

# Csillagászati észlelés gyakorlat I.

## 3. óra: Optikai alapfogalmak

Hajdu Tamás & Skobrák Tibor & Perger Krisztina & Bőgner Rebeka

2017. október 12.

### 1. Optikai alapfogalmak

Az emberi szem, az elektromágneses sugárzás töredékét képes érzékelni: ezt látható (optikai) tartománynak nevezzük, hullámhossza 380 nm–760 nm. A pupilla tágulásával és szűkítésével (2-8 mm, normál állapotban 4 mm) szabályozni tudjuk a szemünkbe jutó fény mennyiségét.

#### 1.1. Felbontóképesség

Az emberi szem felbontóképessége  $\sim 1'$  normál fényviszonyok mellett.

A felbontóképesség az a legkisebb távolság két pont között, mely esetén az adott optikai rendszer (szem, távcső) még el tudja különíteni a két pontot. Az emberi szem esetén, a tisztánlátás távolságában ez 0,08 mm. A tisztánlátás távolsága az a legkisebb távolság, ahol az adott tárgyat még élesen látjuk. Ez azt jelenti, hogy az emberi szem nem tud akármilyen közelre fókuszálni: az átlag felnőttél a tisztánlátás távolsága kb. 25 cm az a távolság.

A szem színfelbontása ennél sokkal rosszabb. (8 – 10')

#### 1.2. Nyílászviszony

Nyílászviszonynak hívjuk az objektív, illetve az apertúra és a gyújtótávolság hányadosát ( $f/D$ ).

Blendézéssel csökkenthetjük a nyílást és ezzel a nyílászviszonyt is. Gyakorlatban szokás a fényerőt is használni. (Jelölés pl.:  $F/5$ . Ez azt jelenti, hogy a fókusztávolság/objektív átmérő = 5.)

Csillag esetén a bejövő fény egyetlen pontban összpontosul: a fényesség az átmérőtől ( $D$ ) függ.

Kiterjedt objektum esetén a fókusztávolság is számít. 3x nagyobb gyújtótávolságú távcső képeinek mérete minden irányban 3x nagyobb lesz, tehát 9x nagyobb területre oszlik el ugyanaz a fényesség.

### 1.3. Képméret

Egy  $1^\circ$ -os nyíláshoz tartozó képméret annál nagyobb, minél távolabb keletkezik az egy fokalós kép, vagyis minél nagyobb a távcső gyújtótávolsága.

A kép méretét a következő módon lehet meghatározni:

$$k = 0,0175 \cdot \alpha [^\circ] \cdot f [\text{cm}]$$

$k$  a cm-ben megadott képnagyság,  $\alpha$  a leképezendő objektum szögnagysága és  $f$  a cm-ben megadott gyújtótávolság.

$$1^\circ \cdot \frac{2\pi}{360^\circ} = 0,0175 [\text{rad}]$$

### 1.4. Nagyítás

A nagyításnak alsó és felső határa is van. A Cél az, hogy a fénygyűjtőképességet maximálisan kihasználjuk.

Az okulárból kilépő sugárnyaláb átmérője a távcső kilépő pupillájának nevezzük.

**Távcső nagyítása** = objektív átmérője / kilépő pupilla átmérője

Emellett használják még az objektív és okulár fókusztávolságainak arányát is.

$$N = \frac{D_{\text{ob}}}{D_{\text{ok}}}$$
$$N = \frac{f_{\text{ob}}}{f_{\text{ok}}}$$

A távcső által befogott fény mennyiségét akkor használjuk fel teljesen, ha a távcső kilépő pupillája nem nagyobb, mint a szemünk pupillája, azaz 8 mm. Amennyiben ennél kisebb nagyítást használunk, akkor a fény egy része elvész.

**Minimális hasznos nagyítás** = objektív átmérője mm-ben / 8 mm

$$N_{\text{min}} = \frac{D_{\text{ob}}}{8 \text{ mm}}$$

→ a  $D/8$  értékű nagyítás az optimális, tehát a cm-ben mért objektívátmérő 1,25-szerese.

A másik határt a **felbontóképesség** szabja meg. A fény az objektív peremén elhajlik, így a pontszerű csillag köré szorosan sorakozó színes gyűrűk csatlakoznak (diffrakciós kép). Minél kisebb az objektív átmérője, annál szorosabbak ezek a fénygyűrűk. A csillag képe annál nagyobb, minél kisebb az objektív átmérője.

Az elhajlási gyűrű átmérője:

$$d[\text{''}] = 206265 \frac{\lambda}{D [\text{cm}]} \cdot 1,22$$

Ha két csillag szorosan egymás mellett van, akkor a diffrakciós gyűrűk egybeolvadnak, és a távcső nem tudja különválasztani a két csillagot.

Látható, hogy a felbontóképesség függ a fény hullámhosszától. A sárga fény hullámhosszára felírva a képlet a következő alakra egyszerűsödik:

$$d['] = \frac{11,6}{D [\text{cm}]}$$

A fenti összefüggés nem veszi figyelembe a **levegő** fénytörését: nagyon ritka, hogy 1'' alatti pontosságot el lehessen érni mindenféle trükközés nélkül.

**Felső hasznos nagyítás**= a távcső átmérőjének 5-szöröse. Ekkor már az 1'' nagyságú elemeket is láthatjuk.

$$60'' = N \frac{12}{D [\text{cm}]}$$

$$N = \frac{60}{12} D [\text{cm}]$$

(1'' → 1' átváltásból, a szem felbontása miatt; 11,6-ból lett a 12)

Ennek többszörösét azért célszerű használni, hogy a szemidegek fáradtság nélkül szemlélhessék a részleteket.

A nagyítás fokozásával nő a képméret, de az élesség csökken, ez az úgynevezett **üres nagyítás**.

## 1.5. Határmagnitúdó

A begyűjtött fény mennyisége az objektív átmérőjének négyzetével arányos. A pupilla átmérőjét vegyük 6 mm-nek. A műszerben annyszor halványabb csillagokat észlelünk, ahányszor nagyobb az objektív felülete a szemlencse felületénél.

$$\frac{I_1}{I_2} = \left( \frac{D [\text{mm}]}{6 \text{ mm}} \right)^2$$

$$\Delta m = 2,5 \log \left( \frac{D [\text{mm}]}{6 \text{ mm}} \right)^2$$

Szabad szemmel maximum 6,5<sup>m</sup>-ig látunk.

$$HMG = m_{\text{szabadszem}} + \Delta m = 6,5 + 2,5 \log \left( \frac{D [\text{mm}]}{6 \text{ mm}} \right)^2$$

## 1.6. Látszó szögátmérő

Fontos lehet számunkra az is, hogy tudjuk, hogy egy kiterjedtebb objektum „benne van-e a képben”. Ennek megbecslésére szolgál a látszó szögátmérő, amit a következő módon lehet kiszámolni:

$$\frac{\alpha_{\text{ok}}}{N} = \alpha_{\text{latszo}}$$

## Források:

- [www.mcse.hu](http://www.mcse.hu)

## Feladatok:

1. Határozzuk meg egy 200/1000-es távcső tulajdonságait!

Megoldások:

- Felbontóképesség:  $0,58''$
  - Nyílászviszony:  $F/5$
  - Minimális hasznos nagyítás:  $25\times$
  - Felső hasznos nagyítás:  $100\times$
  - Határmagnitúdó:  $14,11^m$
2. Ha az előzőekben használt eszközhöz egy 25 mm-es kb  $50^\circ$ -os látómezejű okulárt használunk, akkor mekkora lesz a nagyítás és a látószög?
- Nagyítás:  $40\times$
  - Látószög:  $1,25^\circ$
3. Állítsd felbontás szerint csökkenő sorrendbe a következő eszközöket: 20 cm-es Newton távcső, 3 méteres távoli infravörös ( $\sim 100$  mikron) teleszkóp, illetve 300 méteres rádiótávcső (a fél méteres hullámhossztartományban)! (4 pont)

*Megoldás:* A felbontóképesség a arányos  $\frac{\lambda}{D}$ -vel, ahol  $\lambda$  a hullámhossz,  $D$  a távcső átmérője.

A hullámhosszakat azonos mértékegységre kellett hozni.

Látható	$\sim 450$ nm	$400 \cdot 10^{-9}$ m
Infravörös	$\sim 100$ mikron	$100 \cdot 10^{-6}$ m
Rádió	0,5 m	$5 \cdot 10^{-1}$ m

A hullámhossz-értékeket leosztva a távcsövek átmérőjével megkapjuk a sorrendet. A legpontosabbal kezdve: Newton, Infra, Rádió.

4. A Ceres törpebolygó tőlünk  $d = 231419582$  km-re van. Egyenlítői sugara:  $r = 487,3$  km. Látszó fényessége  $m = 9,32^m$ . Legalább mekkora távcső szükséges ahhoz, hogy láthassuk? Mekkora a látszó szögátmérője? Mekkora távcső kéne hogy egy 100 km-es objektumot rajta észlelni tudjunk?

Megoldás:

- Átmérő (HMG-hez):  $D = 21,986$  mm
- Látszó szögátmérő:  $\arctan \frac{r}{d} \approx 0,43''$  ·2 az átmérőhöz,  $\alpha = 0,86''$
- Látszó szögátmérő (100 km):  $\arctan \frac{50 \text{ [km]}}{d} \approx 0,0446''$  ·2 az átmérőhöz,  $\alpha = 0,089''$
- Szükséges átmérő:  $D = \frac{11,6}{\alpha \text{ ["]}} \approx 130$  cm