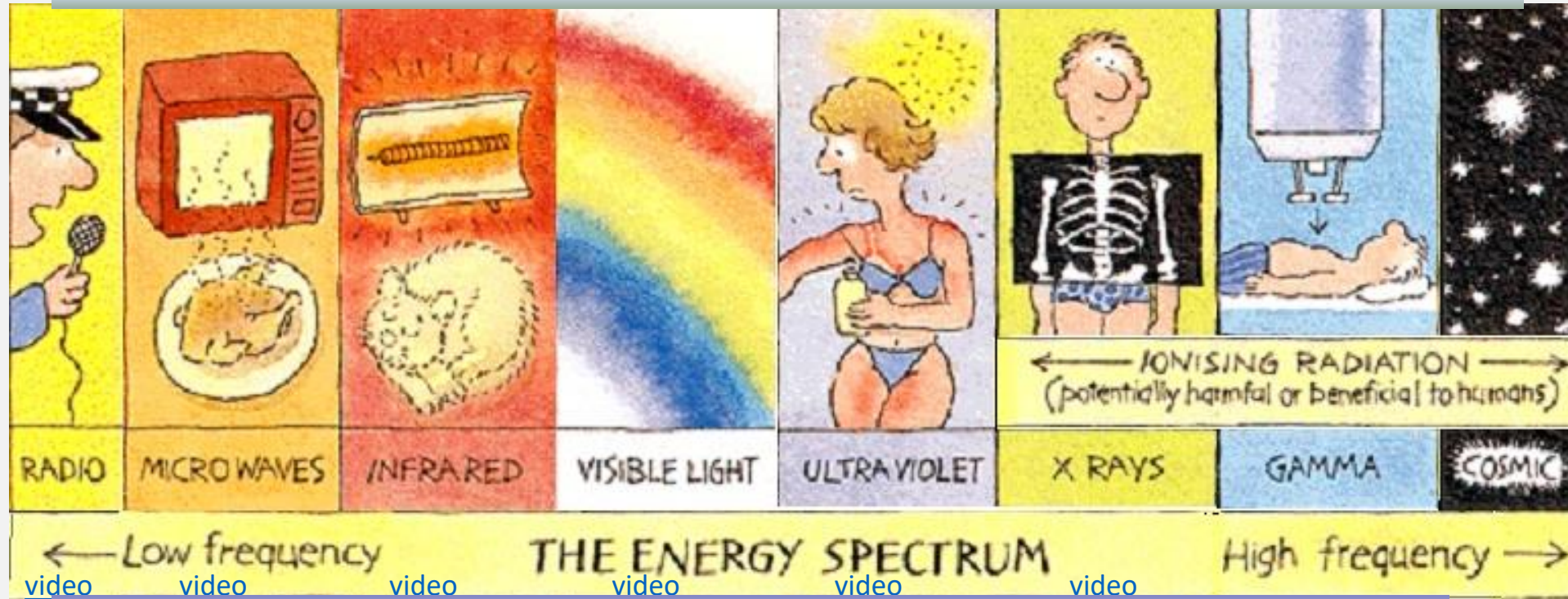


# FÉNYTAN

**A fénytán** (optika) a fényjelenségekkel és a fény terjedési törvényeivel foglalkozik.

- **A geometriai optika** egyszerű modell, amely a fény terjedését a fényforrásból minden irányba kilépő **fénysugarakkal** írja le.
- **Fizikai optika** (hullámoptika) fény hullám illetve részecske természetével foglalkozik

# A fény elektromágneses hullám



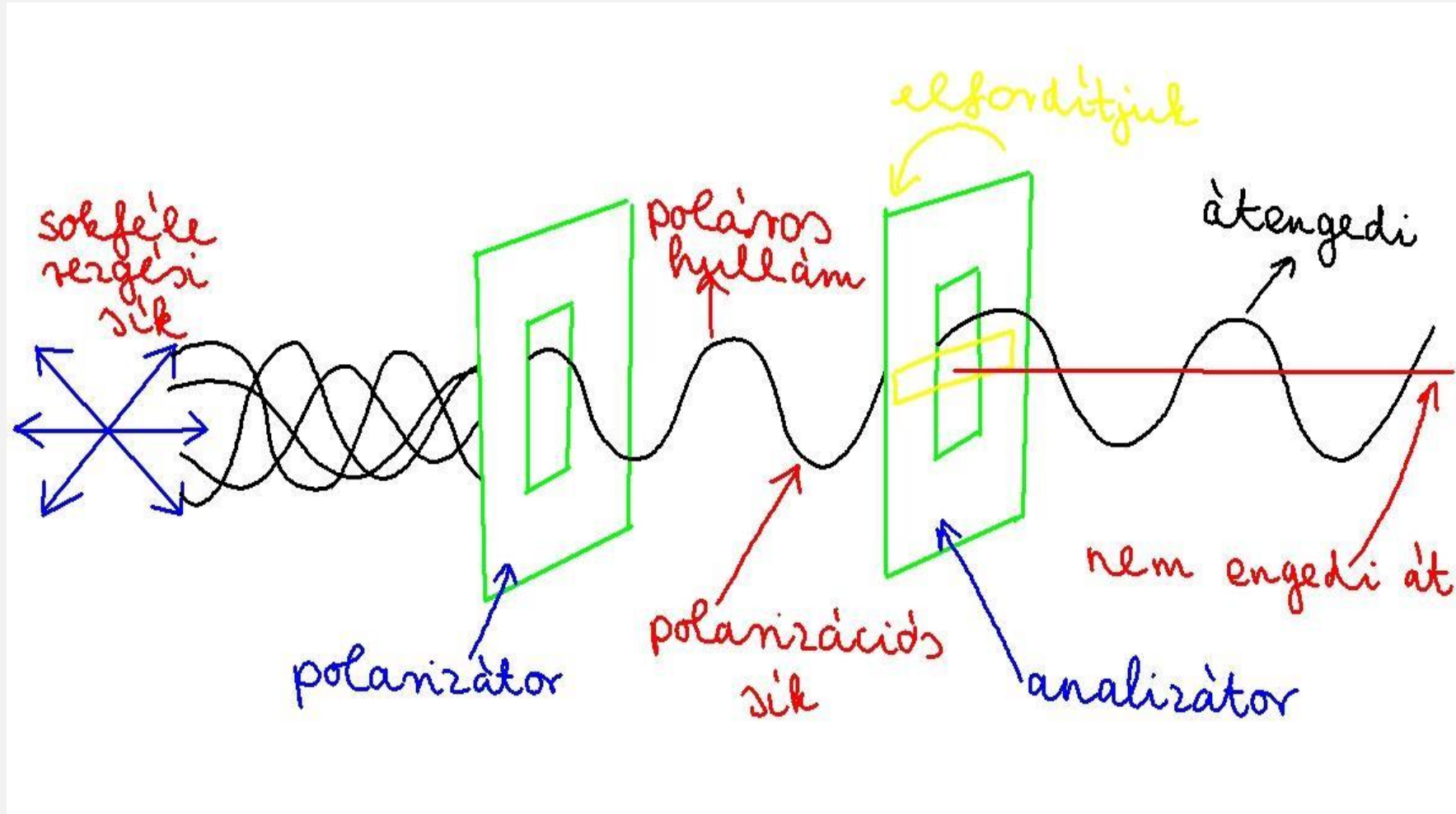
## Elektromágneses hullámok spektruma

A röntgensugarak láthatatlan elektromágneses hullámok. A hullámhosszuk sokkal rövidebb mint a látható fényé.

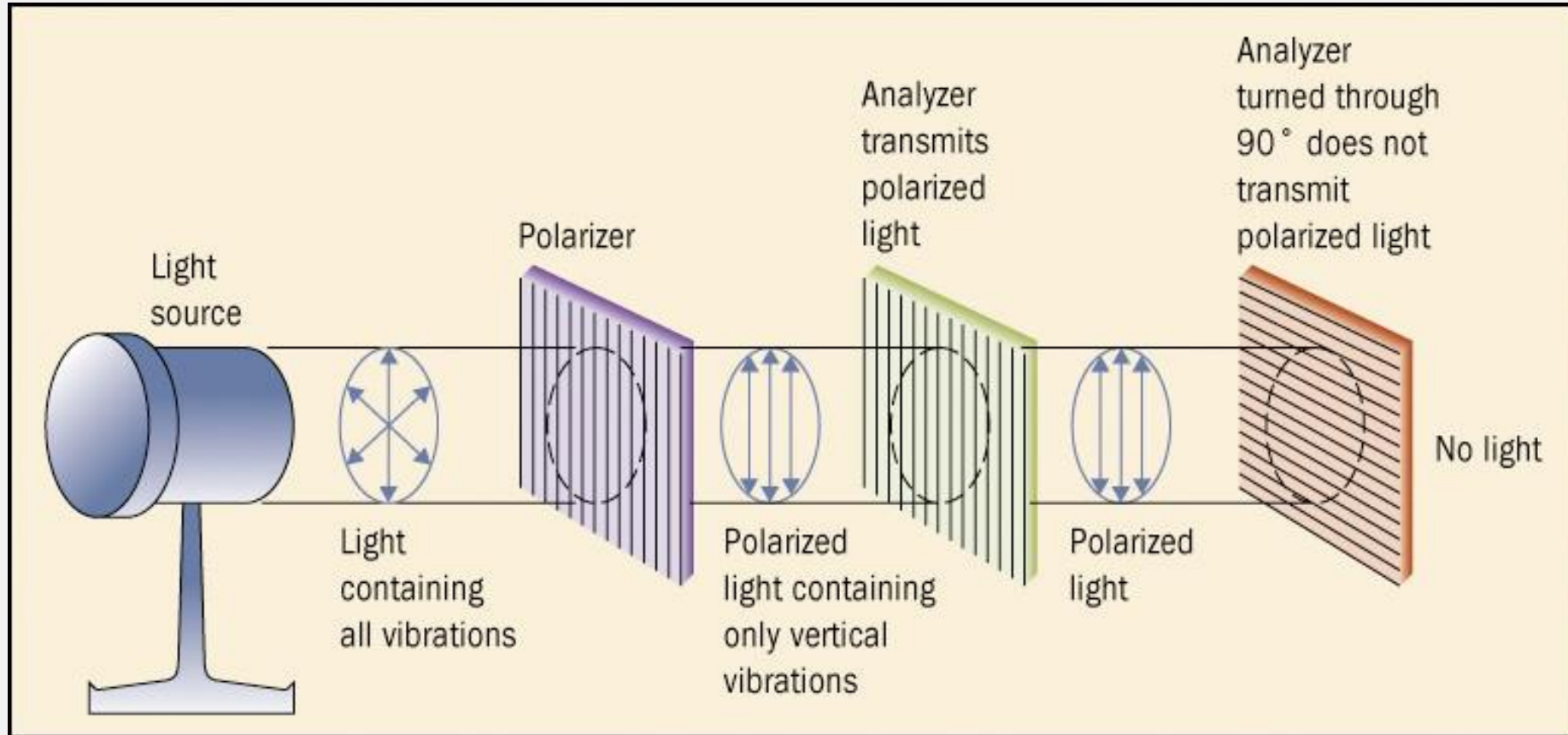
Látható fény:  $3,7 \cdot 10^{14} \dots 8,1 \cdot 10^{14}$  Hz

Röntgensugarak:  $8,1 \cdot 10^{15} \dots 5 \cdot 10^{19}$  Hz

# Hullámok polarizációja



# A fény polarizációja



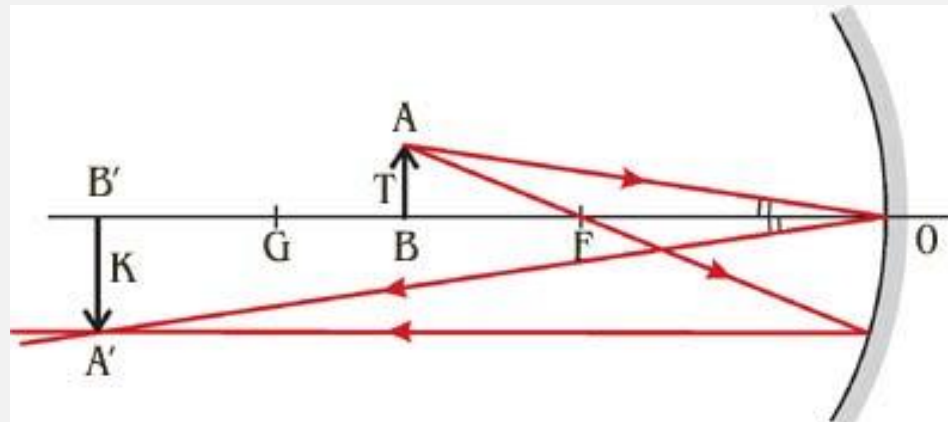
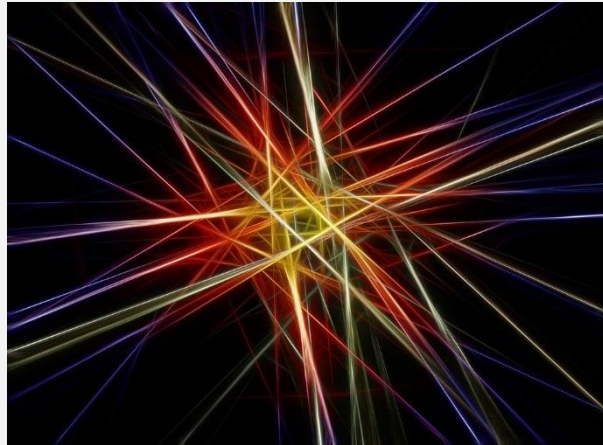


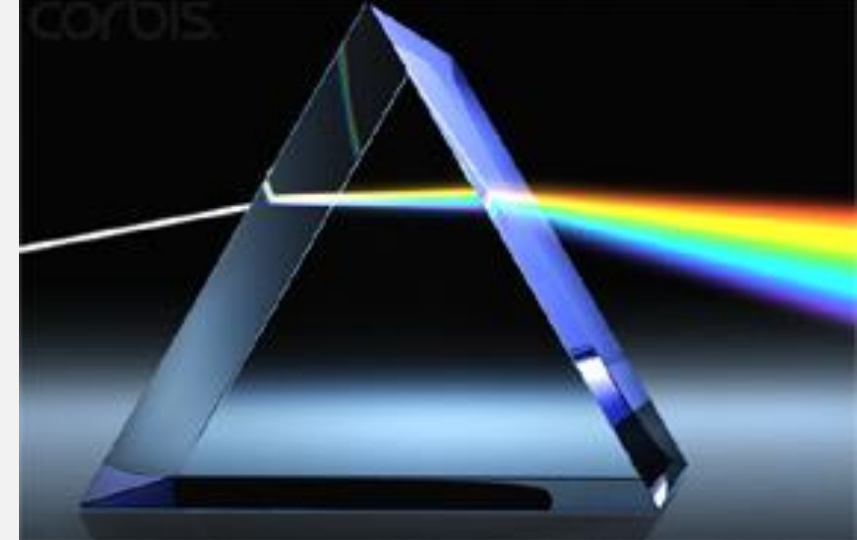
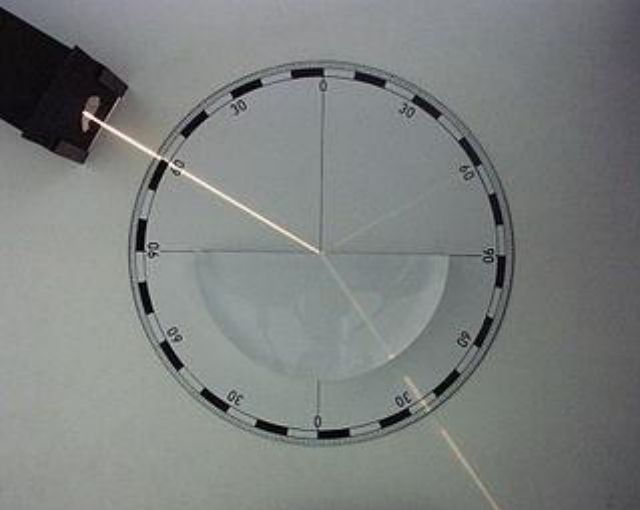
# A fény terjedése

- A fény a levegőben (és az egyenletes sűrűségű anyagokban) **egyenes vonalban terjed.**
- A fény **transzverzális elektromágneses hullám.** Polarizálható.
- Terjedési sebessége vákuumban  $c=3 \cdot 10^8$  m/s. *Ez olyan nagy sebesség, hogy a fény egy másodperc alatt hét és félszer kerülné meg a Földet.*
- **Optikailag sűrűbbnek** nevezük két közeg közül azt a közeget, amelyben a fény *lassabban terjed.*
- Ha a test nem átlátszó, mögé nem jut fény, így **árnyék keletkezik.**
- Egy tárgyat akkor látunk, ha az általa kibocsátott vagy a róla visszavert fény **a szemünkbe jut.**

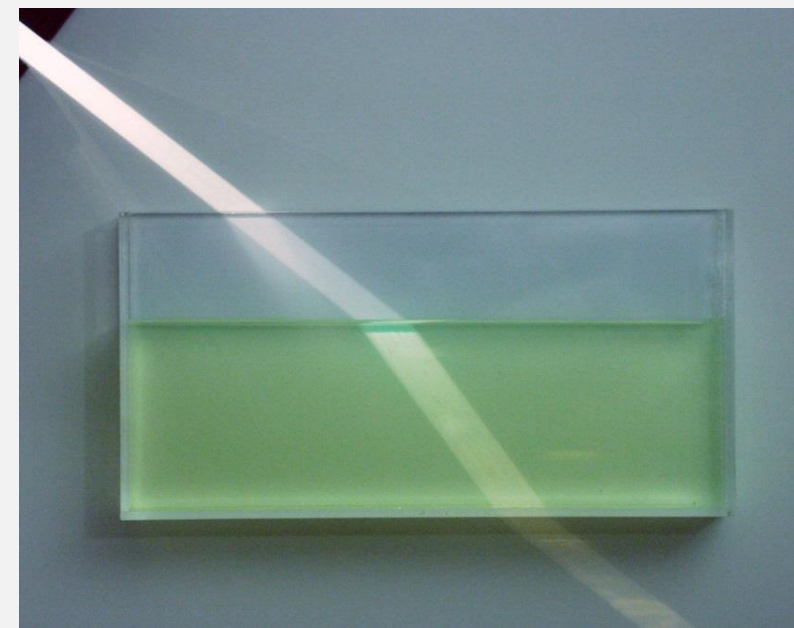
# Geometriai optika

A **geometriai optika** egyszerű modell, amely a fény terjedését a fényforrásból minden irányba kilépő **fénysugarakkal** írja le.

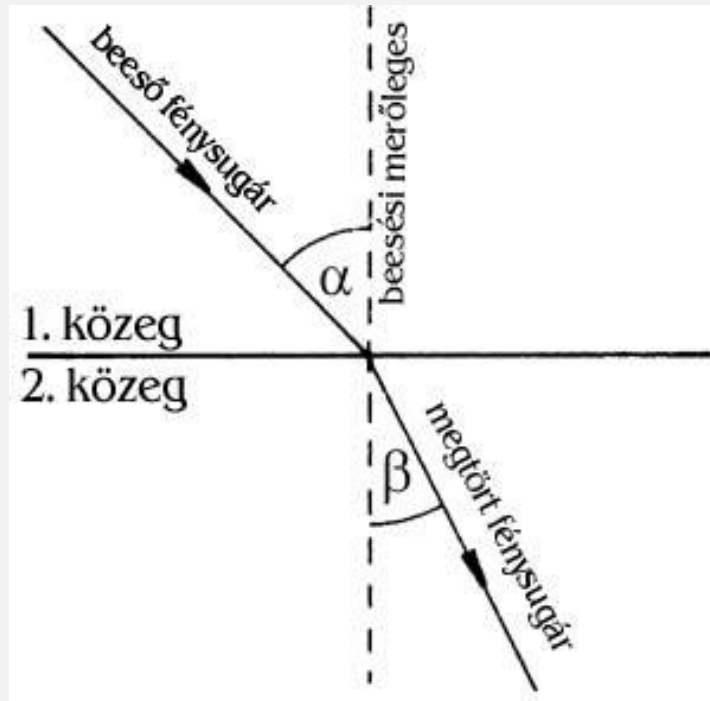




# Fénytörés



# A fénytörés törvényei (Snellius-Descartes törvény)



A terjedési sebességek ( $c$ ) aránya adja a közegek törésmutatóját ( $n$ ).

$$n_{2,1} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

2-es közegnek 1-esre vonatkozó törésmutatója (1-esből megy a sugár a 2-esbe). Természetesen  $n_{1,2} = \frac{1}{n_{2,1}}$

Közeghatárra érkezve a fény terjedési sebessége megváltozik, ezért a fény útja megtörik.

Optikailag ritkább közegből optikailag sűrűbb közegbe érve a fény a beesési merőlegeshez törik. A beesési szög ( $\alpha$ ) nagyobb, mint a törési szög ( $\beta$ ).  
Írja be az egyenletet ide

**Optikailag sűrűbb** az olyan közeg, amelyben a fény terjedési sebessége kisebb.

Az anyagok légyüres térre vonatkozó törésmutatóját **abszolút törésmutató**nak nevezzük és  $n_1$ -gyel jelöljük.

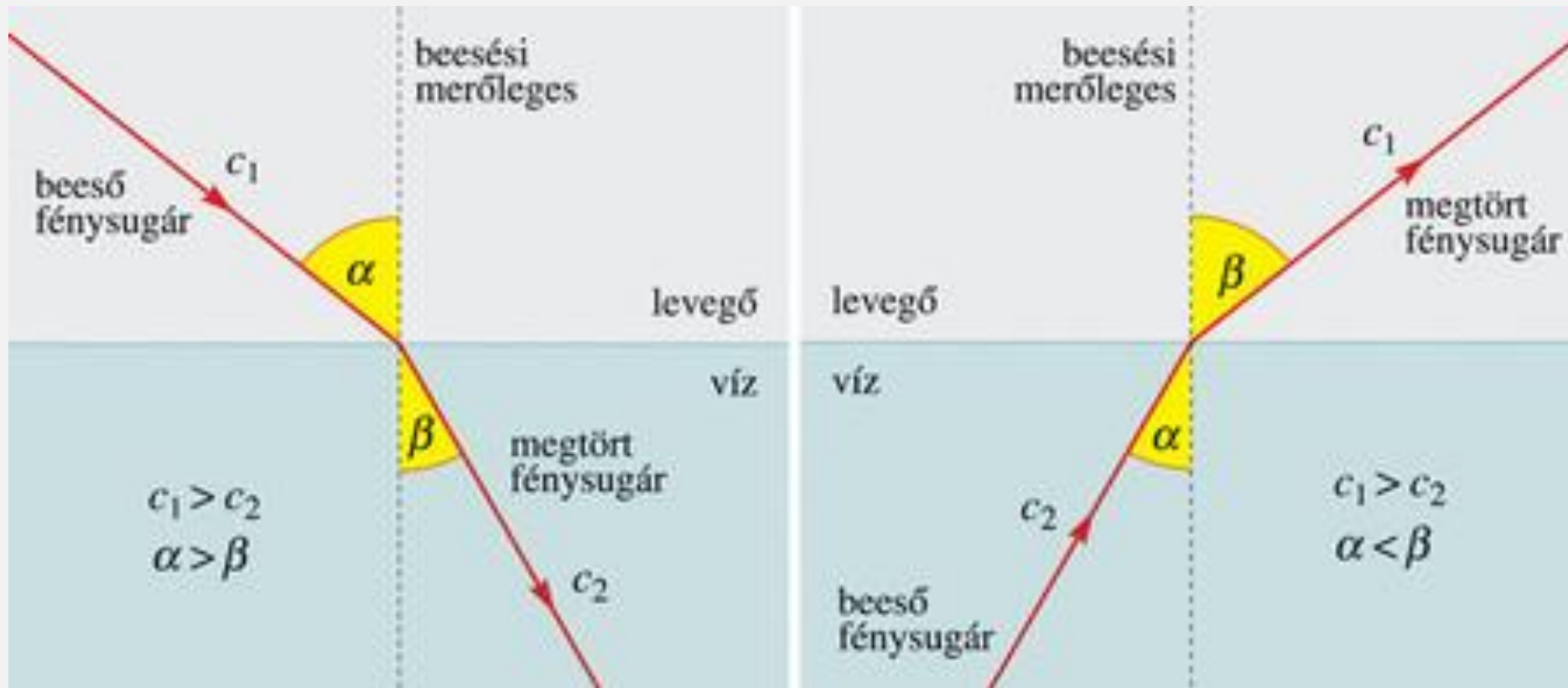
$$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1}$$



# Hűtőfolyadék fagyáspontjának mérése

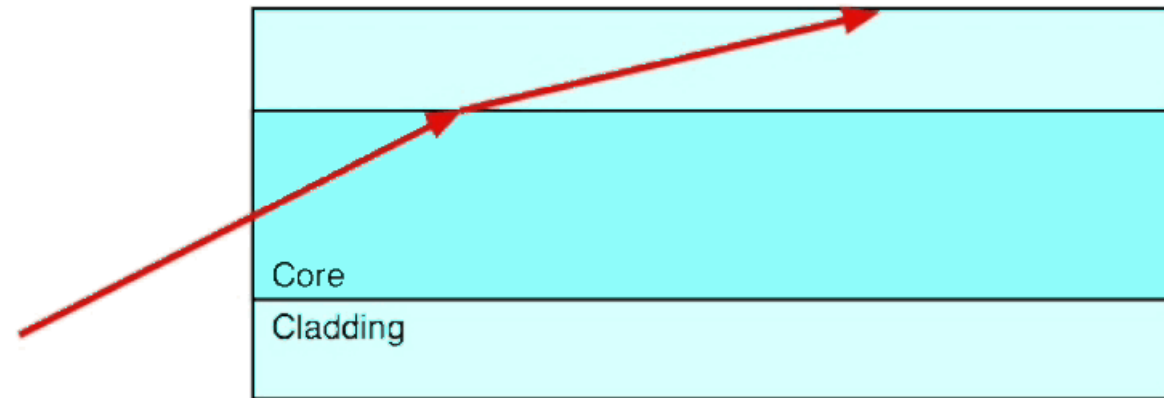
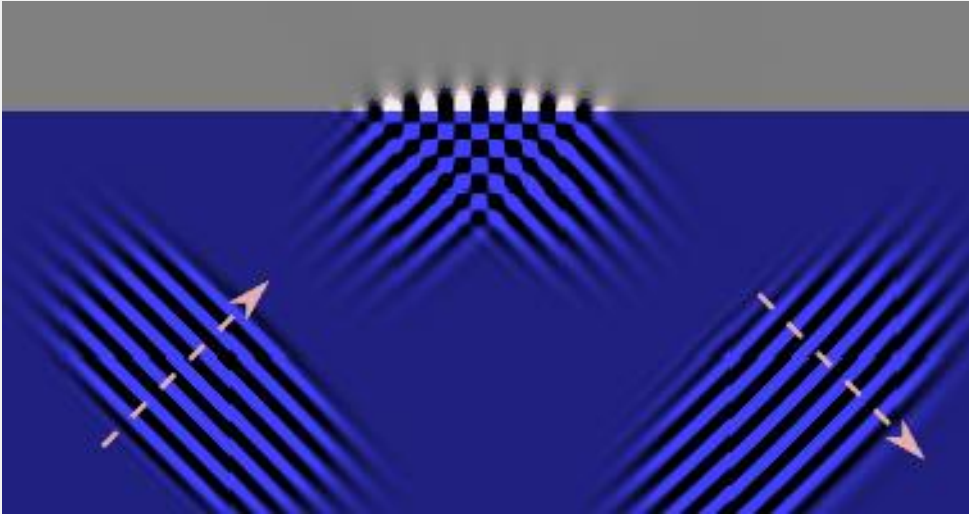
- Egy folyékony közegben, oldatban a törésmutató az összetétellel változik, így a **törésmutató méréssel** megadhatjuk az oldott anyag koncentrációját, illetve a koncentrációval kapcsolatban lévő más fizikai paramétert.
- Például kézi refraktomérrel a törésmutató mérésén keresztül mérik az autókban lévő hűtőfolyadék – etilénlikol-víz keverék – **fagyáspontját**.





Nem mindegy, hogy melyik közegből melyik közegbe halad a sugár.  
 A víz optikailag sűrűbb, amelyben a fény lassabban terjed, mint a levegőben.

# Teljes visszaverődés, határszög



# Teljes visszaverődés, határszög

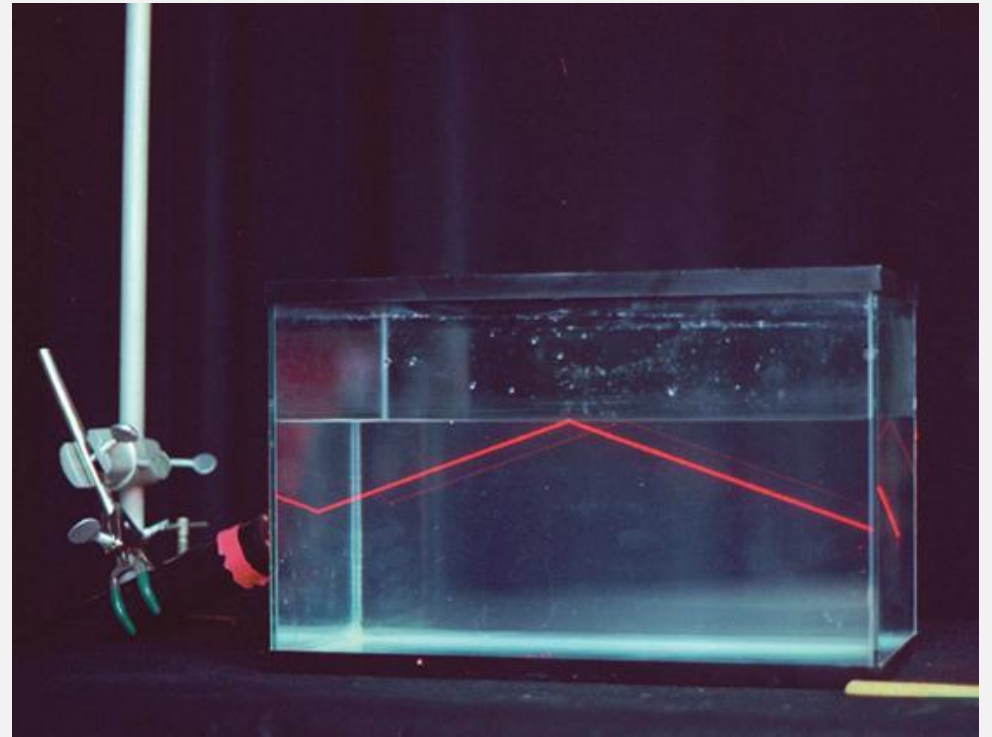
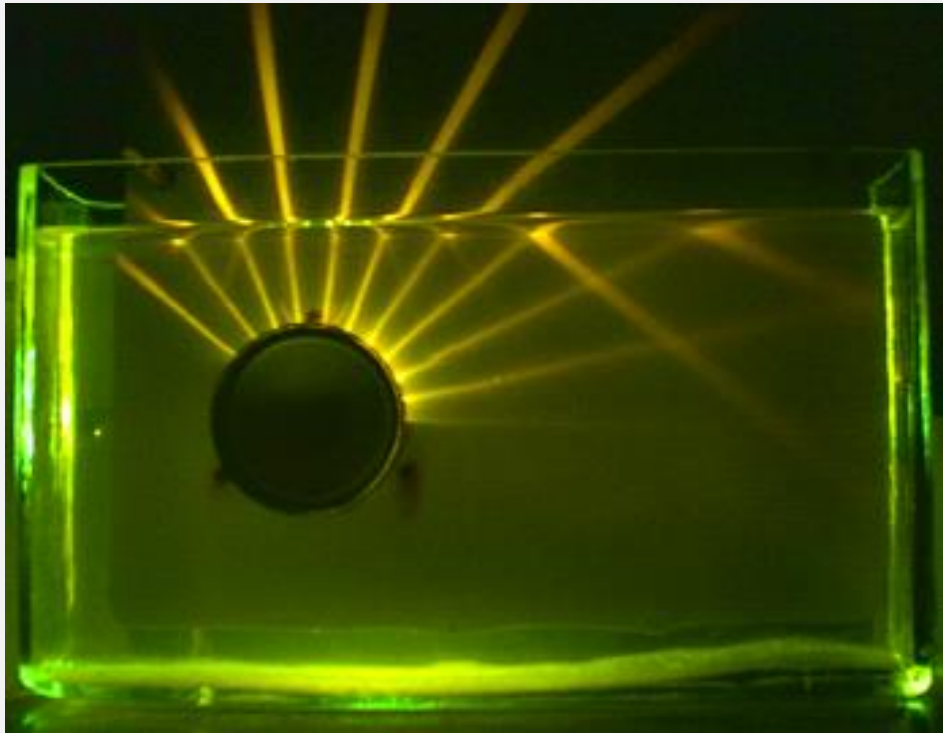


**Optikailag sűrűbb közegből ritkább felé haladva van olyan beesési szög, melynél a törési szög  $90^\circ$ . Ez a beesési szög a **határszög (kritikus szög)**.**

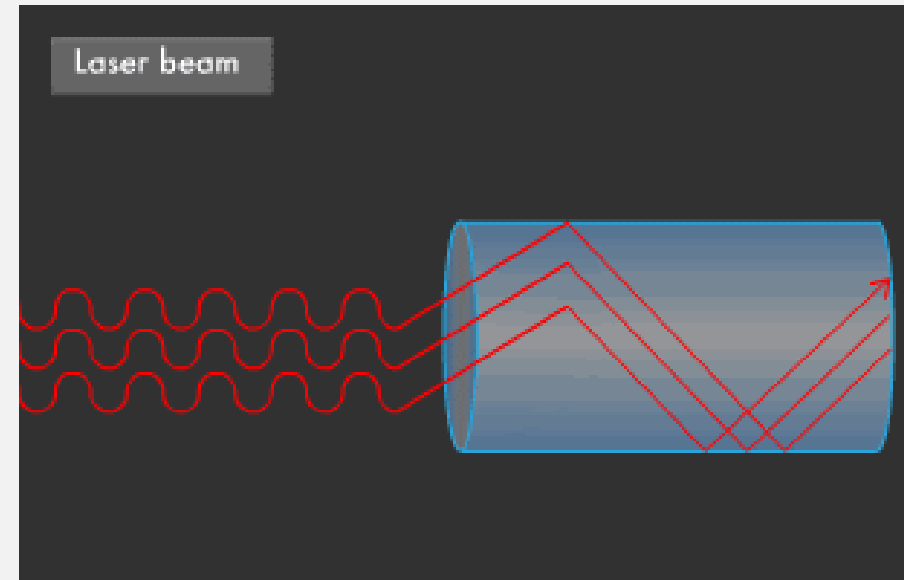
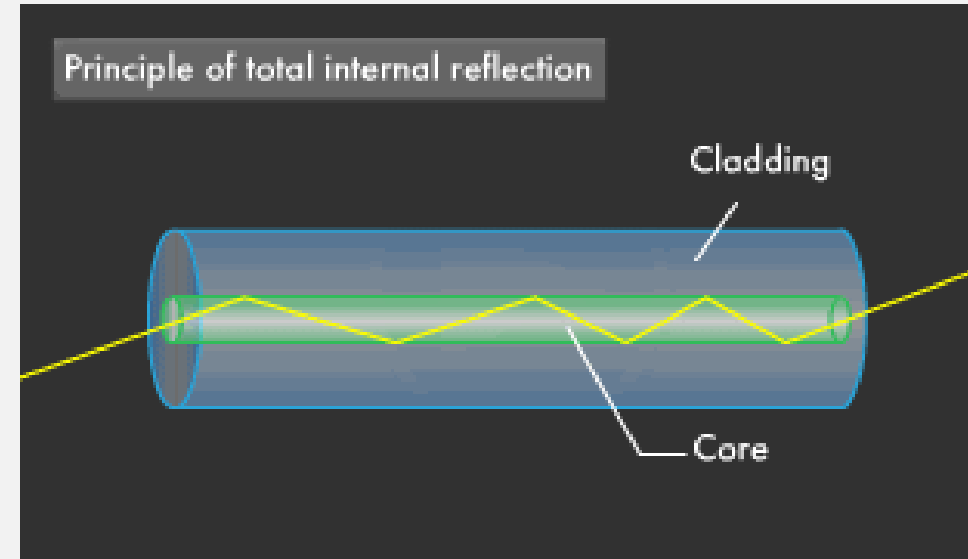
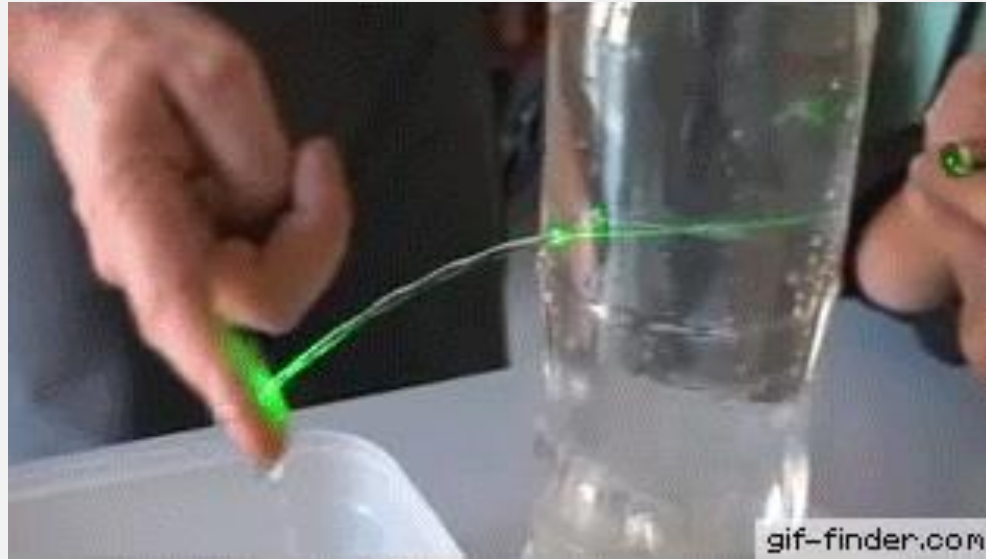
Határszögnél nagyobb beesési szög esetén **teljes visszaverődés (totális reflexió)** történik.



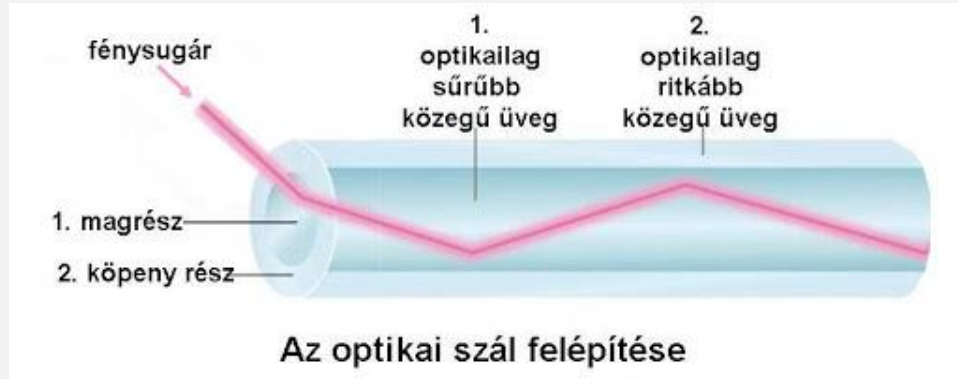
# Teljes visszaverődés szemléltetése vízzel teli kádban



# Teljes visszaverődés az optikai szálakban



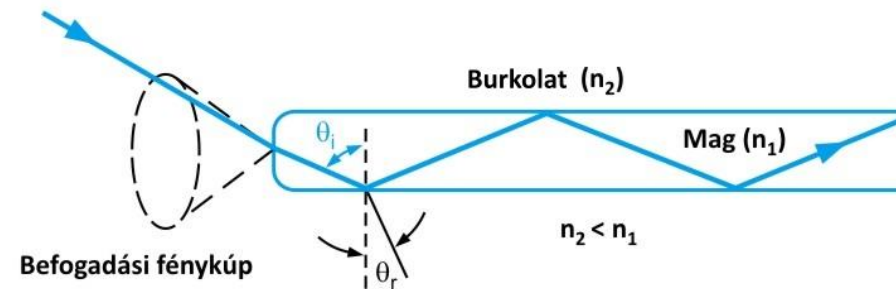
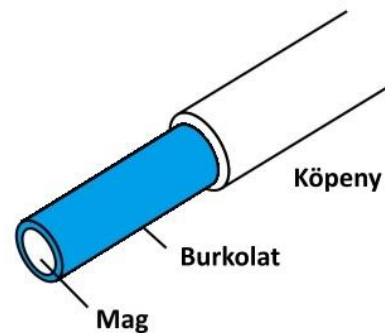
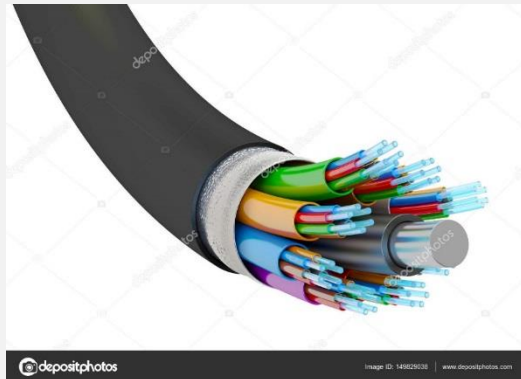
# Optikai szálak a gyakorlatban



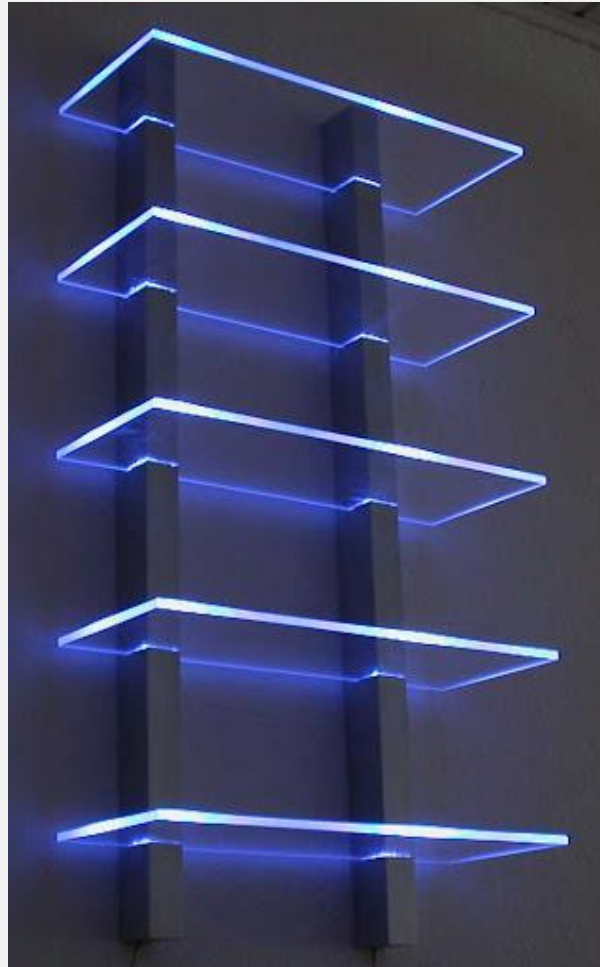
## Optikai kábelek felépítése

Mag	héj	Védőbevonat	Teherviselő	Külső köpeny
Nagy tisztaságú kvarcüveg (SiO <sub>2</sub> )	Germániummal adalékolt üveg	Szilícium alapú bevonat	Kevlar	Polimer (műanyag)

Takács Béla 13



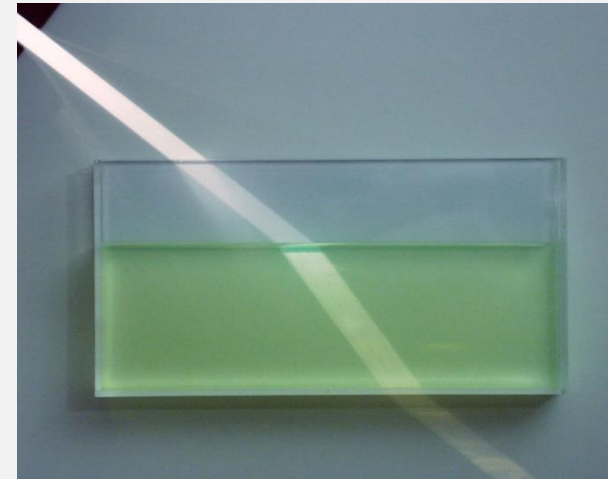
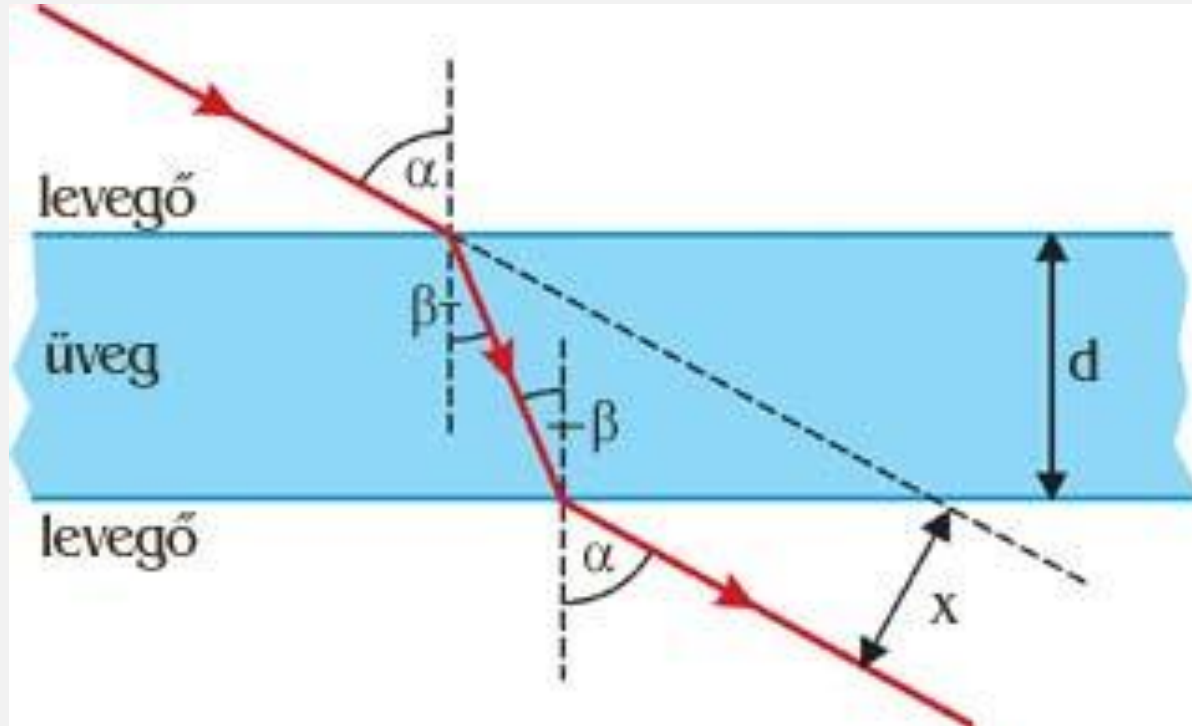
# Üvegpolcok LED világítással



Az optikai szálakhoz hasonlóan a fénysugarak itt sem lépnek ki az üvegből.



# Síklapokkal határolt (plánparalell) lemez



- Egyenletes vastagságú üveg esetén minden az üveglapra nem merőlegesen érkező fénysugár az eredetivel párhuzamosan lép ki az üvegből.
- Torz képet akkor látunk, ha az üveglap nem homogén vagy nem egyenletes vastagságú.



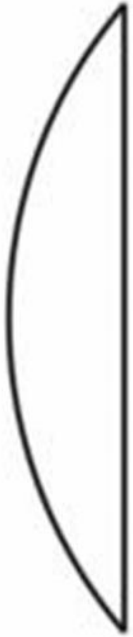
# Optikai lencsék

**A lencsék a legegyszerűbb fénytörésen alapuló eszközök.**

**Optikai lencsének** nevezünk minden áttetsző anyagból (általában **üveg**, vagy **műanyag**) készülő, két gömb-, vagy egy gömb- és egy síkfelülettel határolt, a **fénysugarak útját irányítottan befolyásoló közeget.**

# Lencsetípusok

## Domború lencsék:



sík-domború  
(plankonvex)



kétszeresen  
domború  
(bikonvex)

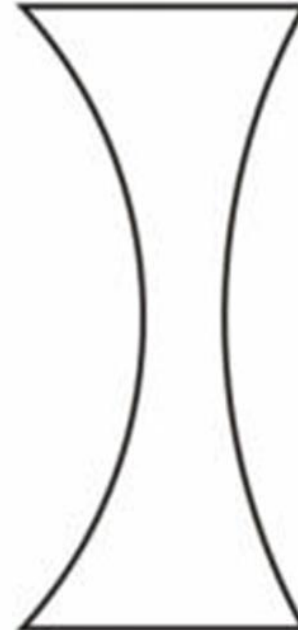


homorúan  
domború  
(konkáv-konvex)

## Homorú lencsék:



sík-homorú  
(plankonkáv)

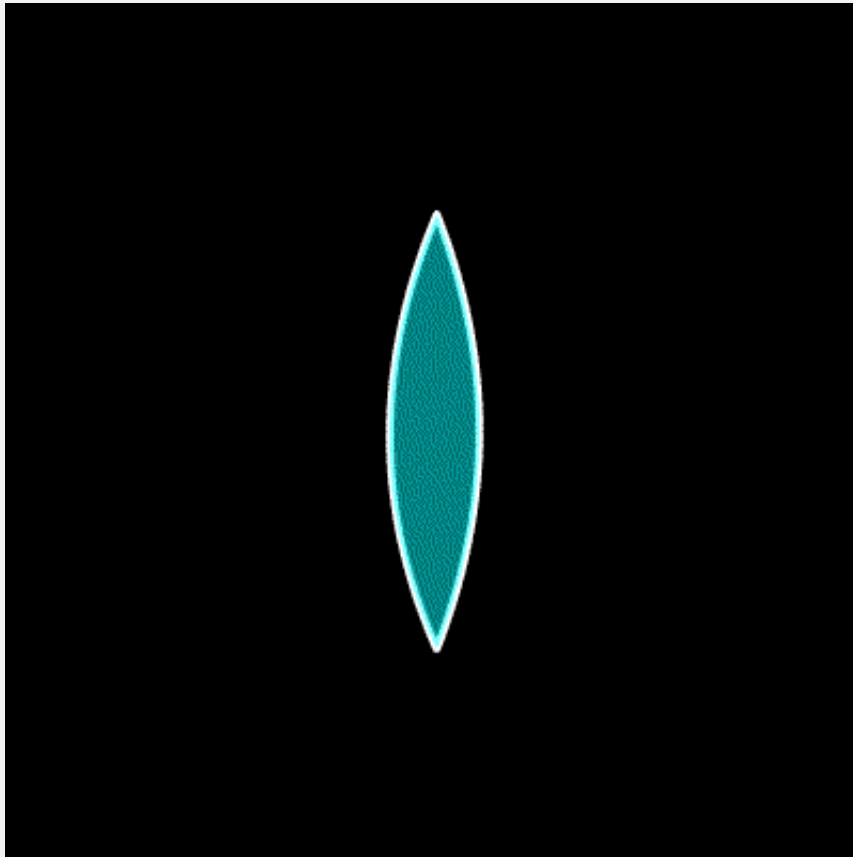


kétszeresen  
homorú  
(bikonkáv)



domborúan  
homorú  
(konvex-konkáv)

# Gyűjtőlencse, szórólencse

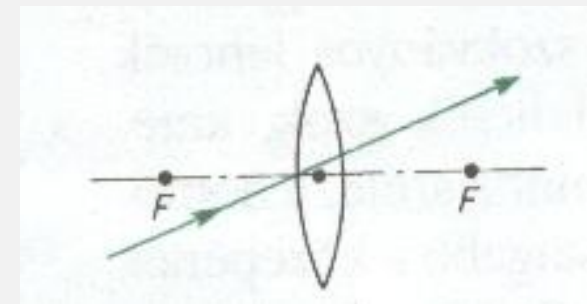
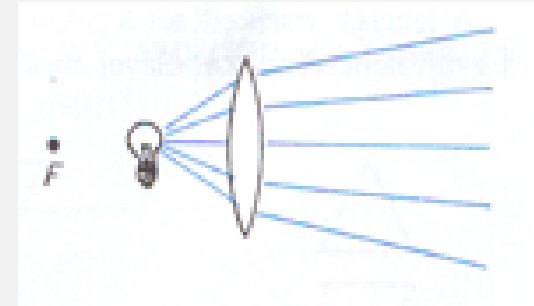
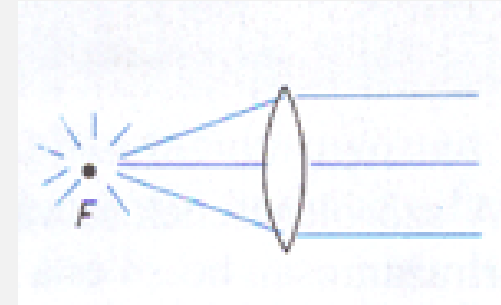




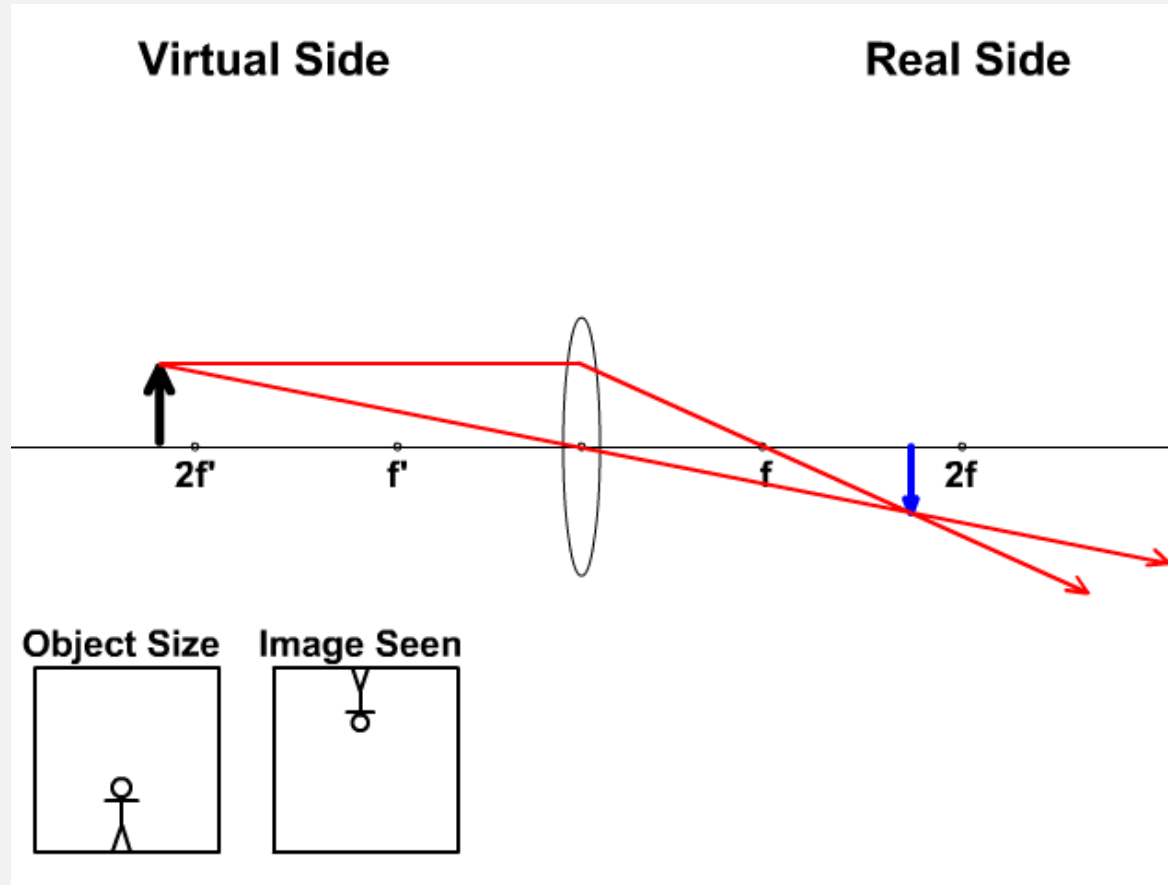
# Domború lencse (gyűjtőlencse)

- A lencsére most a fókuszából érkeznek széttartó sugarak.
- A gyűjtőlencse úgy törí meg a **fókuszából érkező széttartó sugarakat**, hogy azok a lencsén áthaladva párhuzamossá válnak.
- Ha még közelebb visszük a lencséhez a fényforrást (fókuszon belülre), a sugarak széttartóak maradnak, de kisebb mértékben, mint a lencse előtt.
- Ha a fénysugár, most a lencse optikai középpontjába érkezik.

A fénysugár irányváltozás nélkül halad tovább.



# Domború lencse képképzése

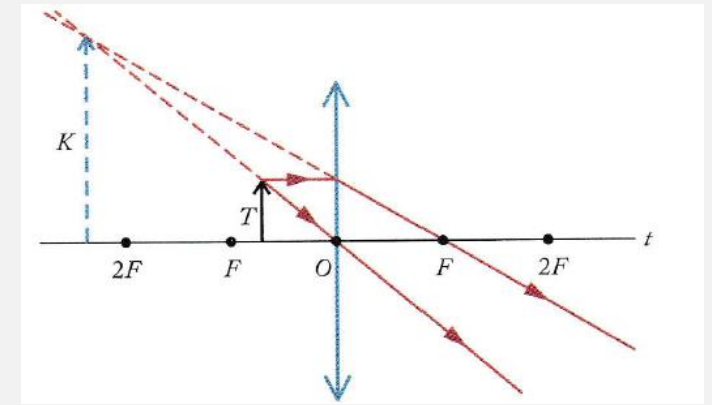
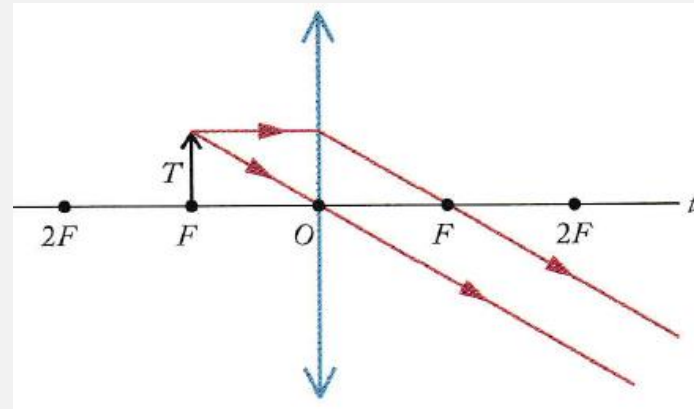
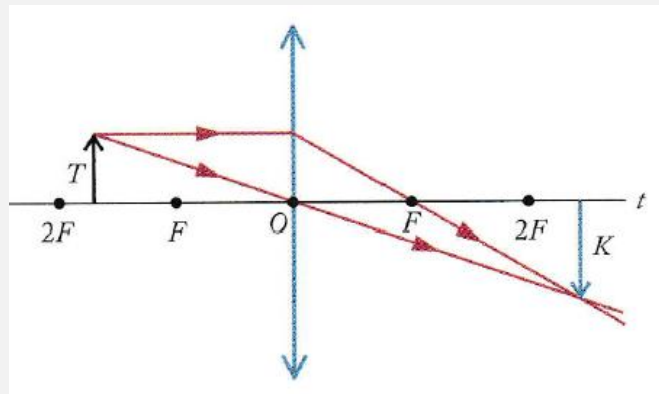
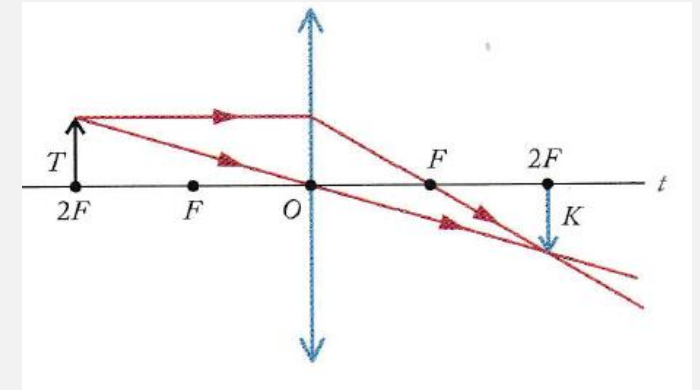
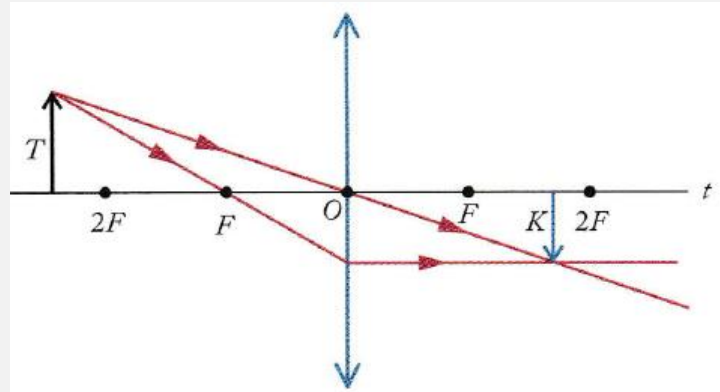
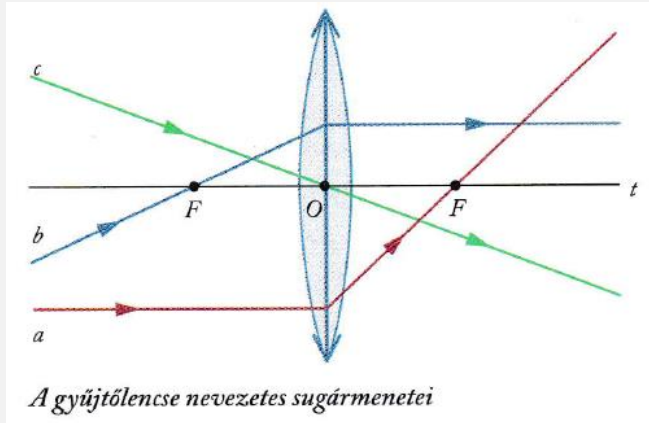


## A domború lencse fénytörése

- A domború lencse a tengelyével párhuzamosan ráeső sugarakat úgy törí meg, hogy azok a **lencse másik oldalán** egy ponton, a **gyújtóponton (fókuszon)** haladnak át. A fókuszpont jele:  $F$ . Ezért a domború lencsét **gyűjtőlencsének** is nevezik. A fókuszpont távolsága a lencsétől a **fókusztávolság**. Jele:  $f$ .

A lencséknek - nem úgy mint a tükröknek - **mindkét oldalukon van gyújtópontjuk** (fókuszon), és pedig mindkét oldalon ugyanakkora távolságban.

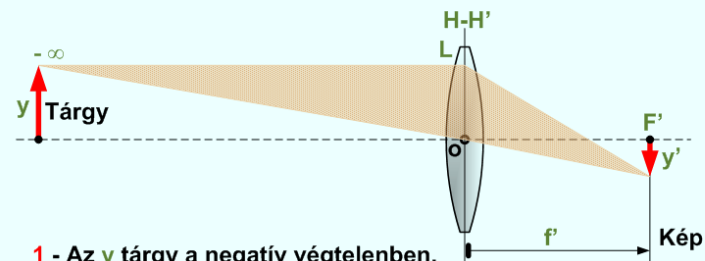
# Domború lencse képének szerkesztése



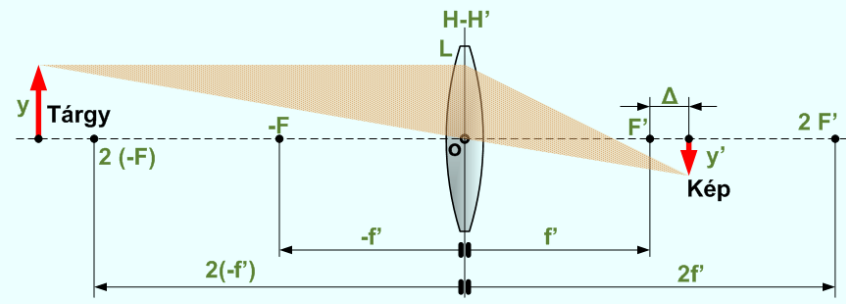
A domború lencse által alkotott kép szerkesztése a tükörhöz hasonlóan a nevezetes sugarak segítségével történik. Az optikai tengellyel párhuzamos sugarak a fókuszon keresztül haladnak át. A fókuszba tartó sugarak az optikai tengellyel párhuzamosan haladnak. A optikai középpontba tartó sugarak egyenesen haladnak tovább.

**A domború lencse csak akkor alkot látszólagos képet, amikor a tárgy a fókusz távolságon belül van.**

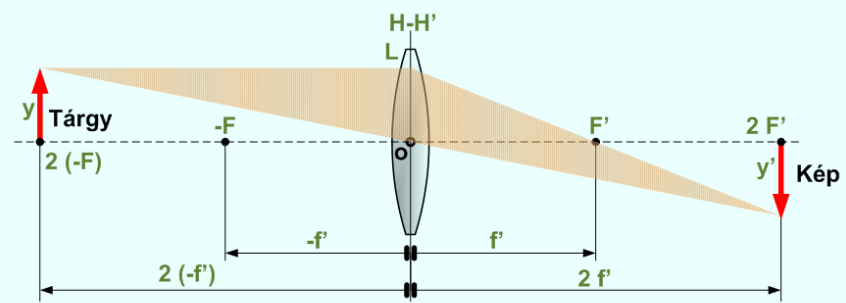
# Domború lencse képképződése részletezve



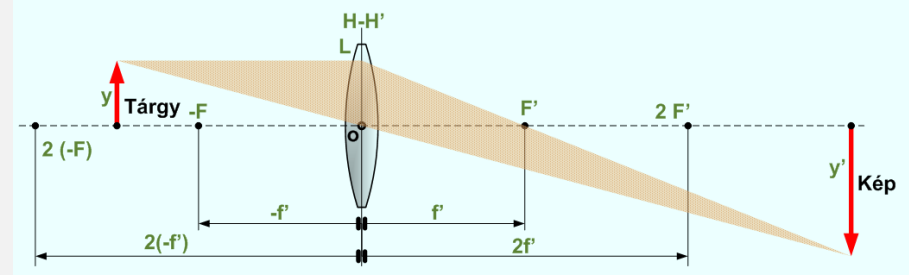
**1 - Az  $y$  tárgy a negatív végtelenben.**  
Az  $y'$  kép helye az  $F'$  gyújtópontban, valódi, fordított állású, kicsinyített.



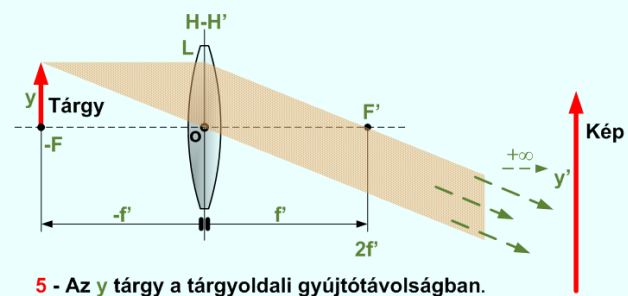
**2 - Az  $y$  tárgy a negatív végtelen és a kétszeres tárgyoldali gyújtótávolság között.**  
Az  $y'$  kép helye a képoldali gyújtótávolság és annak kétszerese között, valódi, fordított állású, kicsinyített



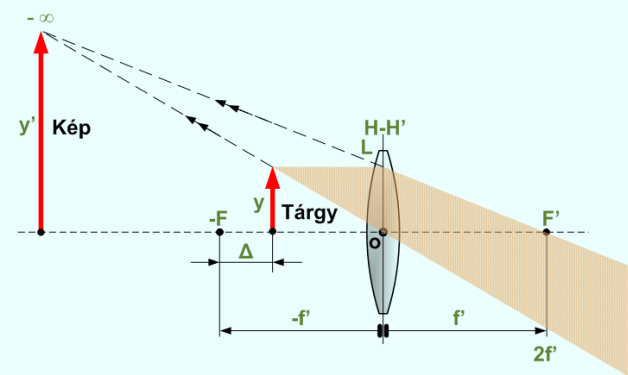
**3 - Az  $y$  tárgy a kétszeres tárgyoldali gyújtótávolságban.**  
Az  $y'$  kép helye a kétszeres képoldali gyújtótávolságban, valódi, fordított állású, azonos nagyságú.



**4 - Az  $y$  tárgy a tárgyoldali gyújtótávolság és annak kétszerese között.**  
Az  $y'$  kép helye a kétszeres képoldali gyújtótávolság és a pozitív végtelen között, valódi, fordított állású, nagyított.



**5 - Az  $y$  tárgy a tárgyoldali gyújtótávolságban.**  
Az  $y'$  kép helye a pozitív végtelenben, valódi, fordított állású, nagyított.



**6 - Az  $y$  tárgy a tárgyoldali gyújtótávolság és az O tárgyoldali főpont között.**  
Az  $y'$  kép helye a negatív végtelen és a képoldali O főpont között, látszólagos, egyenes állású, nagyított.



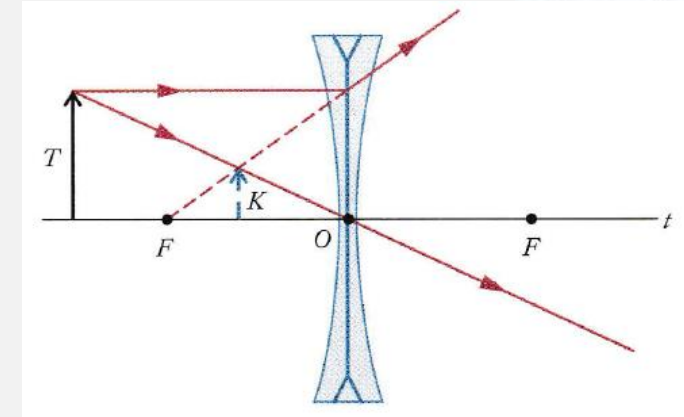
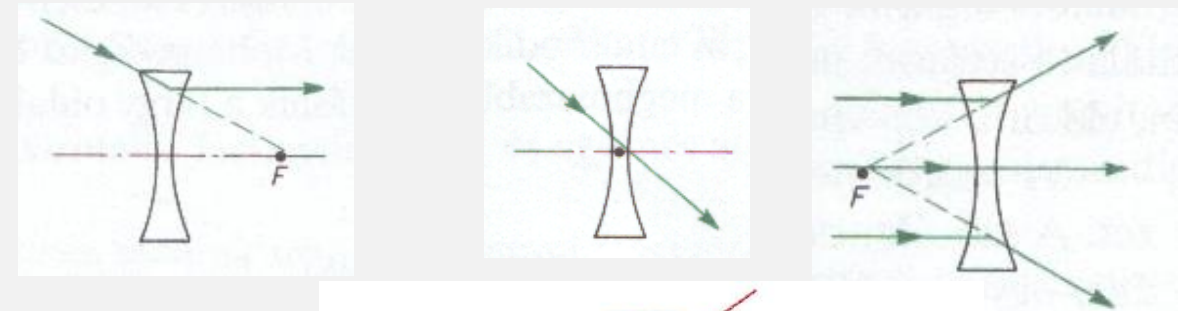
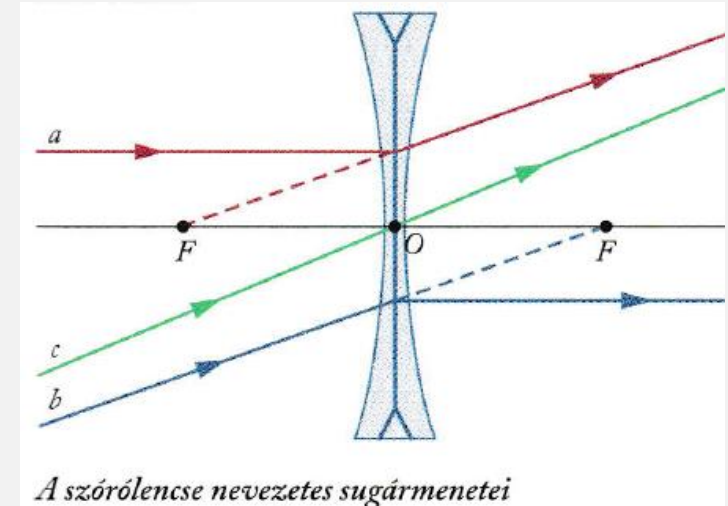
# Homorú lencse (szórólencse)

## Nevezetes sugarak

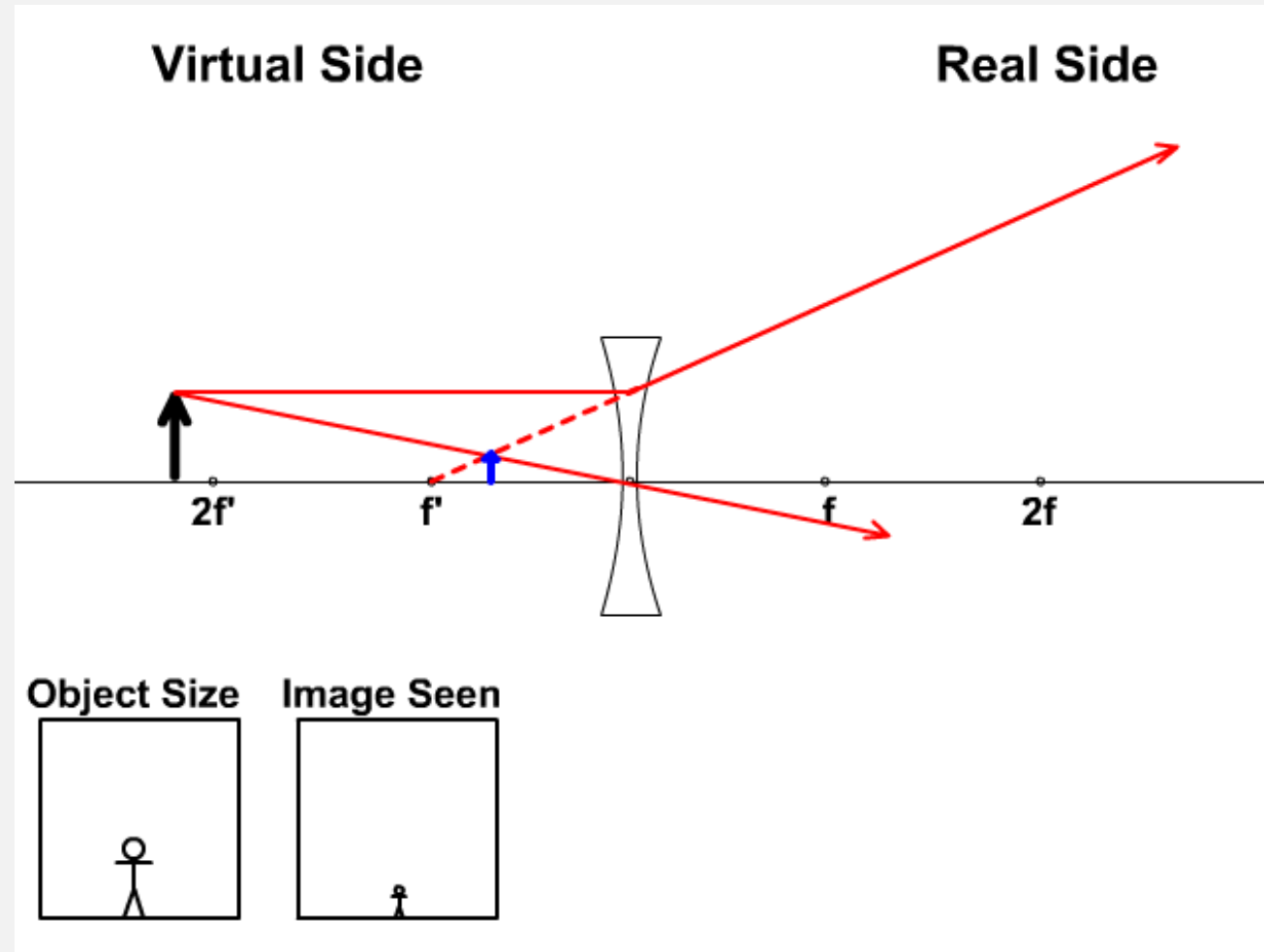
- A homorú lencse szétszórja a fénysugarakat, ezért szórólencsének is nevezik.
- Az optikai tengellyel párhuzamosan beeső fénysugarak szétszórtnak haladnak tovább úgy, mintha a fókuszról indultak volna ki.
- A fényforrással ellenkező oldali fókusz felé beeső fénysugár az optikai tengellyel párhuzamosan halad tovább.
- Az optikai középpontba beeső fénysugár irányváltás nélkül halad tovább.

## A homorú lencse képalkotása

- A szórólencse a tárgyról mindig virtuális, egyenes állású, kicsinyített képet alkot.

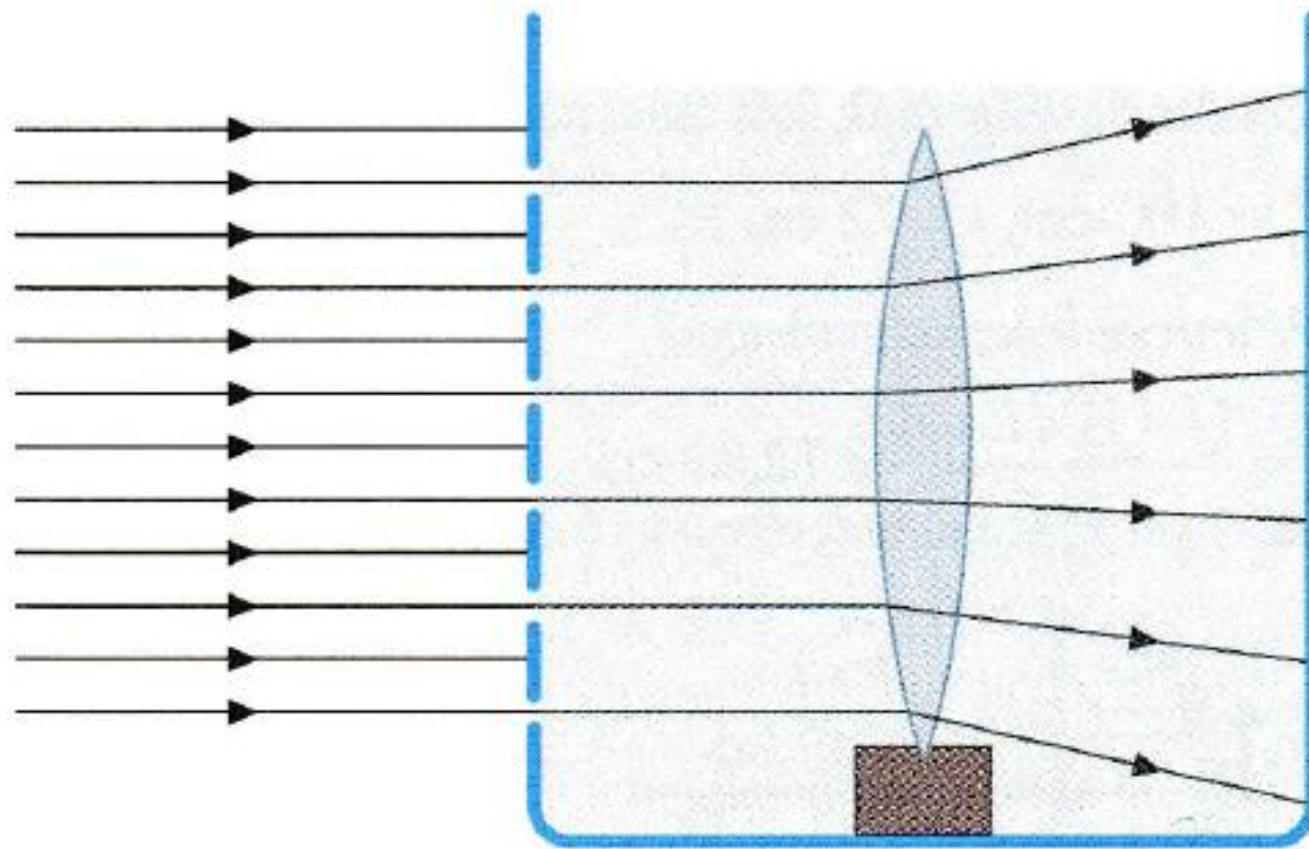


# Szórólencse képalkotása



A szórólencse képalkotása nagyon hasonló a domború tüköréhez. Az eltérés csak abban nyilvánul meg, hogy a szórólencse által alkotott látszólagos kép – a tükörrel ellentétben - **mindig a lencse tárgyi oldalán keletkezik.**

# A domború lencse is lehet szórólencse



*A domború „levegőlencse” a vízben szórólencseként viselkedik*

# Dioptria

Az optikai lencsét (pl. szemüveglencsét) jellemző adat a lencse dioptriája. A dioptria a lencse anyagától és alakjától függ.

- A dioptria jele **D**, a fókusztávolságé **f**.
- A dioptria a méterben mért fókusztávolság reciproka:

$$D = \frac{1}{f}$$

Például, a 8 cm méterben: 0,08 m. Az ilyen fókusztávolságú lencse  $D = \frac{1}{0,08 \text{ m}} = 12,5$  dioptriájú.



# Lencsék leképezési törvénye, nagyítás

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{k} + \frac{1}{t}$$

$$N = \frac{k}{t} = \frac{K}{T}$$

- f: fókusztávolság
- k: képtávolság
- t: tárgytávolság
- N: nagyítás
- K: képnagyság
- T: tárgynagyság

# Előjelek a számításoknál

- -  $t$  és  $T$  minden esetben pozitív
- -  $D$  és  $f$  gyűjtőlencse esetén pozitív, szórólencse esetén negatív
- -  $k$  és  $K$  valamint  $N$  valódi kép esetén pozitív, látszólagos kép esetén negatív



# Feladatok

1. Domború lencsével a gyertya lángját kétszeres nagyításúvá vetítjük ki. Mekkora a lencse fókusztávolsága, ha a láng és a lencse között 20 cm a távolság?

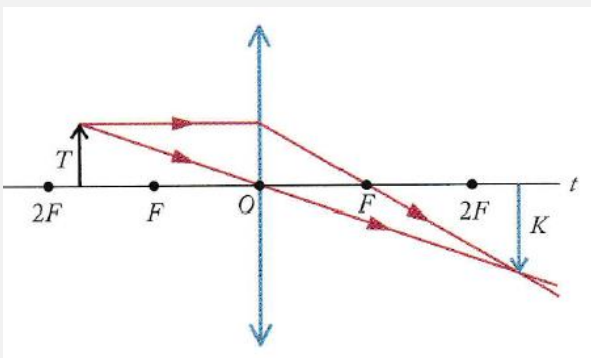
**Megoldás:**

$$N = 2 \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{k} + \frac{1}{t} \quad N = \frac{k}{t} = 2$$
$$\underline{t = 20 \text{ cm}} \quad k = 2 \cdot t = 40 \text{ cm}$$

**f = ?**

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{40} + \frac{1}{20} \quad f = \frac{40}{3} \text{ cm}$$

A lencse fókusztávolsága 13,33 cm.



2. Mekkora és milyen képet alkot a 20 cm fókusztávolságú **szórólencse** a tőle 25 cm-re elhelyezett 15 cm magas tárgyról?

**Megoldás:**

**Homorú lencsénél a fókusztávolság, képtávolság, képnagyság nagyítás negatív.**

**f = -20 cm**

**t = 25 cm**

**k = ?**

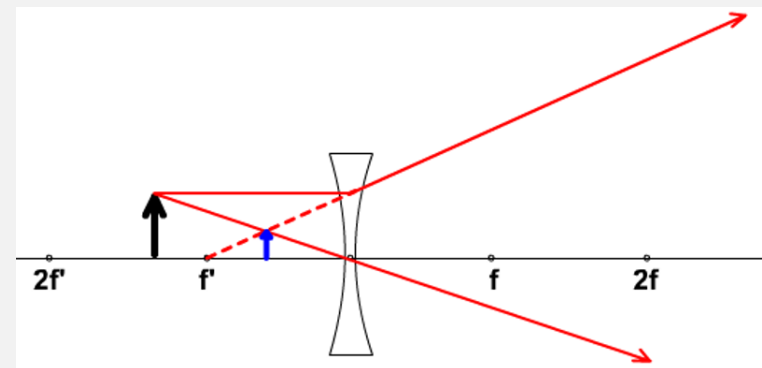
$$\frac{1}{t} + \frac{1}{k} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{25} + \frac{1}{k} = \frac{1}{-20}$$

$$k = -11,11 \text{ cm}$$

$$N = \frac{k}{t} = -0,44$$

$$K = N \cdot T = -6,67 \text{ cm}$$



A kép a lencse előtt 11,11 cm-re keletkezik, egyenes állású, virtuális és kicsinyített.

# Feladat

3. Gyűjtőlencse előtt 45 cm-re 4 cm magas tárgy áll. A lencse fókusztávolsága 25 cm.

a) Hol van és mekkora a tárgy képe?

b) Hová kell elhelyezni az előbbi tárgyat, hogy a lencse ugyanolyan nagyítású, de látszólagos képet alkosson a tárgyról?

c) Hol lesz ekkor a kép? A feladathoz készíts rajzot!

Megoldás:

a)  $t=45$  cm

$T=4$  cm

$f=25$  cm

$k=?$ ;  $K=?$

$$\frac{1}{25} = \frac{1}{45} + \frac{1}{k}$$

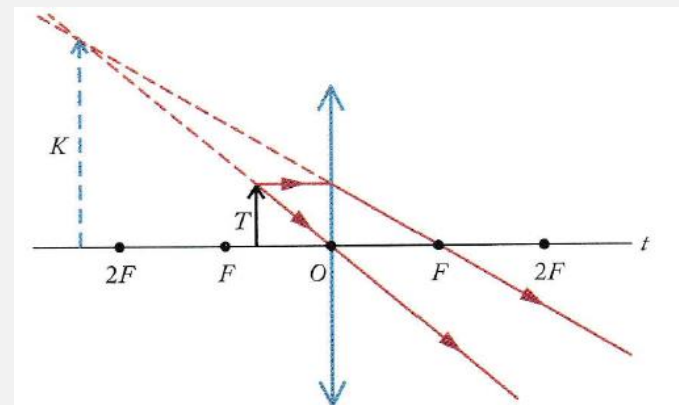
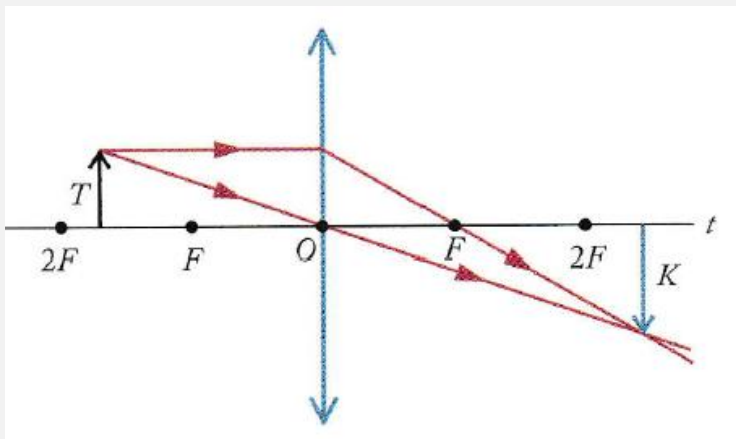
b)  $N = -1,25 \rightarrow k = N \cdot t = -1,25 \cdot t$

$$\frac{1}{25} = \frac{1}{t} + \frac{1}{-1,25 \cdot t}$$

$k_1 = 56,25$  cm;  $N_1 = 1,25$ ;  $K = 5$  cm

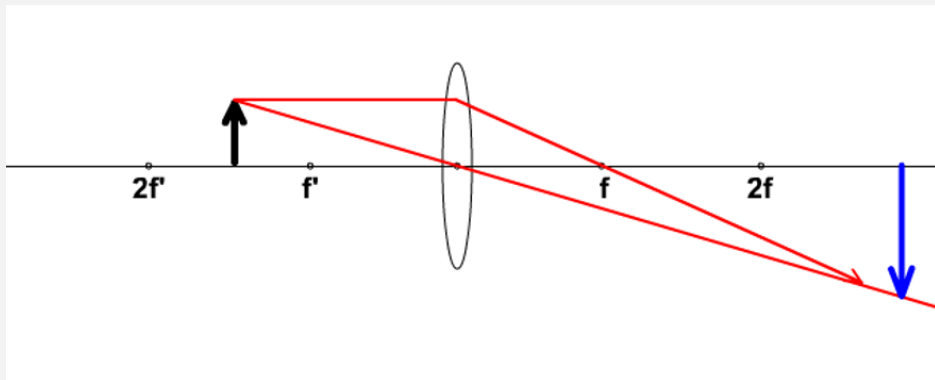
$t_2 = 5$  cm

c)  $k_2 = -6,25$  cm



# Feladat

4. Domború lencsével a gyertya lángját kétszeres nagyításúvá vetítjük ki. Mekkora a lencse fókusztávolsága, ha a láng és az ernyő között 20 cm a távolság?



A kép valódi nagyított, tehát a tárgynak az egyszeres kétszeres fókusztávolság között kell elhelyezkednie.  $2f$ -en kívüli tárgyról kicsinyített,  $f$ -en belüli tárgyról virtuális kép keletkezik. Ezek alapján:  $t + k = 20 \text{ cm}$

**Megoldás:**

$$N = 2$$

$$\underline{t + k = 20 \text{ cm}}$$

$$f = ?$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{k} + \frac{1}{t}$$

$$t + k = 20 \text{ cm}$$

$$N = \frac{k}{t} = 2$$

A fentiekből:

$$k = 2 \cdot t$$

$$t + 2t = 20 \text{ cm}$$

$$t = \frac{20}{3} \text{ cm} = 6,66 \text{ cm}$$

$$k = \frac{40}{3} \text{ cm} = 13,33 \text{ cm}$$

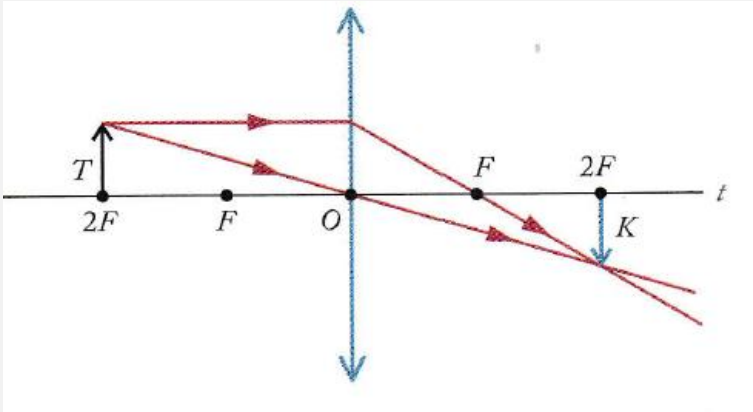
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\frac{40}{3}} + \frac{1}{\frac{20}{3}}$$

$$f = \frac{40}{9} \text{ cm} = 4,44 \text{ cm}$$

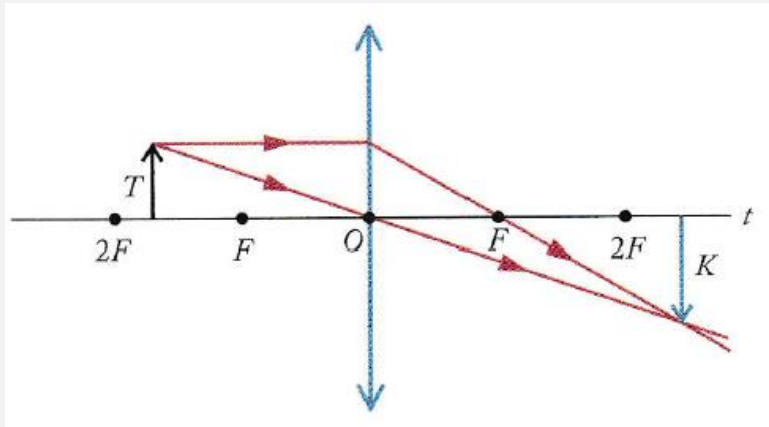
# Feladat

5. Egy domború lencse előtt a fókusz távolság kétszeresére áll egy tárgy. Ha a tárgyat 5 cm-el közelebb visszük a lencséhez a képtávolság 10 cm-rel változik. Mennyi a lencse fókusz távolsága?

a)  $t_0 = 2 \cdot f$  ekkor  $k_0 = t_0 = 2 \cdot f$



b)  $t = 2 \cdot f - 5$ ,  $k = 2 \cdot f + 10$



Megoldás:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{2 \cdot f - 5} + \frac{1}{2 \cdot f + 10}$$

$$(2f - 5) \cdot (2f + 10) = f(2f + 10) + f(2f - 5)$$

$$4f^2 - 10f + 20f - 50 = 2f^2 + 10f + 2f^2 - 5f$$

$$-50 = -5f$$

$$f = 10 \text{ cm}$$