

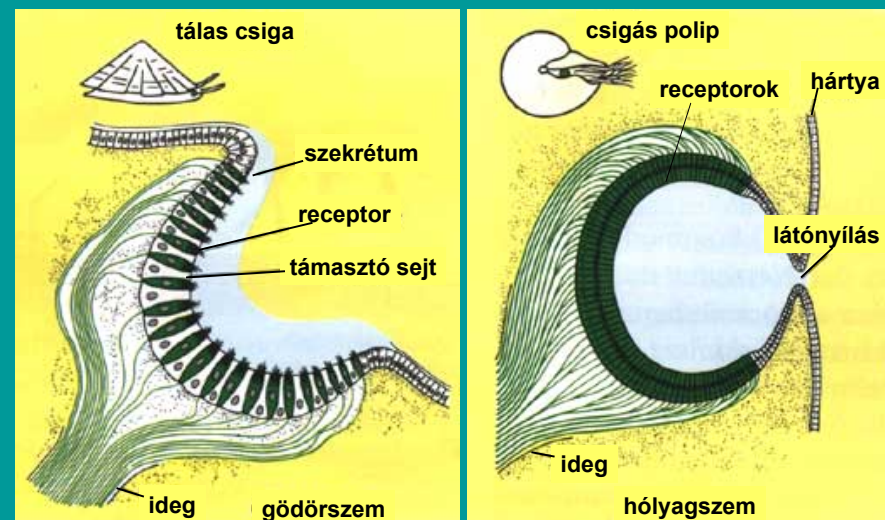
# A szem optikája 1.

## A látószerv fejlődése

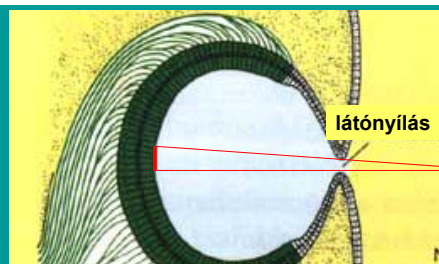


1

## A látószerv fejlődése 1.

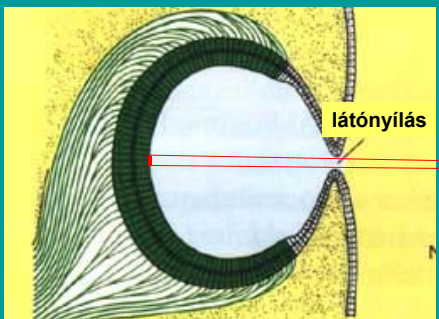


2



Hátrányok:

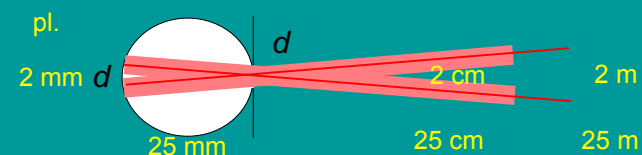
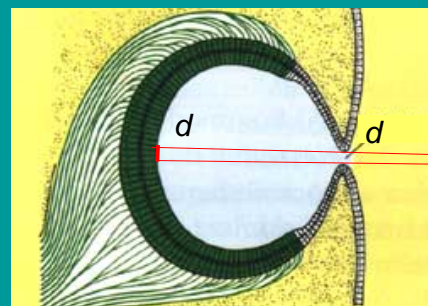
- ☹ nyitott
- ☹ nem pontszerű leképezés
- ☹ gyenge felbontás



folt mérete  $\approx$  látónyílás mérete ( $d$ )

3

A hólyagszem felbontása:

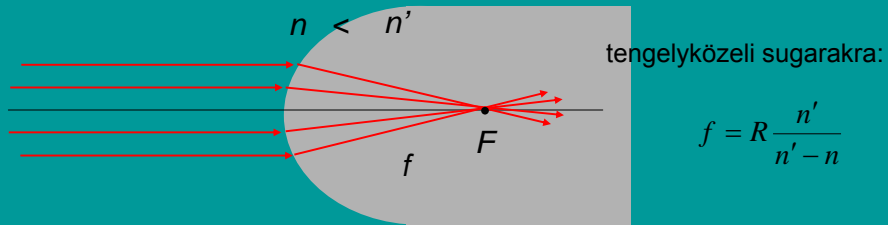


→ jobb felbontáshoz kisebb  $d$

→ fényintenzitás veszteség és elhajlás

4

## Törés görbült határfelületen



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

A felület törőképessége ( $D$ ):  $D = \frac{n'}{f} = \frac{n' - n}{R}$

$n$ : az 1. közeg törésmutatója

$n'$ : a 2. közeg törésmutatója

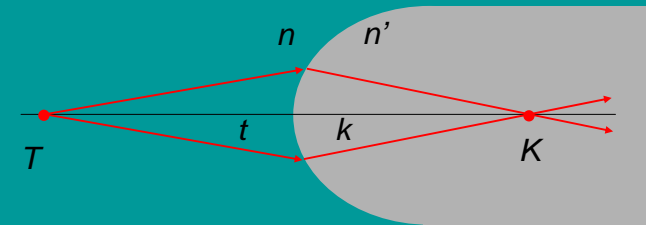
$R$ : a felület görbületi sugara  
 $> 0$ , ha konvex  
 $< 0$ , ha konkáv

$D > 0 \rightarrow$  gyűjtő

$D < 0 \rightarrow$  szóró

5

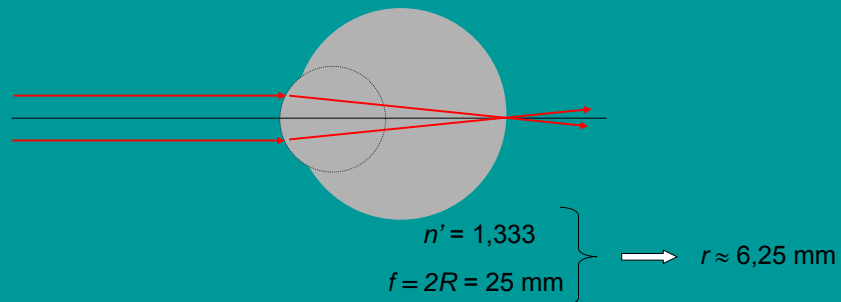
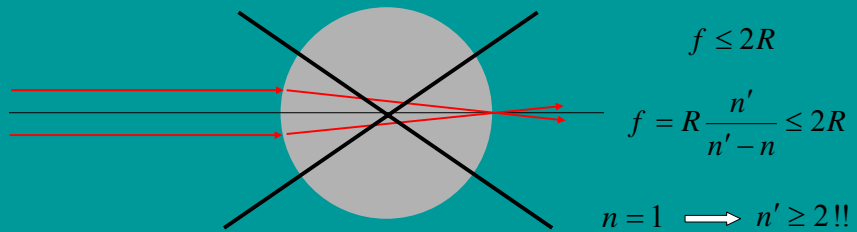
## Képképzés görbült határfelületen



$$D = \frac{n}{t} + \frac{n'}{k}$$

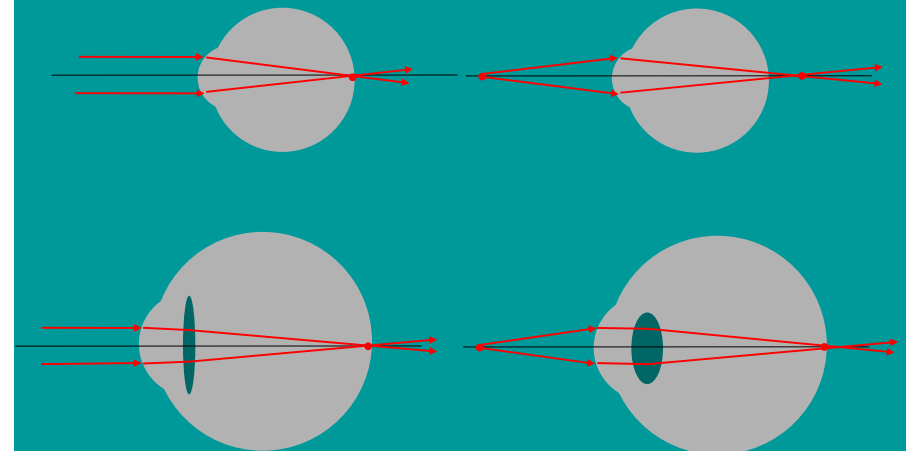
6

## Egyszerű gömb mint szem?



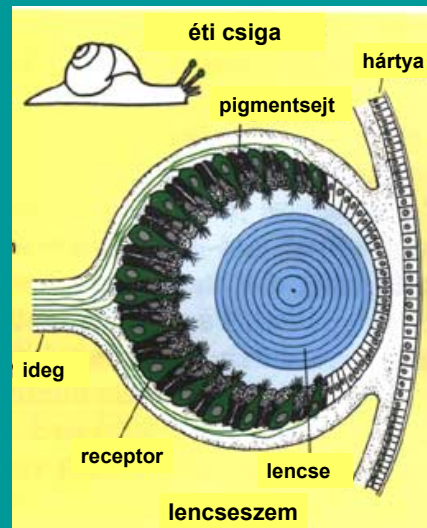
7

## Alkalmazkodás?



8

## A látószerv fejlődése



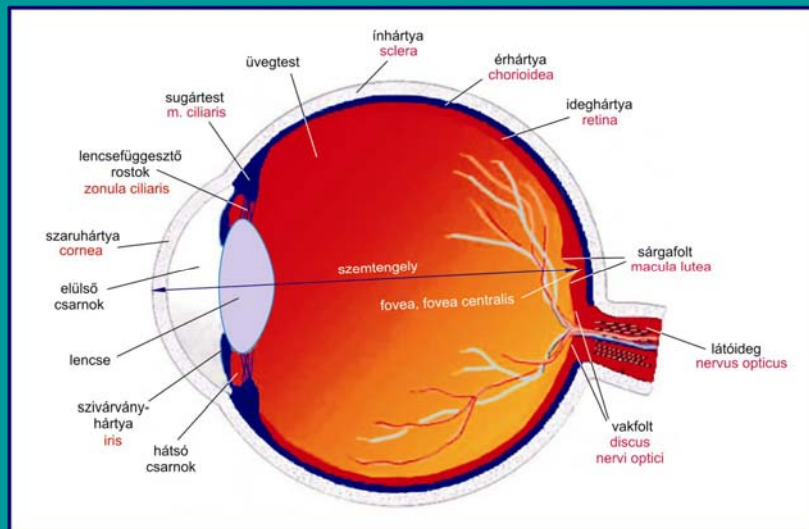
9

# A SZEM OPTIKÁJA 2.



10

## Az emberi szem



11

## Az emberi szem törőképsége

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

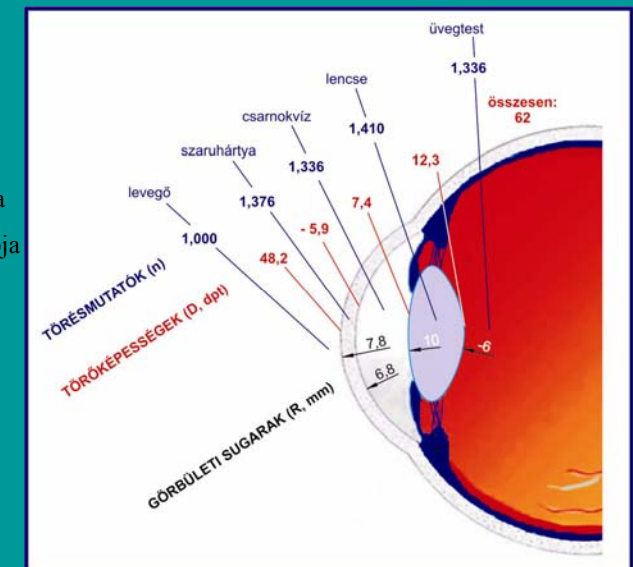
$D$  : törőképesség (dpt)

$n$  : 1. közeg törésmutatója

$n'$  : 2. közeg törésmutatója

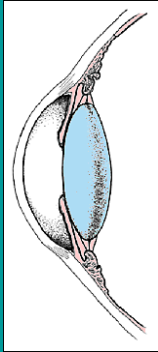
$R$  : görbületi sugár (m)

- + konvex
- konkáv

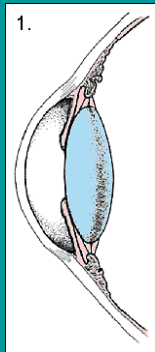


12

## Akkomodáció



Távolra nézés  
(még éppen éles)

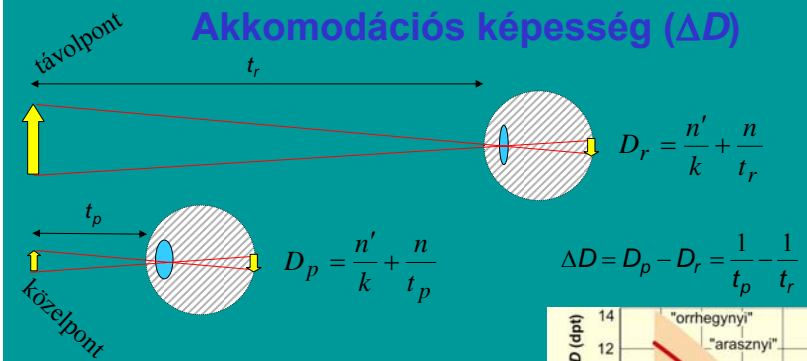


A diagram of a normal eye. The iris is shown as a blue, textured structure. The pupil is a dark, circular opening in the center of the iris. The lens is a clear, oval-shaped structure located behind the pupil. The diagram illustrates the normal anatomy of the eye.

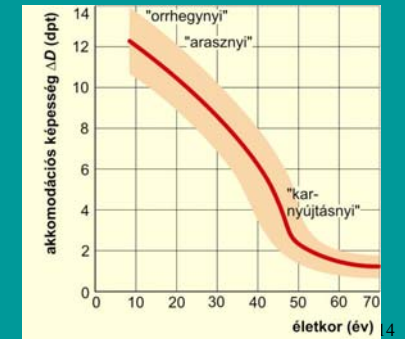
Közelre nézés  
(még éppen éles)

13

## Akkomodációs képesség ( $\Delta D$ )

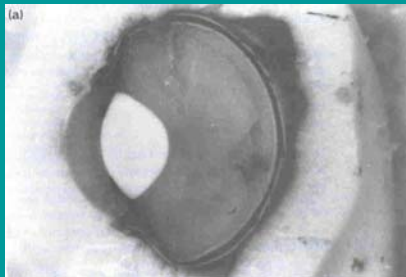


$$\Delta D = D_p - D_r = \frac{1}{t_p} - \frac{1}{t_r}$$



$$\left. \begin{array}{l} \text{pl.} \quad t_r = \infty \\ t_p = 0,07 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta D = 13 \text{ dptr}$$

### Extrém példa: A kacsza szemének indukált akkomodációja



Szárazon



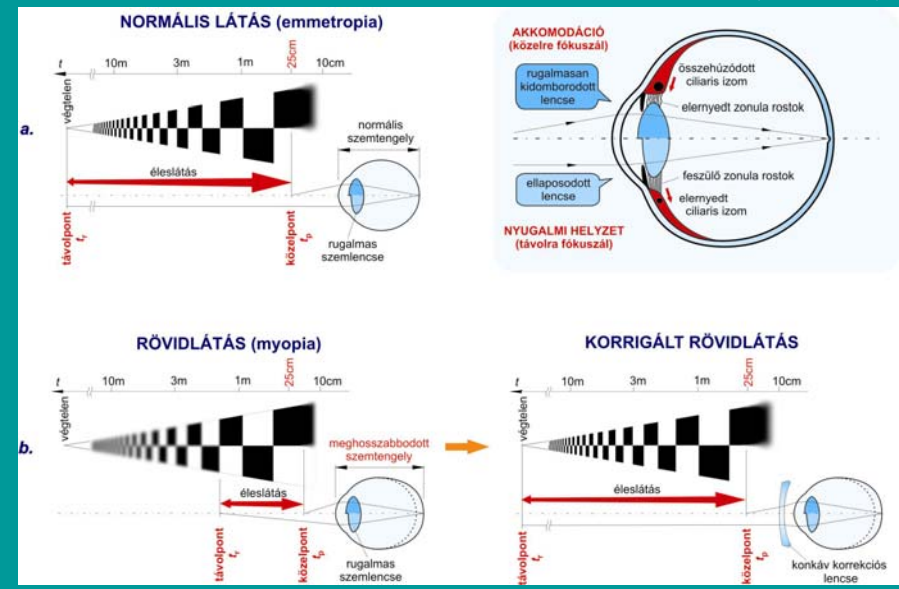
## Víz alatt

15

## Leképezési hibák (rövidlátás)

„Semmi baj, mert nincs itt a vég;  
szemüveg nem kell még!”

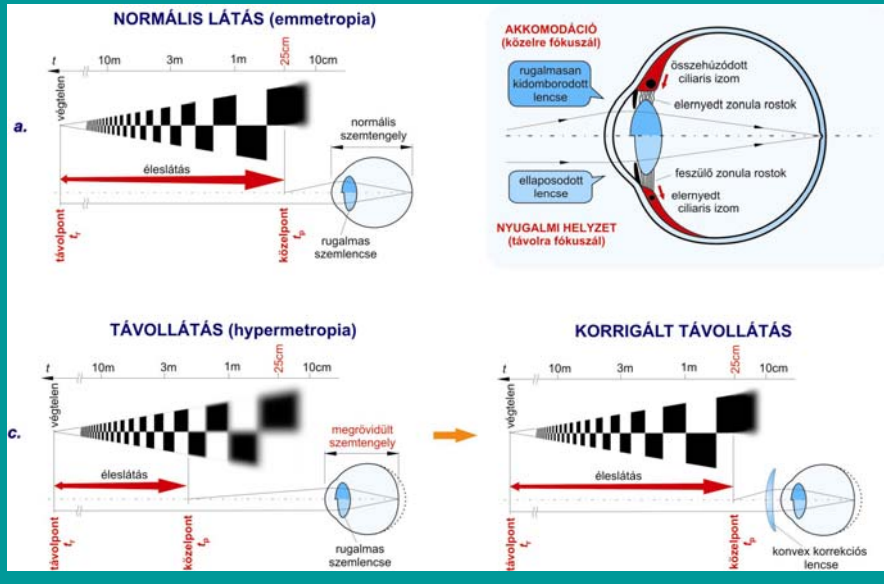
(Kern András)



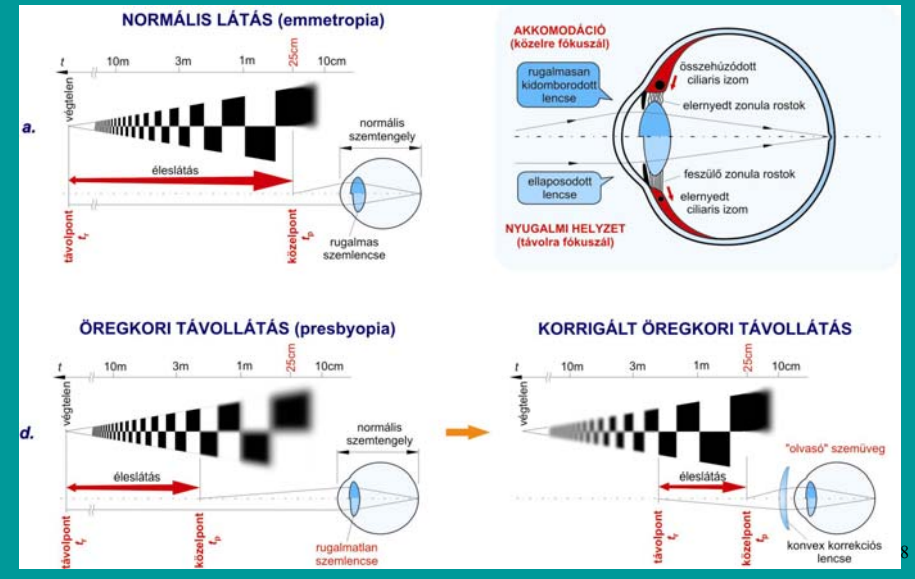
5



## Leképezési hibák (távollátás)



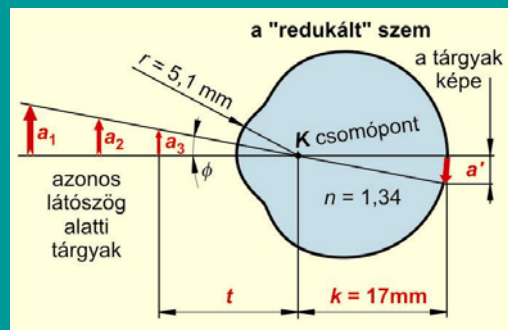
## Leképezési hibák (öregkori távollátás)



## Képképzés

Modell:

redukált szem

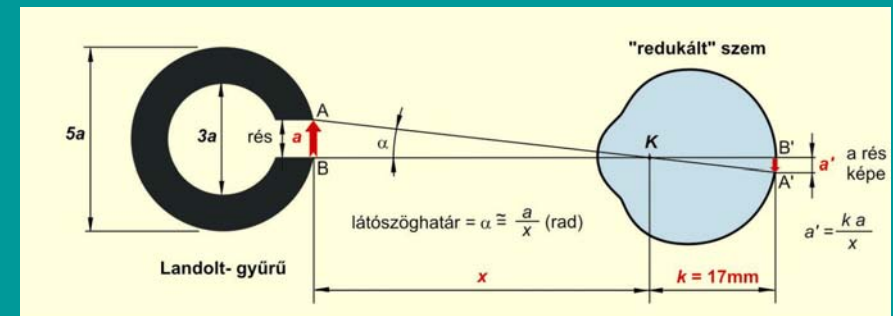


$D = 67 \text{ dptr}$

A kép:

- valódi
- kicsinyített
- fordított állású

## Látásélesség (felbontóképesség)



Látószöghatár:

$$\alpha \approx \frac{a}{x} \text{ (rad)} \quad \alpha' = \frac{a}{x} \text{ (rad)} \cdot \frac{360^\circ}{2\pi \text{ (rad)}} \cdot 60 \left( \frac{'}{^\circ} \right)$$

Látásélesség:

$$\text{visus} = \frac{1'}{\alpha'} \cdot 100 \%$$

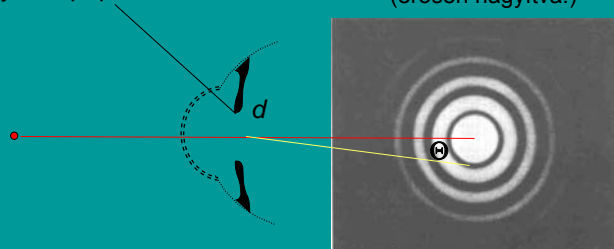
Az egészséges szem látószöghatára átlagosan  $1'$ , tehát látásélessége 100 %.

## A látásélesség magyarázata 2.

Hullámoptikai magyarázat:

elhajlás a pupillán

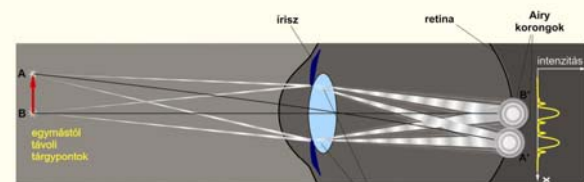
Egy tárgypont képe a retinán  
(erősen nagyítva!)



„Airy  
korong”

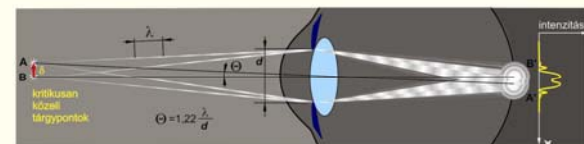
A főmaximum melletti első minimum iránya:  $\sin \Theta = 1,22 \frac{\lambda}{d} \approx \Theta$

21



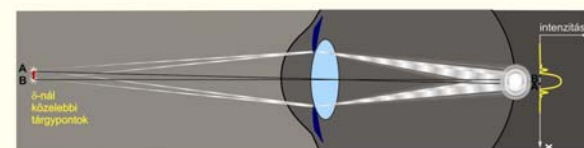
Az egymástól távoli tárgypontok (A, B) esetén az „Airy korongok” még jól elkülönülnek (A', B').

az írisz perméről (pupilla) elhajlott fénysugarak



Kritikusan közeli tárgypontok esetén az „Airy korongok” áttapcsolódnak, még éppen megkülönböztethetők.

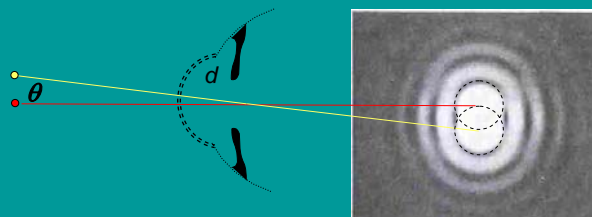
δ a felbontási határ, Θ pedig a fényelhajlás következtében fellépő látószöghatár.



δ-nál közelebbi tárgypontok esetén az „Airy korongok” egyetlen képkoronggá olvadnak össze.

A két tárgypont képe hullámoptikai szempontból felbontatlan.

22



Két tárgypont felbontásának feltétele, hogy a két elhajlási kép legalább annyira elcsússzon egymáshoz képest, hogy az egyik maximuma a másik első minimumával essen egybe.

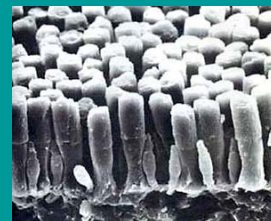
Ekkor a két tárgypont látószöge:  $\theta = 1,22 \frac{\lambda}{d}$

$$\text{pl. } \left. \begin{array}{l} \lambda = 0,55 \mu\text{m}, \\ d = 3,5 \text{ mm} = 3500 \mu\text{m} \end{array} \right\} \rightarrow \theta \approx 0,7'$$

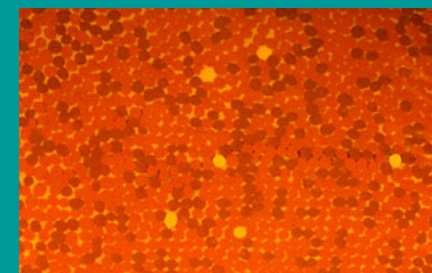
23

## Látásélesség magyarázata 3.

diszkrét receptormező



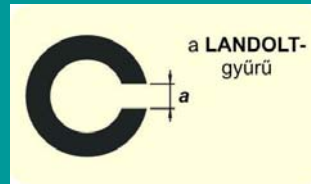
csapok és pálcikák  
(a retina periferiális részén)



különböző színeket érzékelő csapok  
(fovea centralis)

24

## Látásélesség mérés



$a = 0,5 \text{ mm}$

$a = 0,4 \text{ mm}$

$a = 0,3 \text{ mm}$

$a = 0,2 \text{ mm}$

o o c c o o o o

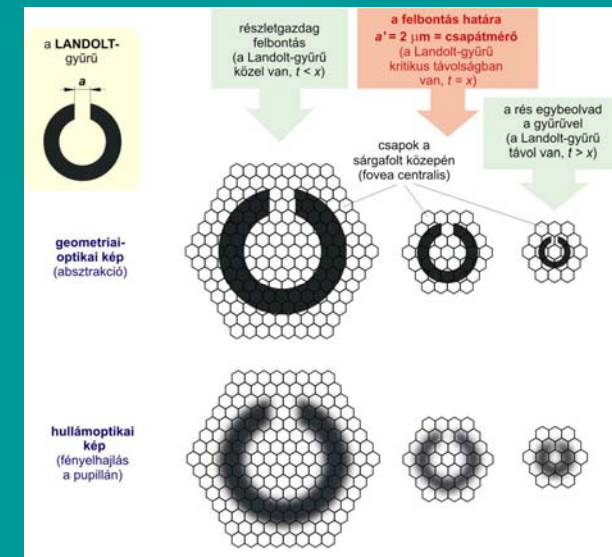
o o c c o o o o

o o c c o o o o

o o c c o o o o

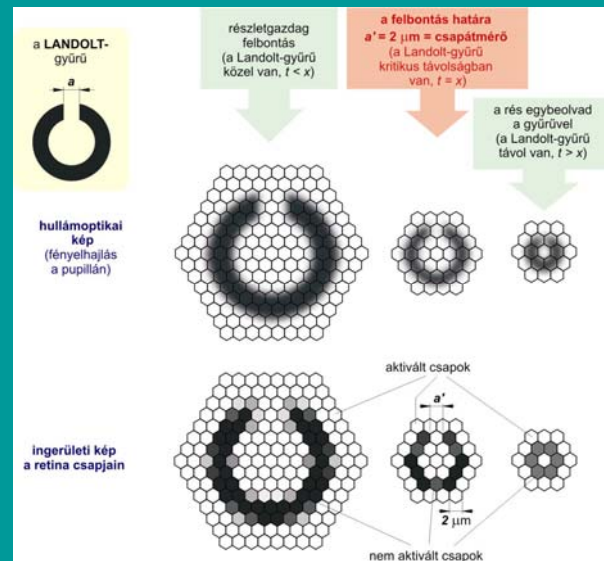
25

## A Landolt gyűrű képe a sárgafolton 1.



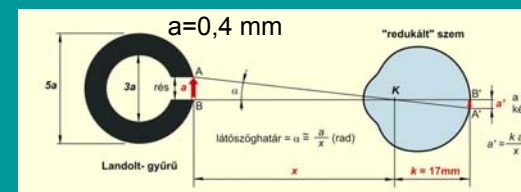
26

## A Landolt gyűrű képe a sárgafolton 2.



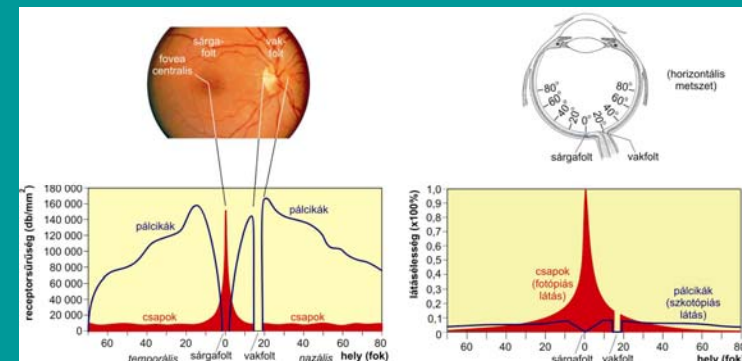
27

## Receptorsejtek sűrűsége és eloszlása



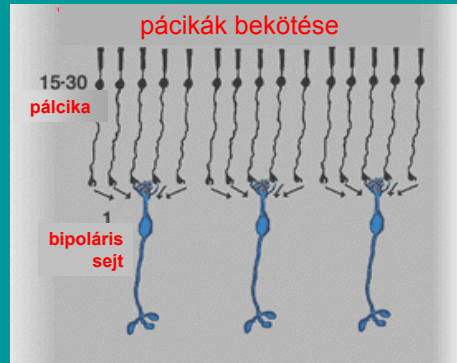
$$a' = \frac{0,4}{x} = \frac{a'}{17} \Rightarrow A \cong (a')^2$$

$$\text{receptorsűrűség} = \frac{1}{A}$$



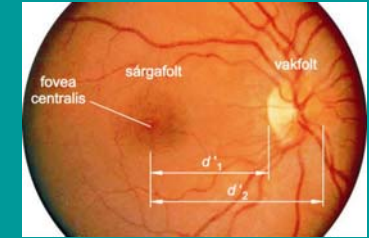
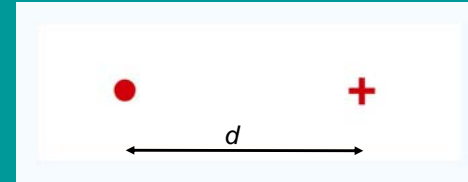
28

## Információredukció, konvergencia:

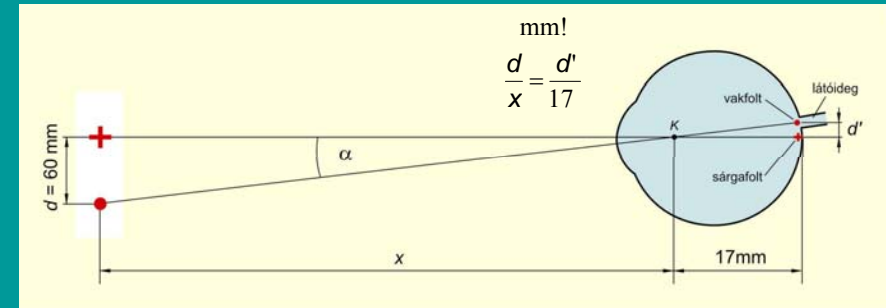


29

## Vakfolt



A kinyomtatott ábrán:  $d = 60 \text{ mm}$



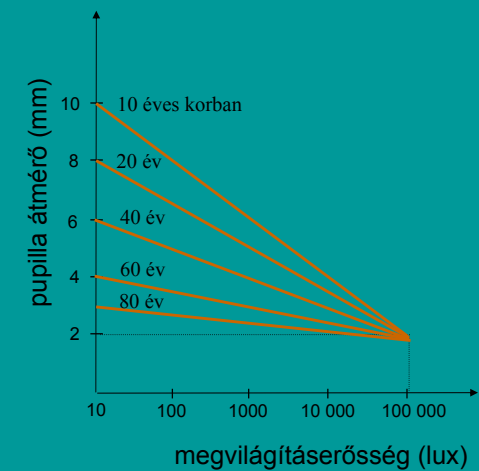
30

## A SZEM OPTIKÁJA 3.



31

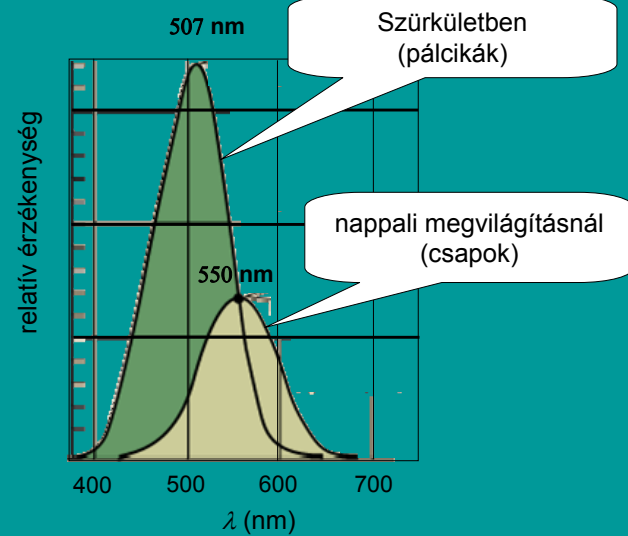
## Adaptáció



32

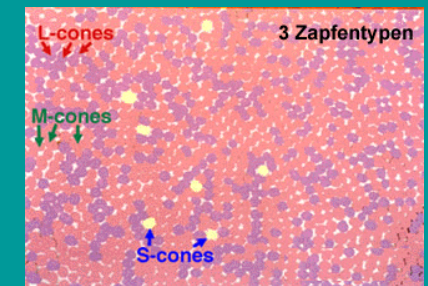
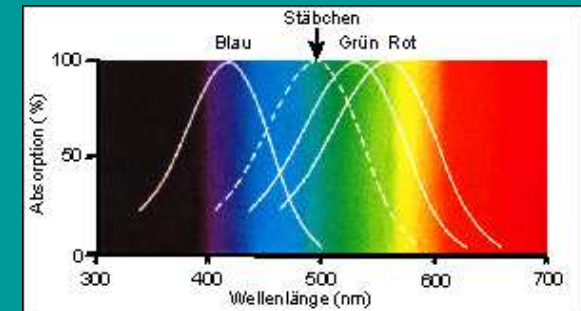


## Érzékenységi görbe



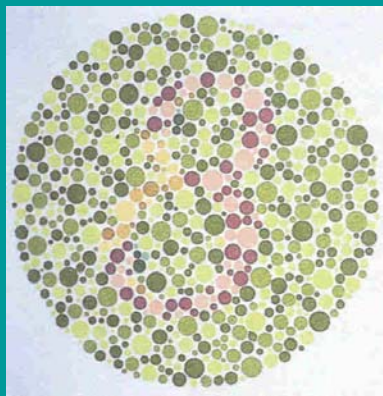
33

## Színlátás



34

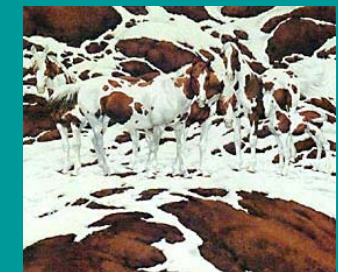
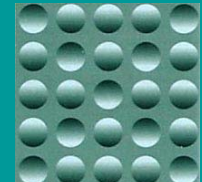
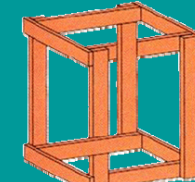
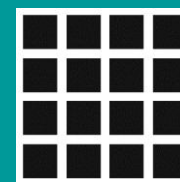
## Szintévesztés



Melyik számot látja az ábrán?

35

## OPTIKAI CSALÓDÁSOK



36