



# Fotometrie s CCD

## *Základní metody*

FH



# Fotometrie

- Fotometrie je měření množství záření v optickém oboru.
- Jde o měření energie elmag záření v rozsahu daném citlivostí lidského oka (ne jinde!).
- V SI je základní fotometrická jednotka kandela pro svítivost. Odvozená jednotka pro osvětlení pak je lux.
- V astronomii nelze z formálních důvodů fotometrické jednotky používat, protože citlivost CCD detektorů je odlišná od oka.



# Astronomická fotometrie

- Astronomická fotometrie je měření množství energie záření v určitém spektrálním oboru.
- Na měření používáme běžné fyzikální jednotky pro energii a její toky vztažené k určitému spektrálnímu intervalu.
- V optickém oboru se používají fotometrické systémy (UBVRI, uvby, ...) pro lepší srovnávání dat z různých zařízení a studium různých typů objektů.



# CCD fotometrie

CCD kamera je tzv. zobrazovací detektor, který zaznamenává obraz vytvořený v ohniskové rovině objektivem dalekohledu. Ten je možné na různých místech zobrazit jako světlejší nebo tmavší a to úměrně počtu dopadajících fotonů.

CCD detektor je schopen zachycené fotony po určité době sčítat (integrovat) a převést na elektrický signál (zdigitalizovat).



# Fotometrické informace

Ze snímků lze získat dva základní typy informace:

- o poloze a úhlovém vzezření objektu
- o toku energie (jasnosti) daného objektu

Nicméně, oba typy informace jsou většinou vzájemně kombinované tím, že se žádný objekt nezobrazí pouze na jeden pixel.



# Získání fotometrické informace

Obecně existují dvě základní metody na získání fotometrické informace ze snímku hvězdného pole:

- aperturní fotometrie
- profilová fotometrie



# Aperturní fotometrie

Jde o sečtení veškerého signálu od daného objektu v uměle vytvořené clonce (apertuře).  
Vlastnosti:

- snadné použití bez komplikovaných matematických postupů
- můžeme použít na libovolný tvar objektu
- nedosahuje takové přesnosti a nepoužitelná v hustých hvězdných polích (hvězdokupy)
- nehodí se příliš na skutečný odhad celkového toku, ale spíše na diferenciální fotometrii podobně jasných hvězd



# Profilová fotometrie

Měřeným profilem hvězdy se proloží vhodný profil a z něj se odvodí měřený signál.

Vlastosti:

- její použití je poměrně komplikované, musí se sestavit průměrný obraz hvězdy - point spread function (PSF) a ten použít na odhad signálu
- je poměrně přesná a robustní (necitlivá na náhodné chyby a šumy)
- použitelná i v hustých hvězdných polích
- ideální pro měření signálů od hvězd



# Zadání cvičení - aperturní fotometrie I.

Úkolem je odhadnout signál od určité hvězdy pomocí aperturní a profilové fotometrie v relativních jednotkách ADU. Jako obvykle odhadujeme včetně standardních odchylek. Postup (aperturní fotometrie):

1. Odhadněte úroveň oblohy  $B_A$  na základě minimálně 30 pixelů dostatečně daleko od objektu.

# Zadání cvičení - aperturní fotometrie II.

2. Sečtěte signál od hvězdy  $D_{ij}$  v kruhovém okolí kolem nejjasnějšího pixelu hvězdy. Od měřené intenzity přitom odečítejte i úroveň oblohy ( $I_{ij} = D_{ij} - B_A$ ,  $I = \sum I_{ij}$ ). Použijte různě velké clonky.
3. Vypočtěte instrumentální magnitudu  $m = 25 - 2.5 \log_{10} I$  (kde  $I$  je signál od hvězdy s odečtenou úrovní oblohy) a zjistěte jestli odpovídá magnitudě z předchozího cvičení. Proč závisí magnituda na velikosti clonky? Diskutujte proč si magnitudy neodpovídají s magnitudou spočtenou munipackem.

# Zadání cvičení - profilová fotometrie I.

Základem profilové fotometrie je proložit daty vhodný profil. Použijeme například:

$$G_{ij} = G_0 e^{-(i-i_0)^2 - (j-j_0)^2 / 2\sigma^2} + B_P$$

kde:  $G_{ij}$  je profil v bodě  $(i, j)$ , střed hvězdy je v  $(i_0, j_0)$ ,  $B_P$  je úroveň oblohy a  $\sigma$  je pološířka profilu.

# Zadání cvičení - profilová fotometrie II.

Postup (profilová fotometrie):

1. Odhadneme pološířku profilu:

$$h_x^2 = \frac{\sum I_{ij}(i - x_c)^2}{\sum I_{ij}}, \quad h_y^2 = \frac{\sum I_{ij}(j - y_c)^2}{\sum I_{ij}}$$

$$\sigma = (h_x^2 + h_y^2)/2$$

2. Metodou nejmenších čtverců odhadneme parametry  $G_0$  a  $B_P$ . Na jejich základě pak odhadněte celkový signál. Porovnejte se signálem získaným předchozí metodou.



# Reference

---

- Sterken, Ch., Manfroid, J: Astronomical photometry, A Guide, Kluwer Academic Press, 1992
- Buil, Ch.: CCD Astronomy, Willmann-Bell Inc., 1991