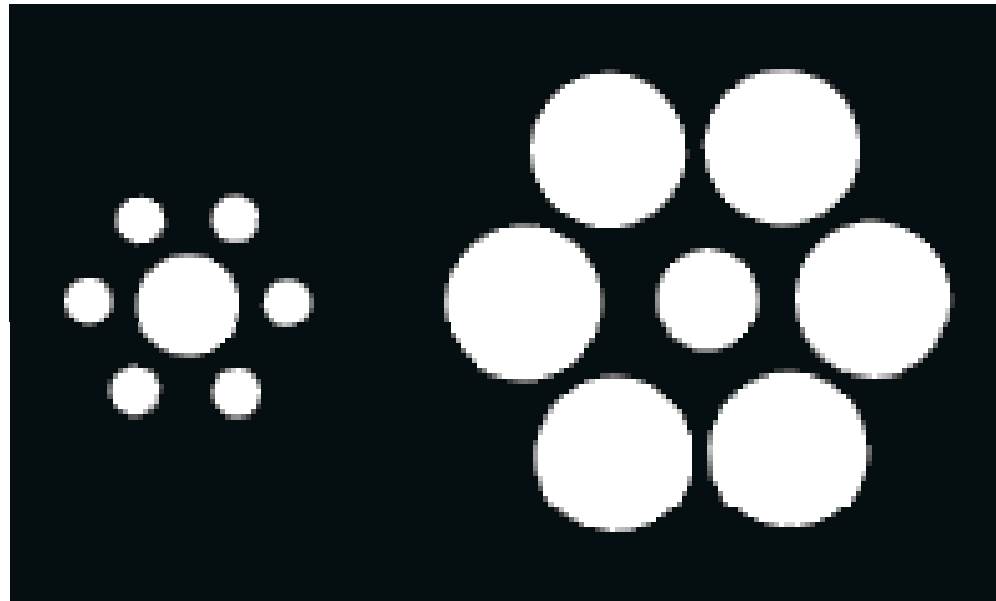
Mit látnak?



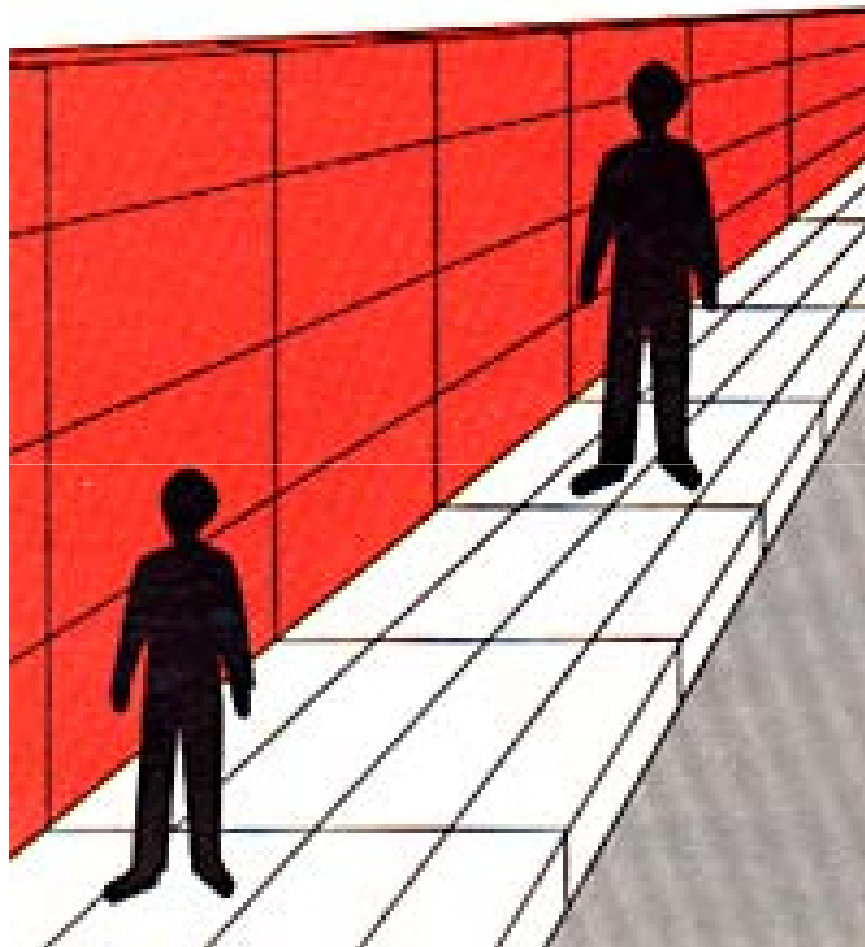
Zöllner - illúzió



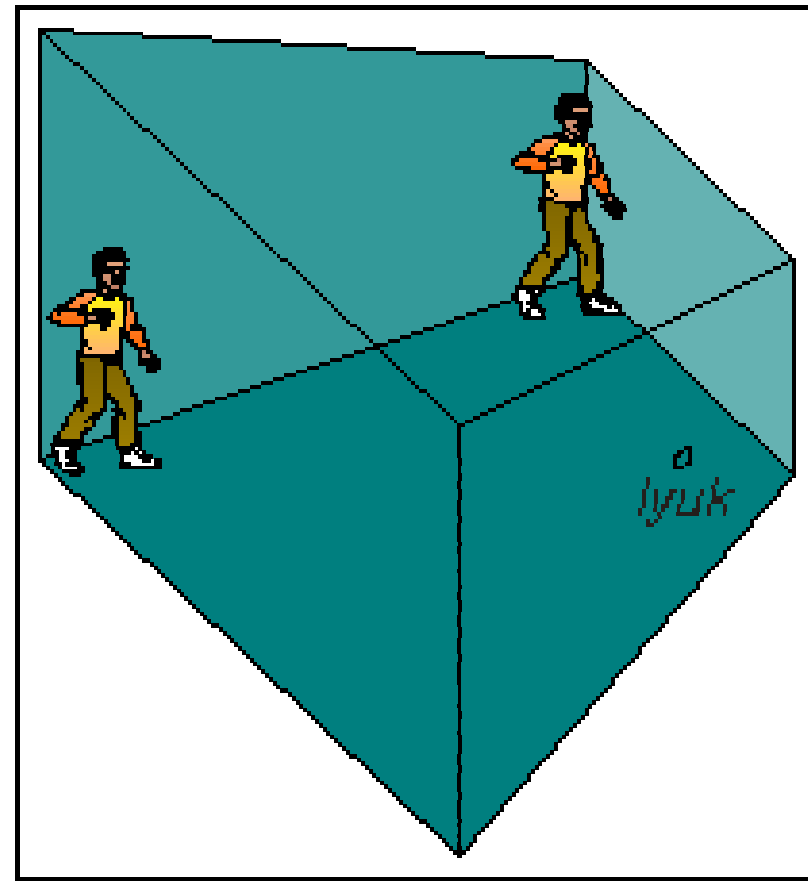
A középső körök közül melyik a nagyobb?



Út illúzió



Ames szoba



Adalbert Ames 1881-1955

festő

Kutatásait a perspektíva elméletére alapozta, és kísérletei által bebizonyította, hogy ez az elmélet valóban helytálló, mivel a modelljei által könnyedén becsapható az emberi szem.

A megfigyelő egy meghatározott pontból, egy kis lyukon keresztül, egy szemmel néz be a szobába, ahol jelentős méretbeli eltéréseket tapasztal. A jobb oldalon álló személy sokkal nagyobbnak látszik, mint a bal oldalon álló. Valójában a személyek egyforma magasak. A szoba padlója lejt, falai pedig nem derékszögben találkoznak, így az egyik fala közelebb van a nézőhöz. A megfigyelő mégis egy adott szögből egy normális, téglalap alakú szobának látja.