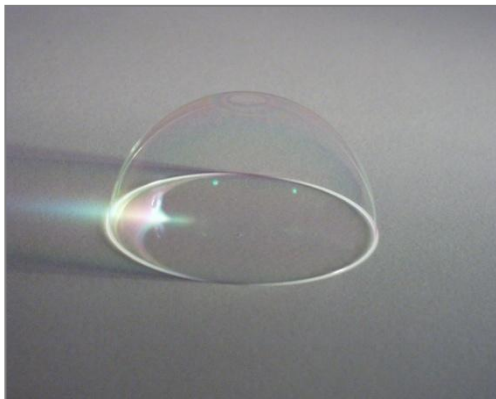


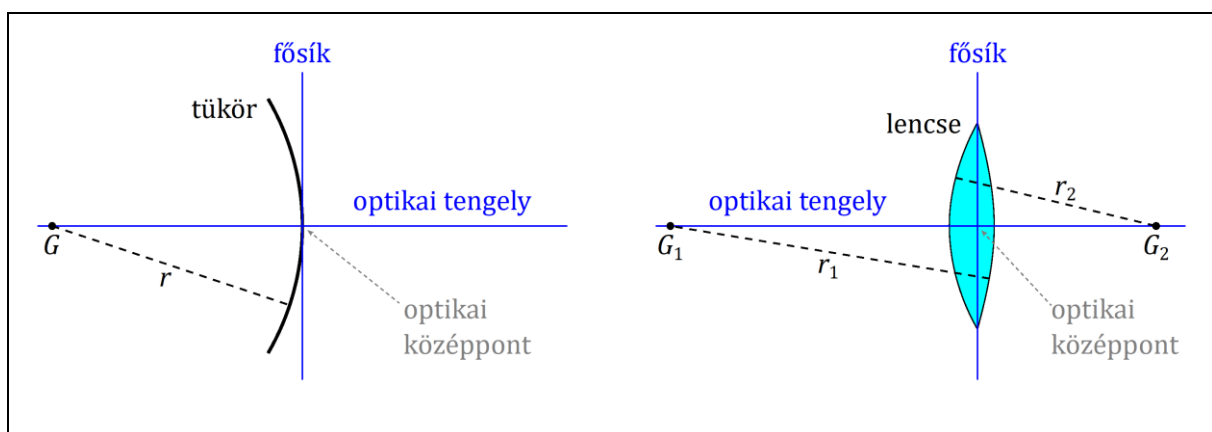
◀	<i>Tartalom</i>	<i>Fogalmak</i>	<i>Törvények</i>	<i>Képletek</i>	<i>Lexikon</i>	▶
---	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	----------------	---

Fókusz, fókusztávolság. Tükrök és lencsék nevezetes fénysugarai

A homorú és a domború tükör fényvisszaverő felülete gömbfelület. A gyűjtő- és a szórólencsét szintén gömbfelületek határolják. (Néha az egyik oldalon síkfelület is lehet.)

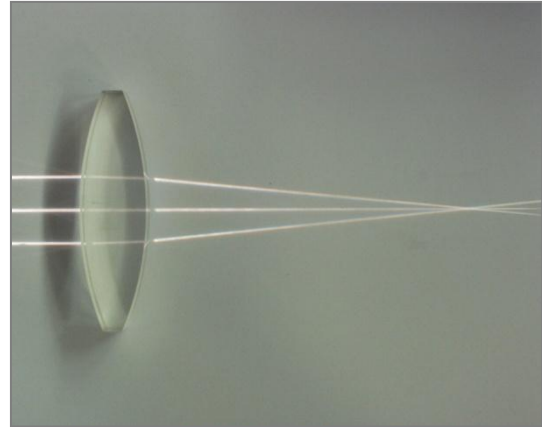
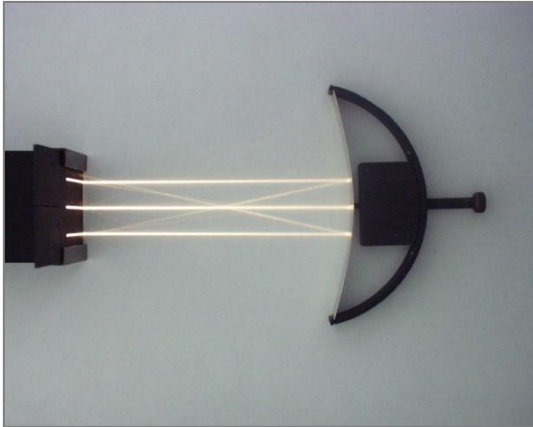


Csak olyan tükrökkel és lencsékkel foglalkozunk, amelyek vastagsága elhanyagolható az átmérőhöz képest. Az ilyen optikai eszközök egyetlen síkkal is modellezhetők. Azt a síkot, amellyel egy vékony lencse vagy tükör modellezhető, fősíknak nevezzük. Ennek megfelelően a fénysugarak irányváltozását a fősíkon bekövetkező irányváltozással modellezhetjük. (Rajzokon a fősíkot ábrázoló szakasz két végén jelöljük azt, hogy milyen optikai eszközzel van szó.)



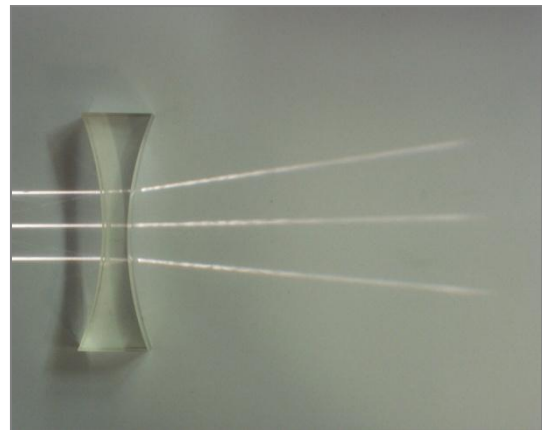
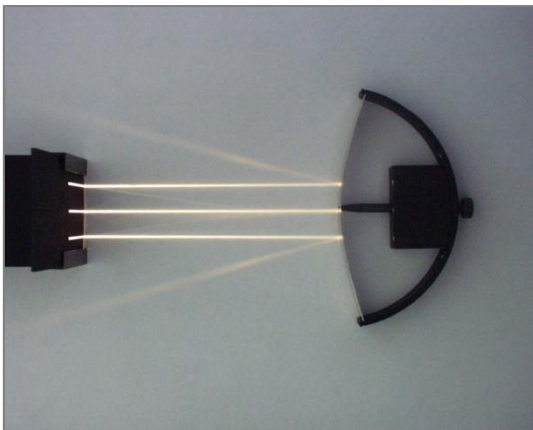
Azt az egyenest, amely merőleges a fősíkra, és áthalad az optikai eszközt alkotó gömbfelület(ek) középpontján, *optikai tengelynek* nevezzük. A fősík és az optikai tengely közös pontját *optikai középpontnak* hívjuk.

Ha a homorú tükörrre az optikai tengellyel párhuzamosan fénynyalábot bocsátunk, az a visszaverődés után egy ponton halad keresztül. Egyetlen pontba gyűjti össze az optikai tengellyel párhuzamos fénysugarakat a gyűjtőlencse is.



Gyűjtőpontnak vagy fókuszának nevezzük azt a pontot, amelybe a homorú tükör, illetve a gyűjtőlencse az optikai tengellyel párhuzamos fénysugarakat összegyűjti. A fókusz és a fősík távolságát fókusz távolságnak nevezzük. Jele: f , SI-mértékegysége:

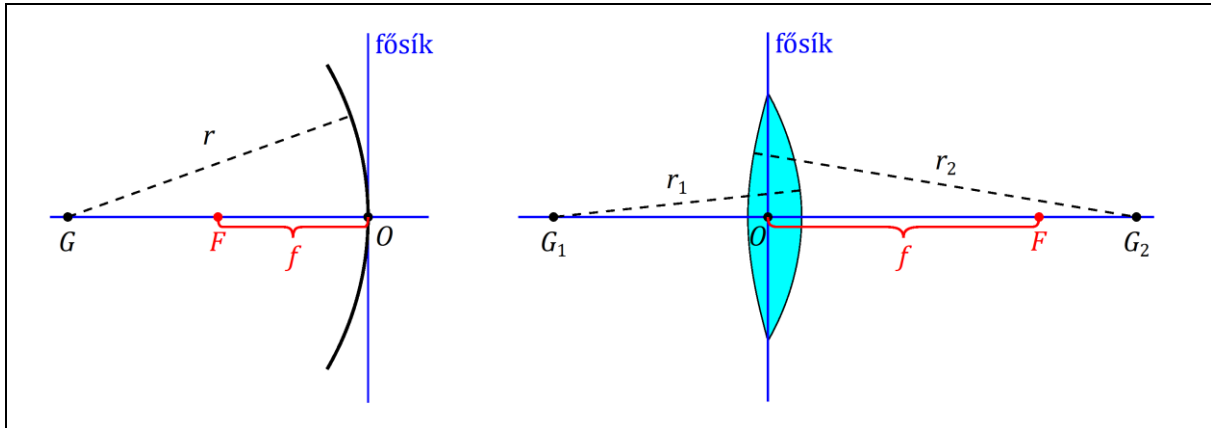
$$[f] = \text{m.}$$



A domború tükör és a szórólencse az optikai tengellyel párhuzamos fénynyalábot szétszórja. A szétszórt fénysugarak egy pontból látszódnak kiindulni. *Látszólagos fókusz*nak nevezzük azt a pontot, amelyből az optikai tengellyel párhuzamosan beeső fénysugarak a domború tükörről történő visszaverődés, illetve a szórólencsén való áthaladás után kiindulni látszanak. A látszólagos fókusz és a fősík távolságának ellentettjét (mínusz egyszeresét) szintén fókusz távolságnak nevezzük. Az előző definíciókból adódóan a homorú tükör és a gyűjtőlencse fókusz távolsága mindig pozitív, a domború tükör és a szórólencse fókusz távolsága pedig mindig negatív.

Mérésekkel, illetve levezetéssel igazolható, hogy a gömbtükrőknél a fókusz távolság abszolút értéke megegyezik a tükröt alkotó gömbfelület sugarának felével. Képlettel:

$$|f| = \frac{r}{2}. \quad (1)$$



Mérésekkel, illetve levezetéssel igazolható, hogy vékony lencsénél a fókusz távolság a lencsét határoló gömbfelületek sugarától (r_1 és r_2), valamint a lencse anyagának a környezetre vonatkozó törésmutatójától (n_{21}) függ:

$$\frac{1}{f} = (n_{21} - 1) \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right). \quad (2)$$

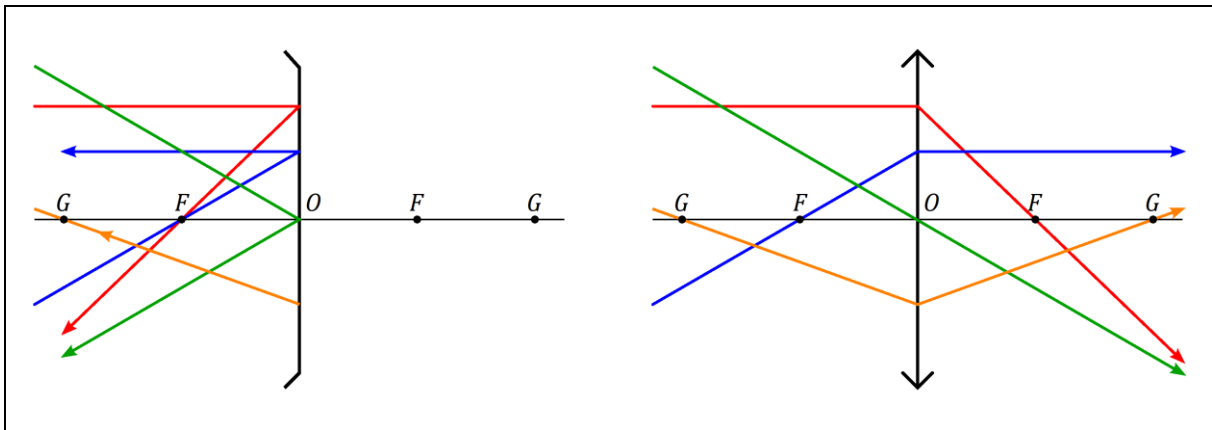
A képlet csak akkor szolgáltat helyes eredményt, ha a domború felület görbületi sugarát pozitív, a homorú felületét negatív előjellel helyettesítjük be. Ha a lencsét az egyik oldalról síklap határolja, akkor ezt tekinthetjük egy nagyon nagy (végtelen) sugarú gömbfelületnek, így ilyenkor a második zárójelben szereplő összeg egyik tagja nulla.

A lencsénél az optikai tengelyen fekvő, a lencsétől a fókusz távolság kétszeresére levő pontot kétszeres fókusznek nevezzük. A rajzokon többnyire $2F$ jelöli.

A gömbtükrök és a lencsék a különféle irányokból rájuk eső fénysugaraknak különbözőképpen változtatják meg az irányát. A kísérletek szerint azonban néhány speciális helyzetben beeső fénysugár további útja egyszerűen meghatározható. Ezeket a fénysugarakat *nevezetes fénysugarak*nak nevezzük. (A további fejezetekben látni fogjuk, hogy a nevezetes fénysugarakat felhasználva sok esetben szerkesztéssel is meghatározható a tárgyról kiinduló, az optikai eszközökön áthaladó fénysugarak útja, valamint a keletkező kép és annak jellemzői.)

A homorú tükör nevezetes fénysugarai:

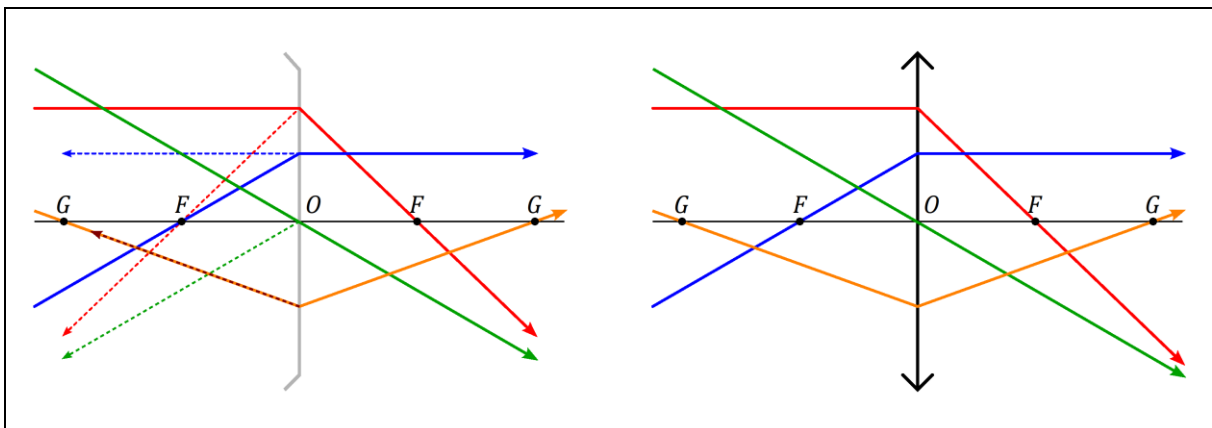
- a) Az optikai tengellyel párhuzamos fénysugár a visszaverődés után áthalad a fókuszon.
- b) A fókusz felől érkező fénysugár az optikai tengellyel párhuzamosan verődik vissza.
- c) Az optikai középpontba eső sugár úgy verődik vissza, hogy az optikai tengellyel bezárt szöge ugyanakkora, mint a beeső fénysugárnak.
- d) A tükör görbületi középpontja felől érkező fénysugár önmagában verődik vissza.



A gyűjtőlencse nevezetes fénysugarai:

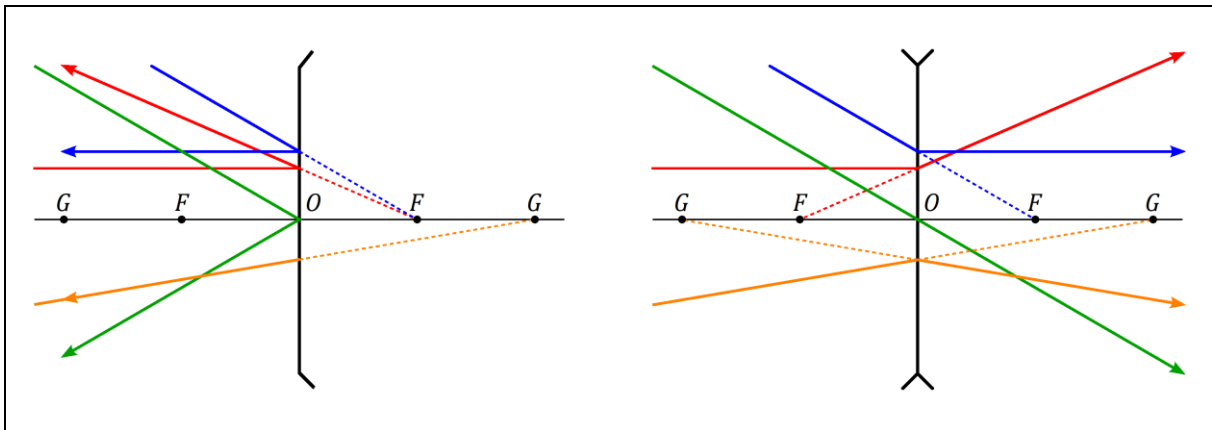
- a) Az optikai tengellyel párhuzamos fénysugár a fókuszon át halad tovább.
- b) A fókusz irányából érkező fénysugár a lencse másik oldalán az optikai tengellyel párhuzamosan halad.
- c) A lencse optikai középpontja felé induló fénysugár iránya nem változik meg.
- d) A kétszeres fókusz felől érkező fénysugár a lencse másik oldalán ugyancsak a kétszeres fókuszon halad át.

Látható, hogy a *homorú tükör* és a *gyűjtőlencse* nevezetes fénysugarai nagyon hasonlóak. Ha például a fenti rajzon a tükörről visszaverődő fénysugarakat a fősíkra tükrözzük, akkor a gyűjtőlencsén áthaladó nevezetes sugarakat kapjuk.



A domború tükör nevezetes fénysugarai:

- a) Az optikai tengellyel párhuzamos fénysugár úgy verődik vissza, mintha a látszólagos fókuszról indult volna.
- b) A látszólagos fókusz irányába induló fénysugár az optikai tengellyel párhuzamosan verődik vissza.
- c) Az optikai középpontba eső sugár úgy verődik vissza, hogy az optikai tengellyel bezárt szöge ugyanakkora, mint a beeső fénysugárnak.
- d) A tükör görbületi középpontja felé induló fénysugár önmagába verődik vissza.



A szórólencse nevezetes fénysugarai:

- a) Az optikai tengellyel párhuzamos fénysugár úgy halad tovább, mintha a látszólagos fókuszról indult volna.
- b) A túloldali látszólagos fókusz irányába haladó fénysugár a lencse másik oldalán az optikai tengellyel párhuzamosan halad.
- c) A lencse optikai középpontja felé induló fénysugár iránya nem változik meg.
- d) A lencse túloldalán fekvő kétszeres fókusz felé haladó fénysugár a lencse másik oldalán úgy halad, mintha az innenső oldalon fekvő kétszeres fókuszról indult volna ki.

Látható, hogy a *domború tükör* és a *szórólencse* nevezetes fénysugarai is nagyon hasonlóak. Ellenőrizhető, hogy ha a domború tükörről visszaverődő fénysugarakat itt is tükrözzük a fősíkra, akkor a szórólencsén áthaladó nevezetes sugarakat kapjuk.

Kiegészítések

1. A gömbtükrök fókusztávolságát megadó (1) összefüggés csak közelítőleg, kis nyílásszögű gömbtükrökre érvényes. Ha a tükör nyílásszöge nagy, akkor az optikai tengellyel párhuzamos fénysugarak a visszaverődés után csupán a fókusz közelében haladnak át. (Domború tükörnél a látszólagos fókusz közeléből indulnak). Ez jól megfigyelhető például a fehér lapra helyezett karikagyűrű belső felületéről visszaverődő fénysugaraknál, illetve a fejezet elején, a szappanbuborékról készült képen.



2. A fókusztávolságát megadó (1) összefüggés homorú tükörre egyszerűen levezethető. Az optikai tengellyel párhuzamos fénysugár az A pontban visszaverődik az F fókusz felé. Az A ponthoz tartozó beesési merőleges éppen az AG sugár. A fényvisszaverődés törvényei miatt az A pontnál lévő szögek ugyanakkorák (α). Az AFG háromszög G csúcsánál fekvő szög és az α beesési szög váltószögek, ezért egyenlő nagyságúak. Az AFG háromszög egyenlőszárú, mert két szöge ugyanakkora. Az alaphoz tartozó BF magasság ezért felezi az AG alapot, így

$$BG = \frac{AG}{2} = \frac{r}{2}.$$

A BFG derékszögű háromszögből:

$$\cos \alpha = \frac{BG}{FG}.$$

Ezek alapján az FG szakasz:

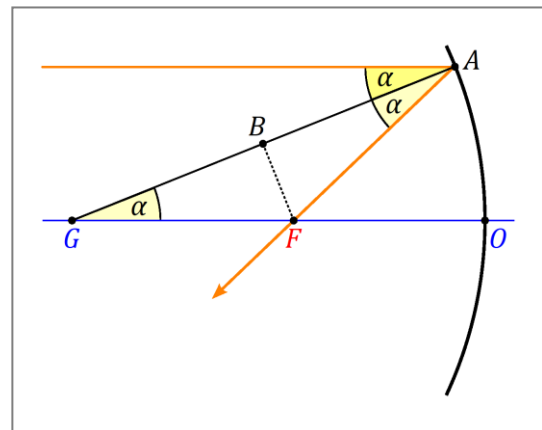
$$FG = \frac{BG}{\cos \alpha} = \frac{r}{2 \cdot \cos \alpha}.$$

Ha α kicsi ($\alpha < 5^\circ$), akkor $\cos \alpha \approx 1$, ezért

$$FG = \frac{r}{2 \cdot \cos \alpha} \approx \frac{r}{2}.$$

Emiatt a fókusztávolságra teljesül a bizonyítandó (1) összefüggés, mert:

$$f = FO = GO - FG = r - \frac{r}{2} = \frac{r}{2}.$$



Mivel a levezetésben felhasznált $\cos \alpha \approx 1$ közelítés csak kis szögek esetén érvényes, ezért nagyobb beesési szögnél, azaz nagyobb nyílásszögű tükröknél az (1) összefüggés az előző pontban leírtakkal összhangban csak közelítőleg teljesül.

3. Ha a *domború lencse* anyaga optikailag sűrűbb, mint a környezete, akkor

$$n_{21} > 1 \quad \Rightarrow \quad n_{21} - 1 > 0.$$

A (2) összefüggés szerint így a fókusz távolság pozitív, tehát *ha a domború lencse anyaga optikailag sűrűbb, mint a környezete, akkor a domború lencse gyűjtőlencse.*

Ha azonban a lencse anyaga optikailag ritkább, mint a környezete, akkor

$$n_{21} < 1 \quad \Rightarrow \quad n_{21} - 1 < 0.$$

A (2) összefüggés szerint így a fókusz távolság negatív, tehát *ha a domború lencse anyaga optikailag ritkább, mint a környezete, akkor a domború lencse szórólencse.*

Ehhez hasonlóan igazolható, hogy a *homorú lencse csak akkor működik szórólencseként, ha anyaga optikailag sűrűbb, mint a környezete.*

4. A lencsék fókusz távolságának reciprokát a lencse *törőképességének* nevezik. A törőképesség jele: D , képlettel:

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

A törőképesség mértékegysége:

$$[D] = \frac{1}{[f]} = \frac{1}{\text{m}} = \text{m}^{-1} = \text{dioptria}.$$

A törőképesség mértékegységeként az SI az m^{-1} használatát írja elő. A köznyelvben azonban (elsősorban a szemüveglencsékkel kapcsolatban) a dioptriát használják.

Példa

Egy domború üveglencse anyagának abszolút törésmutatója 1,55. A lencsét az egyik oldalról 10 cm görbületi sugarú domború, a másik oldalról 80 cm görbületi sugarú homorú felület határolja.

a) Mekkora a lencse fókusz távolsága levegőben?

b) Mekkora a lencse fókusz távolsága vízben?

Megoldás

$$r_1 = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$r_2 = -80 \text{ cm} = -0,8 \text{ m} \text{ (homorú felület)}$$

$$n_{\ddot{u}} = 1,55$$

$$n_v = 1,33$$

$$f_{lev} = ?$$

$$f_{v\acute{ı}z} = ?$$

a) *Levegőben* a törésmutató gyakorlatilag megegyezik az üveg abszolút törésmutatójával:

$$n_{\ddot{u},l} \approx n_{\ddot{u}} = 1,55.$$

A lencse fókusz távolságára vonatkozó (2) képlet alapján:

$$\frac{1}{f_{lev}} = (n_{\ddot{u},l} - 1) \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) = (1,55 - 1) \cdot \left(\frac{1}{0,1 \text{ m}} + \frac{1}{-0,8 \text{ m}} \right) = 4,8125 \frac{1}{\text{m}}.$$

Ebből a lencse fókusz távolsága levegőben:

$$f_{lev} = \frac{1}{4,8125 \frac{1}{\text{m}}} \approx 0,208 \text{ m} = 20,8 \text{ cm}.$$

b) Ha a lencse a vízben van, akkor az üveg vízre vonatkozó törésmutatója [A fénytörés](#) című fejezet (2) összefüggése szerint megegyezik az abszolút törésmutatók hányadosával:

$$n_{\ddot{u},v} = \frac{n_{\ddot{u}}}{n_v} = \frac{1,55}{1,33} \approx 1,165.$$

A lencse fókusz távolságára vonatkozó képlet alapján:

$$\frac{1}{f_{v\acute{ı}z}} = (n_{\ddot{u},v} - 1) \cdot \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) = (1,165 - 1) \cdot \left(\frac{1}{0,1 \text{ m}} + \frac{1}{-0,8 \text{ m}} \right) = 1,44375 \frac{1}{\text{m}}.$$

Ebből a lencse fókusz távolsága vízben:

$$f_{v\acute{ı}z} = \frac{1}{1,44375 \frac{1}{\text{m}}} \approx 0,693 \text{ m} = 69,3 \text{ cm}.$$

Képek jegyzéke

	Fényvisszaverődés szappanbuborék belső felületéről © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0068.jpg
	Az üveggolyók összegyűjtik a rájuk eső fényt © http://www.fizikakonyv.hu/fotok/0036.jpg
	Fősisík, optikai tengely, optikai középpont © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0633.svg
	Párhuzamos fénynysugarak visszaverődése homorú tükörről © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0608.jpg
	Párhuzamos fénysugarak áthaladása gyűjtőlencsén © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0306.jpg
	Párhuzamos fénynysugarak visszaverődése domború tükörről © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0610.jpg
	Párhuzamos fénysugarak áthaladása szórólencsén © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0308.jpg
	Rajz a fókusz távolságok kiszámításához © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0634.svg

	<p>A homorú tükör és a gyűjtőlencse nevezetes fénysugarai © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0635.svg</p>
	<p>A homorú tükör és a gyűjtőlencse nevezetes fénysugarainak kapcsolata © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0636.svg</p>
	<p>A domború tükör és a szórólencse nevezetes fénysugarai © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0637.svg</p>
	<p>Karikagyűrű „fókusza” © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0396.jpg</p>
	<p>Rajz a homorú tükör fókusztávolságának levezetéséhez © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0638.svg</p>

Jelmagyarázat:

- © **Jogvéde**tt anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.
- W A **Wikimedia Commons**-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.