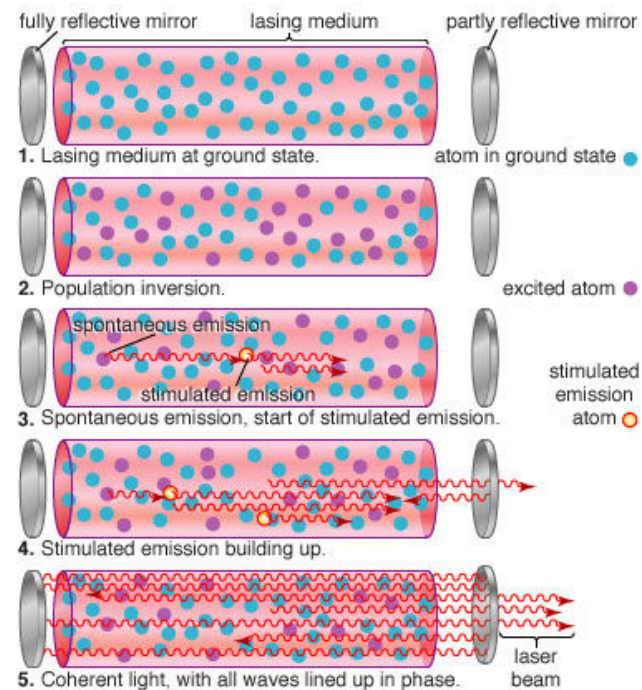


# Bevezetés a lézeres anyag- megmunkálásba

FBN332E-1

Dr. Geretovszky Zsolt

2010. szeptember 22.



© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.

# Gerjesztés/Pumpálás

## Elektromos pumpálás

- DC (egyszerű, olcsó, az elektród korrozója/degradációja szennyezi az aktív közeget)
- AC (akár MHz-ig, kompakt rezonátor, RF-hez hasonló előnyök)
- RF (az elektródák az üregeken kívül vannak, kisebb szennyezés, egyenletesebb kisülés, de drágább mint a DC, le kell árnyékolni, alacsony hatékonyság)

## Optikai pumpálás

- villanólámpás (Xe, Kr, nagy az intenzitás, de a veszteségek is magasak)
- ívlámpák (a cw gerjesztés kedvelt pumpaforrásai)
- félvezetőlézerek (magas hatékonyság, új elrendezések)

## Kémiai pumpálás

- a gerjesztésért felelős reakció beindítása plazma vagy villanólámpa segítségével történik (fotodisszociáció)

## Az optikai üreg

Az **optikai üreg** = 2 tükör által határolt „edény”  
a lézerműködés szempontjából 5 jellemzője a tükrök  
távolsága  
görbületi sugarai és  
reflexiós tényezői

(a **rezonátor** = optikai üreg + pumpáló egység + további, a polarizációt, módus-szerkezetet, impulzushosszat szabályozó elemek)

A tükrök a fotonokat oda-vissza verik az aktív közegeken át, s ezzel

- növelik a kényszerített emisszió valószínűségét (nő a tartózkodási idő)
- visszacsatolást is lehetővé tesznek

A nem-tengelyi fotonok gyorsan kiverődnek.  
→ alacsony divergencia

A nem-fázisban történő reflexió kioltódik.  
→ fenntartja a nyaláb koherenciáját

Veszteségek:

- a kicsatoló tükrön keresztüli transzmisszió (a hasznos jel ☺)
- az aktív közeg optikai inhomogenitásain való szóródás
- a rezonátor tükrök abszorpciója és szórása
- a tükrök szélein történő elhajlás
- az aktív közeg más átmeneteinek elnyelése

# A stabil/unstabil üreg

A nyaláb konvergál (összetart), illetve divergál (széttart) a stabil, ill. unstabil üregben.

A **stabil optikai üreg** geometria legnagyobb előnye, hogy lehetővé teszi a nyaláb alapvető (ún. Gaussos) térbeli módusának létrejöttét, melynek jól leírható, előnyös tulajdonságai vannak. Pl. ez a móduskép terjedés közben NEM változik. Hátránya azonban, hogy az aktív közegnek csak egy (relatív kicsiny) részét „használja” → korlátozza a energiát/teljesítményt.

Az **unstabil üreg** előnyei: A sugárzás nem korlátozódik egy keskeny nyalábra, azaz legalább az egyik tükör teljes keresztmetszete kitölthető. → nagyobb teljesítmény; részben tükröző elemek nem szükségesek.

DE a nyaláb intenzitáseloszlása gyengébb, mint a stabil üreg nyalábjáé.

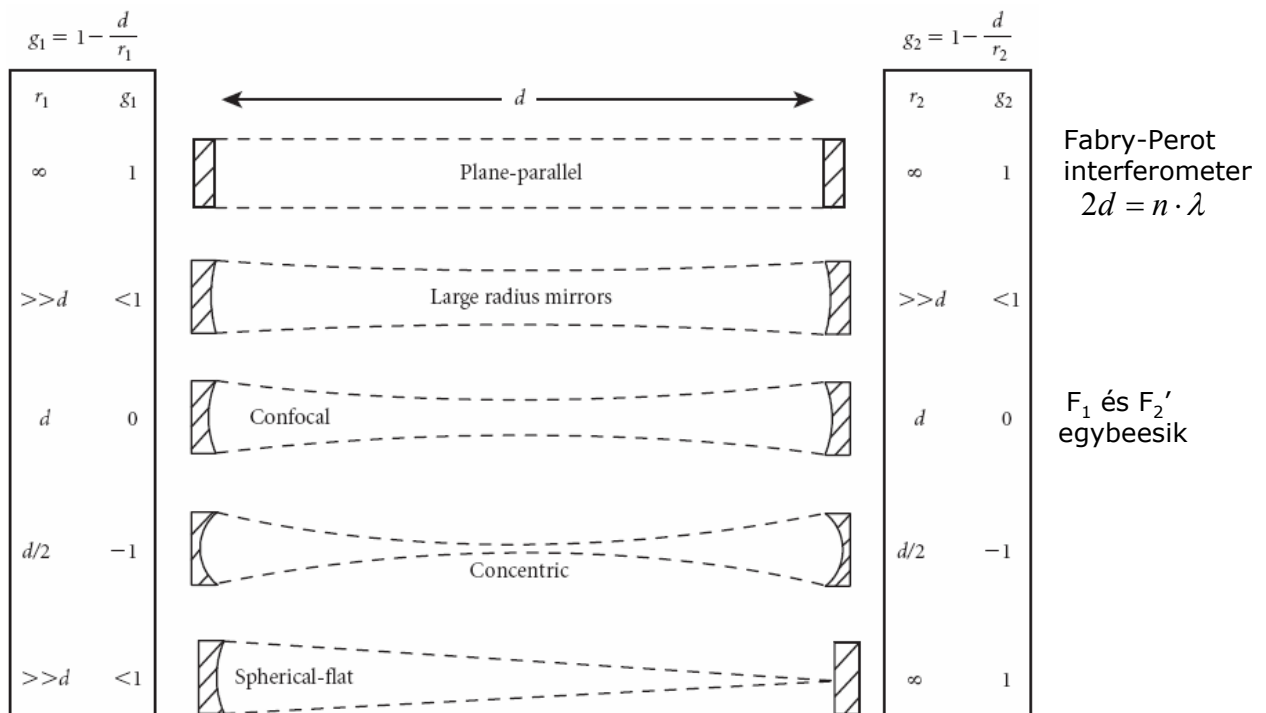
Matematikai értelemben az üreg akkor stabil, ha az egyik tükör görbületi középpontja, vagy maga a tükör, de NEM mindkettő esik a másik tükör és annak görbületi középpontja közé.

$$0 \leq \left[ 1 - \frac{d}{r_1} \right] \left[ 1 - \frac{d}{r_2} \right] \leq 1$$

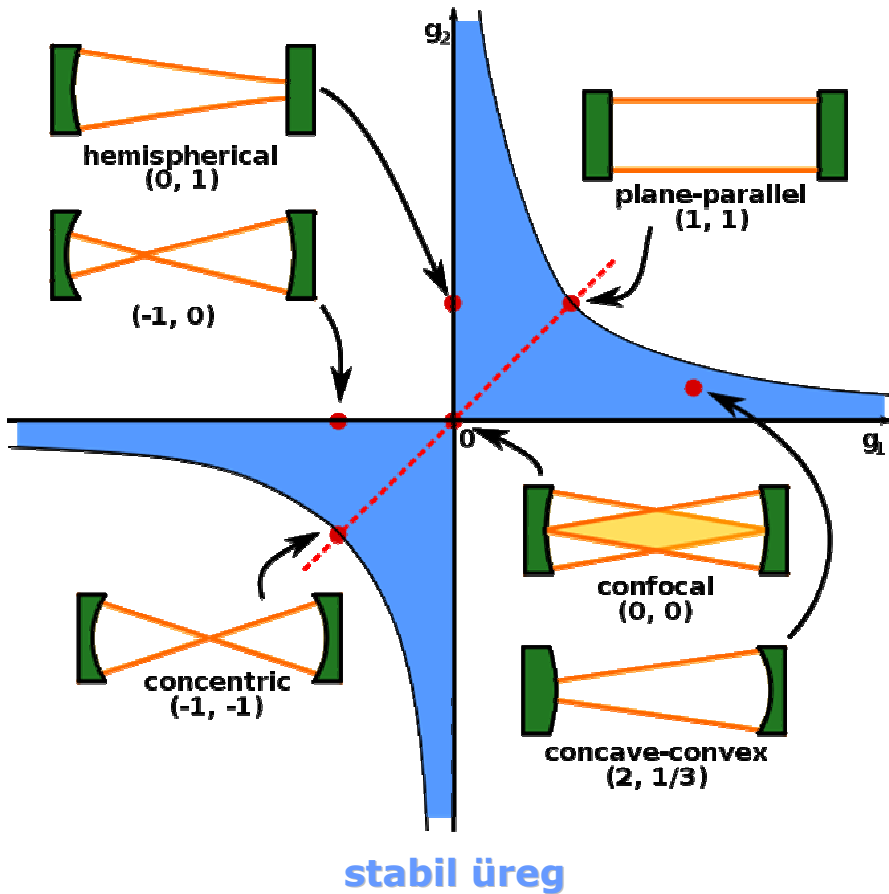
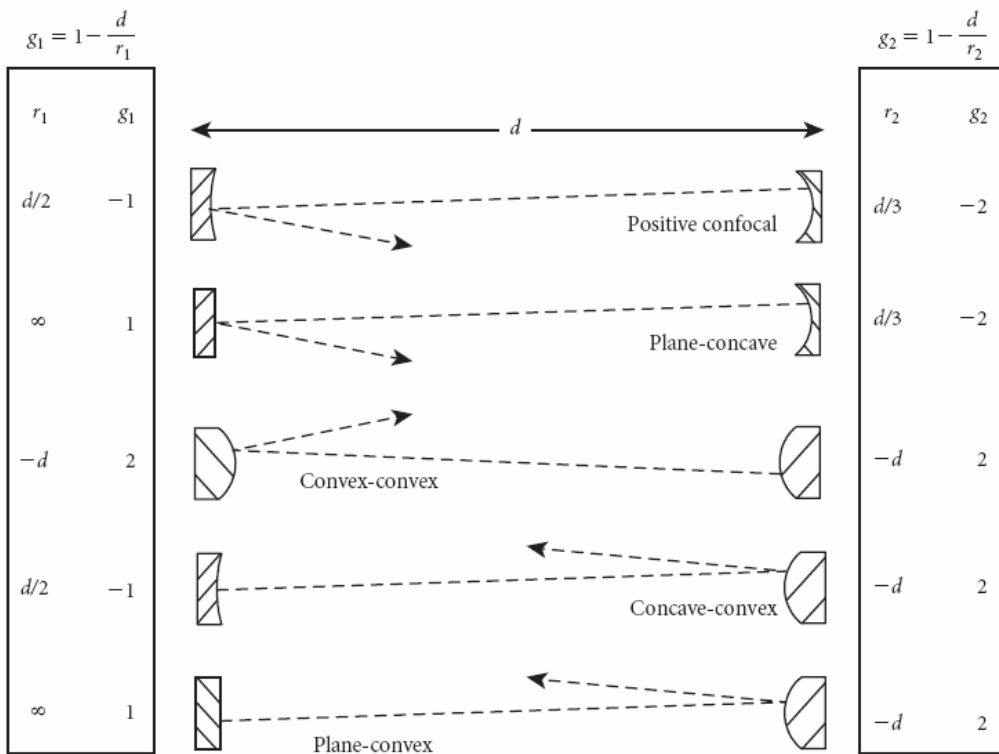
$$0 \leq g_1 g_2 \leq 1$$

g: alaktényező

## Stabil üregek



# Unstabil üregek



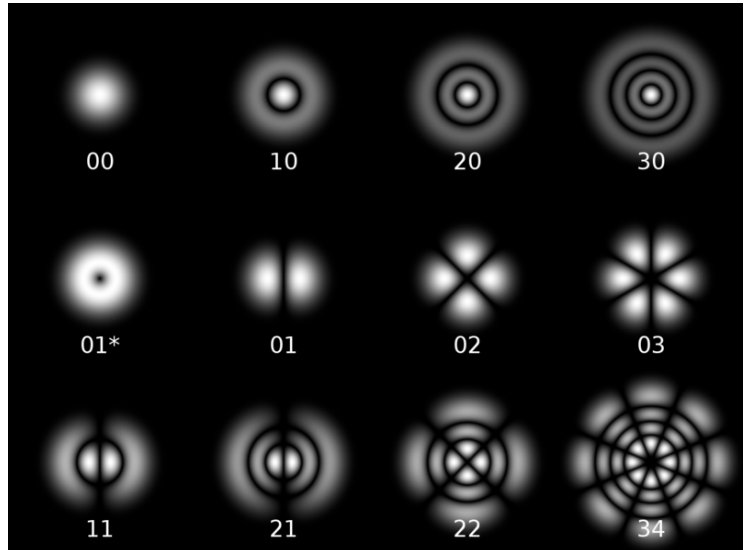
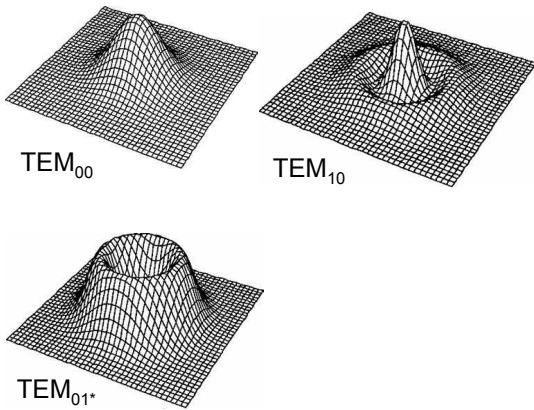
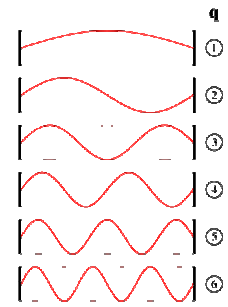
# A lézernyaláb

A lézerfény koherens, monokromatikus, kis divergenciájú és nagy fényességű.

Térbeli módusok

longitudinális (hosszanti): állóhullámok  $\rightarrow q\lambda = 2d$

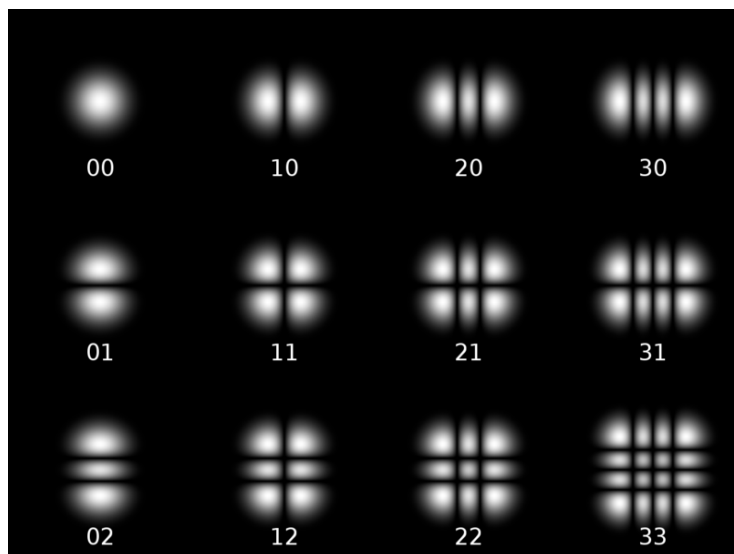
transzverzális (TEM): a nyaláb tengelyére merőleges síkon



Hengerszimmetrikus rezonátor kitüntetett irány nélkül.

## További transzverzális módusok

Ha a rezonátorban kitüntetett egy irány (pl. polarizátor, Brewster ablak).



# Időbeli módusok

A következő tényezők befolyásolják

a lézerműködéshez használt energianívó séma

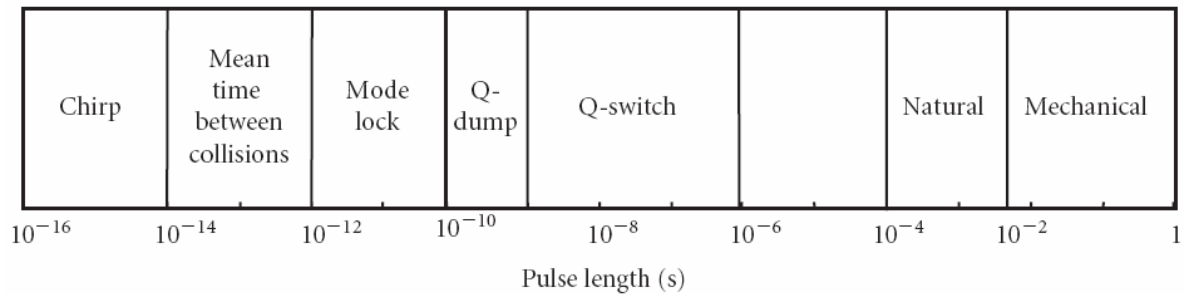
3-szintű → impulzus üzem

4-szintű → cw, folytonos

a nívók élettartama és

a pumpálás

A lézerek impulzushossza fs-tól cw-ig terjed



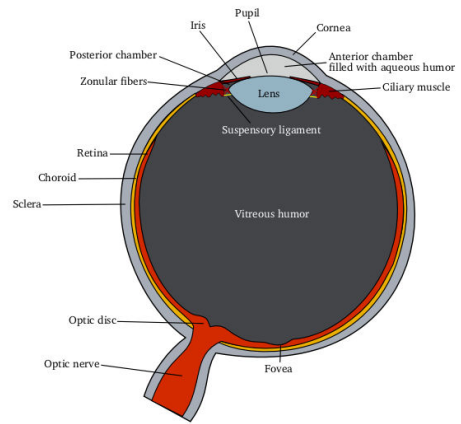
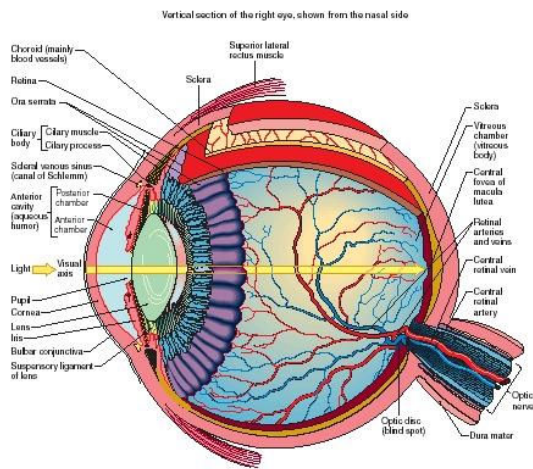
# Balesetvédelem

A legnagyobb veszélynek a szem van kitéve!

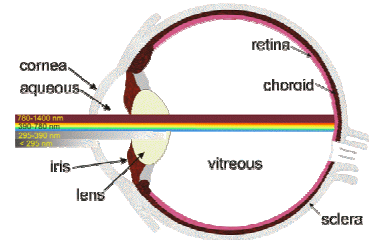
- **Szem:**
  - Id. következő fólia (elővigyázatosság, védőszemüveg)
- **Bőr:**
  - megperzselődhet (nagyteljesítményű IR lézerek)
  - bőrrák, öregedés, kiszárad, fotoszenzitizáció (minden hullámhosszon)
- **Légzőszervek:**
  - kis (0.02-0.2mm -> vérbe jutnak) részecskék
  - Mérgező gázok (különösen műanyagok megmunkálása során)
  - ózon (plazma kelésével járó folyamatok)
- **Elektromos veszélyek:**
  - tápegységek
  - Röntgen sugárzás ( $U > 15\text{kV}$ )
- **Kémiai veszélyek:**
  - Gázok, gőzök, festékek (tűzveszélyesek)
  - Nagynyomású gázok! kriogének

# Balesetvédelem, folyt.

Az emberi szem:



„Működési tartomány”: 400nm-1400nm (károsíthatja a retinát)  
Cornea: elnyeli a távoli infrát és a közép-UV-t (180-315nm)  
Szemlencse: a közeli-UV-ban (315-390nm) nyel el



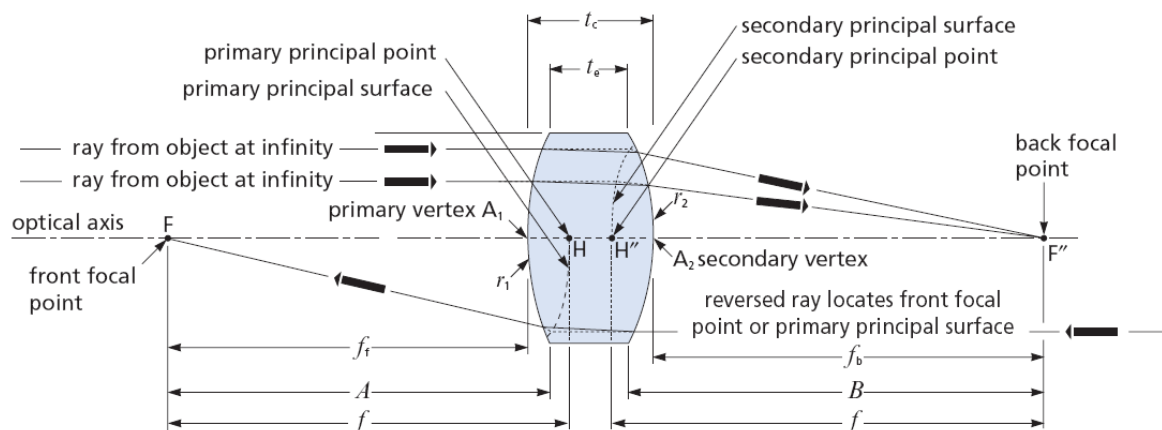
**Rendszeres retinaszűrés vizsgálat!!**

## Optikai elemek

# Optika

transzmissziós, reflexiós, diffraktív optika

fókusz-távolság, effektív fókusz-távolság, munkatávolság, stb.



[http://www.mellesgriot.com/pdf/CatalogX/X\\_01\\_29-31.pdf](http://www.mellesgriot.com/pdf/CatalogX/X_01_29-31.pdf)

## Lencsék

|                                               |
|-----------------------------------------------|
| <b>nagyobb fókusz-távolság =</b>              |
| nagyobb mélységélesség                        |
| nagyobb foltméret, kisebb E/P-sűrűség         |
| több hely (kisebb a veszélye a károsodásnak)  |
| a felszíni inhomogenitásokra kevésbé érzékeny |

depth of field (tárgyoldali mélységélesség) és  
depth of focus (képoldali mélységélesség)

[http://www.mellesgriot.com/pdf/CatalogX/X\\_01\\_29-31.pdf](http://www.mellesgriot.com/pdf/CatalogX/X_01_29-31.pdf)



# A lencse F-száma

**f-number, f/#, focal ratio, relative aperture, speed**  
a lencse/optika fókuszáló képességét jellemzi

$$f / \# = \frac{EFL}{CA}$$

*F*: effektív fókusz távolság  
*d*: a hasznos apertúra átmérője

## Transzmissziós optika

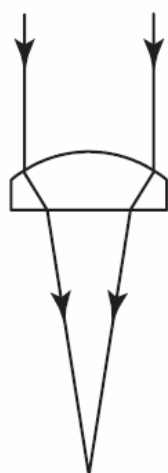
Kb. 5kW-ig (felette termikus lencse hatás)  
A lencsék csak a szélükön hűthetőek!

| <b>távoli-IR</b> | <b>közeli-IR + látható</b>             | <b>UV</b>                           |
|------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|
| ZnSe, GaAs       | BK7                                    | kvarc (quartz)                      |
| Ge, KCl          | Pyrex, ömlesztett kvarc (fused silica) | ömlesztett kvarc (fused silica)     |
|                  |                                        | MgF <sub>2</sub> , CaF <sub>2</sub> |

anti-reflexiós bevonatok ( $\lambda/4$  vastagságú egyrétegek, a törésmutató  $\sqrt{n_{\text{substrate}}}$ )  
VAGY többrétegű bevonatok (magasabb transzmisszió)

# Egytagú lencsék

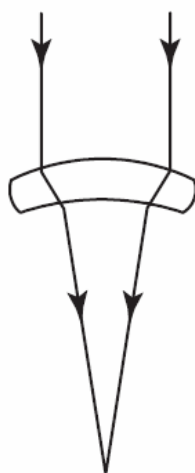
gömbi hiba



(a)

plán-konvex

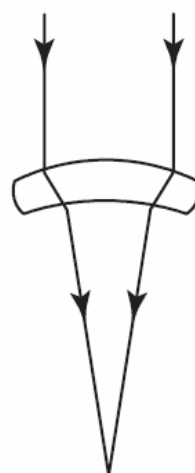
$f > 20\text{cm}$



(b)

pozitív meniszkusz

$25\text{cm} < f < 250\text{cm}$



(c)

aszférikus

$f < 12\text{cm}$