### 14.4. Optikai lencsék

A gömbi lencsék olyan átlátszó, többnyire üvegből készült testek, amelyeket két gömb-, illetve egy gömb és egy síkfelület határol.

A domború, vagy konvex lencsék a közepükön a legvastagabbak, szélükön a legvékonyabbak.

A homorú, vagy konkáv lencsék középen a legvékonyabbak, szélükön a legvastagabbak.

A lencsék az optikai eszközök elmaradhatatlan részei, de a látást javító szemüvegeinkben is ilyeneket találhatunk. A továbbiakban az ún. vékony lencsékkel foglalkozunk, amelyeknek a vastagsága elhanyagolható az átmérőjükhöz képest.

**Vékony lencsék típusai:**

A különböző kialakítású vékony lencséket a 14.4.1. ábrán mutatjuk be.

r1

r2

r4

r3

r5

r6

r7

r8

r9

r10

r11

r12

Bikonvex plánkonvex bikonkáv plánkonkáv konkáv-konvex konvex-

konkáv

r1 , r 2,  r 3, r 10, r 12 >0

r 5, r 6, r 7, r 9, r 11 <0

r 4, r 8 = ∞

14.4.1. ábra A vékony lencsék típusai és felületikhez tartozó sugarak

**A lencsekészítők egyenlete:**

A fenti lencsék közül némelyek a párhuzamos fénynyalábot egy pontban gyűjtik össze. Ezt a pontot fókuszpontnak, és a lencsék síkjától (vagy fősíkjától, vagy a középsíkjától, ami vékony lencsék esetében elvileg ugyanaz) mért távolságot fókusztávolságnak nevezzük. Más lencsék ugyanakkor a párhuzamos úgy szórják szét, mintha egy pontból, a (virtuális) fókuszpontból indultak volna ki.

A fókusztávolságok meghatározására a lencsekészítők egyenlete szolgál:

. (14.4.1.)

Az egyenletben f a fókusztávolság, nl a lencse, nk az azt körülvevő közeg törésmutatója, r1, és r2 a lencsét határoló felületek sugara. A törésmutatók egymáshoz való viszonyának és a felületek domborulatának függvényében a lencse szóró, illetve gyűjtő jelegét a14.4.2.-5. ábrákon mutatjuk be.

nl > nk esetén a lencse gyűjtőlencse

### F’

### F

### f

### nl>nk

14.4.2. ábra A környezeténél nagyobb törésmutatójú domború lencse (gyűjtőlencse)

nl < nk

esetén a lencse szórólencse, mert a fókusztávolság negatív

(pl.: műanyag lencse vízben)

### F’

### F

### f

### nl<nk

14.4.3. ábra A környezeténél kisebb törésmutatójú lencse (szórólencse)



(r1, r2 negatív)

nl > nk

esetén a lencse szórólencse, mert f negatívra adódik.

Üveglencse levegőben.

### F’

### F

### -f

### nl>nk

14.4.4. ábra A környezeténél nagyobb törésmutatójú homorú lencse (szórólencse)



(r1, r2 negatív)

nl < nk

esetén a lencse gyűjtőlencse, mert a fókusztávolság pozitívnak adódik.

Műanyag lencse vízben.

### F’

### F

### nl<nk

### f

14.4.5. ábra A környezeténél kisebb törésmutatójú homorú lencse (gyűjtőlencse)

**A gyűjtőlencse képalkotása:**

A gyűjtőlencsék képalkotásának megszerkesztéséhez használható szerkesztő sugarakat a 14.4.6. ábrán mutatjuk be. Amint azt már a fentiekben is láthattuk, a lencséknek szimmetria okokból két fókuszpontjuk van, mindkét oldalon egy-egy. A tükrökhöz hasonlóan szokás alkalmazni a kétszeres fókusztávolság fogalmát (jele C), azonban az itt levő pont nem a görbületi középpont.

### F’

### F

### f

### f

14.4.6. ábra Gyűjtőlencsék képszerkesztő sugarai

A szerkesztő sugarak segítségével megrajzolhatjuk a tárgy különböző helyzetéhez tartozó képeket. A továbbiakban a lencséket csak a fősíkjukkal, és annak a végére tett domború, vagy homorú nyíllal ábrázoljuk.

Ha a tárgy a kétszeres fókusztávolságon kívül van (14.4.7. ábra), akkor a kép a lencse másik oldalán, az egyszeres és kétszeres fókusztávolság között keletkezik, kicsinyített valódi és fordított állású. Ha a tárgyat távolítjuk a lencsétől, a kép a fókusz felé közeledik és csökken. Végtelen távoli a tárgy, képe a fókuszba esik és egy pont.

### T

### k

### f

### f

### t

### F’

### F

### C

### C

### K

### Gyűjtőlencse

14.4.7. ábra A gyűjtőlencse által a kétszeres fókusztávolságon kívül levő tárgyról alkotott kép

A fókusztávolság, a képtávolság és a tárgytávolság között a lencseegyenlet (6.2.6.) adja meg a kapcsolatot. Az egyenlet megfelel a tükröknél tanultaknak.

 (14.4.2)

A tükrökhöz hasonlóan definiálhatjuk a lencsék nagyítását is az alábbi egyenlet alapján:

. (14.4.3)

Ha a tárgy az egyszeres és a kétszeres fókusztávolság között van (14.4.8. ábra), akkor a kép a lencse másik oldalán, a kétszeres fókusztávolságon kívül keletkezik, nagyított valódi és fordított állású. Ha a tárgyat a fókusz felé közelítjük, a kép távolodik a lencsétől és nagysága nő, ha távolítjuk a fókusztól, a kép közeledik és csökken. Ha a tárgy a kétszeres fókusztávolságban van a kép is odaesik, nagyítása egységnyi.

### t

### k

### f

### f

### F’

### F

### C

### C

### K

### T

14.4.8. ábra Gyűjtőlencse által az egyszeres és a kétszeres fókusztávolság közé helyezett tárgyról alkotott kép

Ha a tárgy a fókusz és a lencse között helyezkedik el (14.4.9. ábra), a kép a tárgy-oldalra esik, egyenes állású nagyított, látszólagos lesz. Ha tárgy a fókusz felé közeledik, a kép távolodik és nagyobb lesz, a fókuszban végtelen nagyságú. A tüköregyenlet és a nagyítás kifejezése most is érvényes, azonban a képtávolság, a kép nagysága negatív érték.

### -k

### t

### f

### f





K, k <0

### F’

### F

### C

### C

### K

### T

14.4.9. ábra Gyűjtőlencse képalkotása a lencse és a fókuszpont közé helyezett tárgyról

**A szórólencse képalkotása:**

A szórólencsék képalkotó sugarait a14.4.10. ábrán figyelhetjük meg.

F’

F

14.4.10. ábra Szórólencse szerkesztő sugarai

A szórólencse képe, mindig egyenes állású kicsinyített és látszólagos (14.4.11. ábra), bárhova is tesszük a tárgyat. Érvénes a lencseegyenlet, és a nagyítás ismert összefüggése, azonban a fókusztávolság, a képtávolság, a kép nagysága és a nagyítás negatív érték.

.



### t

### k

### F’

### F

### C’

### C

### K

### T

### f

14.4.11. ábra Szórólencse képalkotása

### Optikai eszközök

Az optikai eszközök használatának egyik célja a nagyítás, vagy egyszerűbben szólva annak a szögnek a felnagyítása, amely alatt az illető tárgy látszik

**Egyszerű nagyító:**

Egy gyűjtőlencse, melynél a tárgyat a fókuszpont és a lencse közé helyezzük, s ebben az esetben a tárgy képét a tárgyoldalon, egyenes állású nagyított, látszólagos képet kapunk.

Ha a kép a tisztalátás távolságában (s) van: - k = s = 25 cm, akkor a nagyítás:



, (14.4.4.)

Ahol f a lencse fókusztávolsága.

Ha a tárgyat a gyújtósíkba tesszük, akkor a végtelenben megjelenő képet a szem akkomodáció nélkül szemlélheti, vagyis:

. (14.4.5)

Az egyszerű nagyító 3 és 6-szoros nagyítás között használható, mert a nagyobb már túlságosan torzít.

**Két lencsefunkcióval működő, nagyobb nagyítást biztosító eszközök:**

Amennyiben 6-szorosnál nagyobb nagyításra van szükségünk, kézenfekvő gondolat két lencsét használni, amelyek közül a második az első által előállított képet virtuális tárgyként kezeli, és annak méretét nagyítja tovább. Ezt alapvetően két módon lehet egyszerűen megvalósítani. Mindkét esetben a tárgyat az első lencse egyszeres és kétszeres fokusztávolsága közé helyezzük, s így állítunk elő nagyított, valódi képet. Ha az első lencse látszólagos képet állítana elő, akkor a második lencse nem tudná tovább nagyítani, mert az a kép látszólagos.

Mennyiben a második lencsét úgy állítjuk be, hogy az első képe a második lencse egyszeres és kétszeres fókusztávolsága közé essen (14.4.12. ábra), akkor egy valódi, nagyított kép keletkezik, amit ernyőn fel lehet fogni. Az ernyőn látható kép megvilágítása a nagyítás négyzetével csökken (mert ugyanaz a fény a nagyítás négyzetével megnövelt felületen oszlik el), ezért a képet csak teljes sötétségben lehet látni, s ráadásul a berendezés méretei is nagyok lehetnek. Így ez az elrendezés csak valamiféle mikroszkóp kivetítőként működtethető.

K1=T2

F2’

C2’

F1’

F1

F2

C1’

C1

C2

T

K2

14.4.12. ábra Mikroszkóp kivetítő

**A mikroszkóp:**

Ha a második lencsét úgy helyezzük el, hogy a az első képe a fókusztávolság és a lencse közé essen, akkor a második lencse nagyított, de látszólagos képet állít elő a két lencse között. Ezt a képet csak a szemünk látja, azonban ez nem baj. Ennek a képnek a megvilágítása is kisebb, mint a tárgyé, azonban a képet a két lencse közötti, a külvilágtól optikailag elszigetelt csőben látjuk. Így a készülék kezelhetően kicsi lesz, és a képet külső fényhatások nem zavarják.

A mikroszkóp teljes nagyítása:

, (14.4.6.)

ahol f1 az első (ún. objektív vagy tárgylencse), f2 a második lencse (okulár, vagy szemlencse) fókusztávolsága, s a tisztán látás távolsága (25 cm),  az ún. optikai tubushossz (F1 és F2’ távolsága).

T



K2

K1=T2

F2’

F1’

F1

F2

C1

C2

14.4.13. ábra Mikroszkóp elvi rajza

Egy mikroszkópban az objektívlencse több lencséből áll, akár 100-szoros nagyítás is elérhető. A modern mikroszkópok a maximális nagyítás körülbelül 1000-szeres lehet. A mikronnál kisebb tárgyaknak nem lehetséges alakhű képét előállítani, ezért nem igazán alkalmas, például egy baktérium valós alakjának meghatározására. Minél rövidebb a fény hullámhossza, annál jobb a mikroszkóp feloldóképessége (felbontása). Elektronmikroszkóppal akár egymilliószoros nagyítás is előállítható (mivel az elektronnak, mint hullámnak a hullámhossza több nagyságrenddel kisebb, mint a látható fényé).

**Schlieren berendezés**

A törésmutató nagyon függ az anyag paramétereitől. Gázokban, folyadékokban a nyomáskülönbség, hőmérsékletkülönbség, áramlások hatására változik a törésmutató, amelynek kis változásai is láthatóvá tehetők ezzel a (14.4.14. ábrán bemutatott) berendezéssel.

A berendezésben egy fényforrás megvilágít egy nagyon kis nyílással (T tűlyuk) ellátott átlátszatlan (többnyire fém) lapot, amely nyílás a fényforrással átellenes oldalon pontszerű fényforrásként viselkedik. Elhelyezünk egy lencsét (L1) úgy, hogy fókuszpontja a tűlyukra essen. Ekkor a lencse másik oldalán párhuzamos fénynyalábot kapunk, Majd egy másik lencsével (L2 ) párhuzamos fénysugarakat újból egy pontba koncentráljuk, s ebbe a pontba egy átlátszatlan kis korongot (K) helyezünk el, amivel az E ernyőn sötét teret állítunk elő.

Ha a két lencse közé egy tárgyat helyezünk (az ábrán egy hengert ábrázoltunk), és körülötte valamilyen közeget áramoltatunk (vagy fűtjük a hengert, s ettől indul meg az áramlás), akkor az áramlás miatt a törésmutató kicsit megváltozik (általában az áramvonalak mentén), ezért a második lencse leképezése kicsit megváltozik, és a korong nem takar el minden fényt, ami a tárgy körüli térből érkezik a lencsére, így az ernyőn a tárgy körvonalai körül látszanak az áramvonalak.

Ez a berendezés egy rendkívül hatékony eszköz hő és áramlástani jelenségek vizsgálatához.

L2

L1

T

K

A

A nézet

E

14.4.14. ábra Schlieren berendezés elvi rajza