

A digitális fényképezőgép

VI. rész

3.5. Az objektív

A fényképezőgép képpalkotó rendszerének legfőbb eleme az *objektív*nek nevezett lencserendszer (1. ábra). A lencserendszert több vékony lencse alkotja, amelyek közös optikai tengelyen helyezkednek el. Egy egyszerű gyűjtőlencse nem képes tökéletesen leképezni a valóságot, ezért a fényképezőgépek objektívjei több lencséből álló lencserendszerek. A tökéletestől eltérő kép tulajdonságait *leképzési-* vagy *lencsehibák*nak nevezik.

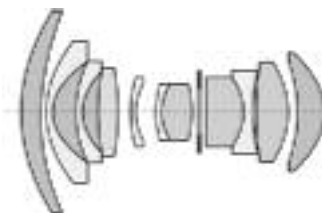
A lencsét két gömbfelület, vagy egy gömbfelület és egy sík határolja, anyaguk különleges optikai üveg, az olcsóbb gépeknél műanyag is lehet. Bármely lencsének két tengelye van: az egyik a *geometriai tengely*, a másik pedig az *optikai tengely*. A geometriai tengely a lencsét határoló hengerpalást forgástengelye, az optikai tengely a lencsék gömbfelületét alkotó gömbsugarak középpontján átmenő egyenes. Fényképezési célra azokat a lencsét használják, amelyeknél a két tengely egybeesik. Az objektív lencserendszerének tagjai egyazon optikai tengelyen helyezkednek el – az objektív optikai tengelyén.

A lencsét két nagy csoportba soroljuk: *gyűjtő-* (domború, vagy pozitív) és *szóró-* (homorú, vagy negatív) *lencsék*. A gyűjtőlencsék közepén vastagabbak, mint a szélüknél és az optikai tengelyükkel párhuzamos fénysugarakat kétszeres törés után egy pontban, a gyűjtőpontban egyesítik. A szórólencsék a szélüknél vastagabbak mint közepén és az optikai tengelyükkel párhuzamos fénysugarakat törés után úgy szórják szét, mintha a lencse előtt levő pontból, a gyűjtőpontból indultak volna ki.

Az objektívek lencserendszerében az egyes lencsék alakja szerint két eset lehetséges:

- a lencserendszer minden tagja gyűjtőlencse,
- a lencserendszerben a gyűjtőlencséken kívül szórólencsék is vannak.

Akárhány tagból is álljon és bármilyen rendszerű legyen, az objektívet mindig egy *egytagú gyűjtőlencsének* tekintjük, ugyanis minden lencserendszer helyettesíthető az ún. *egyenértékű lencsével*. Ebben az értelemben az alábbi ábrák gyűjtőlencséi tulajdonképpen az objektív egyenértékű gyűjtőlencséit helyettesítik.



1. ábra

Egy változtható gyűjtőtávolságú objektív lencserendezere

3.5.1. Az objektívek képpalkotása

Elméletileg és mérésekkel igazolható, hogy a t tárgytávolság, a k képtávolság és az f gyűjtő- vagy fókusz-távolság között (2. ábra) vékony és kisnyílású lencsére az alábbi összefüggés érvényes:

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

amelyet *távolság- vagy leképzési törvénynek* neveznek. Ez a következő alakra is hozható:

$$(t - f)(k - f) = f^2 \quad (2)$$

A továbbiakban jelölje $\tau = \frac{t}{f}$ és $\kappa = \frac{k}{f}$ a viszonylagos tárgy-, illetve képtávolságot,

amelyekkel a távolságtörvényt az alábbi hiperbolikus összefüggések fejezik ki:

$$\frac{1}{\tau} + \frac{1}{\kappa} = 1 \quad (3)$$

vagy:

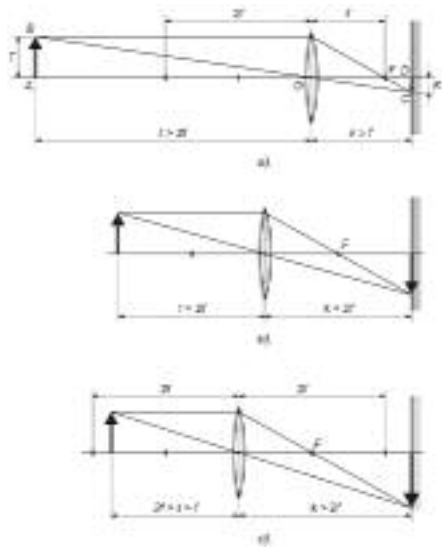
$$(\tau - 1)(\kappa - 1) = 1 \quad (4)$$

A távolságtörvény (3) szerinti kifejezésének grafikus képét a 3. ábrán láthatjuk.

A tárgytávolság függvényében, a távolságtörvény szerint a következő képzési módzatokkal találkozhatunk:

1. A végtelen messzeségben ($t \rightarrow \infty$) levő tárgy képe az objektív képoldali felén a gyújtótávolságban ($k = f$) elhelyezett síkban jelenik meg. A sík merőleges az optikai tengelyre. Azonban az objektív által a végtelen távolságból képzett tárgy matematikailag nem végtelen távolságra van, hanem a gyújtótávolság két-három nagyságrendjénél nagyobb távolságra, vagyis $t/f > 100 \dots 1000$. Ilyenkor a képtávolság gyakorlatilag: $k \cong f$. Ha a tárgy a végtelenből közeledik az objektív felé, akkor a kép a képoldali gyújtótávolságtól távolodik. A végtelen és a kétszeres gyújtótávolság közötti tárgy képe az objektív képoldalán a gyújtótávolság és a kétszeres gyújtótávolság között elhelyezkedő síkban képződik, vagyis ha $t/f \in (\infty, 2)$, akkor $k/f \in (1, 2)$. A keletkező kép *kicsinyített, fordított állású és valódi* (2a. ábra és 3. ábrán az *a* tartomány).
2. A kétszeres gyújtótávolságban található tárgy ($t = 2f$) képe az objektív képoldalán a kétszeres gyújtótávolságban fektetett síkban jelenik meg ($k = 2f$). Ez esetben a keletkező kép *nagysága azonos a tárgy nagyságával, fordított állású és valódi* (2b. ábra és 3. ábrán a *b* pont).
3. A kétszeres gyújtótávolságon belüli tárgy ($t/f < 2$) képe az objektív képoldalán, a kétszeres gyújtótávolságon kívül fekvő síkban helyezkedik el ($k/f > 2$). A kép *fordított állású és valódi, de nagyobb mint a tárgy, azaz nagyított fényképet kapunk* (2c. ábra és 3. ábrán az *c* tartomány). Elméletileg a tárgyat a gyújtótávolságig közelíthetjük, amikor a fordított és nagyított kép a végtelenben keletkezik.

Az objektívek gyújtótávolsága állandó – a változtatható gyújtótávolságú objektívek kivételével – így fényképezés előtt az objektívet a távolságtörvény szerint olyan távolságra kell a képfelvető síkjától beállítani, hogy ezen a tárgyról éles kép keletkezzen. Az objektívet egy menetes, gyűrűs szerkezet segítségével állíthatjuk be. Az élességállítási lehetőség az objektív szerkezeti tulajdonságaitól függ. Általában 1 m-től végtelenig terjedhet, de a különleges objektíveknél ennél sokkal közelebb levő tárgyak képét is élesre lehet állítani.



2. ábra

Az objektívek képalkotása a tárgy távolság függvényében

- a). végtelen és kétszeres gyújtótávolság között: $t > 2f$
- b). kétszeres gyújtótávolságnál: $t = 2f$
- c). kétszeres gyújtótávolságon belül: $t < 2f$

Ha a (7) kifejezésbe behelyettesítjük a távolságtörvény (4) összefüggéséből származó viszonylagos képtávolságot vagy tárgy távolságot, akkor:

$$\beta = \frac{1}{\tau - 1} \quad (8)$$

illetve:

$$\beta = \kappa - 1 \quad (9)$$

Az előbbi összefüggésből láthatjuk, hogy a fényképezési arány $\kappa = k/f$ viszonylagos képtávolsághoz képest 1-el kisebb. Ezért a 3. ábrán levő grafikon ordinátatengelyéről a fényképezési arány értékeit is leolvashatjuk.

A fényképezési arány a különböző képalkotási módozatok függvényében a következőképpen alakul:

3.5.2. Fényképezési arány

Fényképezési vagy a leképezési arányon a K képnagyság és a T tárgynagyság viszonyát értjük (2a. ábra). Ez megmutatja, hogy a kép nagysága hányad része a tárgy nagyságának:

$$\beta = \frac{K}{T} \quad (5)$$

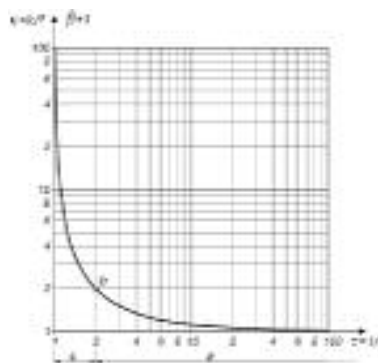
A fényképezési arányt a 2a. ábrán látható ABO és CDO háromszögek hasonlósági arányából számíthatjuk ki:

$$\beta = \frac{k}{t} \quad (6)$$

vagy:

$$\beta = \frac{\kappa}{\tau} \quad (7)$$

A fényképezési arány meghatározása különösképpen a közelfényképezésnél és a nagyítógépeknél fontos. Felvetődik az a kérdés, hogy egy adott gyújtótávolságú objektívvel a tárgy távolság és a képtávolság függvényében milyen fényképezési arányt érhetünk el.



3. ábra

A távolságtörvény grafikus ábrázolása

1. Az elméleti végtelenben levő tárgy ($t \rightarrow \infty$) esetében a fényképezési arány zérus: $\beta = 0$. Tehát a végtelen messzeségben levő tárgy tulajdonképpen egy pontnak látszik. A távoli, de nem a matematikai végtelenben fekvő tárgy esetében, vagyis amikor a tárgy távolság az objektív gyújtótávolságának többszöröse ($t/f \gg 1$), a fényképezési arány a zérusnál nagyobb tizedes tört: $\beta \cong f/t$, tehát a keletkező kép kicsinyített. Ha a t tárgy távolság csökken, akkor a fényképezési arány nő. Ahogy a tárgy távolság közeledik a kétszeres gyújtótávolsághoz ($t/f = 2$), úgy közeledik a fényképezési arány is 1-hez (2a. ábra és 3. ábrán az a tartomány). Ha a t tárgy távolságot nem csökkenthetjük, mivel nem tudunk a tárgyhöz közelebb kerülni, de azért szeretnénk a fényképezési arányt növelni, akkor az objektív f gyújtótávolságát kell növelnünk, vagyis nagyobb gyújtótávolságú objektívet, ún. teleobjektívet kell használnunk.
2. A kétszeres gyújtótávolságban elhelyezett tárgy ($t = 2f$) esetében a fényképezési arány 1. Ebben az esetben a kép nagysága azonos a tárgy nagyságával (2b. ábra és 3. ábrán a b pont).
3. A kétszeres gyújtótávolságon belül fekvő tárgy ($t/f < 2$) esetében a fényképezési arány értéke 1-nél nagyobb. Tehát a kép nagyobb, mint a tárgy, azaz nagyított fényképet kapunk (2c. ábra és 3. ábrán az c tartomány).

Általában a fényképezési arány felső határértéke 4 - 5 körül mozog. Bármely fényképezőgéppel a tárgyat addig közelíthetjük meg, vagyis addig növelhetjük a fényképezési arányt, ameddig megengedi a gép objektívjének menetes élességállító szerkezete. Egy normál fényképezőgépnél általában a fényképezési arány nullától 0,1-ig terjed. A 0,1 értékhatár felett kezdődik a közelfényképezés és a reprodukció területe. Ennél a fényképezési aránynál, amint a (8) és a (9) összefüggésekből megállapíthatjuk, a tárgy távolság $t = 9f$ és a képtávolság pedig $k = 1,1f$. Ha közelebb kerülhetünk a tárgyhöz, akkor a fényképezési arány kétféleképpen növelhető: vagy a kihuzat növelésével, vagy előtétlencsével. A kettős kihuzatú fényképezőgépeknél, amint az elnevezésük is mutatja, a képtávolság a fókusztávolság kétszeresére növelhető, ezzel a legnagyobb elérhető fényképezési arány 1. Ha tovább szeretnénk növelni a fényképezési arányt, akkor ezt közgyűrűkkel tehetjük meg. Közgyűrűs berendezéssel a képtávolságot annyira meg lehet növelni, hogy 2 - 5 fényképezési arányt is elérhetünk. A kihuzat növelése nélkül a fényképezési arányt előtétlencsével lehet növelni. Az előtétlencse csökkenti az objektív gyújtótávolságát. A kisebb gyújtótávolság miatt $\kappa = k/f$ viszonylagos képtávolság nagyobb lesz és ennek megfelelően a fényképezési arány is növekszik. Előtétlencsével 0,6 - 0,8 fényképezési arányt kaphatunk. Az előtétlencse rendszerint rontja az objektív képalkotási tulajdonságait, ezért kevésbé elterjedt módszer.

Irodalom

- 1] Holló D., Kun M., Vásárhelyi I. – Amatőrfilmes Zsebkönyv; Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1972
- 2] Kunz A., Samplamský D. – Fotobastelbuch, VEB Fotokinoverlag Leipzig, 1970
- 3] Szalay B.: Fizika; Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1982
- 4] Szita P. : A mélységélesség. FOTO-LISTA KÉPTÁR, <http://stargate.eik.bme.hu/foto/kisokos/dof/index.htm>
- 5] Szita P. : Hiperfokális távolság. FOTO-LISTA KÉPTÁR, <http://stargate.eik.bme.hu/foto/kisokos/hiperfokalis/index.html>
- 6] Vas A.: Fotográfia távoktatási modul fejlesztése: III. Modultankönyv, 2000, Dunaujvárosi Főiskola; <http://indy.polioid.hu/program/fotografia/tankonyv.htm>

Kaucsár Márton