Magnitudová kalibrace

Aperturní nebo profilovou fotometrií jsme zjistili tzv. *relativní* magnitudy hvězd na CCD snímku. Název pochází z toho že jsme schopni velmi přesně určit poměr intenzit nebo-li rozdíl magnitud mezi hvězdami na snímku, čili relativní magnitudy ovšem pouze mezi hvězdami na jednom snímku. Nezřídka potřebujeme znát víc.

V zásadě se lze setkat s několika různými okolnostmi, kdy nám znalost relativní magnitudy nestačí, protože potřebujeme:

- srovnat data z různých snímků a nocí
- srovnat data z různých dalekohledů nebo stanic
- srovnat data z různých filtrů
- určit množství dopadajícího světla v absolutních jednotkách

Proto potřebujeme z dat odvodit barevné korekce a korekce na atmosferickou hmotu.

Atmosferická extinkce

První věc se kterou se musíme vyrovnat je atmosféra Země. Světlo je v ní částečně oslabeno bohužel v závyslosti na mnoha faktorech jako je například nadmořská výška pozorovatele nebo výška objektu nad obzorem. Proto se používá redukce pozorování na mimoatmosferické magnitudy. Tedy z měření na zemském povrchu se určuje jaká je hodnota nějaké veličiny mimo atmosféru země.

Ze zkušenosti víme, že světlo se v zemské atmosféře pohlcuje a to tím víc, čím větší dráhu v atmosféře světlo urazí. Navíc se mění jeho barevné složení.

Oba jevy můžeme snadno pozorovat i v běžném životě. Absorpce se projevuje jako zákal v nízkých vrstvách atmosféry a barevné změny zná každý návštěvník zakouřené restaurace kde se vznáší jen modravý kouř.

V případě, že uvažujeme jen pohlcení světla, pak je světelná intensita I_0 při průchodu vrstvou o tloušťce Δx a hustotě ϱ ztlumena na hodnotu I. Přitom záření prochází prostředím s účinným průřezem σ:

$$\frac{\Delta I}{\Delta x} = -\sigma \rho I$$

s koeficientem úměrnosti $\kappa = \sigma\rho$ pak je řešením rovnice upravená do magnitudové škály Pogsonovou rovnicí:

$$m = m_0 + kX + k''XC$$

kde X je tzv. vzdušná hmota, tedy veškerá hmota vzduchu sečtená podél dráhy paprsku v atmosféře. Její odhad je přirozeně komplikovaný například změnou hustoty atmosféry, výškou nad obzorem, ale přesto lze odvodit jednoduchý vztah

$$X = \sec z(1 - 0.0012(\sec^2 z - 1))$$

který se v podstatě s dostatečnou přesností redukuje na

$$X = \frac{1}{\cos z}$$

pro zenitové vzdálenosti z do 60° (tedy pro výšky nad obzorem nad 30°). Je až s podivem, jak tato tzv. planparalelní aproximace vzdušné hmoty dobře funguje.

Druhý člen v rovnici s parametrem C je korekce na zčervenání světla kterou lze obvykle mimo město zanedbat. V Brně ale může být významná. Je tím větší čím více se liší barvy hvězd, čím je objekt níže nad obzorem a čím je zaprášenější atmosféra.

Metody na určení mimoatmosferické magnitudy hvězdy m_0 vycházejí z této rovnice. Stačí změřit magnitudu určité hvězdy v různých výškách nad obzorem a vypočíst extinkční koeficient a mimoatmosferickou magnitudu. Existují dva různé postupy na jejich určení.

Metoda Bouguerových přímek měří tutéž hvězdu v různých časech během stoupání nebo klesání objektu při denní pohybu po obloze. Výhoda této metody je jednoduchost. Stačí používat jen jednu hvězdu ještě nemusíme znát její katalogovou jasnost. Nevýhodou je, že měření zabere mnoho času s v případě, že se během noci mění extinkce dává zcela chybné výsledky.

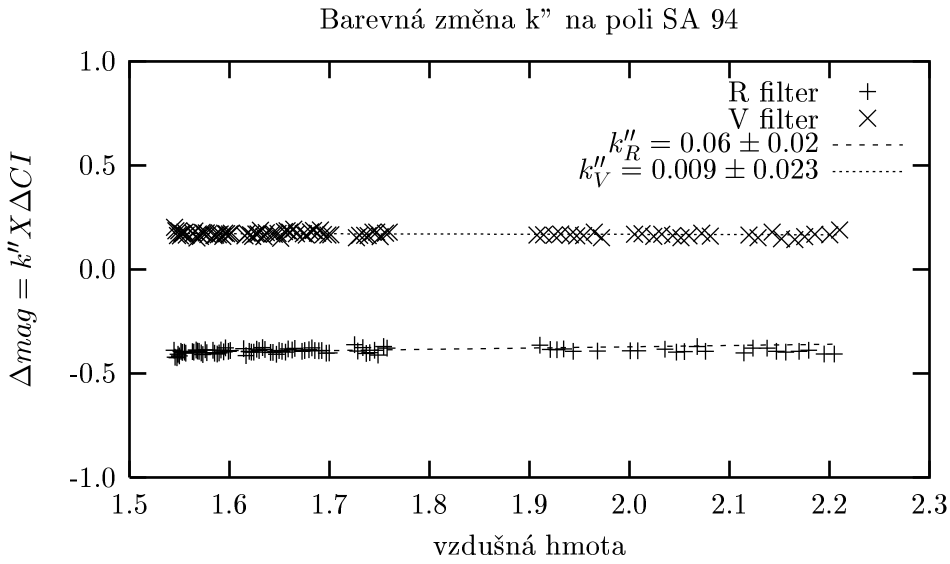
Metoda která nemá ustálený název doporučuje měřit dvě nebo více polí se známými hvězdami v různých výškách nad obzorem. Přepsání rovnic pak vede na vztah ze kterého jsme schopni určit mimoatmosferickou magnitudu a extinkci. Tato metoda je rychlá a jednoduchá na pozorování takže se často používá. Vyžaduje komplikovanější zpracování. Selhává v případě, že po obloze není extinkce stejná (skryté mraky).

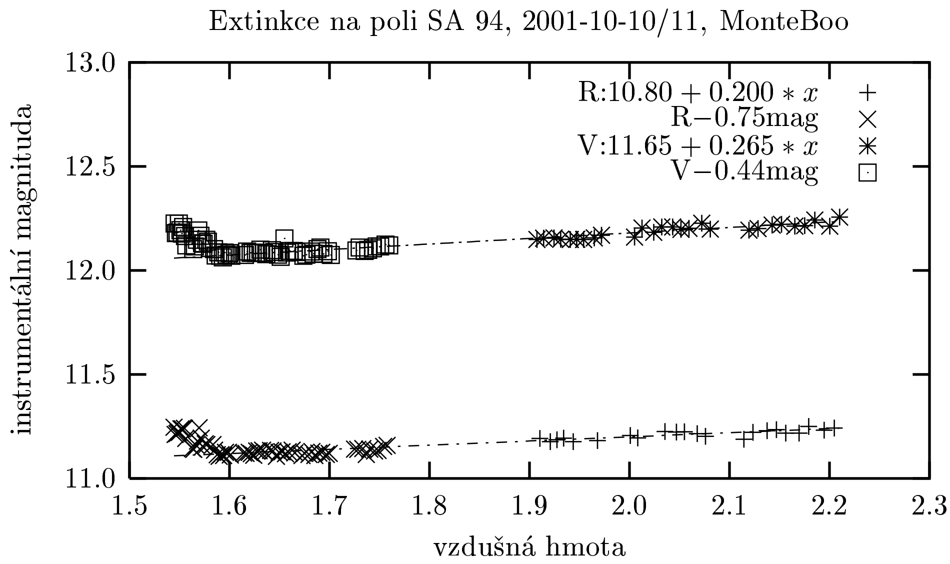
Úkoly:

- změřte hvězdy standardním hvězdném poli pro několik vzdušných hmot, nejlépe při jeho denním pohybu

- vypočtěte pro tyto měření vzdušné hmoty, vyneste do grafu a proložením vypočtěte extinkční přímku, pokuste se určit chyby parametrů, barevné členy neberte v úvahu

- vypočtěte změnu magnitudy v důsledku barevné extinkce, na určení barevného indexu použijte katalogové hodnoty, opět se pokuste určit chyby parametrů přímky


Barevná změna k" na poli SA 94
R filter
V filter
$k''_R = 0.06 \pm 0.02$
$k''_V = 0.009 \pm 0.023$
$\Delta mag = k'' X \Delta CI$
vzdušná hmota
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
1.5
1.6
1.7
1.8
1.9
2.0
2.1
2.2
2.3


Extinkce na poli SA 94, 2001-10-10/11, MonteBoo
R:$10.80 + 0.200 * x$
R$-$0.75mag
V:$11.65 + 0.265 * x$
V$-$0.44mag
instrumentální magnituda
vzdušná hmota
13.0
12.5
12.0
11.5
11.0
1.5
1.6
1.7
1.8
1.9
2.0
2.1
2.2
2.3