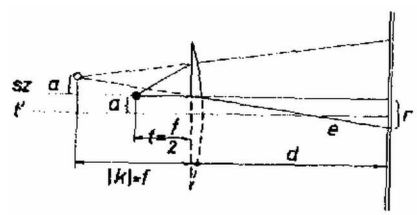
Vizsgáljuk először a felső lencsedarab hatását. Ez úgy képez le, mint egy t' optikai tengelyű lencse része (1. ábra), azaz a $t = f/2$ tárgytávolságú tárgyat az

$$1/f = 1/t + 1/k$$

leképzési törvénynek megfelelően

(1) $$k = -f$$

képtávolságú virtuális képbe viszi át.



1. ábra

A fényforrás távolsága a t' optikai tengelytől $T = a$, így a virtuális kép mérete (a „virtuális" fényforrás távolsága a tengelytől):

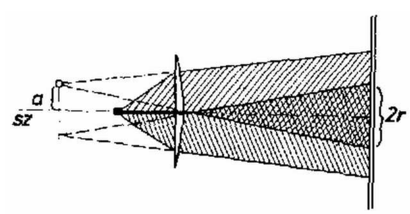
(2) $$K = 2a,$$

mivel a nagyítás $N = K/T = |k/t| = 2$.

A felső lencsedarabon áthaladó legalsó fénysugár (az 1. ábrán az e egyenessel van jelölve) az ernyőt az eredeti elrendezés szimmetriatengelyétől r távolságra éri. Hasonló háromszögekből

(3) $$r/d = a/f, \quad \text{azaz} \quad r = ad/f.$$

Az alsó lencsedarabbal együtt az elrendezés képalkotását a 2. ábra mutatja.

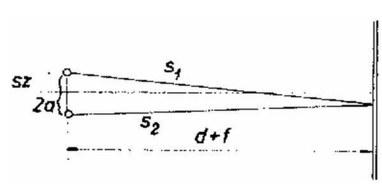


2. ábra

Az ernyőn a $2r$ átmérőjű darabon belül minden pontban találkozik két olyan sugár, amelyek közül az egyik a felső, a másik az alsó lencsén haladt keresztül. Ezek közt útkülönbség lehet, így interferenciakép alakul ki!

Az útkülönbség kiszámításához induljunk ki az (1) és (2) egyenletekből. A felső lencsedarabon átmenő fénysugarak úgy haladnak, mintha az ernyőtől $d + f$ távolságra levő, a szimmetriatengely felett a magasságban elhelyezett fényforrásból törés nélkül jöttek volna. Hasonló az alsó lencsedarab hatása, csak ez a szimmetriatengely alá „helyezi" a fényforrást.

Mivel mindkét fényforrás ugyanazt az izzót képezi le, együttes hatásukra a $2r$ átmérőjű darabon belül olyan interferenciakép alakul ki, mint amilyet az ernyőtől $d + f$ távolságra elhelyezett, egymástól $2a$ távolságra levő, teljesen megegyező (mindig azonos fázisú hullámokat kibocsátó) fényforrások hoznának létre.



3. ábra

A 3. ábra alapján az ernyőre a szimmetriatengelytől x távolságra érkező sugarak közti útkülönbség:

(4) $$\Delta s = s_1 - s_2,$$

ahol

$$s_1 = \sqrt{(d+f)^2 + (a+x)^2} \approx d + f + \frac{(a+x)^2}{2(d+f)}, \tag{5}$$

$$s_2 = \sqrt{(d+f)^2 + (a-x)^2} \approx d + f + \frac{(a-x)^2}{2(d+f)}. \tag{6}$$

(Mivel $x < r$ és $r \sim a$, igaz, hogy $x \ll f$. Így $d + f \gg a + x$, illetve $d + f \gg |a - x|$. Ezért alkalmazhattuk a $\sqrt{1+y} \approx 1 + (1/2)y$ közelítést, ami az $y \ll 1$ esetre érvényes.)

(5) és (6) alapján az útkülönbség

$$\Delta s = x\frac{2a}{d+f}. \tag{7}$$

Ha az izzó monokromatikus fényt sugároz (pl. nátriumgőz lámpa), akkor a maximumhelyek a tengelytől olyan $x_{\max}$ távolságra lesznek, melyre $\Delta s = k\lambda$, azaz

$$x_{max} = k\lambda\frac{f+d}{2a}, \qquad k = 0,\, 1,\, 2,\, \ldots \tag{8}$$

A minimumhelyekre:

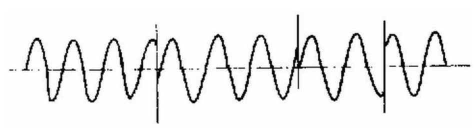
$$\Delta s = \frac{2k+1}{2}\lambda, \tag{9}$$

$$x_{\min} = \frac{2k+1}{2}\lambda\frac{f+d}{2a}.$$

Monokromatikus fénynél sötét és világos interferenciacsíkokat látunk. A csíkok távolsága $\lambda(f+d)/2a$.

Fehér fénynél (mely különböző hullámhosszúságú sugarak keveréke) az elmondottak minden egyes λ hullámhosszú komponensre érvényesek; az ernyőn színes csíkok jelennek meg.

Megjegyzés. A szokásos fényforrások olyan hullámokat bocsátanak ki, amelyek fázisa igen rövid időn belül ($\approx 10^{-8}$ s) véletlenszerűen ugrik (4. ábra).



4. ábra

Az olyan hullámvonulatok hosszának átlagát, melyen belül a fázis nem változik, koherenciahossznak nevezik ($h \approx 1-2$ m).

Két különböző fényforrás létrehoz ugyan interferenciaképet, de ez minden fázisugrásnál megváltozik, így az interferenciát nem észleljük. A példában leírt elrendezéssel olyan interferenciakép állítható elő, amilyet két lámpa hozna létre, ha fázisuk mindig egyszerre ugorna. Még így is megszűnik az interferencia észlelhetősége, ha a fényutak különbsége nagyobb a koherenciahossznál, ekkor ugyanis már az egymás utáni, fázisukban véletlenszerűen különböző hullámdarabok interferálnak.

Esetünkben a $2r$ átmérőjű darabon belül olyan x távolságig lesz észlelhető interferencia, amelyre $\Delta s < h$, azaz $x < h\dfrac{f+d}{2a}$.

Vodicska Róbert (Esztergom, Vegyi Gépész Szk., II. o. t.) dolgozata alapján