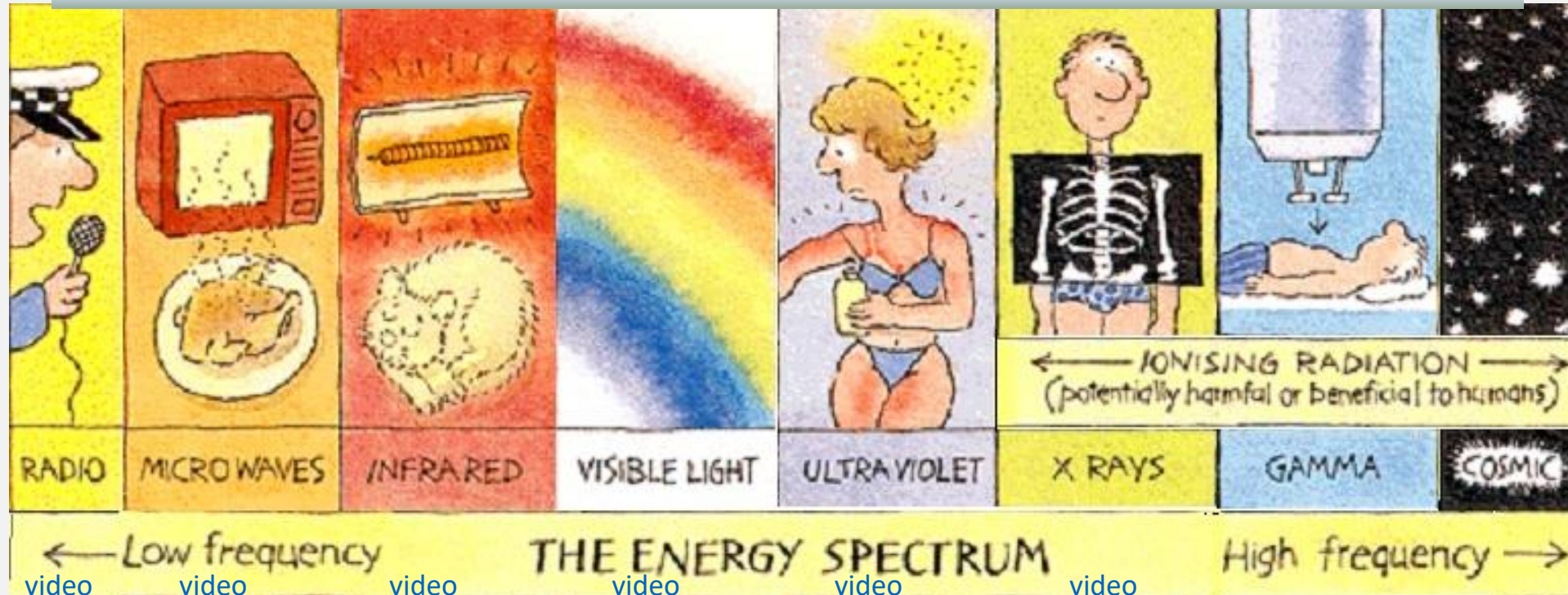


FÉNYTAN

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



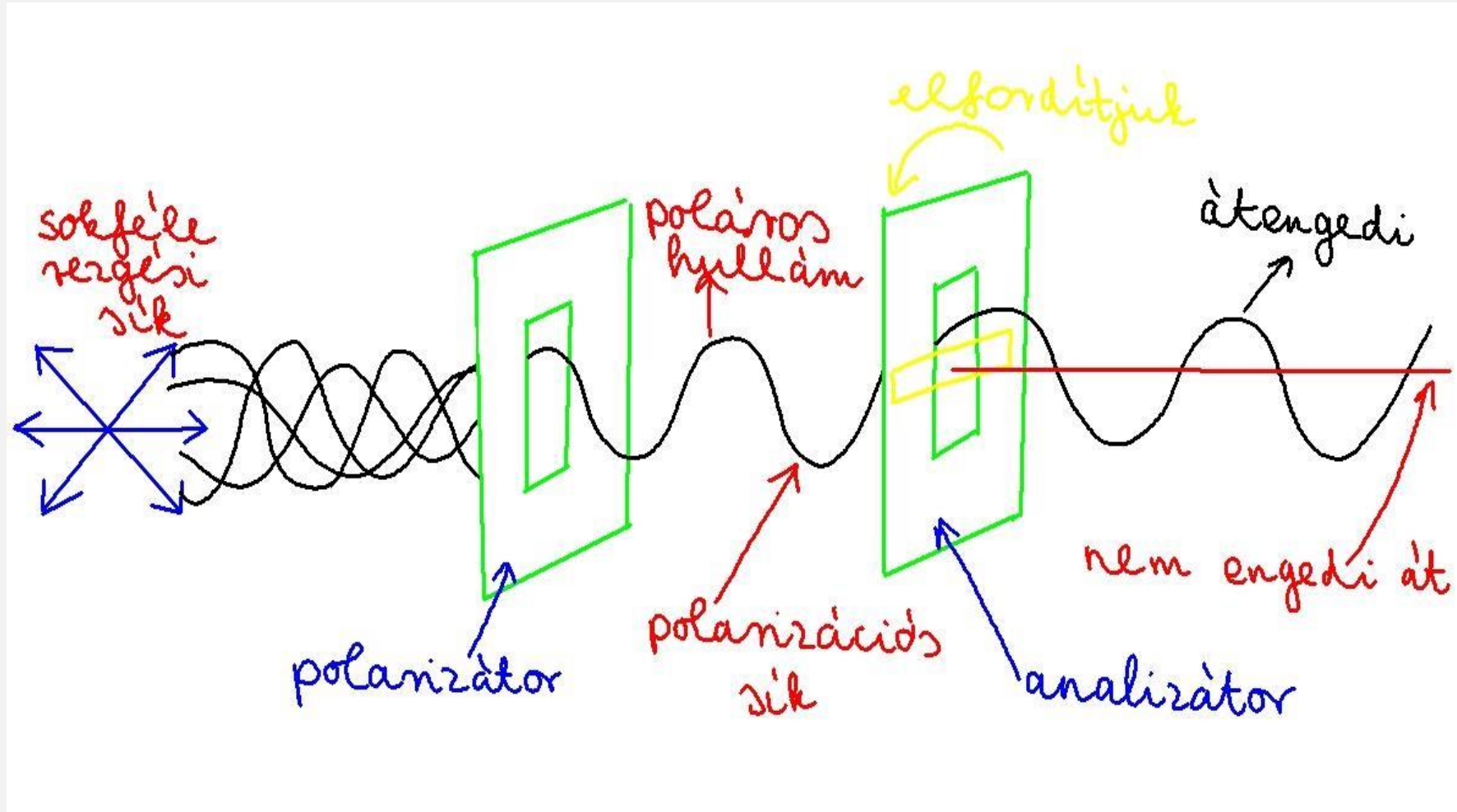
Elektromágneses hullámok spektruma

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

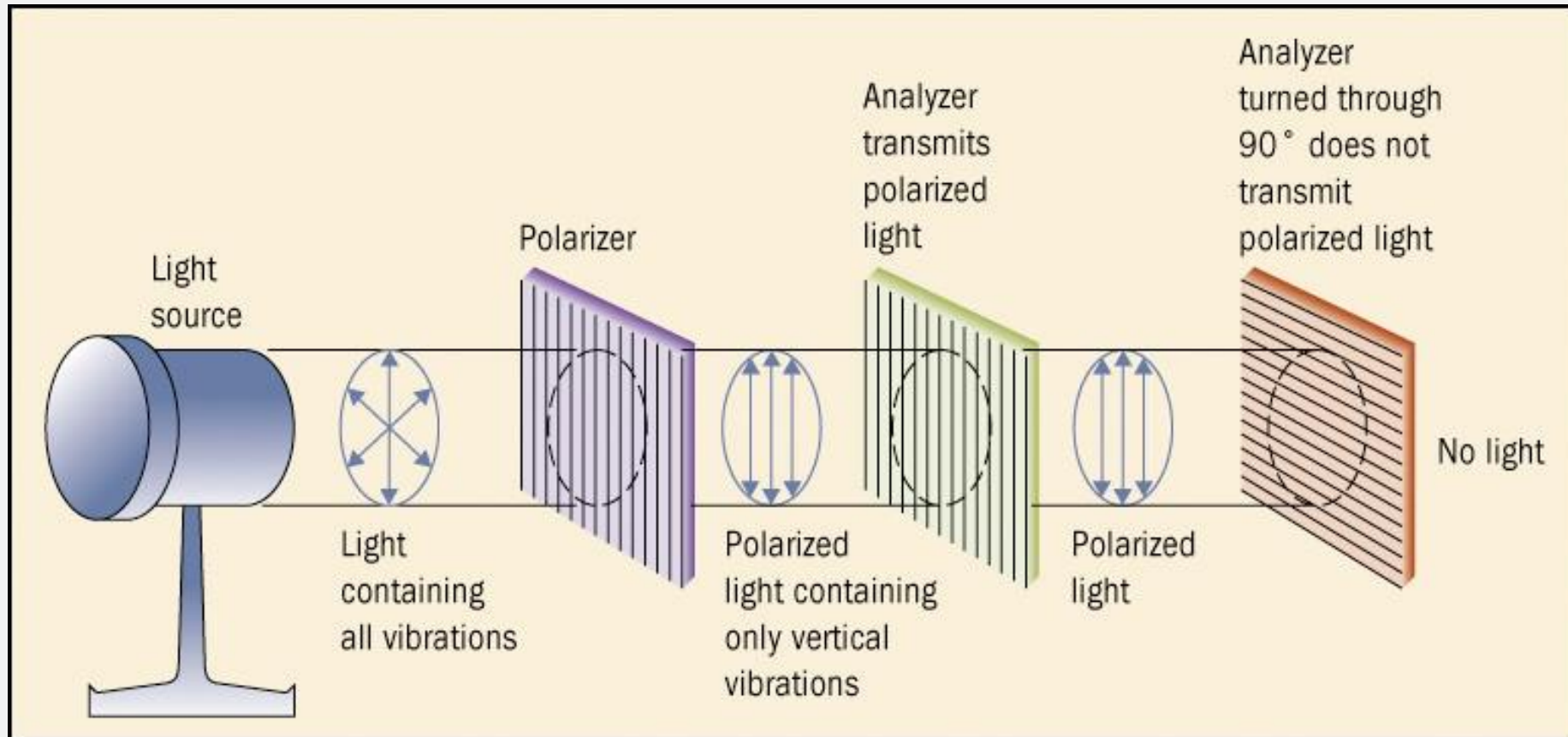
Látható fény: $3,7 \cdot 10^{14} \dots 8,1 \cdot 10^{14}$ Hz

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

Hullámok polarizációja



A fény polarizációja

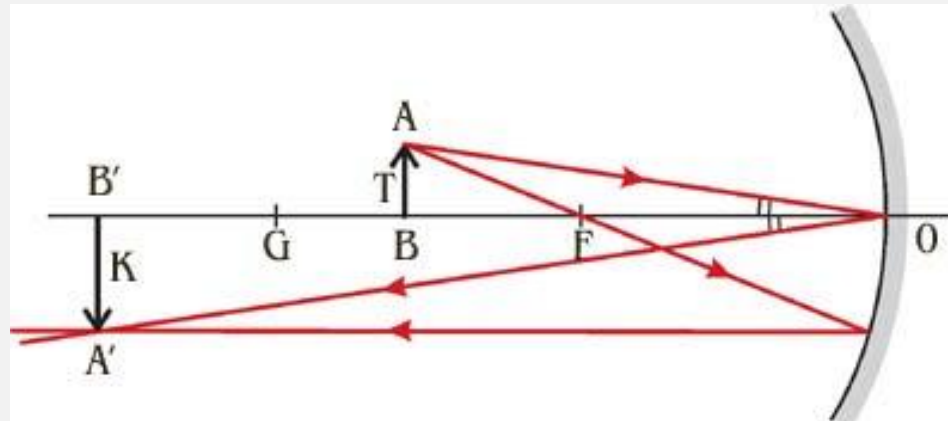
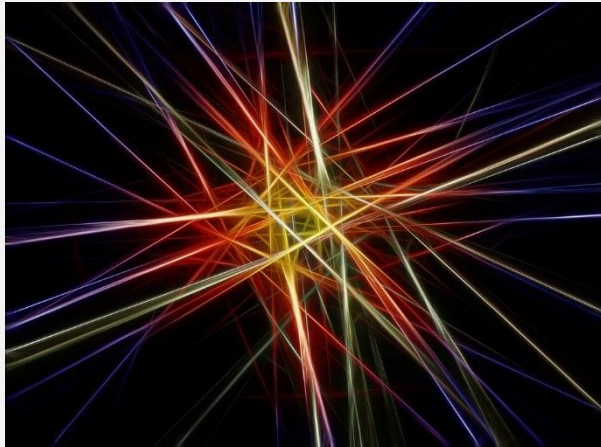


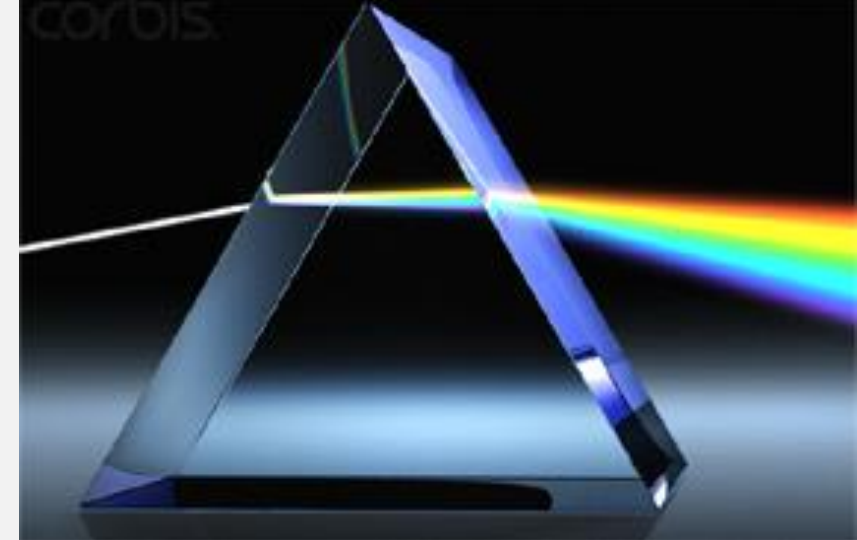
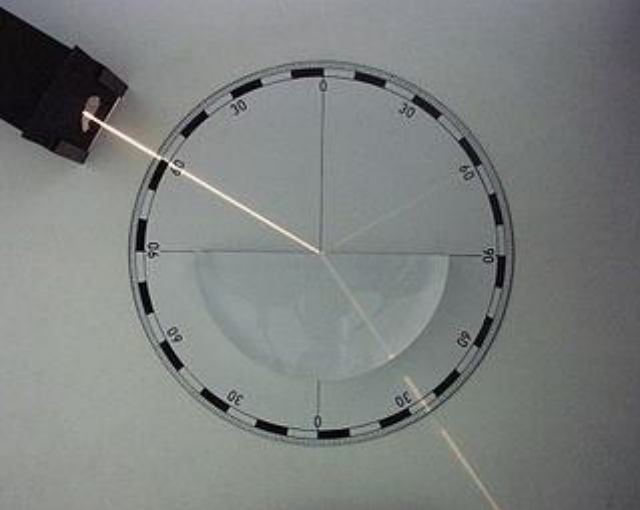
A fény terjedése

- A fény a levegőben (és az egyenletes sűrűségű anyagokban) **egyenes vonalban terjed**.
- A fény **transzverzális elektromágneses hullám**. Polarizálható.
- Terjedési sebessége vákuumban $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. *Ez olyan nagy sebesség, hogy a fény egy másodperc alatt hét és félszer kerülné meg a Földet.*
- **Optikailag sűrűbbnek** nevezzük 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**.

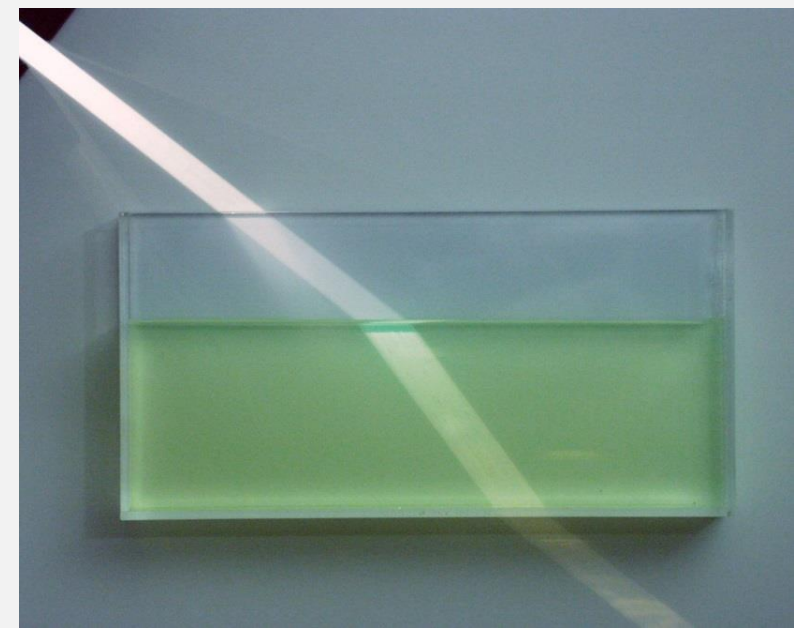
Geometriai optika

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



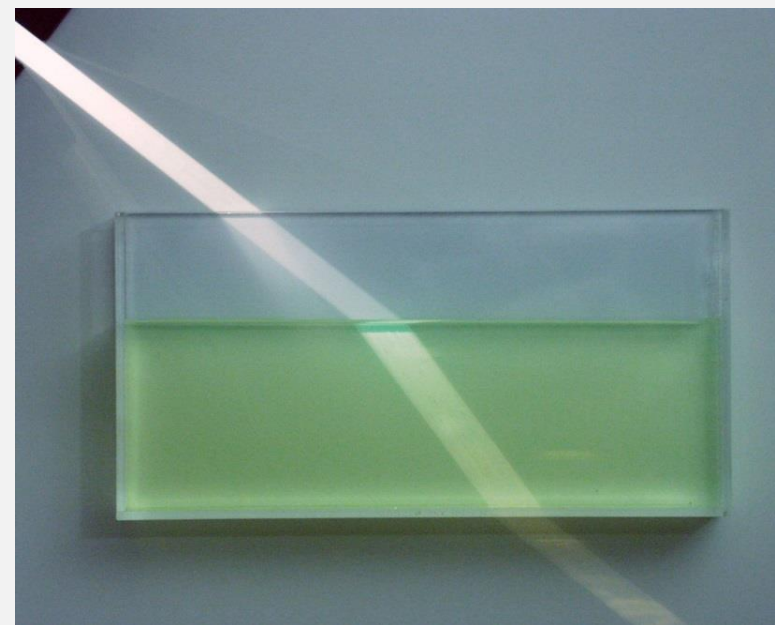
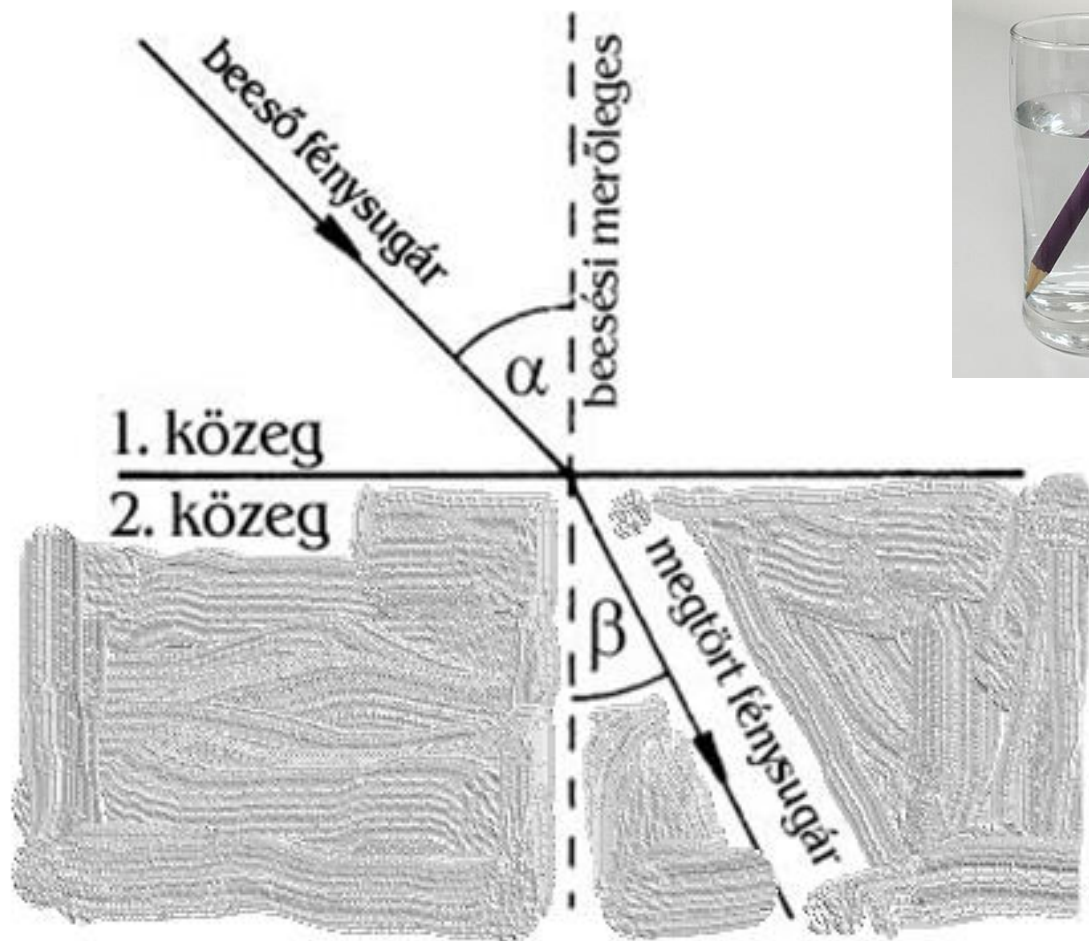


Fénytörés

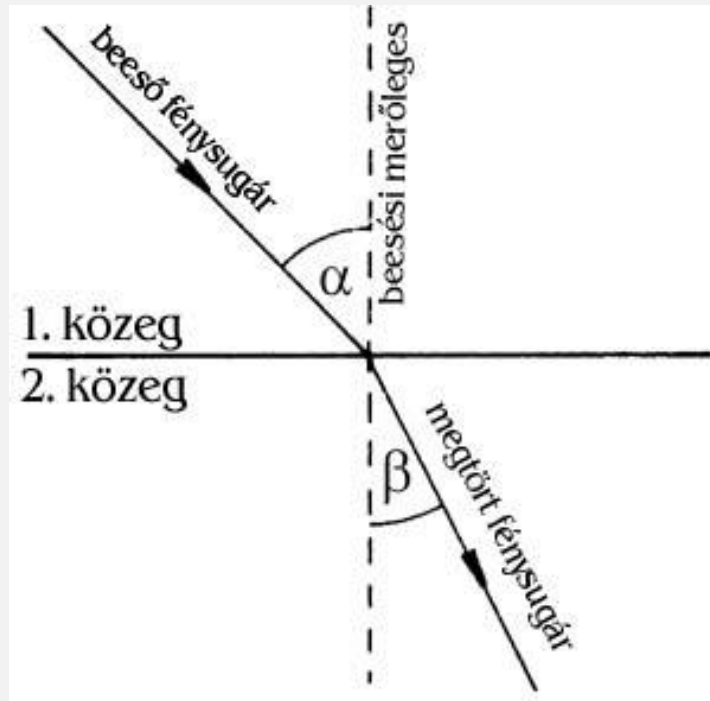


Mit nevezünk fénytörésnek?

Amikor a fény új anyagba belépve irányváltoztatással halad tovább azt mondjuk, hogy a fénysugarak megtörnek. Ezt a jelenséget nevezzük **fénytörésnek**.



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

Új közeg határra 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 (α) nagyobb, mint a törési szög (β).
Írja be az egyenletet ide

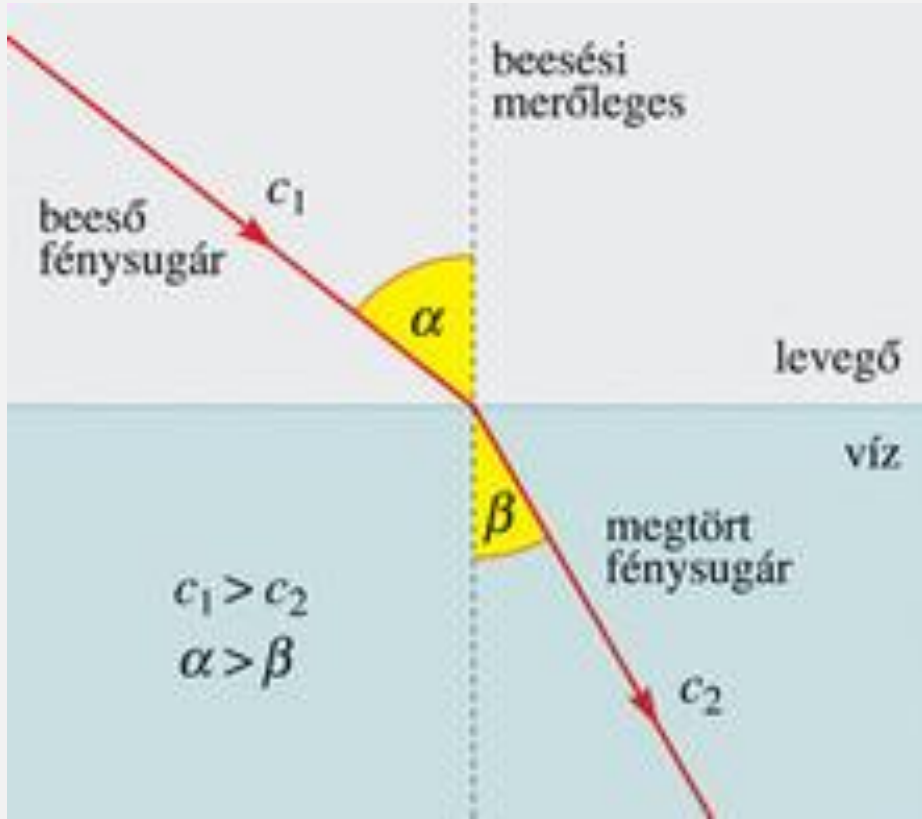
Optikailag sűrűbb az olyan közeg, amelyben a fény terjedési sebessége kisebb.

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

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

A fénytörés szabályai:

Optikailag ritkább közegből optikailag sűrűbbe érkező fénysugár útja



A fény legnagyobb sebességgel vákuumban (légüres térben terjed) $3 \cdot 10^8$ m/s sebességgel.

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

Optikailag **ritkább közegből (1. közeg)** optikailag **sűrűbb közegbe (2. közeg)** érve a fény a beesési merőlegeshez törik.

A beesési szög (α) nagyobb, mint a törési szög (β).

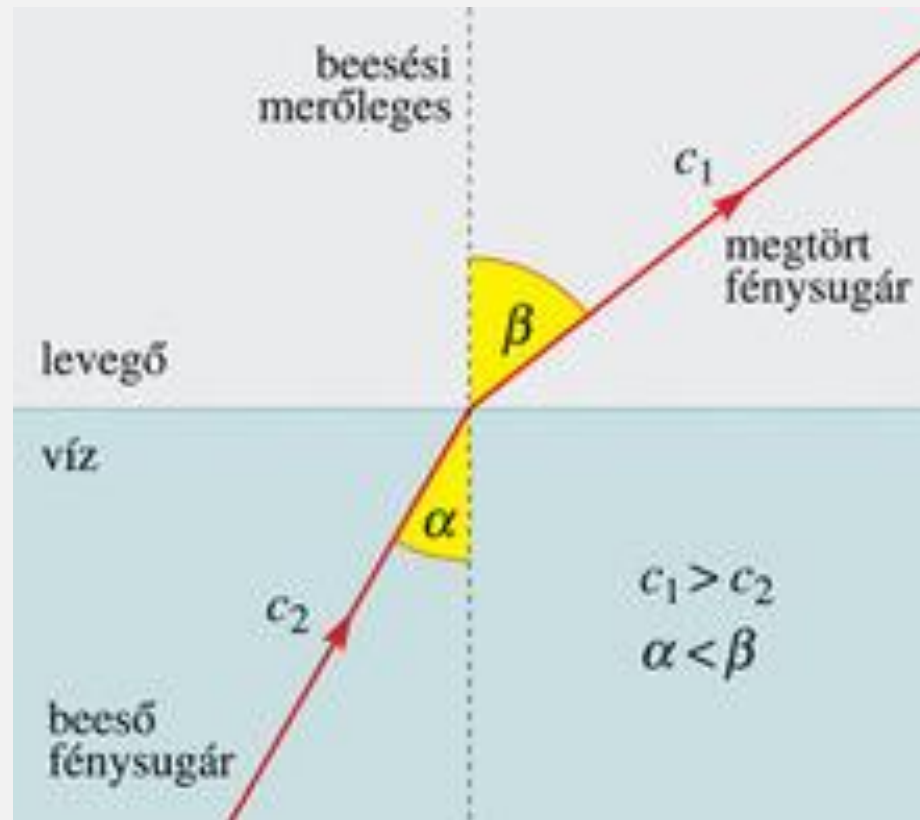
c_1 a fény terjedési sebessége az 1. közegben (levegőben) c_2 a fény terjedési sebessége 2. közegben (vízben).

A fénytörés szabályai:

Optikailag sűrűbb közegből optikailag ritkább közegbe érkező fénysugár

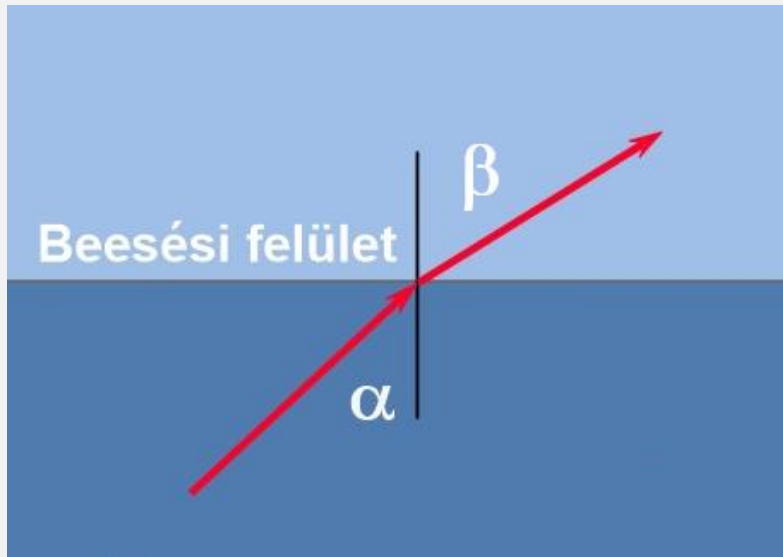
Nem mindegy, hogy melyik közegből melyik közegbe halad a sugár.

A víz optikailag sűrűbb, amelyben a fény lassabban terjed, mint a levegőben. A megtört fénysugár a beesési merőlegestől törik. **Törési szög nagyobb, mint a beesési szög, de van egy határszög!**

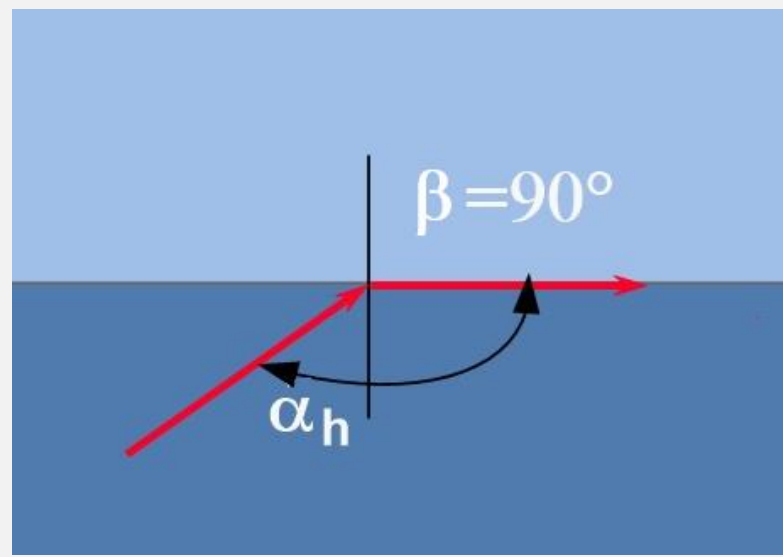


Teljes visszaverődés, határszög

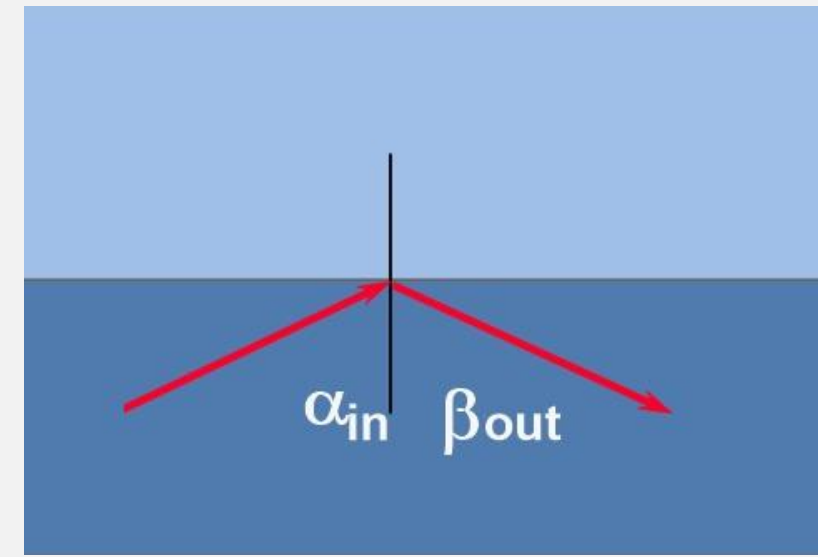
Optikailag sűrűbb közegből optikailag ritkább közegbe haladó sugár útja



A törési szög (β) nagyobb mit a beesési szög (α).

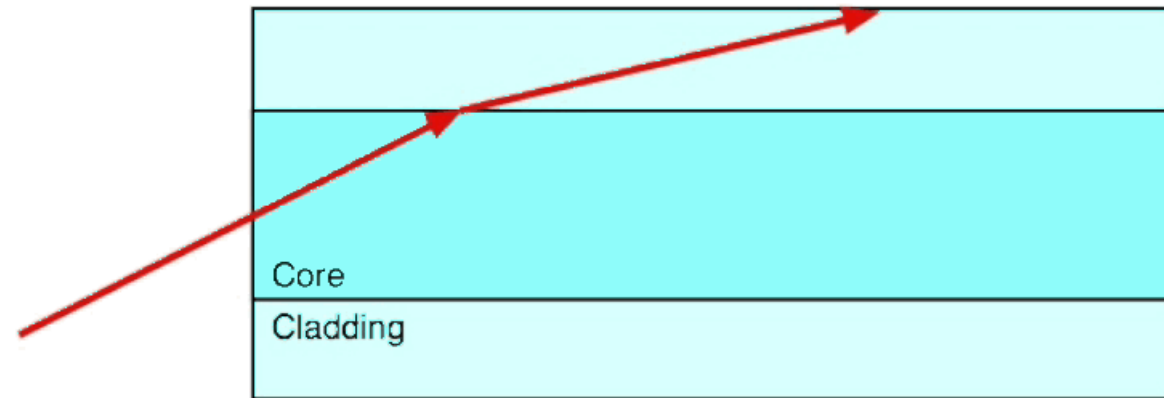
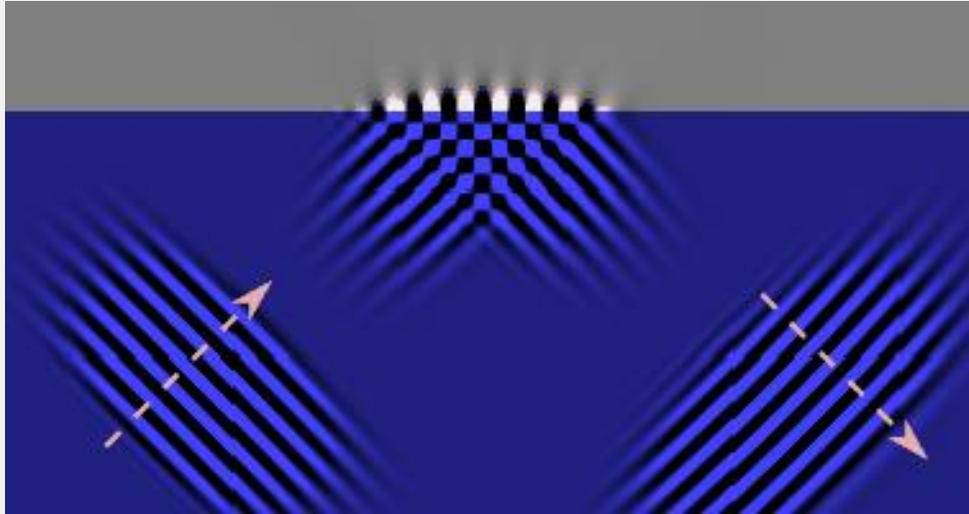


Ha növelem a beesési szöget nő a törési szög is. Egy **határszögnél** (α_h) a törési szög (β) 90° lesz.



Határszögnél nagyobb beesési szög esetén ($\alpha > \alpha_h$) **teljes visszaverődés** következik be.

Teljes visszaverődés, határszög

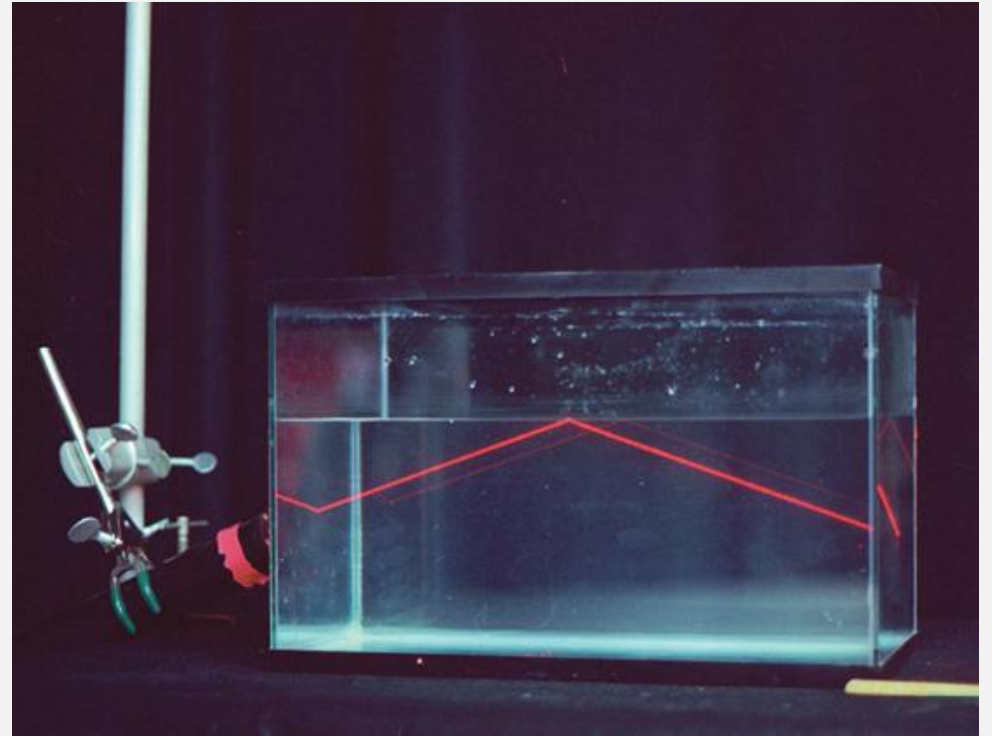
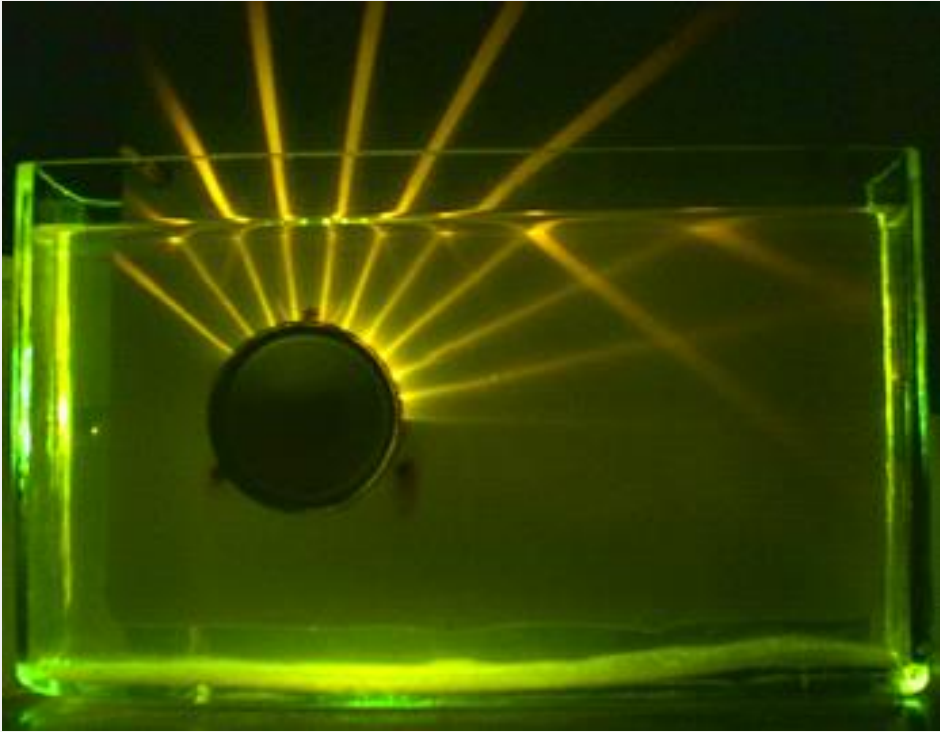


Hűtőfolyadék fagyáspontjának mérése

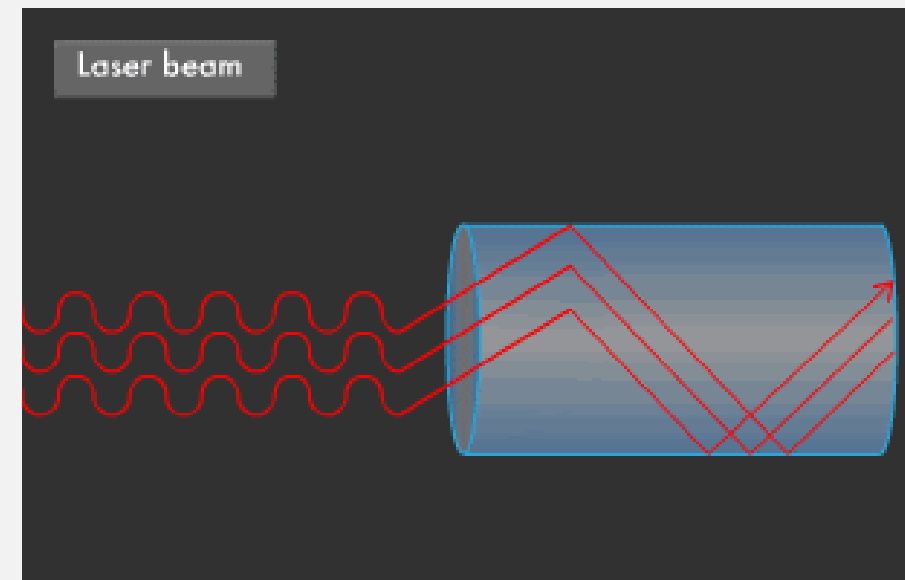
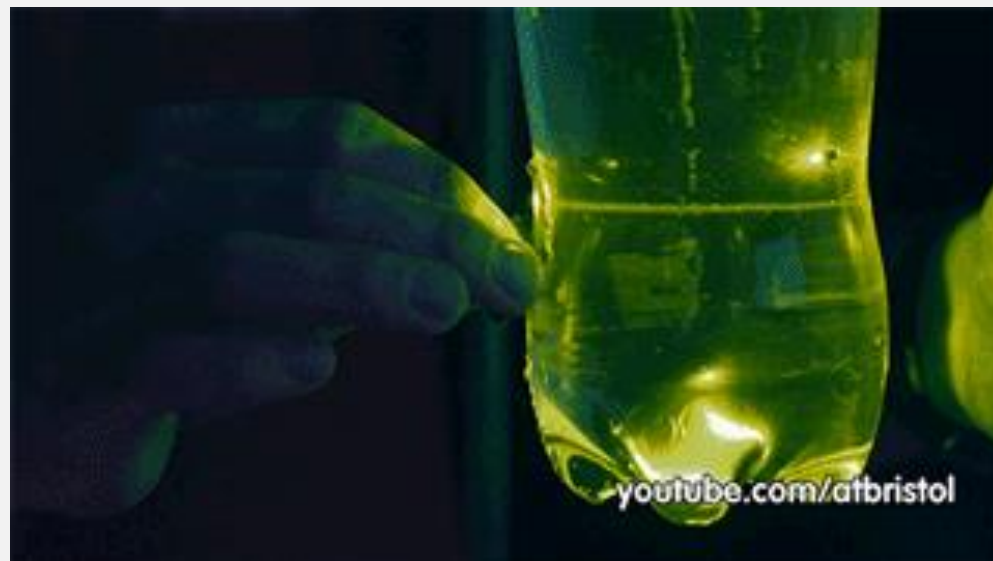
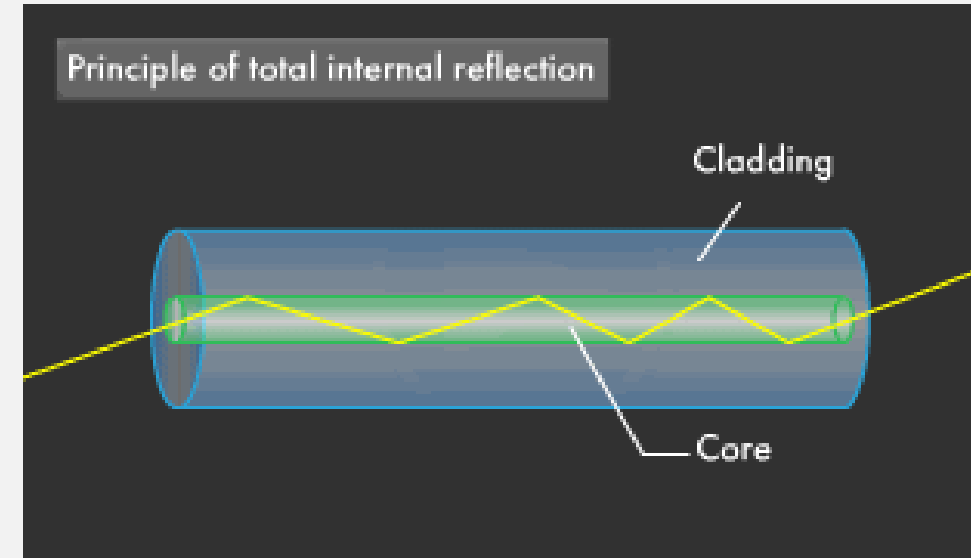
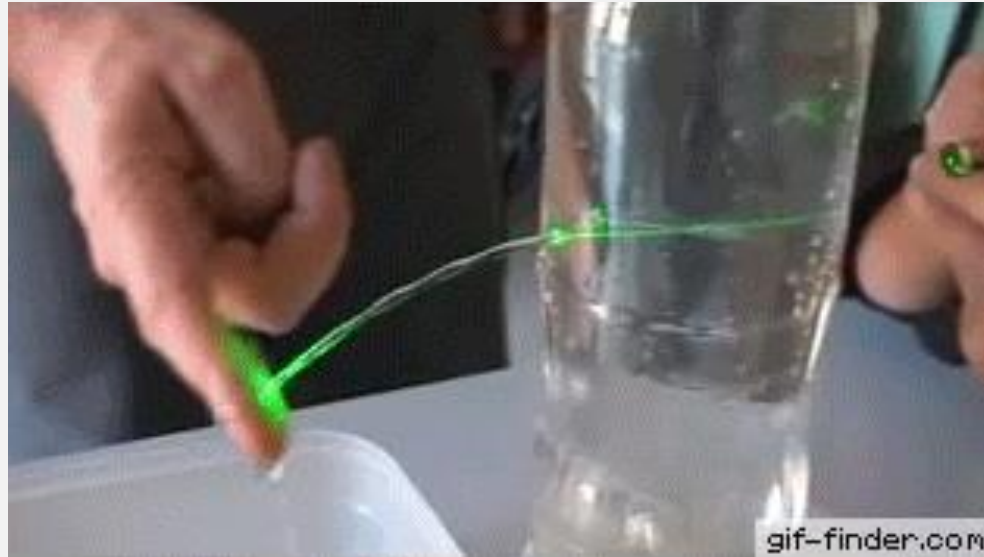
- Egy folyékony közegben, oldatban a törésmutató az összetétellel változik, így a **törésmutató méréssel** megadhatjuk az oldott anyag koncentrációját, illetve a koncentrációval kapcsolatban lévő más fizikai paramétert.
- Például kézi refraktomérrel a törésmutató mérésén keresztül mérik az autókban lévő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



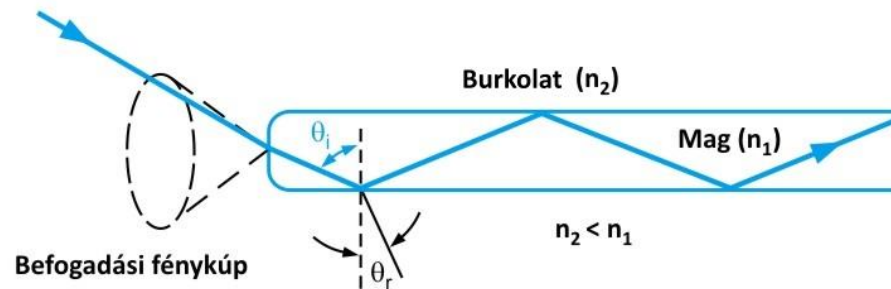
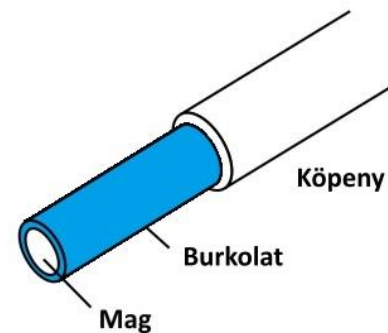
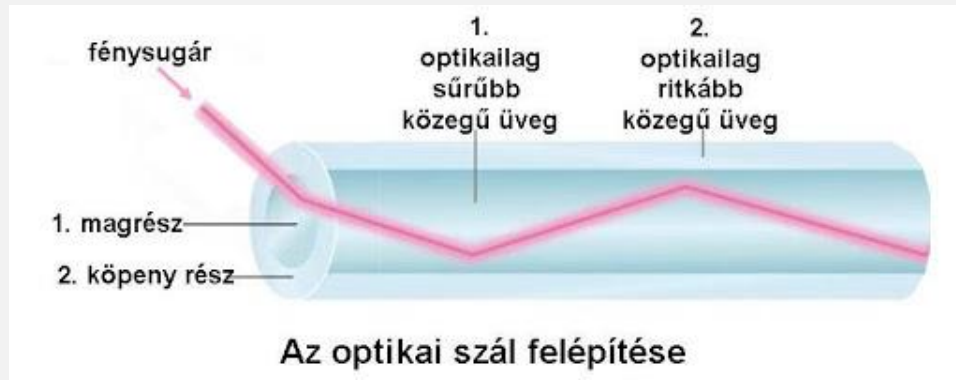
Teljes visszaverődés szemléltetése vízzel teli kádban



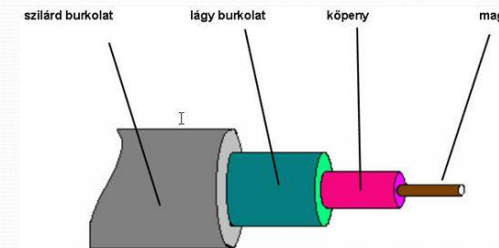
Teljes visszaverődés az optikai szálakban



Optikai szálak a gyakorlatban



Optikai kábelek felépítése

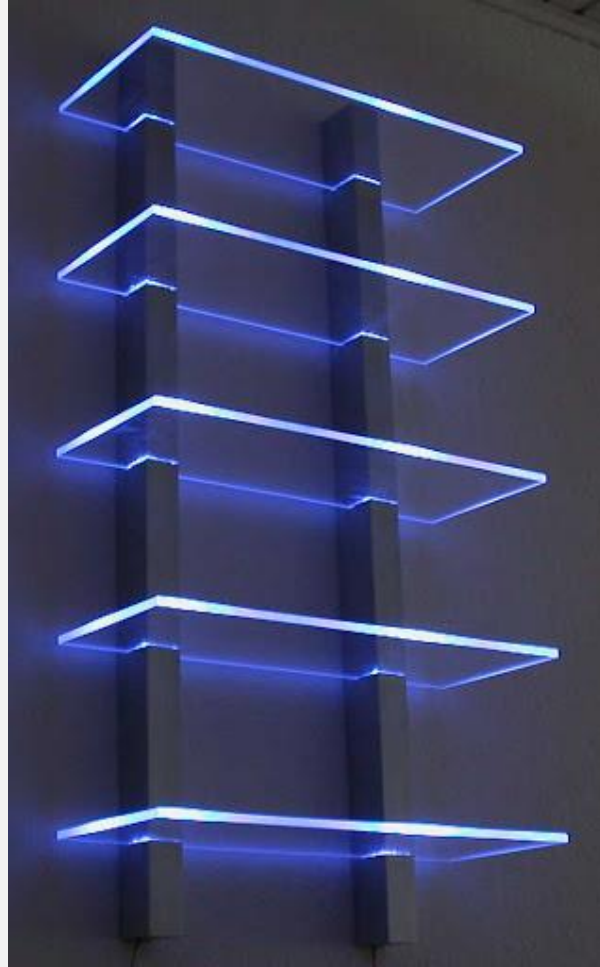


Mag	héj	Védőbevonat	Telherviselő	Külső köpeny
Nagy tisztaságú kvarcüveg (SiO_2)	Germániummal adalékolt üveg	Szilícium alapú bevonat	Kevlar	Polimer (műanyag)

Takács Béla

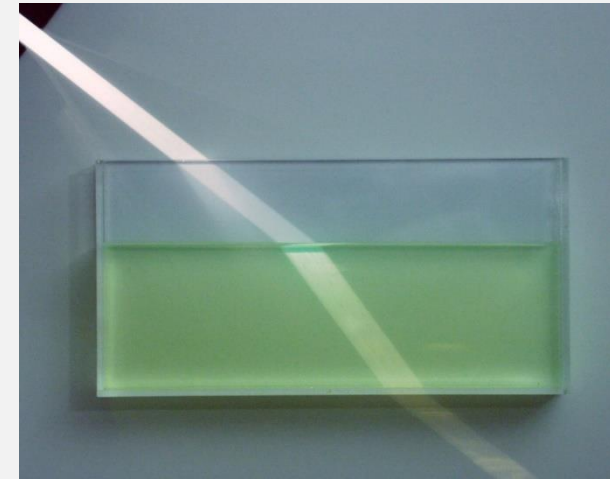
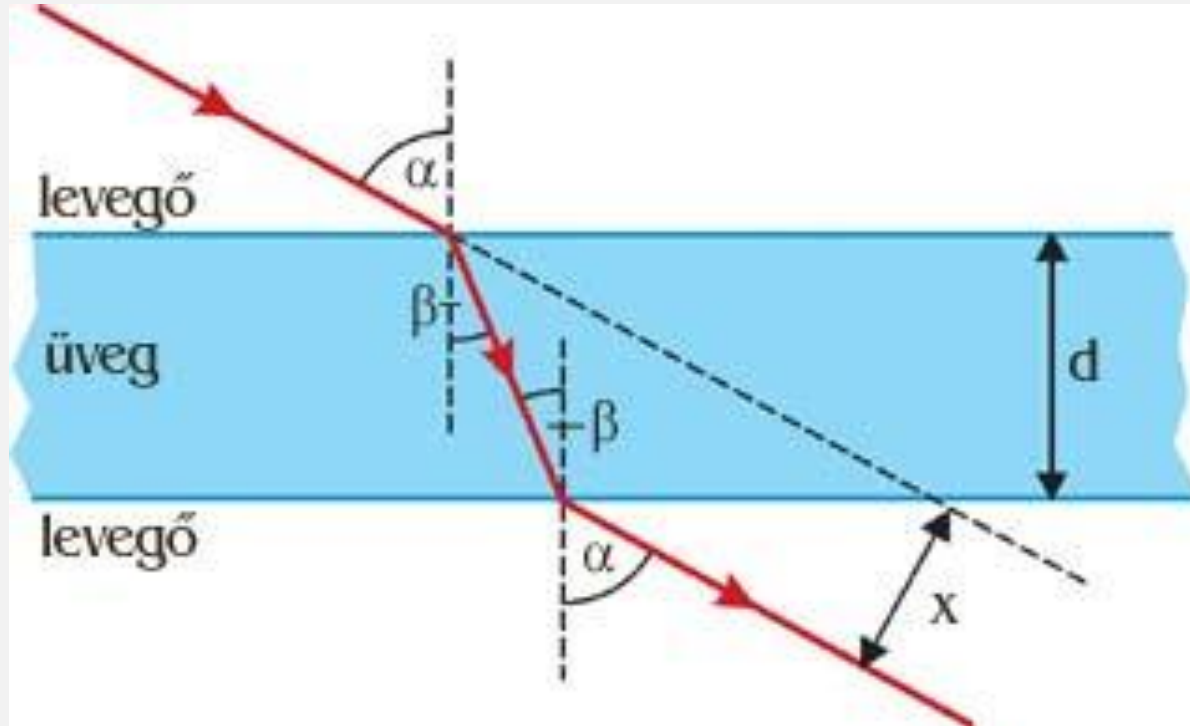
13

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.

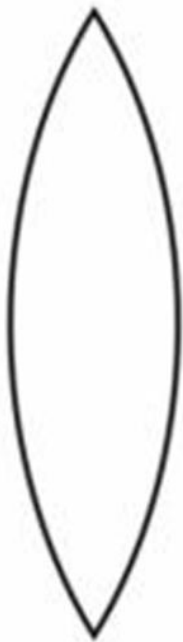
Optikai lencsének nevezünk minden áttetsző anyagból (általában **üveg**, vagy **műanyag**) készülő, két gömb-, vagy egy gömb- és egy síkfelülettel határolt, a **fénysugarak útját irányítottan befolyásoló közeget.**

Lencsetípusok

Domború lencsék:



sík-domború
(plankonvex)



kétszeresen
domború
(bikonvex)

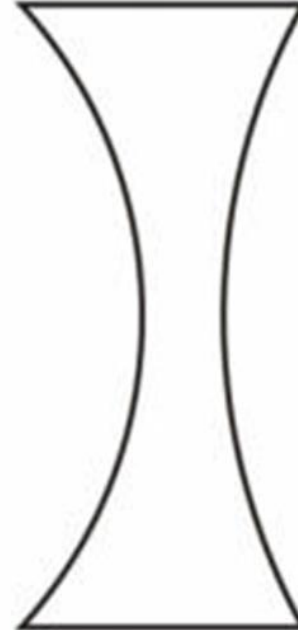


homorúan
domború
(konkáv-konvex)

Homorú lencsék:



sík-homorú
(plankonkáv)



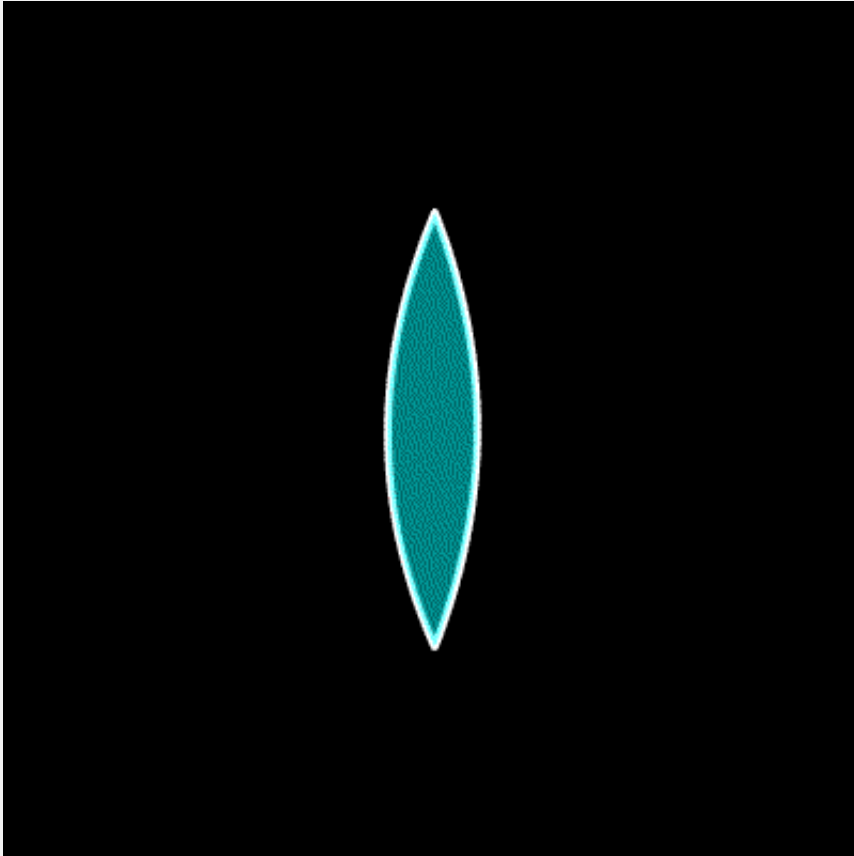
kétszeresen
homorú
(bikonkáv)



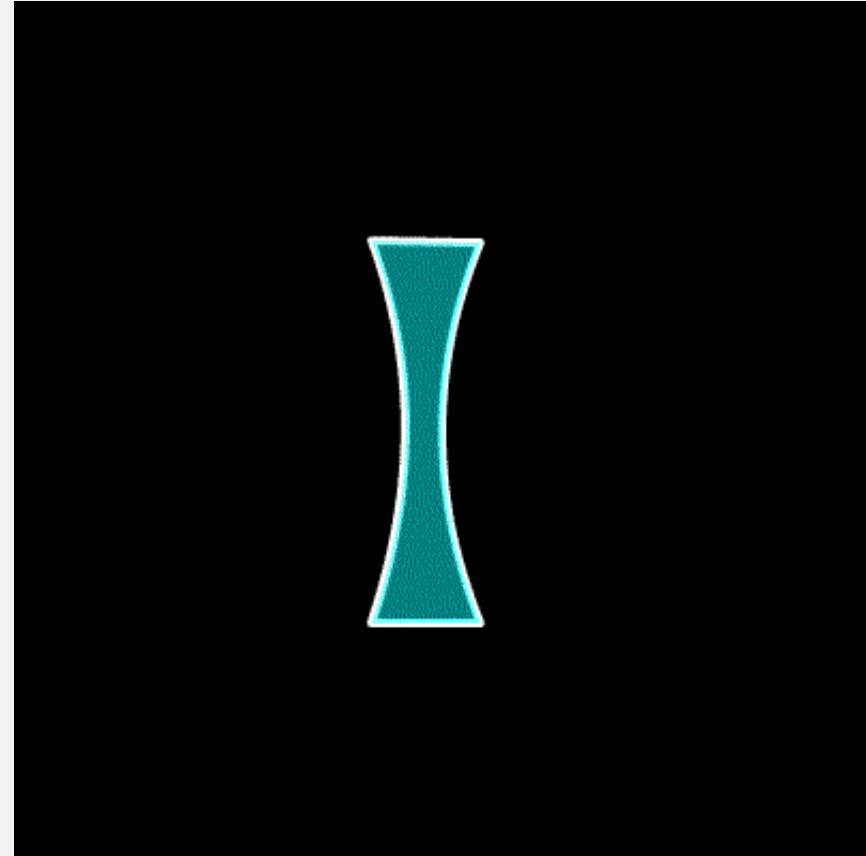
domborúan
homorú
(konvex-konkáv)

A domború lencséknek a közepe, a homorú lencséknek a széle vastagabb.

Gyűjtőlencse, szórólencse

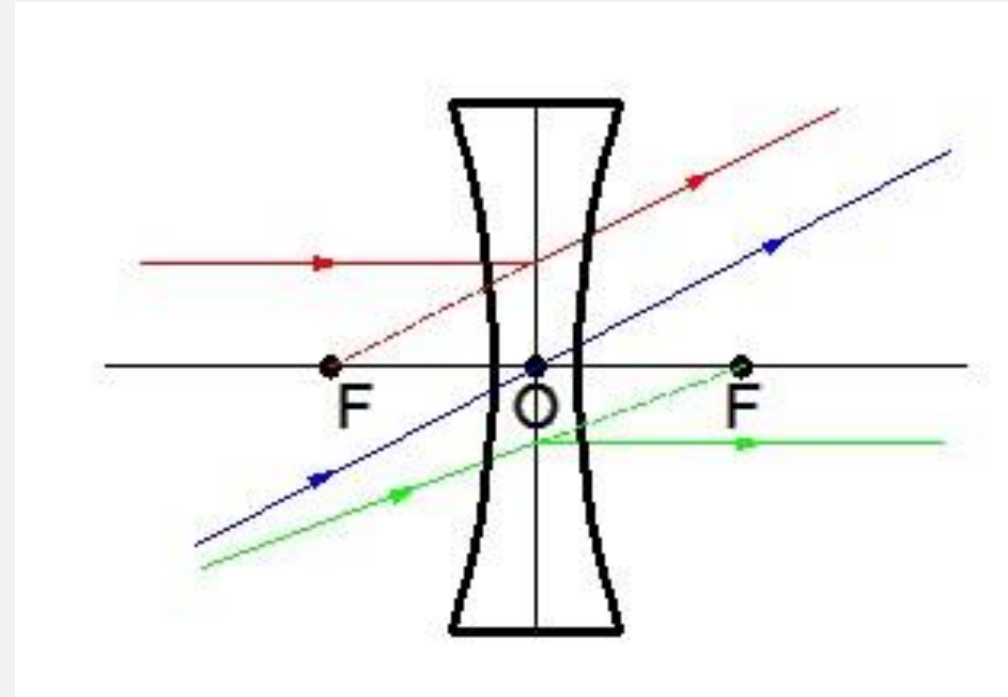
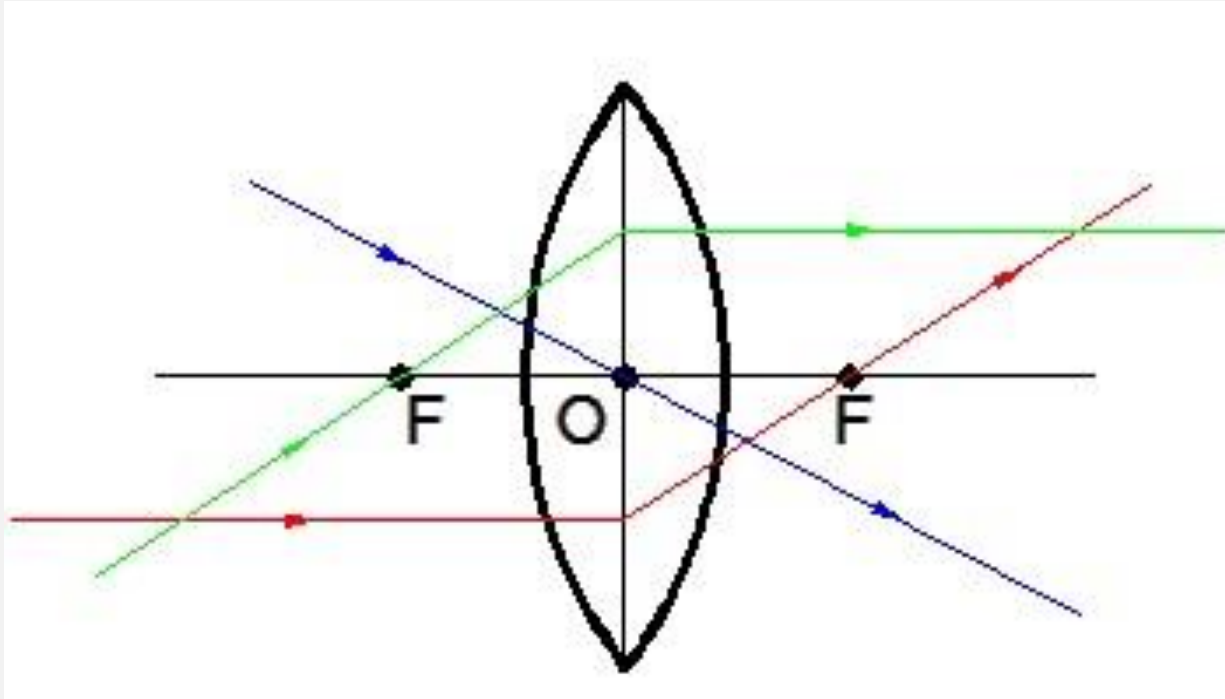


A domború lencse (gyűjtőlencse) az optikai tengellyel párhuzamosan érkező fénysugarakat egy pontba gyűjti össze. Ez a pont a **domború lencse fókuszpontja**.



A homorú lencsére (szórólencsére) az optikai tengellyel párhuzamosan érkező fénysugarak úgy haladnak tovább, mintha a lencse előtti egy pontból indultak volna. Ez a pont a **homorú lencse fókuszpontja**.

Lencséken áthaladó nevezetes sugarak

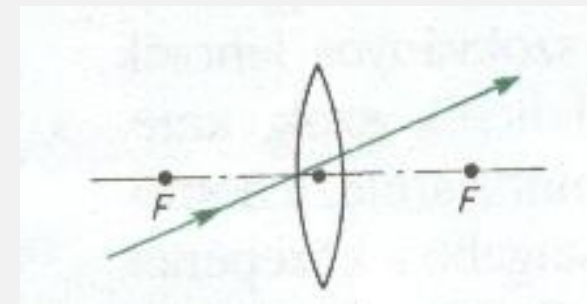
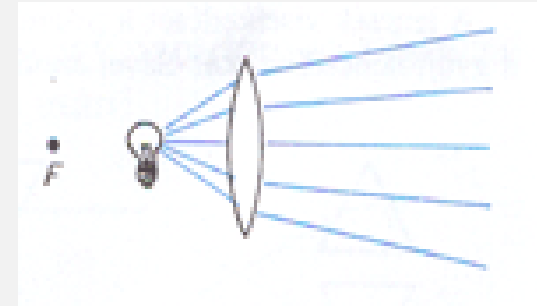
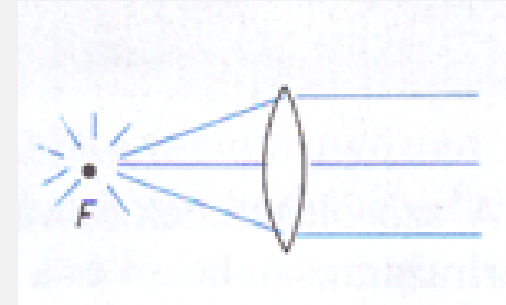


A fókuszpontot mindkét lencsetípus esetén F-fel jelöljük. **A lencséknek két fókuszpontjuk van.** A fókuszpont és az optikai középpont (O) távolsága a lencse fókusztávolsága, ezt a tükrökhöz hasonlóan f-fel jelöljük. Az ábrákon a nevezetes sugarak menete látható.

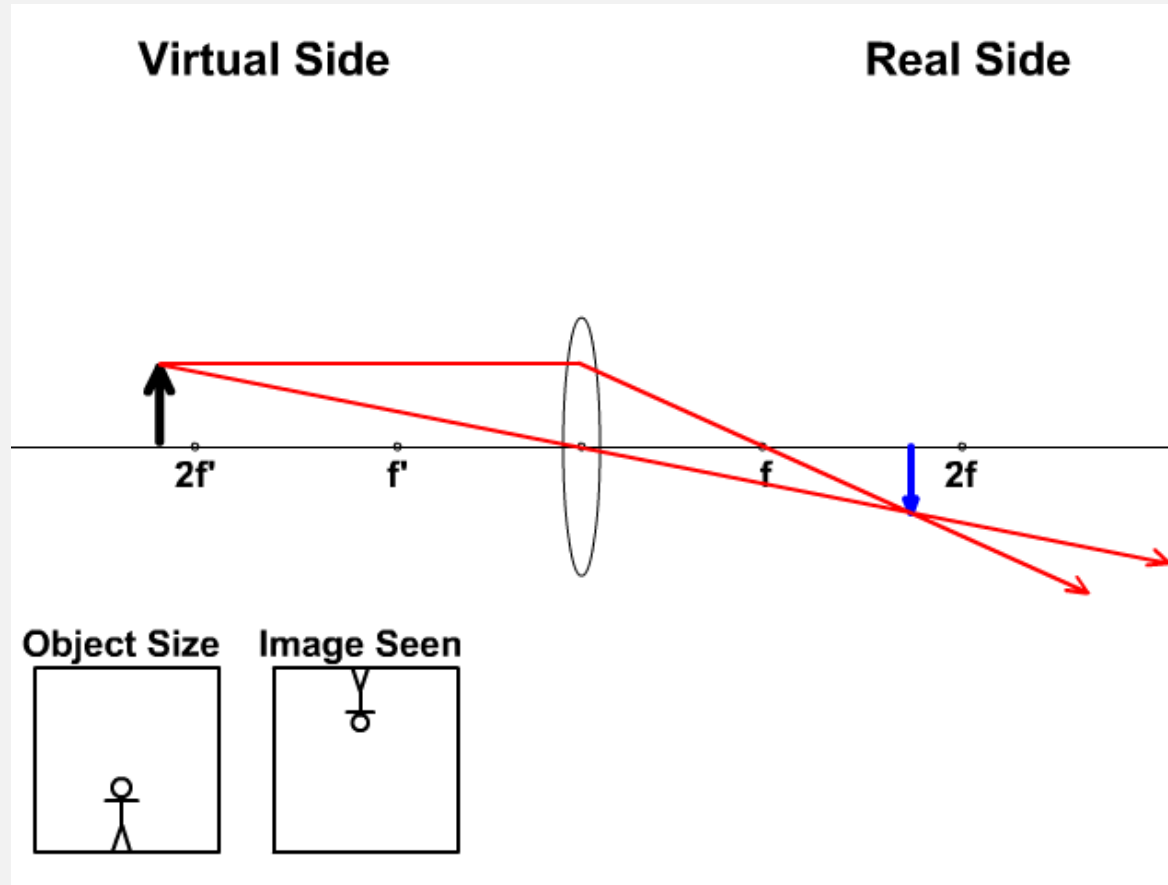
Domború lencse (gyűjtőlencse)

- A lencsére most a fókuszából érkeznek széttartó sugarak.
- A gyűjtőlencse úgy töri 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

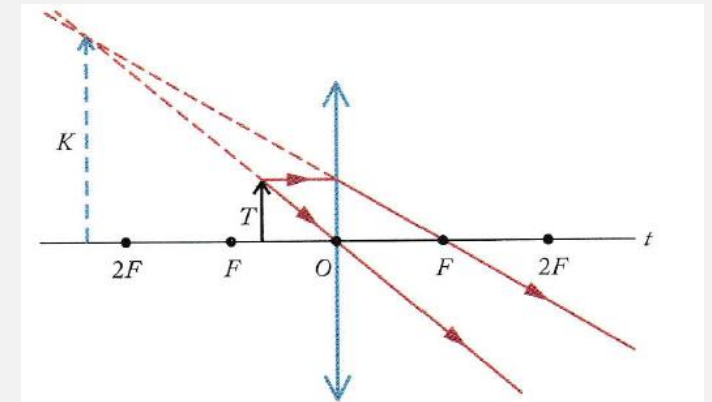
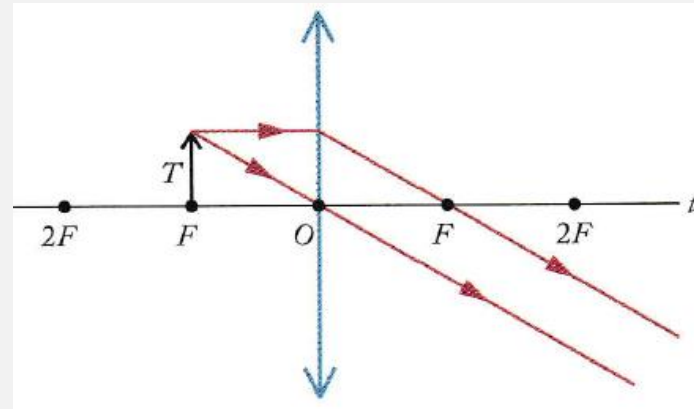
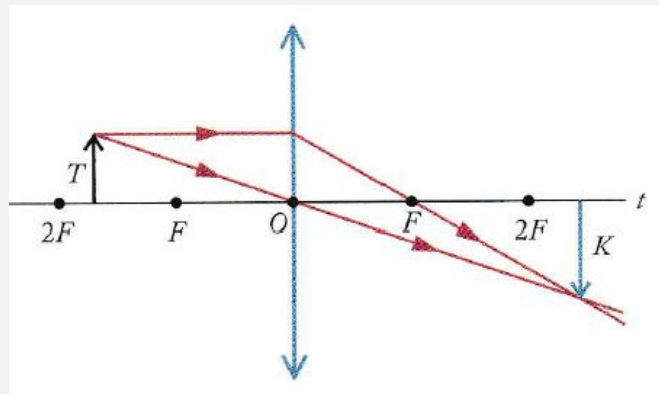
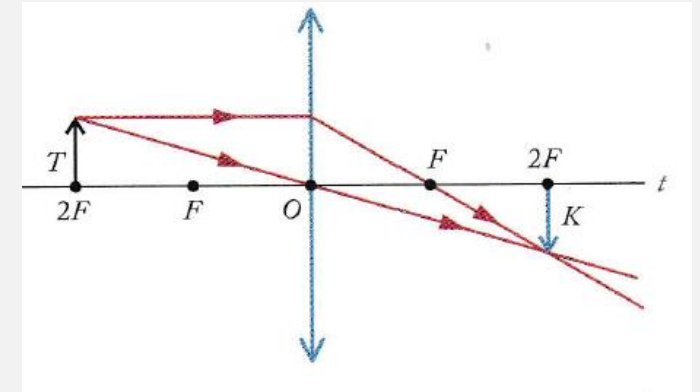
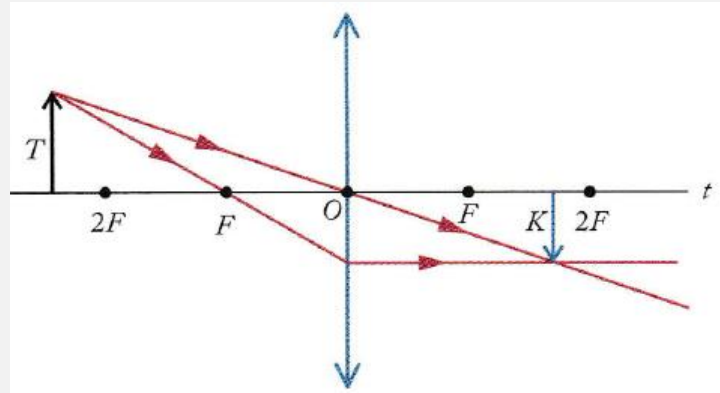
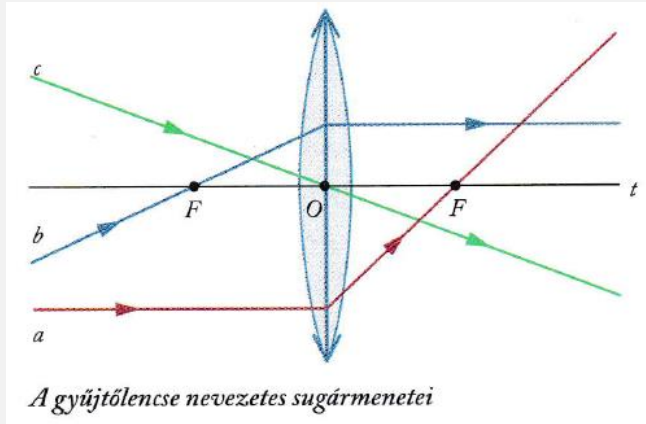


A domború lencse fénytörése

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

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

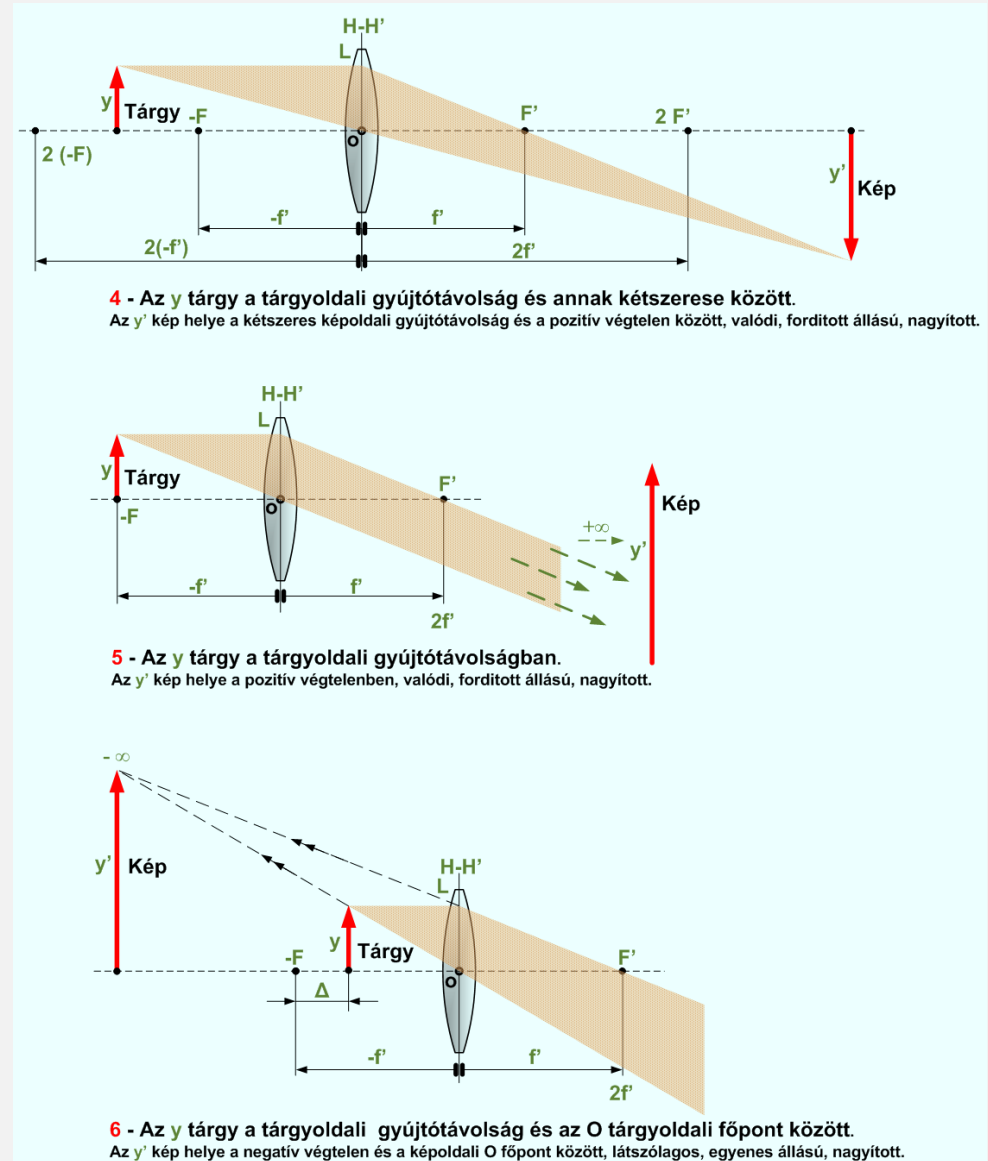
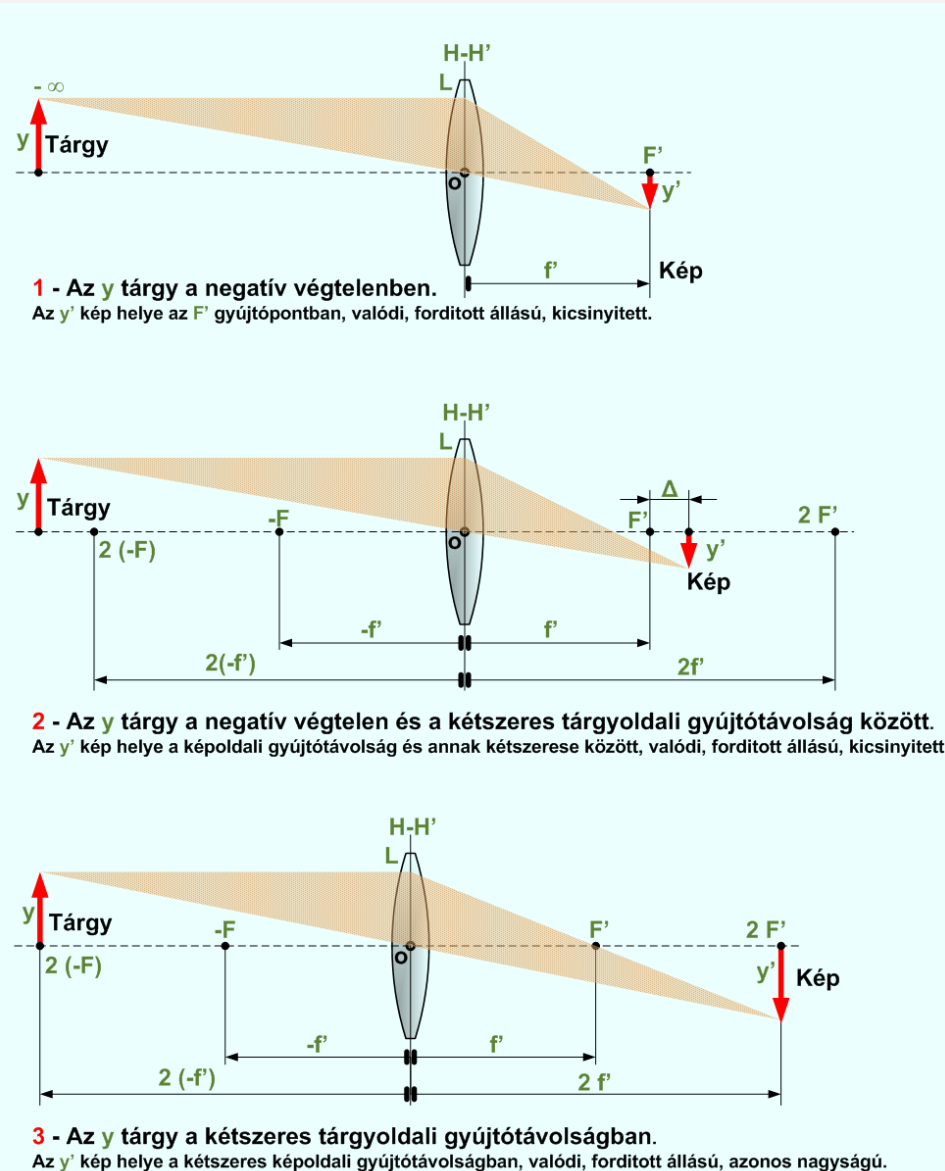
Domború lencse képének szerkesztése



A domború lencse által alkotott kép szerkesztése a tükrökhöz hasonlóan a nevezetes sugarak segítségével történik. Az optikai tengellyel párhuzamos sugarak a fókuszban 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 képalkotása részletezve



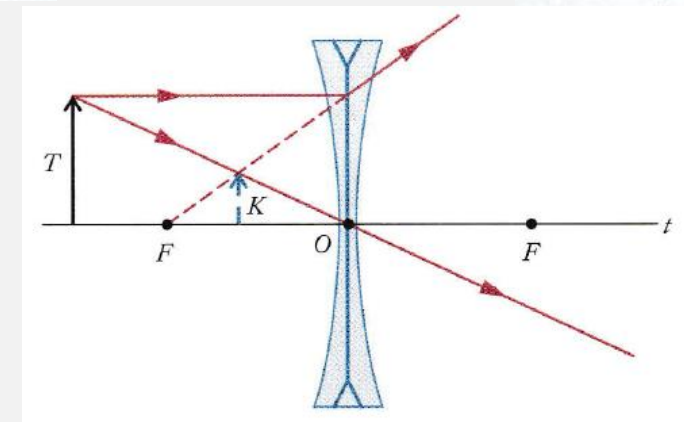
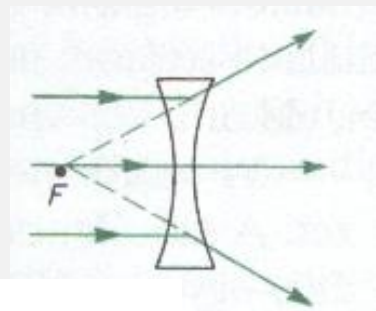
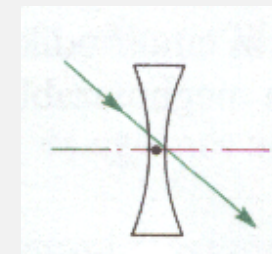
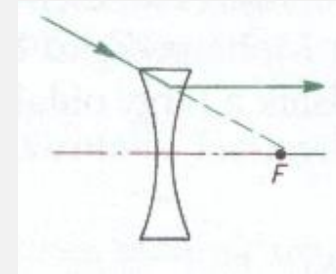
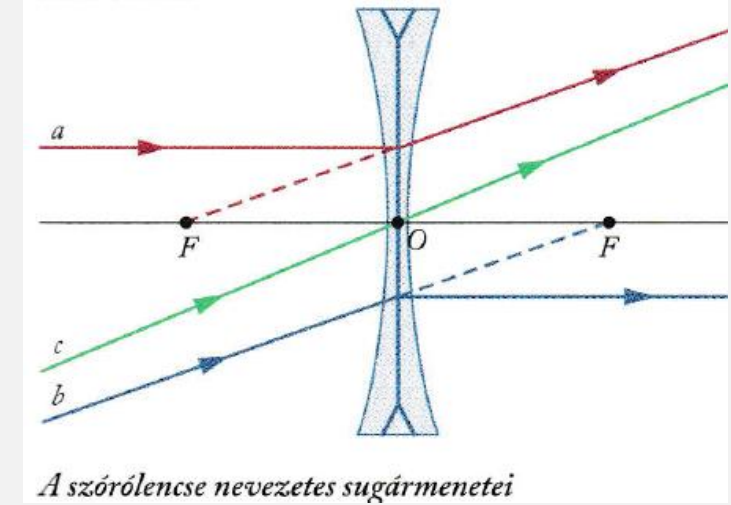
Homorú lencse (szórólencse)

Nevezetes sugarak

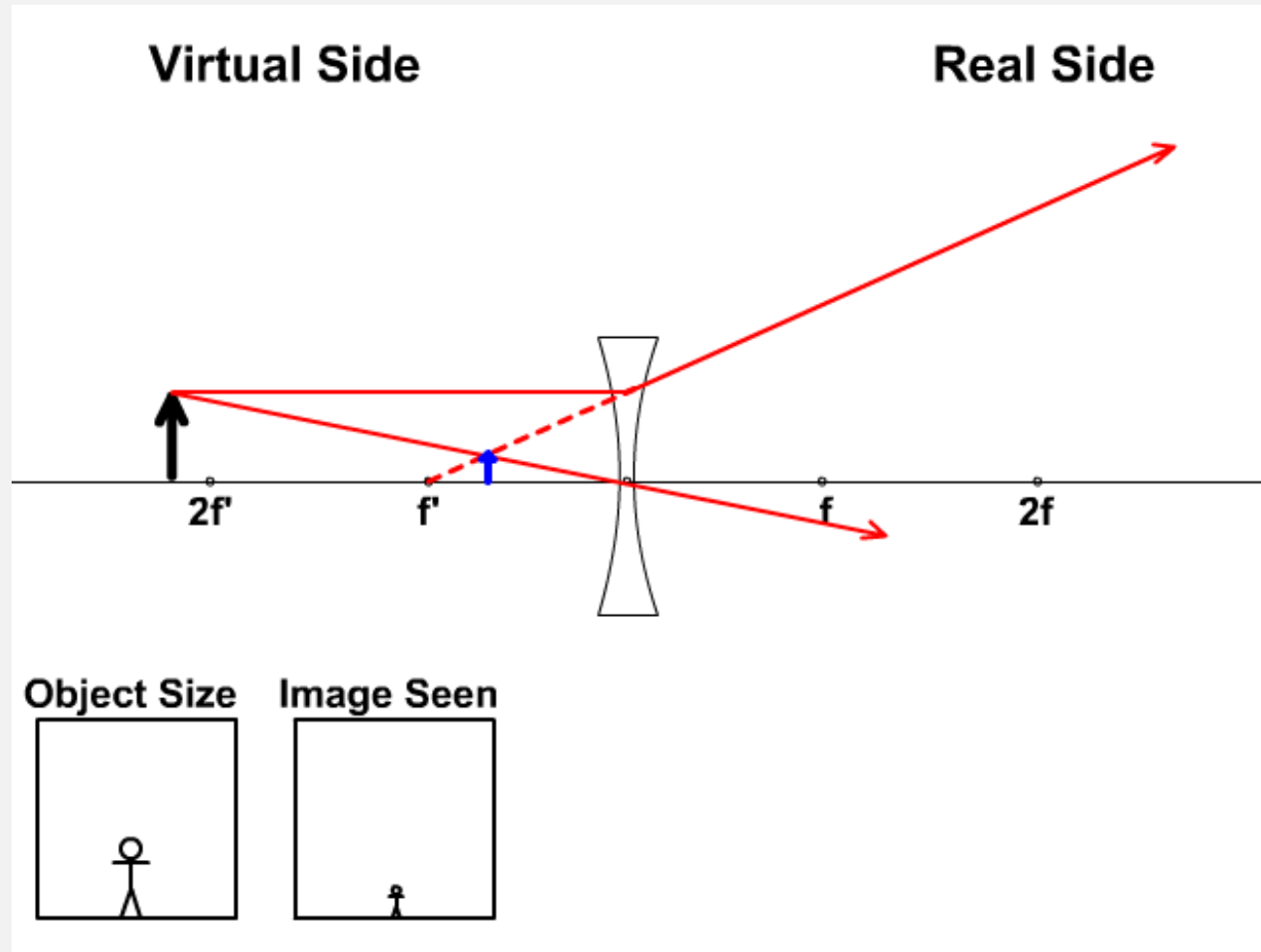
- A homorú lencse szétszórja a fénysugarakat, ezért szórólencsének is nevezik.
- Az optikai tengellyel párhuzamosan beeső fénysugarak szétszórtnak haladnak tovább úgy, mintha a fókuszról indultak volna ki.
- A fényforrással ellenkező oldali fókusz felé beeső fénysugár az optikai tengellyel párhuzamosan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

A homorú lencse képalkotása

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

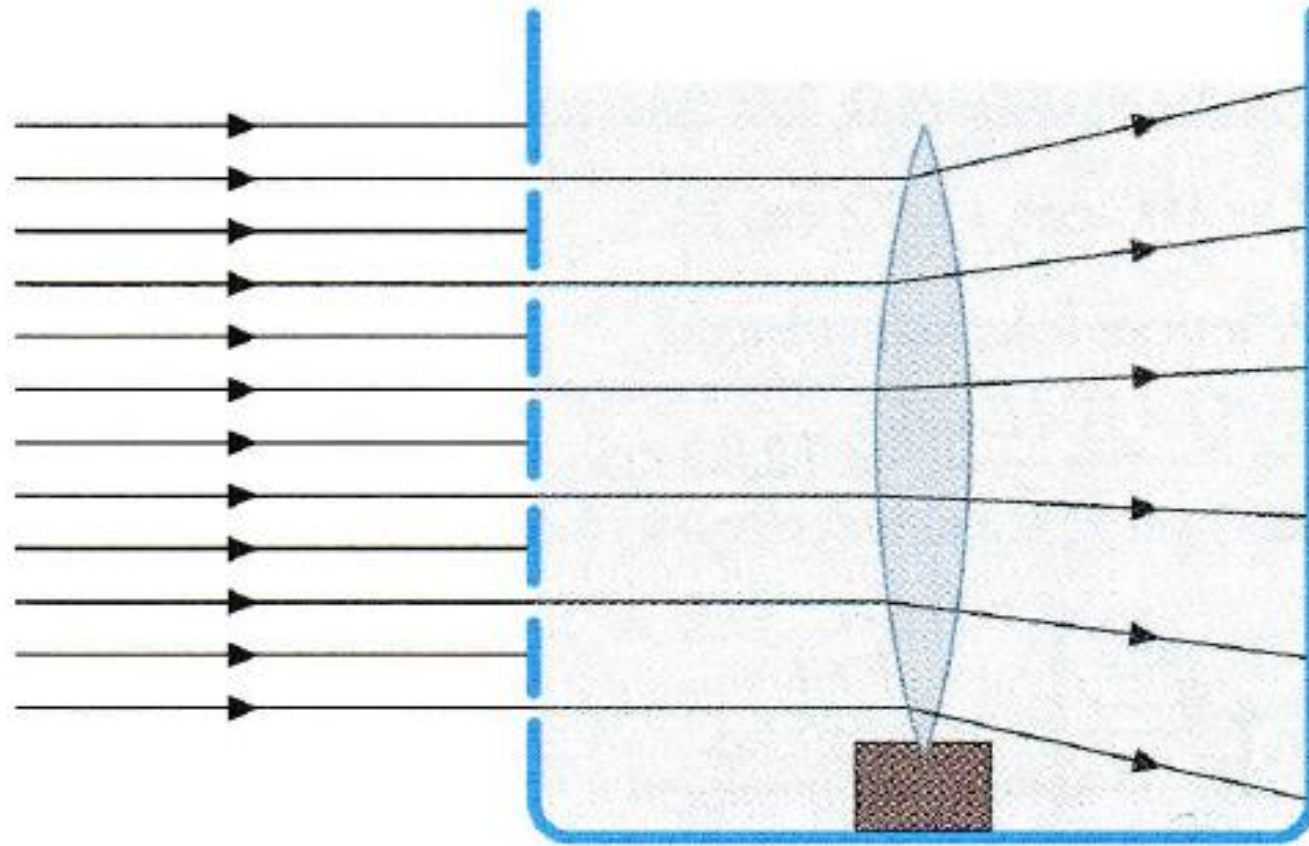


Szórólencse képalkotása



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 tárgy felőli 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?

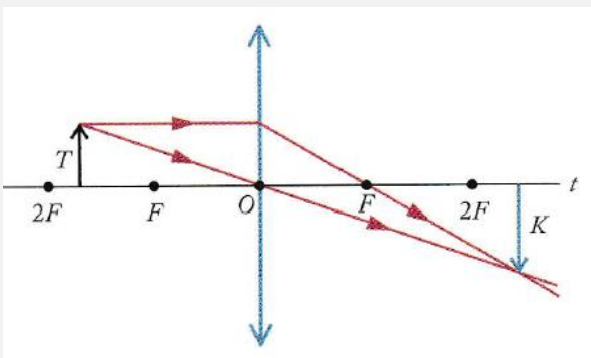
Megoldás:

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

$f = ?$

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

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 nagytítás negatív.

$f = -20 \text{ cm}$

$\underline{t = 25 \text{ cm}}$

$k = ?$

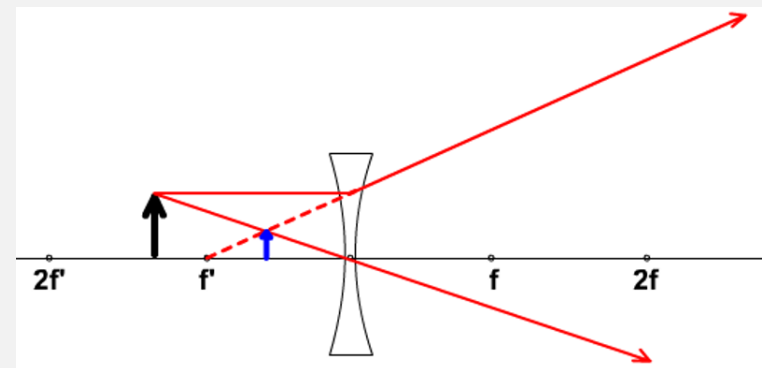
$$\frac{1}{t} + \frac{1}{k} = \frac{1}{f}$$

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

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

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

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



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

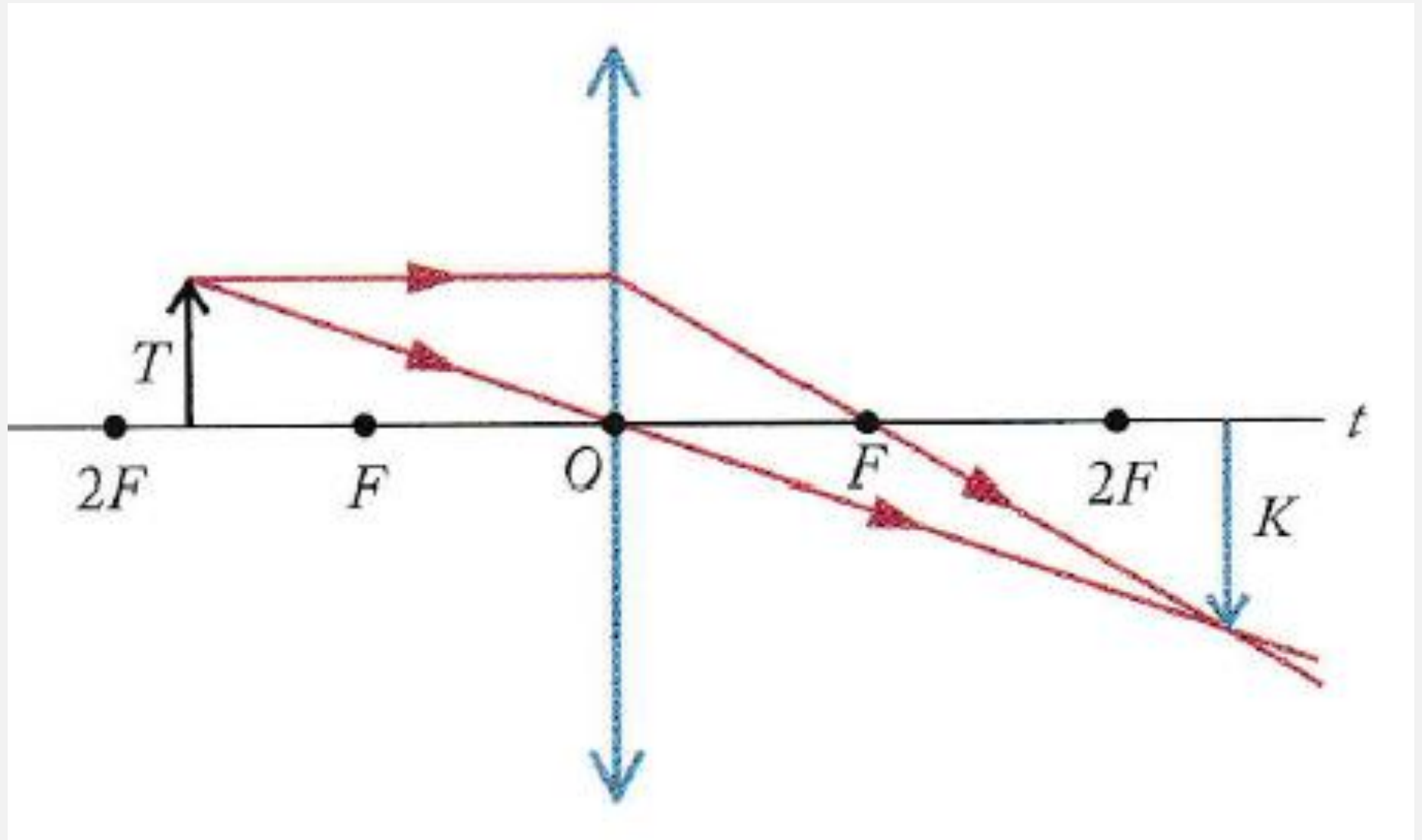
1. Domború lencsével a gyertya lángját kétszeres nagyításúvá vetítjük ki. Mekkora a lencse fókusztávolsága, ha a láng és a lencse között 20 cm a távolság?

Megoldás:

$N = 2$

$t = 20 \text{ cm}$

$f = ?$



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

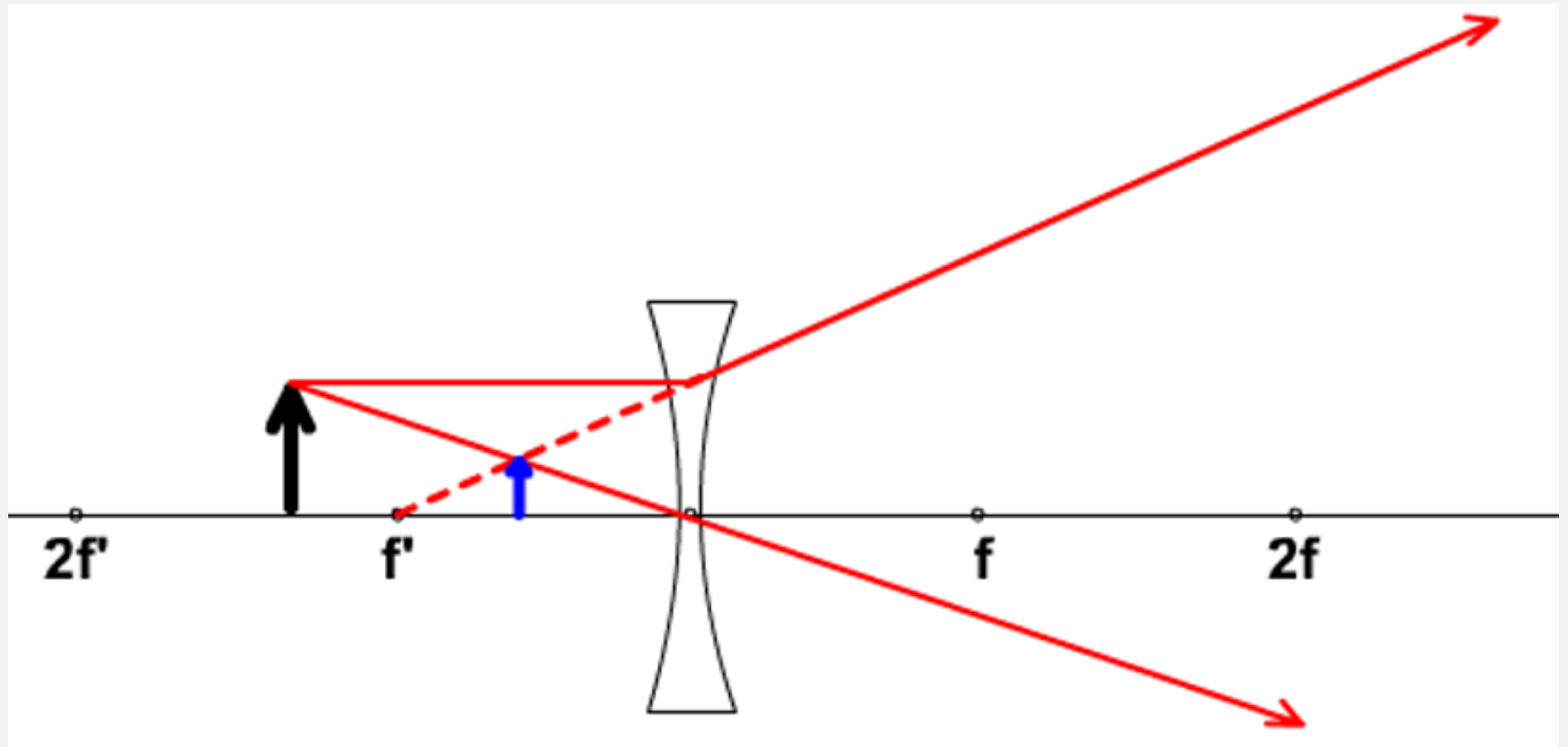
Megoldás:

Homorú lencsénél a fókusztávolság, képtávolság, képnagyság nagyítás negatív.

$f = -20$ cm

$t = 25$ cm

$k = ?$



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!

Feladat

3. Gyűjtőlencse előtt 45 cm-re 4 cm magas tárgy áll. A lencse fókusz távolsága 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) $t = 45 \text{ cm}$

$T = 4 \text{ cm}$

$f = 25 \text{ cm}$

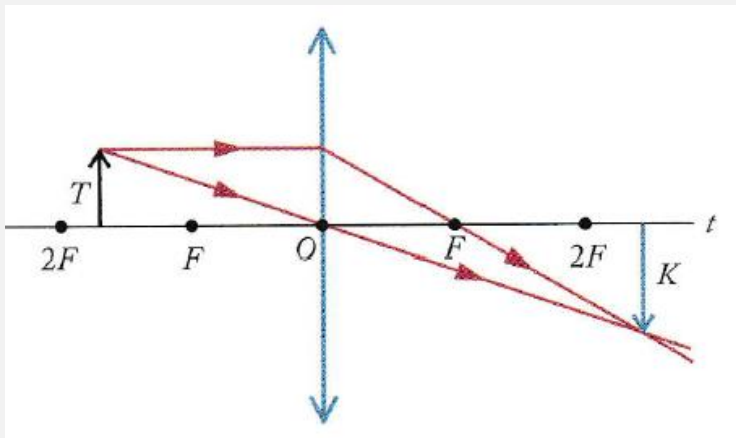
$k = ?$; $K = ?$

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

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

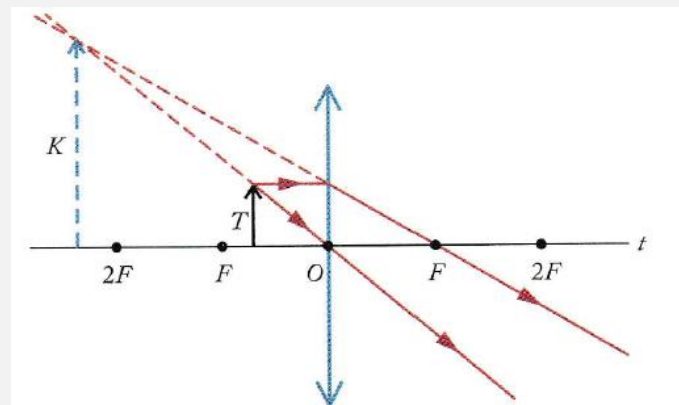
$$\frac{1}{25} = \frac{1}{t} + \frac{1}{-1,25 \cdot t}$$

$k_1 = 56,25 \text{ cm}$; $N_1 = 1,25$; $K = 5 \text{ cm}$



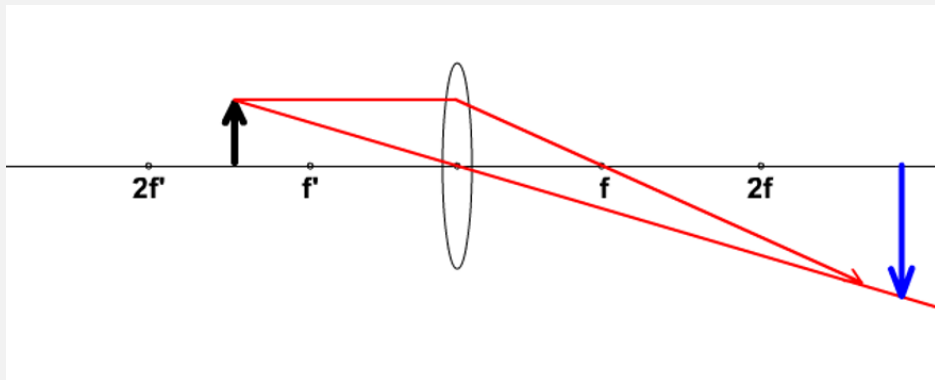
$t_2 = 5 \text{ cm}$

c) $k_2 = -6,25 \text{ cm}$



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 fókusz között kell elhelyezkednie. $2f$ -en kívüli tárgyról kicsinyített, f -en belüli tárgyról virtuális kép keletkezne. Ezek alapján: $t + k = 20 \text{ cm}$

Megoldás:

$$N = 2$$

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

$$f = ?$$

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

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

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

A fentiekből:

$$k = 2 \cdot t$$

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

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

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

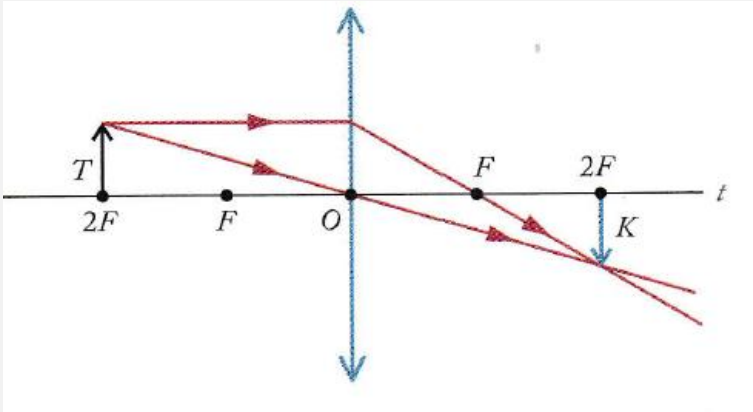
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\frac{40}{3}} + \frac{1}{\frac{20}{3}}$$

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

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 $k_0 = t_0 = 2 \cdot f$

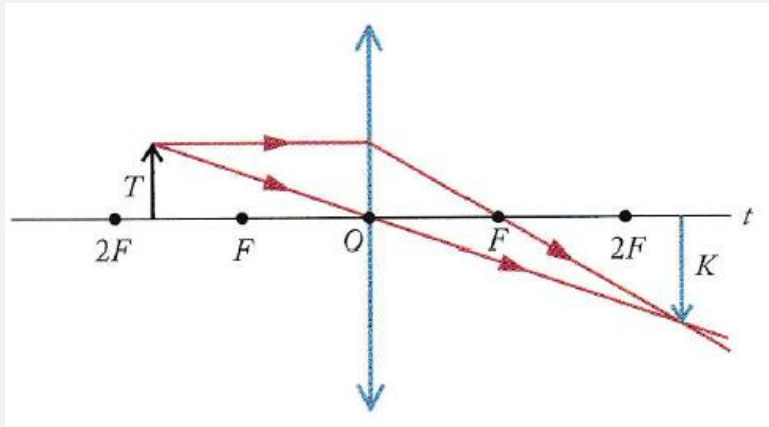


Megoldás:

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

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

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



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

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

$$-50 = -5f$$

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