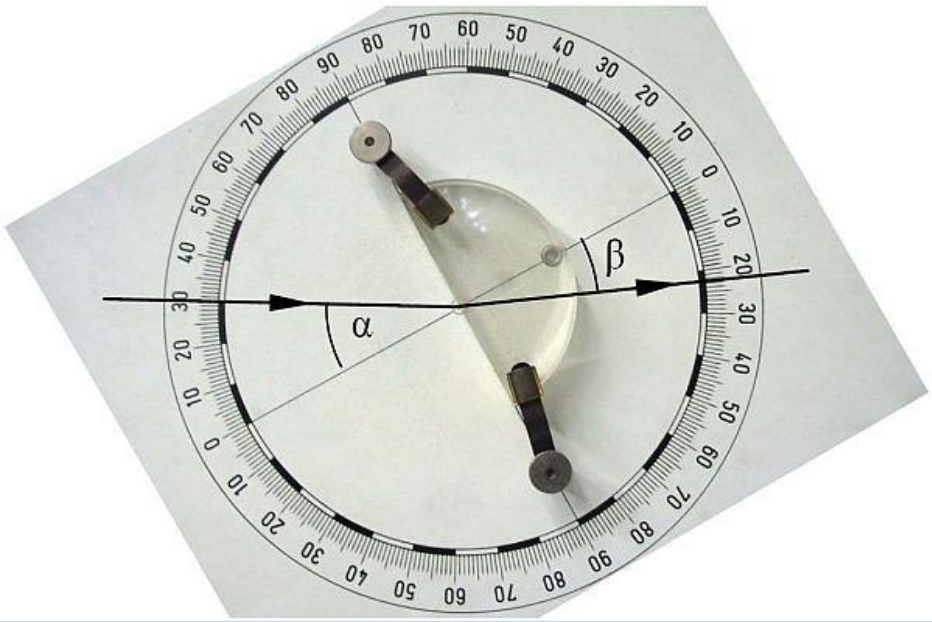
Geometriai optika



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

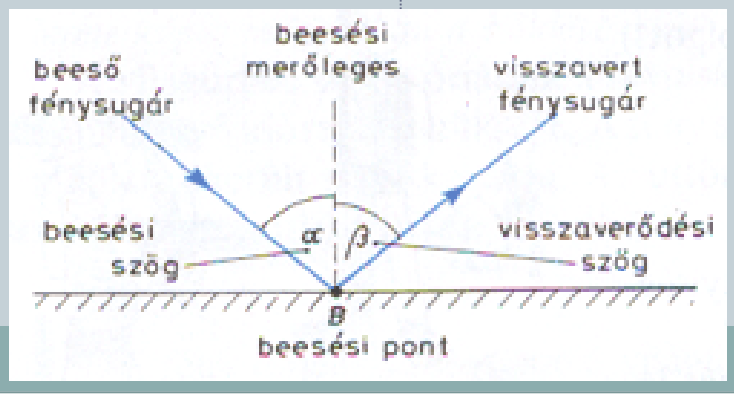
A geometriai optika egyszerű modell, amely a fény terjedését a fényforrásból minden irányba kilépő **fénysugarakkal** írja le, és nem foglalkozik a fény természetével (hullám vagy részecske).

A fény terjedése

- A fény a levegőben (és az egyenletes sűrűségű anyagokban) egyenes vonalban terjed.
- A fény elektromágneses hullám.
- Terjedési sebessége vákuumban $c=3\cdot10^8$ m/s. *Ez olyan nagy sebesség, hogy a fény egy másodperc alatt hét és félszer kerülné meg a Földet*
- 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.
- A fénysugár útját nyíllal jelöljük.

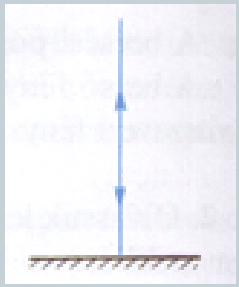
Fényvisszaverődés törvénye

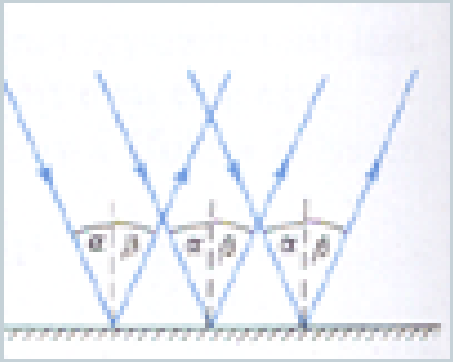
- A tükörnek azt a pontját, ahol a beeső fénysugár eléri a tükröt, és visszavert fénysugárrá változik, beesési pontnak nevezzük.
- A beesési pontban a tükörre állított merőleges a beesési merőleges.
- A beeső fénysugár és a beesési merőleges által bezárt szög a beesési szög, a visszavert fénysugár és a beesési merőleges által bezárt szög a visszaverődési szög.
- A mérések alapján a két szög egyenlő egymással.
- **Kimondhatjuk a fényvisszaverődés törvényét:**
  a.) A visszaverődési szög mindig ugyanakkora, mint a beesési szög.
  b.) A beeső sugár, a beesési merőleges és a visszavert sugár egy síkban van.

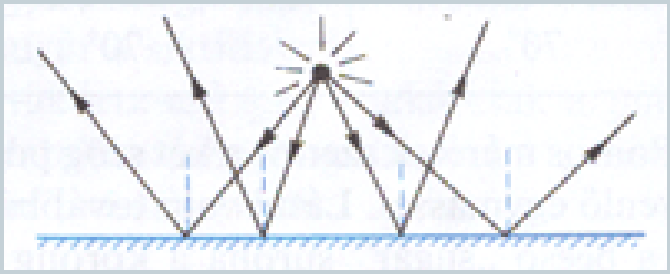


Síktükör

- A tükröt merőlegesen érő fénysugár önmagában verődik vissza.
- A síktükörre párhuzamosan eső fénysugarak a visszaverődés után is párhuzamosak
- A síktükörre eső széttartó fénysugarak a visszaverődés után is széttartóak maradnak.



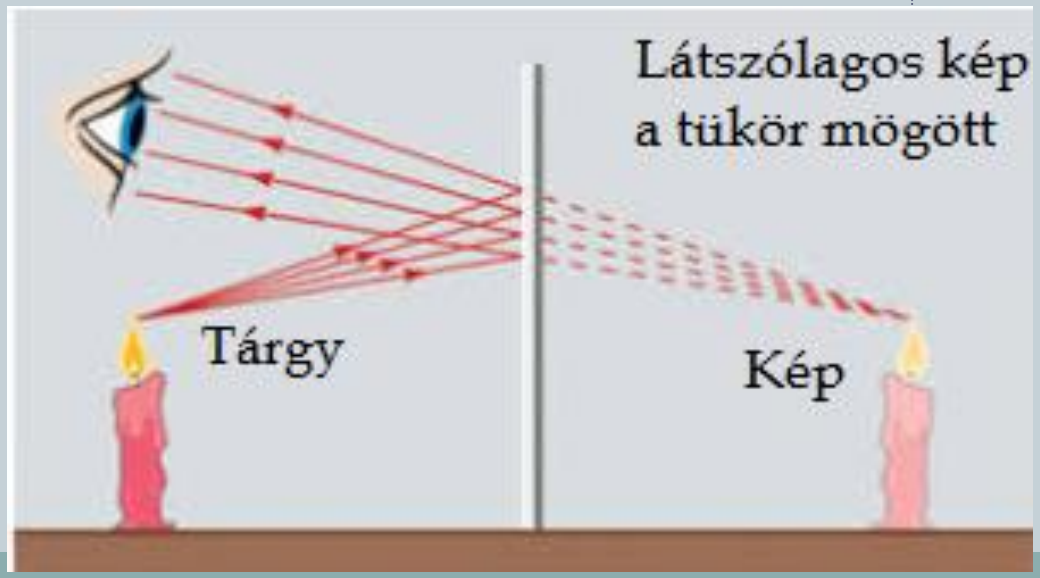




Síktükör

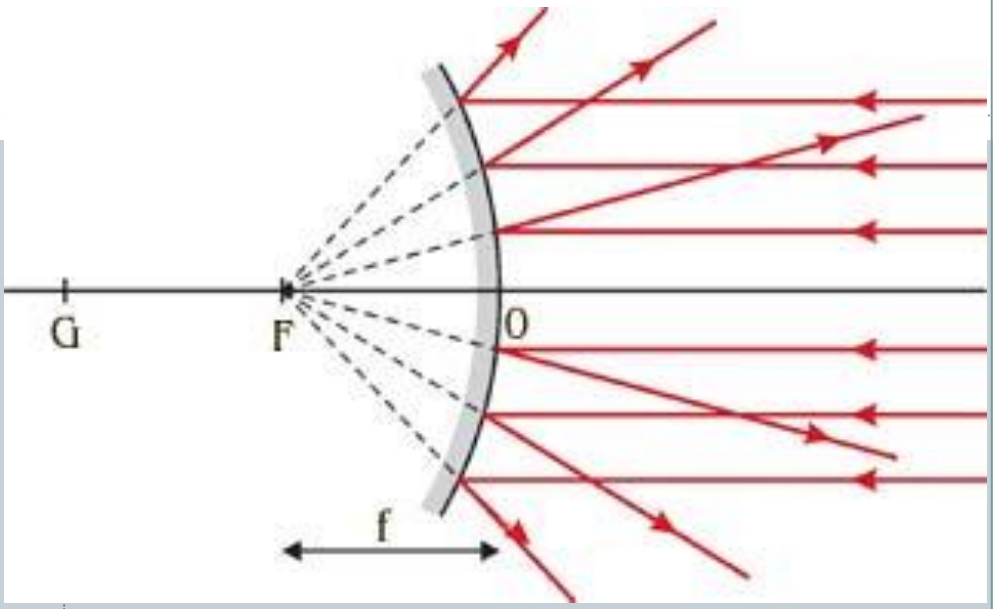
A megfigyelések **alapján a síktükör által létrehozott kép:**

- **Látszólagos** (a tükörképet a tükör mögött látjuk, ahova nem jut fény, mert a tükör visszaveri, így ernyőn nem fogható).
- a tárggyal megegyező állású,
a tárggyal egyenlő nagyságú **(K=T),**
ugyanolyan messze van a tükörtől, mint a tárgy **(k=t).**



Domború tükör

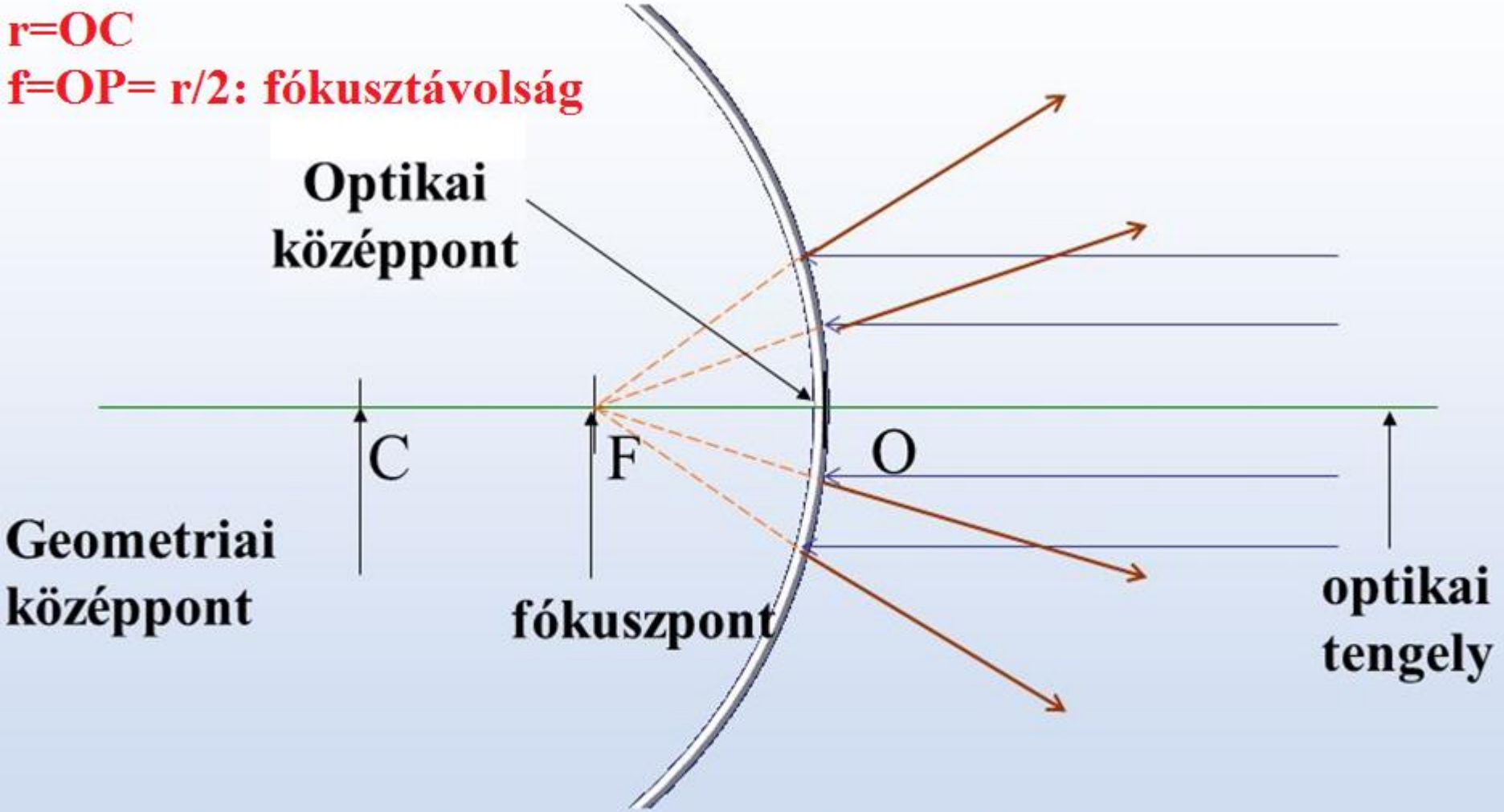
Domború tükör



- Ha a visszavert sugarakat meghosszabbítjuk a tükör mögött, azok egy pontban metszik egymást. A fénytani tengellyel párhuzamosan beeső sugarak a domború tükörről visszaverődve **úgy haladnak, mintha egy tükör mögötti pontból indulnának ki.**

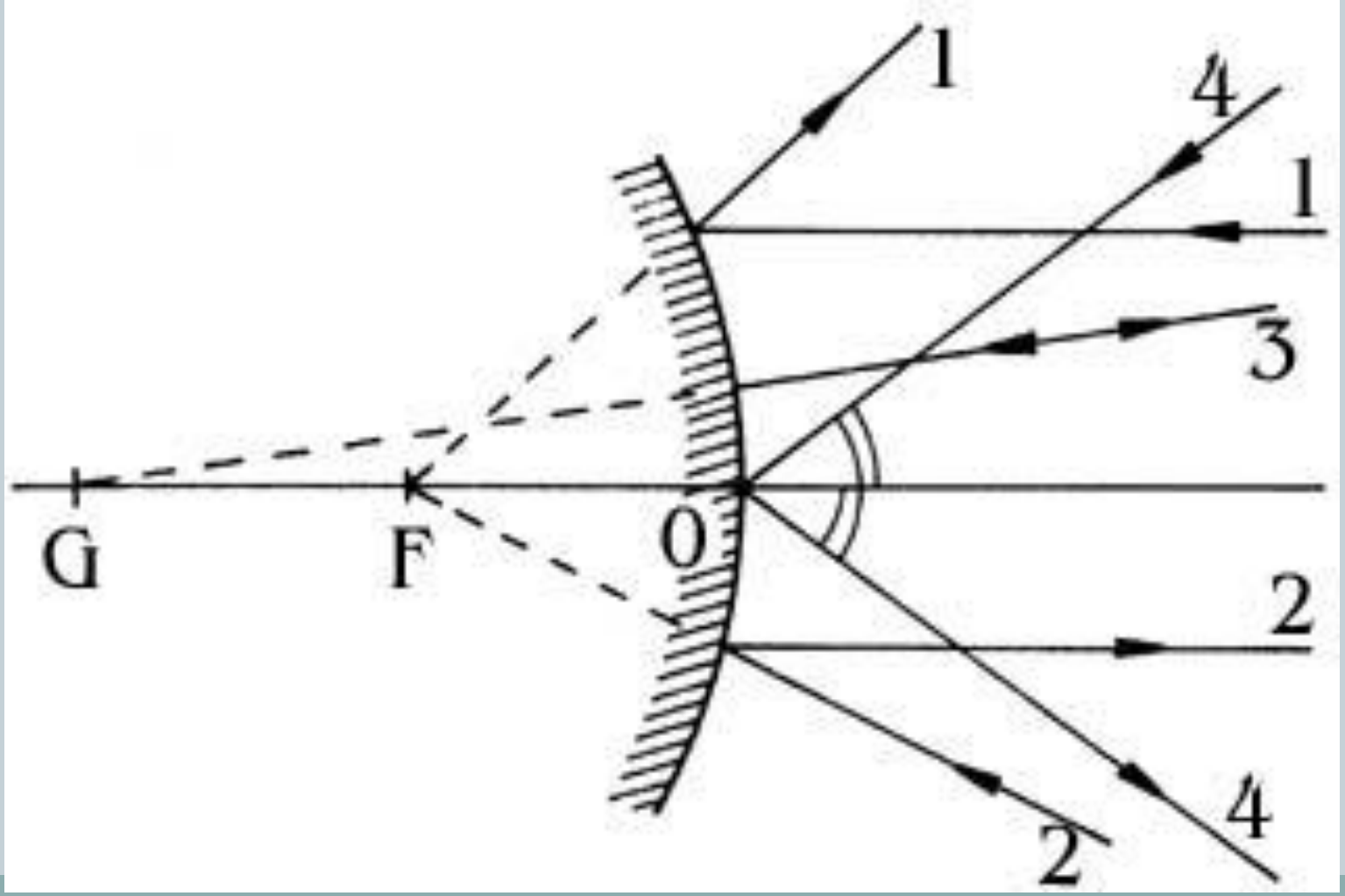
- Domború tükörnél a visszavert sugarak **csak látszólag indulnak ki** a fókuszpontból, ezért ezt látszólagos gyújtópontnak nevezzük.

Domború tükör (alapfogalmak)

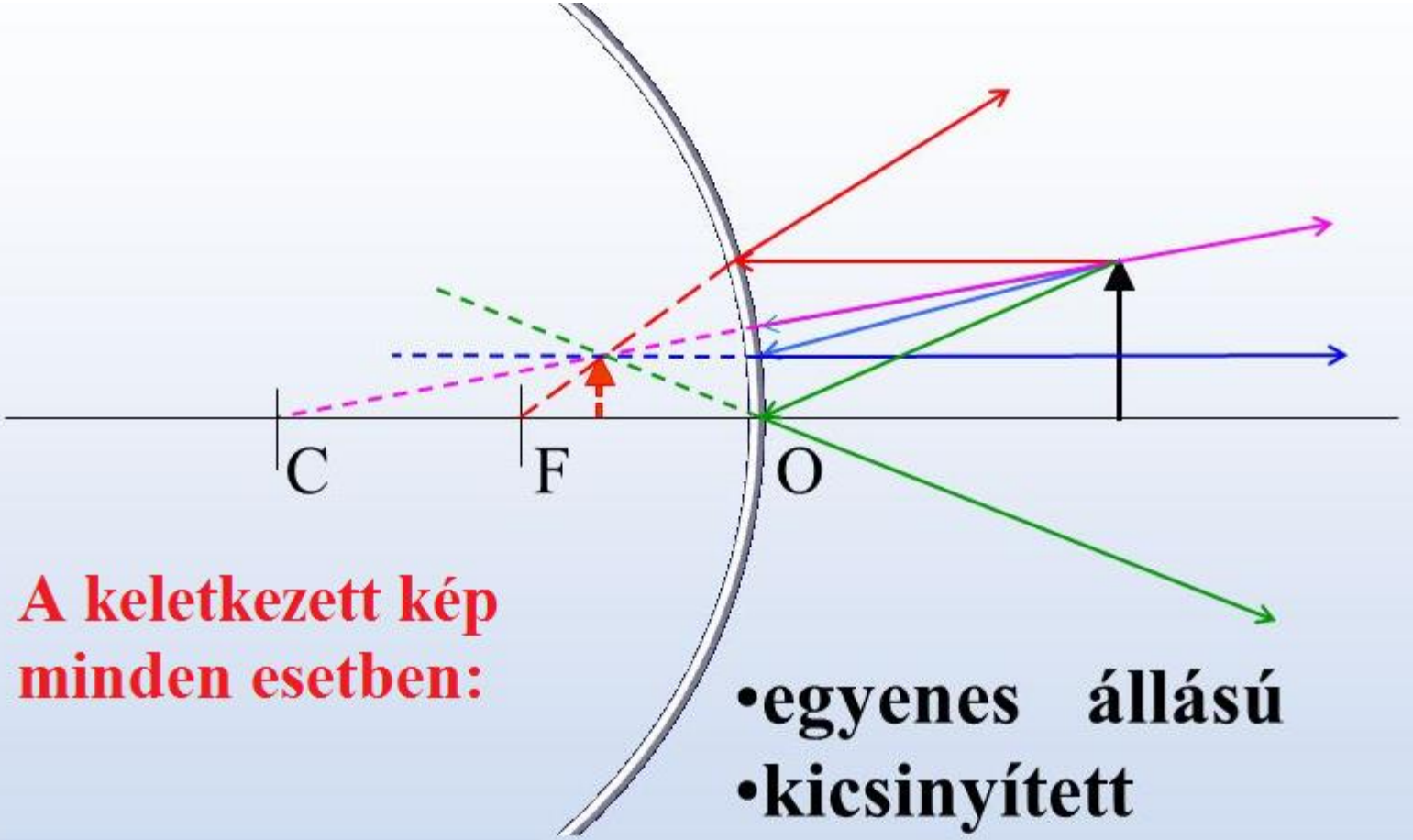


A párhuzamos fénynyaláb a domború tükrön való visszaverődés után széttartó nyaláb lesz.

Domború tükör (nevezetes sugarak)



Domború tükör képalkotása

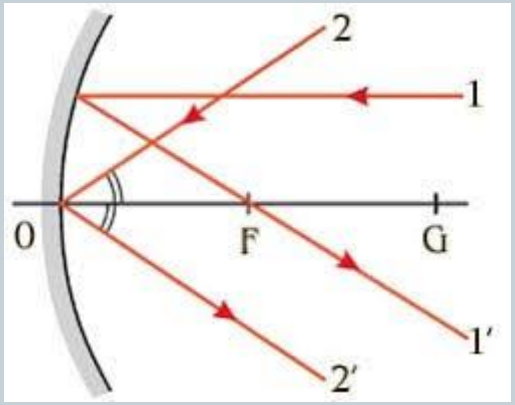


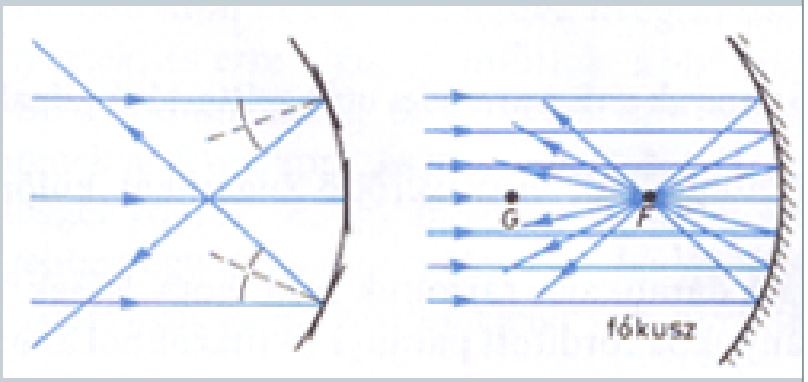
A keletkezett kép minden esetben:

- **egyenes állású**
- **kicsinyített**
- **látszólagos**
- **kép a tükör mögött**

Homorú tükör

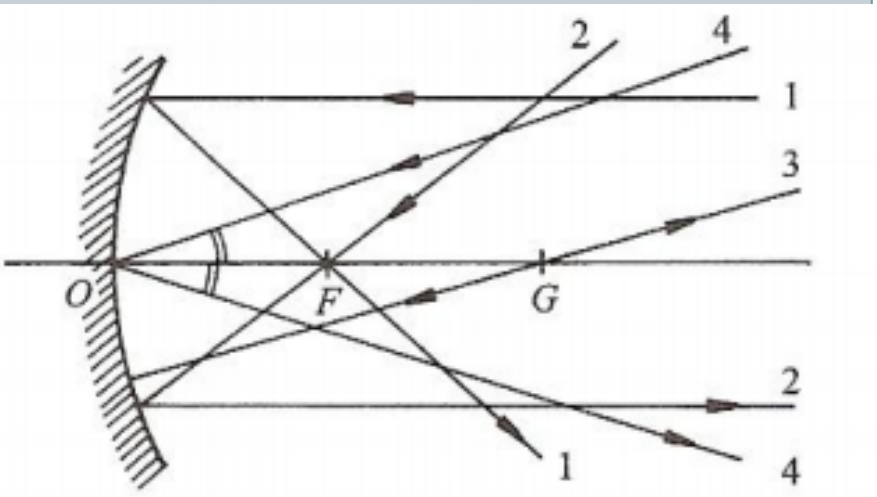
- A gömbtükör olyan, mintha egy nagy üveglabdából szeltük volna le. Ha belülről nézve tükör, akkor homorú tükörről beszélünk.
- A tükör pereme kör alakú, és gyakran beszélünk a tükör középpontjáról. A domború tükörhöz hasonlóan meg kell különböztetni a ***geometriai középpontot*** **(G)** és a ***fénytani középpontot*** **(O)**. A kettőt összekötő egyenes a tükör *optikai tengelye*. O és G távolsága a *gömb sugara* (r).
- A homorú tükörre párhuzamosan eső sugarak a visszaverődés után összetartóvá válnak.





Homorú tükör (nevezetes sugarak)

- **A homorú tükörre az optikai tengellyel párhuzamosan eső sugarak visszaverődés után a fókuszponton haladnak keresztül**.
- A fókusztávolság a gömbi sugár fele (mint a domború tükörnél). A homorú tükör esetében a visszavert sugarak valóban átmennek a fókuszponton, ezért ezt valóságos gyújtópontnak nevezzük.
- **A homorú tükör a fókuszpontjából (gyújtópont) érkező fénysugarakat párhuzamosan veri vissza**.
- *Látható, hogy a két sugármenet éppen egymás megfordítottja. Tükrök esetében ez mindig így van.*



Homorú tükör (t < f)

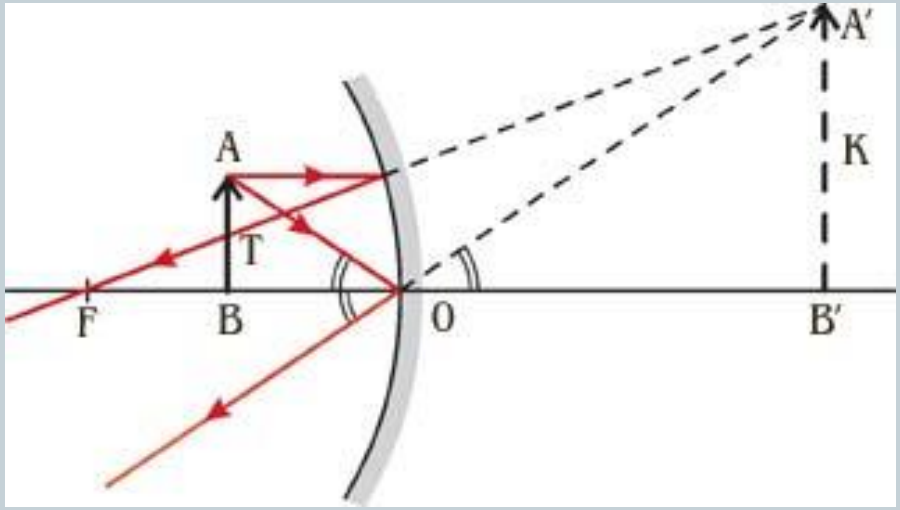
Ha a tárgy a fókuszponton belül van akkor a

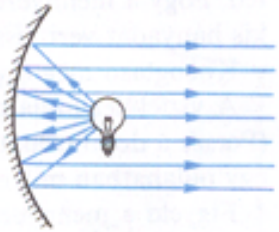
kép:

a) látszólagos (tükör mögött keletkezik)

b) tárggyal megegyező állású

c) nagyított





Homorú tükör (t > f)

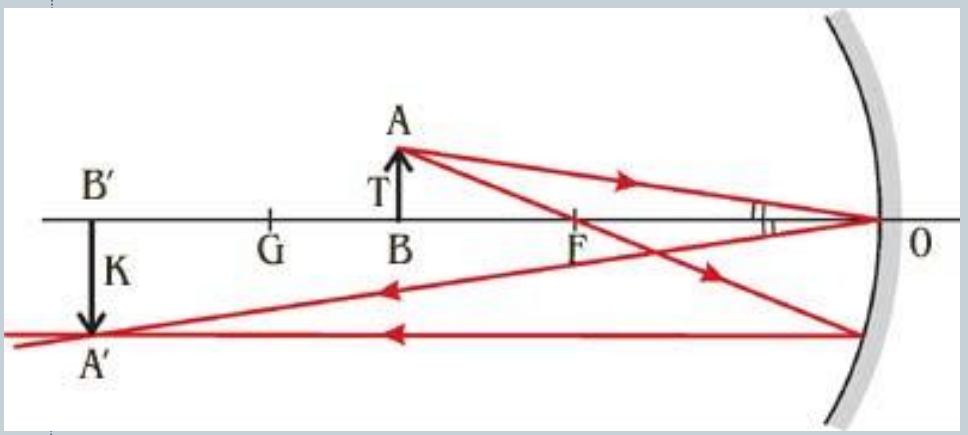
Ha a tárgy a fókuszponton kívül van akkor a kép:

a) valódi (ernyőn felfogható)

b) fordított állású

c) nagyított (ha f < t < 2f)

d) kicsinyített (ha 2f < t)

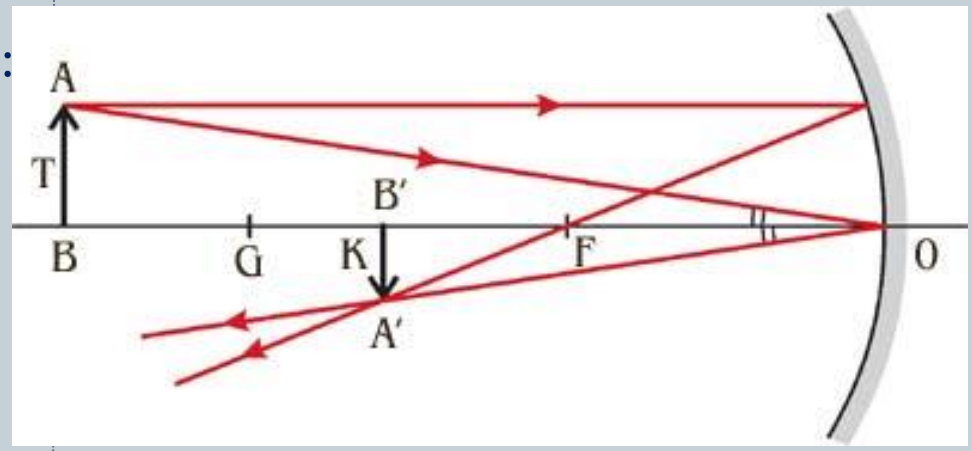


A homorú tükör néhány alkalmazása:

a) autó fényszórója

b) orvosi tükör

c) olimpiai láng meggyújtása



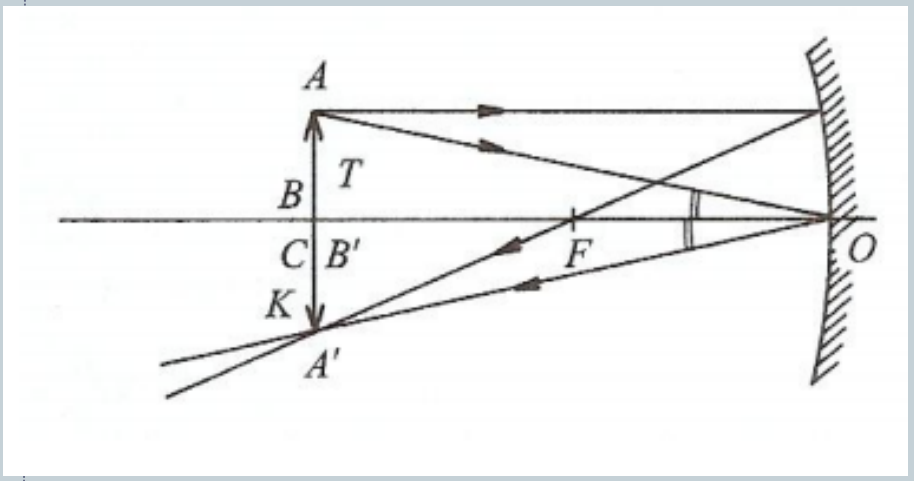
Homorú tükör képalkotása (speciális esetek)

Ha a **tárgy a geometriai középpontban** van, akkor a kép is a geometriai középpontban keletkezik. **A kép:**

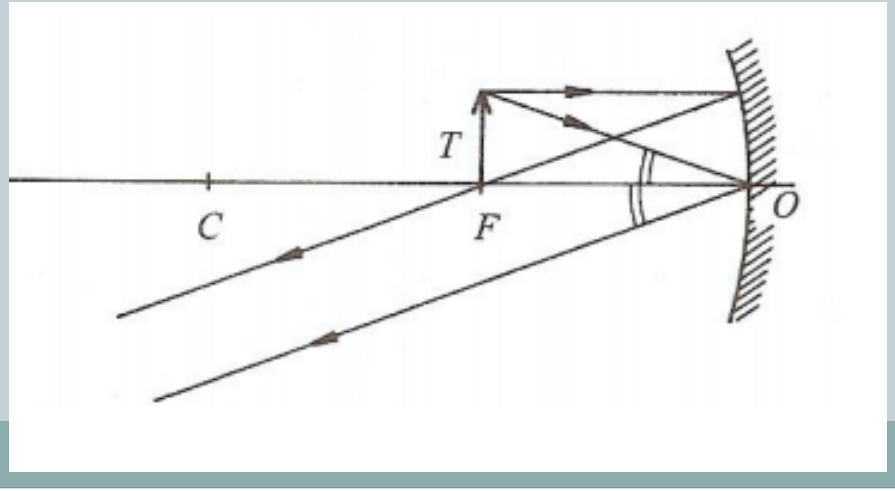
a) **valódi**

b) **fordított állású**

c) **nagyítása N = 1**



A **fókuszpontban lévő tárgy**ról a homorú gömbtükör nem alkot képet.



Gömbtükrök leképezési törvénye

f: fókusztávolság

k: képtávolság

t: tárgytávolság

N: nagyítás

K: képnagyság

T: tárgynagyság

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

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

Előjelek a számításoknál

- t és T minden esetben pozitív
- r és f homorú tükör esetén **pozitív**, domború tükörnél **negatív**
- k és K valamint N valódi kép esetén **pozitív**, látszólagos kép esetén **negatív**

Feladat

Feladat: Egy homorú tükör görbületi sugara 80 cm. Mekkora és milyen nagyítású képet alkot a tükör előtt 60 cm-re lévő 5 cm magas tárgyról.

Adatok:

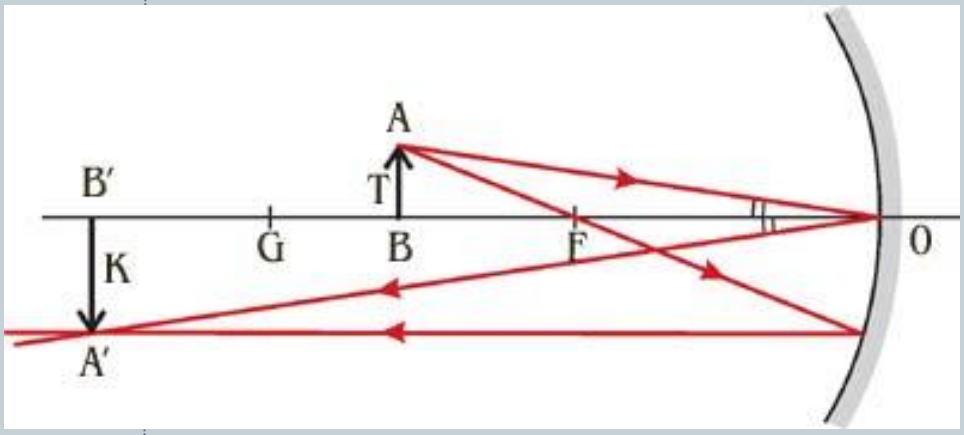
t= 60 cm

T= 5 cm

r= 80 cm

K=?

N=?



Képletek:

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

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

Feladat

Feladat: Mekkora a nagyítása annak a domború tükörnek, melytől a tárgyat 40 cm távolságban helyeztük el? A fókusztávolság 20 cm.

Adatok:

t= 40 cm

f= -20 cm

k=?

Képletek:

1/t+1/k=1/f N= K/T = k/t

Számítás:

1/40+1/k = -1/20

1/k= -1/20-1/40

1/k= -3/40

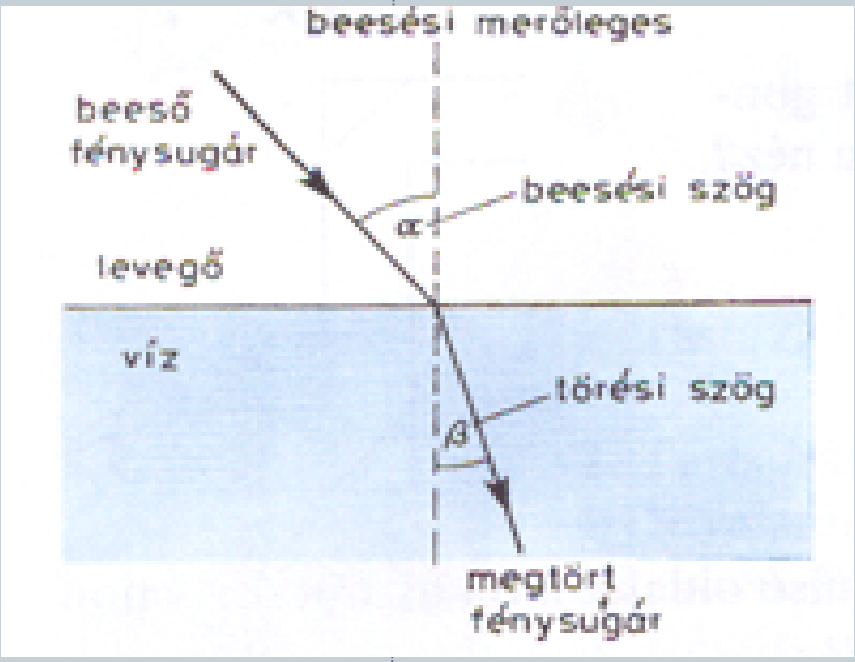
k= -40/3 cm

N= -40/3: 40= -1/3

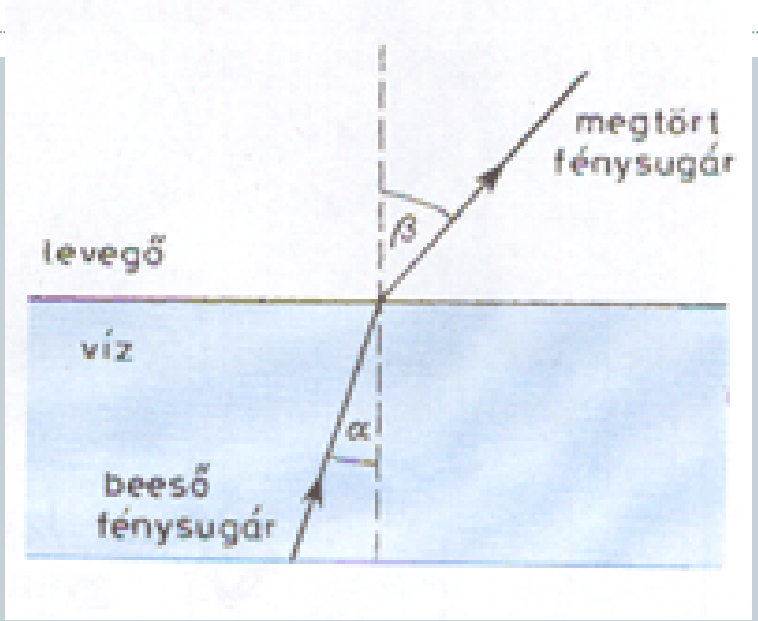
A kép harmad akkora lesz, mint a tárgy.

Fénytörés

- Amikor a fény a levegőből a vízbe jut, a fénysugár a merőlegeshez törik (a törési szög kisebb, mint a beesési szög)



A fénytörés törvényei



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

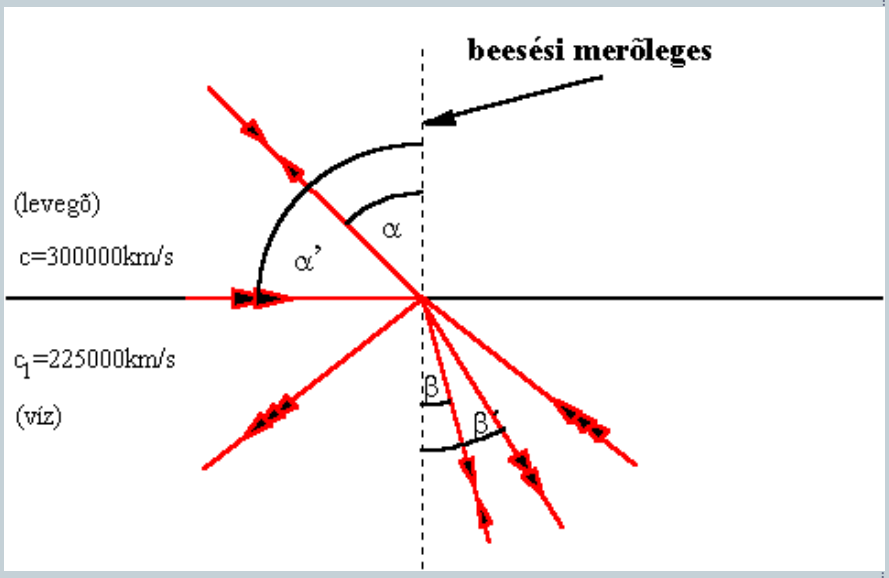
Optikailag ritkább közegből optikailag sűrűbb közegbe érve a fény a beesési merőlegeshez törik. A beesési szög (a) nagyobb, mint a törési szög (b).

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

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

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

Teljes visszaverődés, határszög



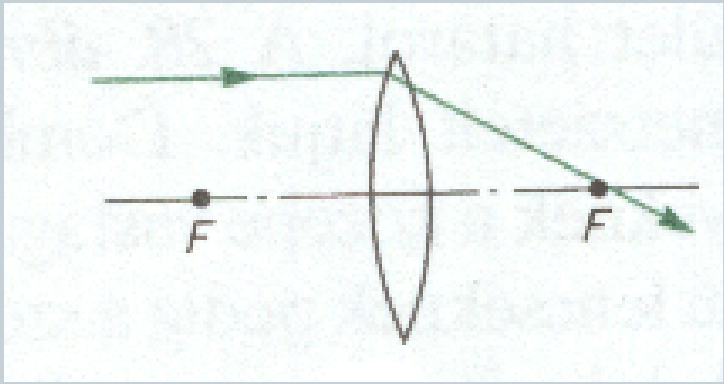
Optikailag sűrűbb közegből ritkább felé haladva van olyan beesési szög, melynél a törési szög 90^o. Ez a beesési szög a **határszög**.

Határszögnél nagyobb beesési szög esetén **teljes visszaverődés** történik.

Domború lencse, alapfogalmak

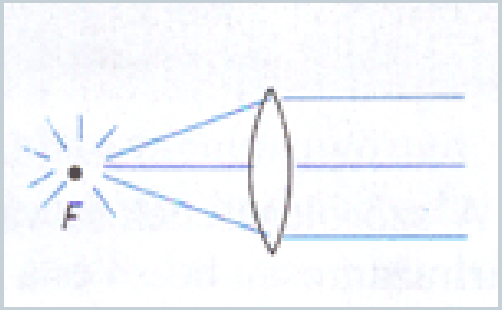
A domború lencse fénytörése

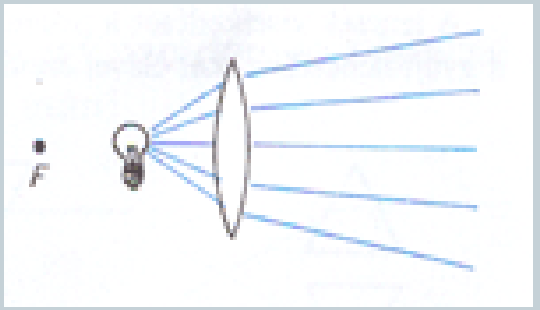
- A domború lencse a tengelyével párhuzamosan ráeső sugarakat úgy töri meg, hogy azok a lencse másik oldalán egy ponton, a **gyújtóponton (fókusz)** haladnak át. A fókuszpont jele: F . Ezért a domború lencsét **gyűjtőlencsének** is nevezik. A fókuszpont távolsága a lencsétől a **fókusztávolság. Jele: f** .
- A lencséknek - nem úgy mint a tükröknek - **mindkét oldalukon van gyújtópontjuk** (fókusz), éspedig mindkét oldalon ugyanakkora távolságban.

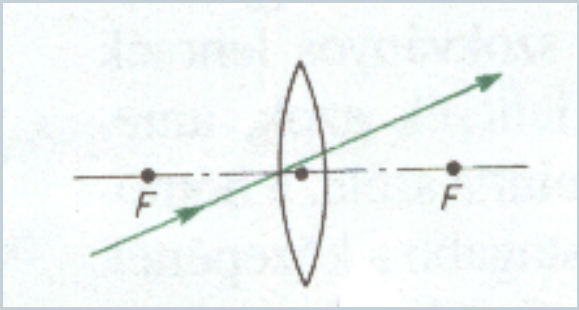


Domború lencse (gyűjtő lencse)

- A lencsére most a fókuszból 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.





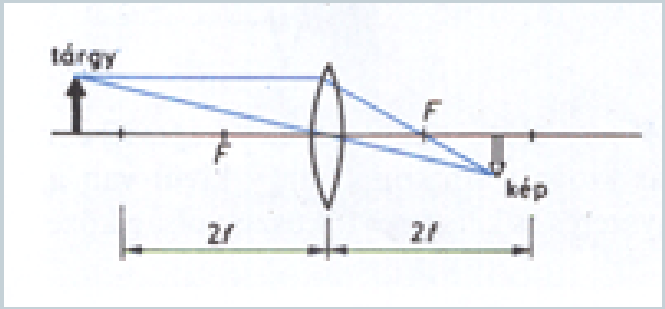


Domború lencse képalkotása

A domború lencse képalkotása

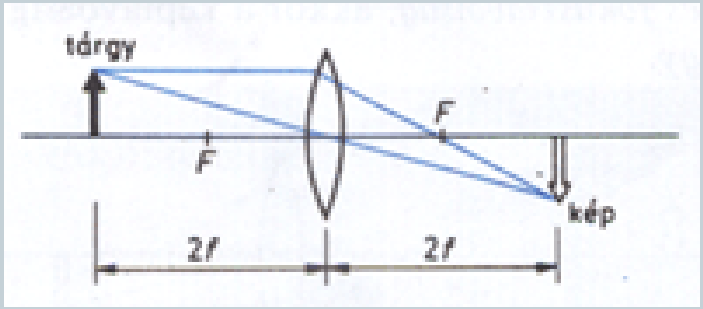
Ha a tárgy távolsága nagyobb a fókusztávolság kétszeresénél (t>2f), akkor a kép

- valódi,
- kicsinyített és
- fordított állású. A kép távolsága az optikai középponttól nagyobb, mint a fókusztávolság, de kisebb, mint a fókusztávolság kétszerese.



Ha a tárgy távolsága a fókusztól a fókusztávolság kétszerese (t=2f), akkor a kép

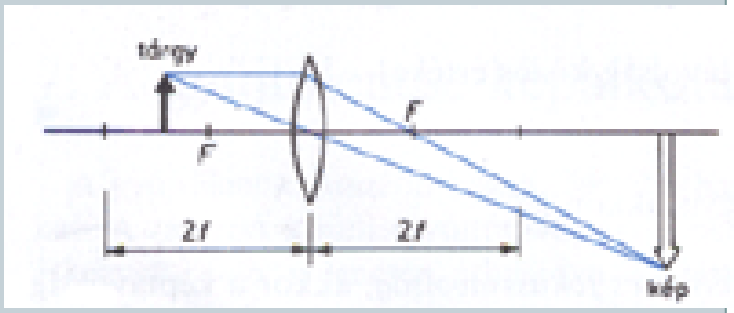
- valódi,
- fordított állású, és
- ugyanakkora mint a tárgy.
- A képtávolság ugyanakkora, mint a tárgytávolság.



Domború lencse képalkotása

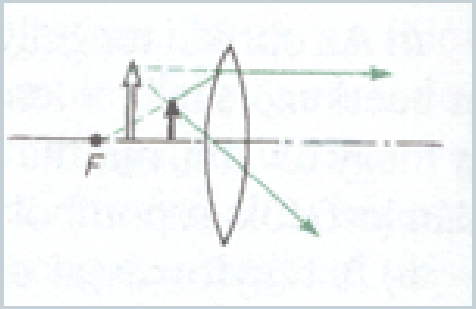
Ha a tárgy távolsága az egyszeres és a kétszeres fókusztávolság között van (f<t<2f) , akkor a kép

- valódi,
- fordított állású
- nagyított.
- A kép távolsága nagyobb, mint a kétszeres fókusztávolság.
- Ha a tárgy a lencse fókuszában van, nem keletkezik kép!

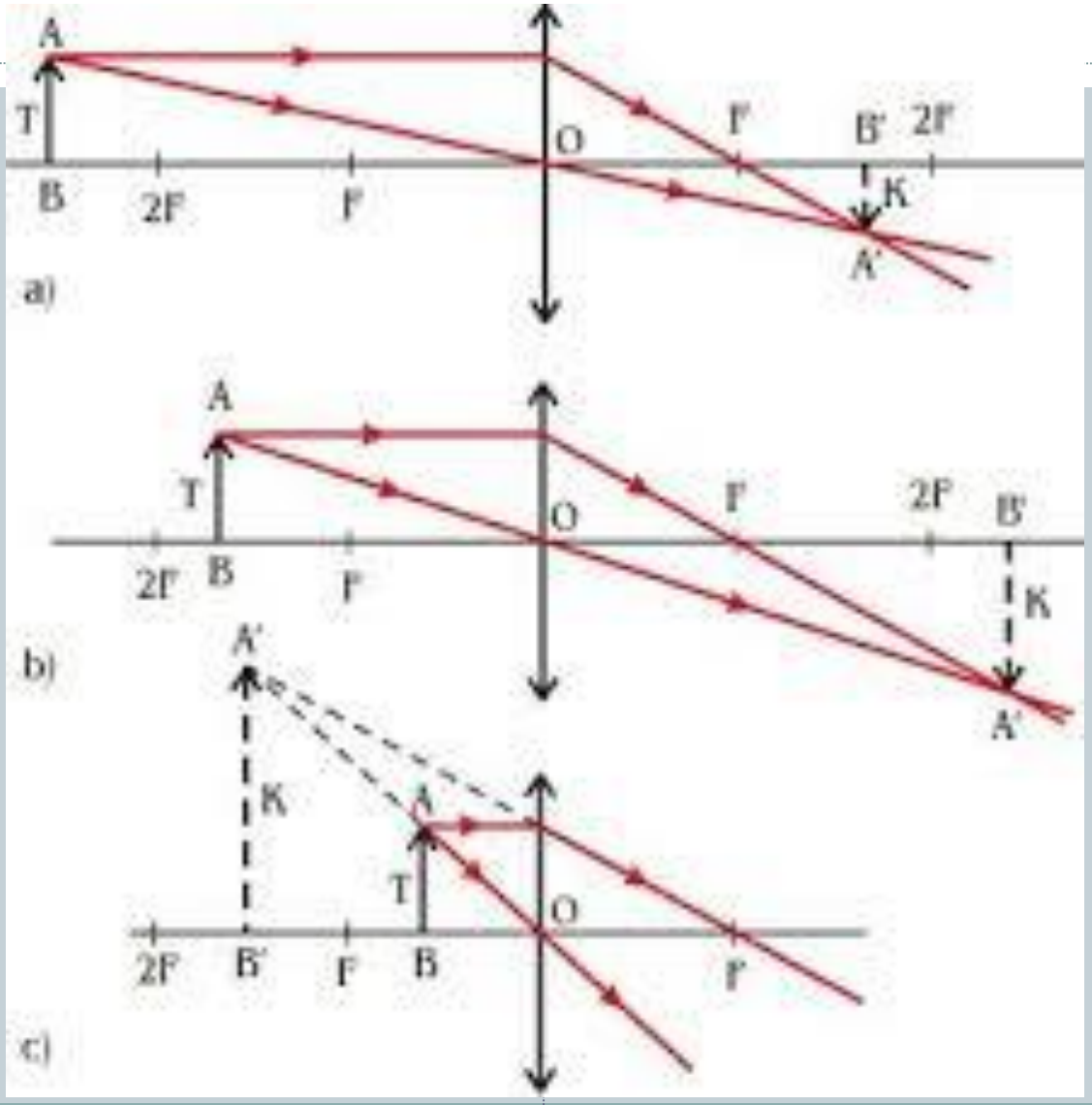


Ha a tárgy közelebb van a lencséhez, mint a fókusz (t<f), akkor a kép

- látszólagos, és ugyanazon az oldalon keletkezik, ahol a tárgy van.
- nagyított és egyenes állású.
- A lencse ebben az esetben nagyítóként működik.



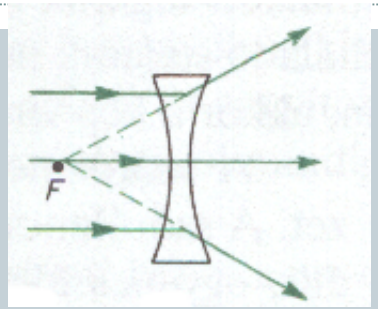
Képszerkesztések

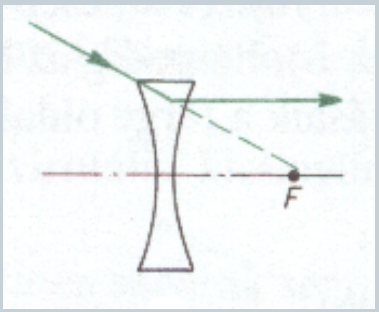


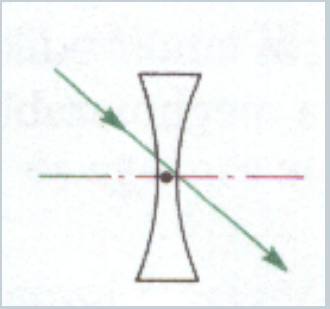
Homorú lencse (szórólencse)

Nevezetes sugarak

- A homorú lencse szétszórja a fénysugarakat, ezért szórólencsének is nevezik.
- Az oktikai tengellyel párhuzamosan beeső fénysugarak szétszórtan haladnak tovább úgy, mintha a fókuszból 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.

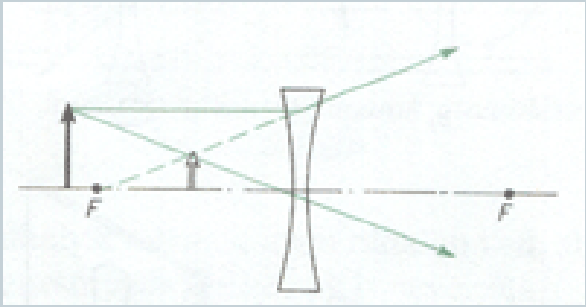






A homorú lencse képalkotása

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



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 estén negatív
- k és K valamint N valódi kép esetén pozitív, látszólagos kép esetén negatív

Feladatok

1.feladat

Homorú **gömbtükörrel** a gyertya lángját kétszeres nagyítású vetítjük ki. Mekkora a tükör fókusztávolsága, ha a láng és az ernyő között 20 cm a távolság?

Megoldás:

N= 2 = k/t 1/t + 1/k = 1/f

k= 2t 2t – t = 20

k-t = 20 cm t= 20 cm

k= 2t= 40 cm

1/20 + 1/40 = 1/f

2/40 + 1/40 = 1/f

3/40 = 1/f

f= 40/3 cm

A tükör fókusztávolsága 40/3 cm.

2. feladat

Mekkora és milyen képet alkot a 20 cm fókusztávolságú **gyűjtőlencse** a tőle 25 cm-re elhelyezett tárgyról?

Megoldás:

f= 20 cm 1/t + 1/k = 1/f

t= 25 cm 1/25 + 1/x = 1/20

k= x 1/x = 1/20 – 1/25

1/x = 5/100 – 4/100

1/x = 1/100

x = 100

A kép a lencsétől 100 cm-re keletkezik. Fordított állású, valódi kép négyszeres nagyításban.

Feladatok

FGy(12-16)783

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!

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

$t_2 = 5$ cm; $k_2 = -6{,}25$ cm