

Először vizsgáljunk egy n db vékony lencséből álló optikai rendszert! Legyen az i -edik lencse fókusz távolsága f_i , tárgytávolsága t_i , képtávolsága k_i . A vékony lencsék vastagsága – definíciójuk értelmében – elhanyagolható, így az összeillesztett lencsék síkjai egybeesnek. Emiatt az egymás után következő lencsékre mindig igaz a

$$(1) \quad t_{i+1} = -k_i,$$

egyenlőség. Mindegyik lencsére felírva a leképzési törvényt, és az egyenleteket összeadva:

$$(2) \quad \sum_{i=1}^n \frac{1}{f_i} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{t_i} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{k_i}.$$

(1) miatt azonban

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{t_i} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{k_i} = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{k_n}.$$

Mivel a lencserendszer egészére vonatkoztatott tárgytávolság $t = t_1$, képtávolság $k = k_n$, az egész rendszer helyettesíthető egy $f = \frac{1}{\sum(1/f_i)}$ fókusz távolságú lencsével, melyre (2) alapján igaz a leképzési törvény:

$$(3) \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k}.$$

Az így választott f tényleg a klasszikus értelemben vett fókusz távolság, hiszen a leképzési törvény teljesüléséből a párhuzamos fénysugarakra ($t = \infty$) közvetlenül adódik a $k = f$ egyenlőség.

Az adott elrendezésben a fénysugár kétszer áthalad a lencsén és egyszer visszaverődik a gömbtükörről. Mivel a leképzési törvény kis nyílásszögű gömbtükörre is érvényes, és a tükör közvetlenül illeszkedik a lencséhez, az adott rendszer helyettesíthető egy három vékony lencséből álló optikai rendszerrel. A helyettesítő rendszerrel – a tükör hiánya miatt – a képalkotás az ellenkező oldalon történik.

A lencse, ill. tükör fókusz távolsága a geometriai adatok és a törésmutató ismeretében

$$(4) \quad f_i = \frac{1}{(n-1)(1/r_1 + 1/r_2)},$$

$$(5) \quad f_t = r/2.$$

Az eredő fókusz távolság:

$$(6) \quad f = \frac{1}{1/f_i + 1/f_t + 1/f_i} = \frac{1}{2/f_i + 1/f_t}$$

A leképzési törvény előjeleinek megfelelően a homorú tükör fókusz távolsága pozitív, a domború tüköré negatív. Az egész rendszer tehát akkor helyettesíthető homorú tükörrel, ha $1/f > 0$,

$$\frac{2}{f_i} + \frac{1}{f_t} > 0, \quad (n-1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) > -\frac{1}{r},$$

domború tükörrel pedig, ha $1/f < 0$,

$$(n-1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) < -\frac{1}{r}.$$

Egyenlőség esetén a rendszer síktükörként viselkedik. A gömbtükörrel való helyettesítéskor a képalkotás is a megfelelő oldalon történik.

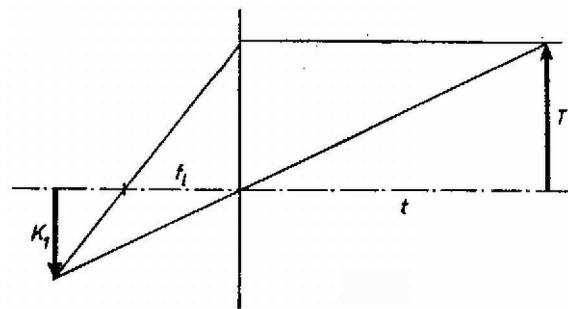
A lencse és a tükör fókusz távolságának ismeretében, (6) felhasználásával kiszámítható az eredő fókusz távolság, majd a tárgytávolság segítségével (3) alapján a képtávolság. A nagyítás: $N = k/t$.

A megadott értékek mellett az eredmények:

f_t (cm)	6	6	-6	-6
f_i (cm)	5	-5	5	-5
f (cm)	1,88	7,5	-7,5	-1,88
k (cm)	2,12	14,1	-5,12	-1,68
N	0,133	0,881	-0,319	-0,105
$t = 16$ cm				

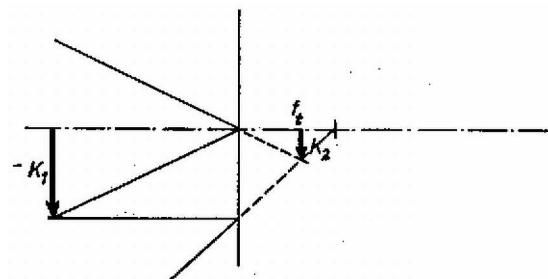
A szerkesztésnél két kiválasztott sugármenetet vizsgálunk. Legyen az egyik az optikai tengellyel párhuzamosan induló sugár, mely a törés, ill. a tükrözés után keresztülhalad a fókuszon, a másik a lencse, ill. a tükör középpontján áthaladó sugár, mely nem változtatja irányát, ill. tükröződik.

A szerkesztés három lépését $f_i = 6$ cm, $f_t = 5$ cm esetén az ábrák mutatják.



1. ábra

Az 1. ábrán a lencse első képalkotása (K_1), a 2. ábrán e kép tükrözése, a virtuális K_2 kép szerkesztése látható.



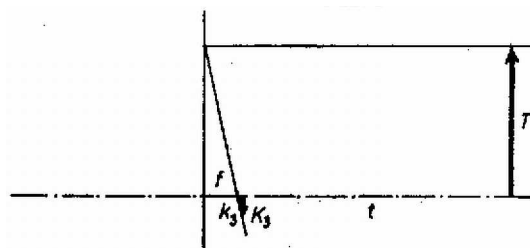
2. ábra

A 3. ábráról közvetlenül leolvasható az utolsó leképezés eredménye, a kért $k_3 = k$ képtávolság, és meghatározható az $N = K_3/T$ nagyítás.



3. ábra

Látjuk, hogy a rendszer homorú tükörként viselkedik. Ha a már ismert t , T , k_3 , K_3 segítségével berajzoljuk e helyettesítő tükör megfelelő sugármenetét, az eredő fókusz távolság is leolvasható (4. ábra).



4. ábra

A szerkesztést a többi esetben is ugyanilyen elven lehet végrehajtani.

Schlosser Tamás (Bp., Móricz Zs. Gimn., IV. o. t.)