

Barevná kalibrace

M 67

F. Hroch

ÚTFA

25. březen 2013

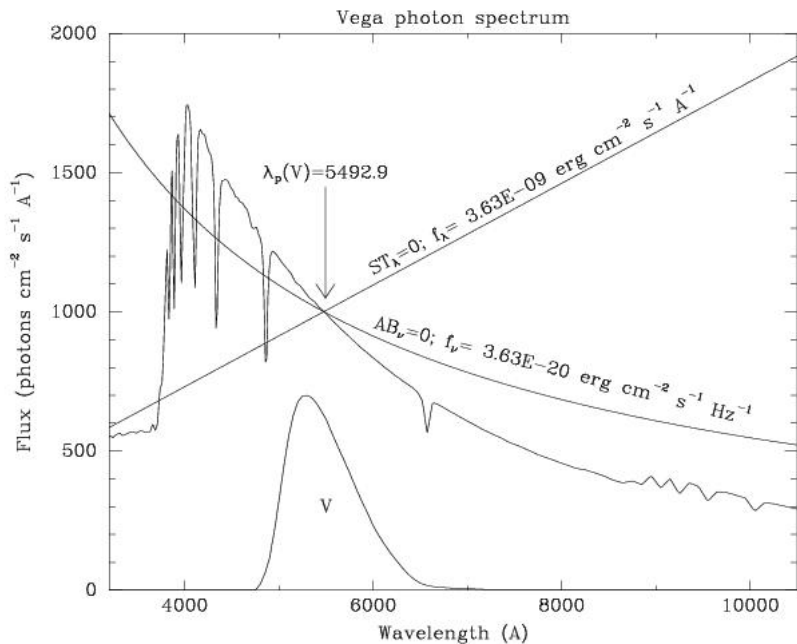
Vega

- ▶ historický základ většiny fotometrických systémů
- ▶ definováno ve filtru V , $m = 0$, $B - V = 0$
- ▶ Svítivost $L = 40L_{\odot}$
- ▶ Vzdálenost $d = 7.68$ pc
- ▶ světelný tok

$$F = \frac{L}{4\pi d^2}$$

$[\text{W}/\text{m}^2]$ $F = 2.27 \cdot 10^{-8} [\text{W}/\text{m}^2]$ (zachování energie, původní se musí rozprostřít na mnohem větší plochu)

Vega spectrum



V filtr

- ▶ Ve V filtru je definována hustota toku záření na 1 Hz
 $f_0 = 3600 \cdot 10^{-26} \text{ [W/m}^2\text{/Hz]}$
- ▶ Ve V filtr má efektivní vlnovou délku $\nu_{\text{eff}} = 550 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$ a šířku $\Delta\nu = 89 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$.
- ▶ Tok záření ve filtru s propustností $T_V(\nu)$ je

$$F_V = \int_0^{\infty} f(\nu) \cdot T_V(\nu) d\nu \approx f(\nu_{\text{eff}}) T(\nu_{\text{eff}}) \Delta\nu$$

- ▶ Pro ideální filtr u Vegy
 $f(\nu_{\text{eff}}) = f_0 = 3600 \cdot 10^{-26} \text{ [W/m}^2\text{/Hz]}$, $T = 1$ a tedy
 $F_V = 3.2 \cdot 10^{-9} \text{ [W/m}^2\text{]}$
Interpretace: filtr V propouští asi desetinu z celkového toku.

Fotonový tok

- ▶ Energie jednoho fotonu ve V filtru je
 $e = h\nu_{\text{eff}} = 3.6 \cdot 10^{-19}$ [J]
- ▶ Energie nesená více fotony $E = ne = nh\nu_{\text{eff}}$
- ▶ Pro fotonový tok ve filtru

$$\frac{E}{1\text{s}1\text{Hz}} \approx \frac{F}{\Delta\nu} \approx nh\nu_{\text{eff}}$$

$$n = \frac{F}{h\nu_{\text{eff}}} = \frac{f_0 \Delta\nu}{h\nu_{\text{eff}}}$$

pro Vegu vychází ve V filtru asi $8.8 \cdot 10^9$ [fotonů/s/m²]

Pro zajímavost, plocha lidského oka je $\pi \cdot 0.003^2$ m² a tedy

$n_{\text{oko}} = 2.5 \cdot 10^5$ [fotonů/s], pro magnitudy $m = 7$ je

$n_{\text{oko}} = 400$ [fotonů/s] (ale vadí i pozadí)

Fotonové toky pro magnitudy

$$n = \frac{f_0 \Delta\nu}{h\nu_{\text{eff}}} 10^{0.4m}$$

m	n [fotonů/s/m ²]	
0	$9 \cdot 10^9$	Vega
5	$9 \cdot 10^7$	oko
10	$9 \cdot 10^5$	
15	$9 \cdot 10^3$	ideální pro CCD
20	90	
25	0.9	

Kalibrační pole M 67

NGC 2682

[http://www4.cadc-ccda.hia-ihp.nrc-cnrc.gc.ca/
community/STETSON/standards/](http://www4.cadc-ccda.hia-ihp.nrc-cnrc.gc.ca/community/STETSON/standards/)

Kalibrace CCD

- ▶ Z kalibračního pole:

$$n = T(\nu_{\text{eff}}) \frac{f_0 \Delta \nu}{h \nu_{\text{eff}}} 10^{0.4m}$$

- ▶ Změřeno $s_V = g \cdot c$
- ▶ zjistíme účinnost

$$\eta = \frac{s}{n} \quad 0 \leq \eta \leq 1$$

$$, \eta = T(\nu_{\text{eff}})$$

Postup:

- ▶ na známých objektech zjistíme $\eta = s/n_{\text{known}}$
- ▶ neznáme vypočteme jako $n_{\text{unknown}} = s/\eta$

Platí pouze v případě, že instrumentální filtr je násobkem standardního $v(\nu) = xV(\nu)$.

$$\eta = \frac{\int f(\nu) T_v(\nu) d\nu}{\int f(\nu) T_V(\nu) d\nu} \approx \frac{T_V}{T_v}$$

Barevná kalibrace

- ▶ standardní filtr

$$F_V = \int_0^{\infty} f(\nu) \cdot T_V(\nu) d\nu$$

- ▶ instrumentální

$$F'_V = \int_0^{\infty} f(\nu) \cdot T'_V(\nu) d\nu$$

Požadujeme

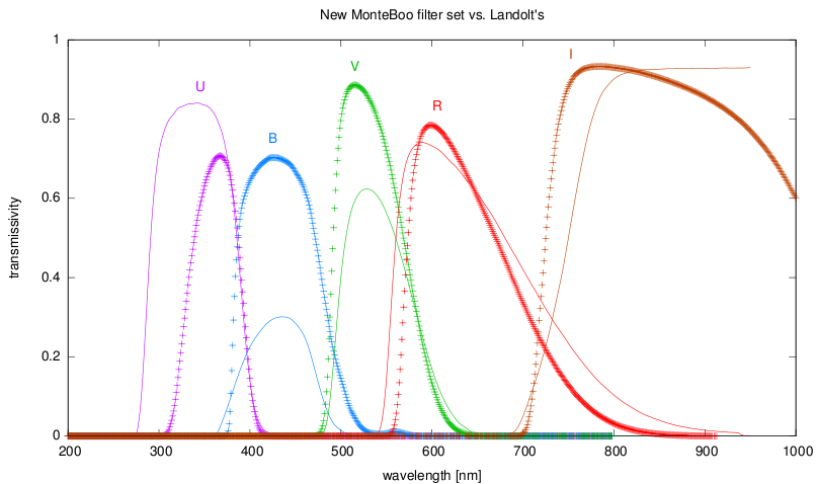
$$F_V \approx F'_V$$

aproximace profilu filtru

$$T_V(\nu) \approx aT'_V(\nu) + bT'_B(\nu)$$

obvykle $a \gg 0$, $b \approx 0$

Obvyklé filtry



Barevna kalibrace — II.

$$F_V \approx F'_V$$

$$\int_0^\infty f(\nu) \cdot T_V(\nu) d\nu \approx \int_0^\infty f(\nu) \cdot (aT'_V(\nu) + bT'_B(\nu)) d\nu = aF'_V + bF'_B$$

pro fotony $n = F/\Delta\nu$

$$n_V \approx \frac{1}{\eta_V} (aS_V + bS_B)$$

$$n_B \approx \frac{1}{\eta_B} (cS_V + dS_B)$$

$$n_V \approx (t_{11}S_V + t_{12}S_B)$$

$$n_B \approx (t_{21}S_V + t_{22}S_B)$$

Postup:

- ▶ na známých objektech zjistíme t_{ij}
- ▶ neznáme n_{unknown} vypočteme z t_{ij}^{-1}

alternativa: spočítáme a, b, \dots se znalostí profilu

Barevná kalibrace — III.

$$\frac{n_B}{S_V} = \frac{1}{\eta_V} \left(a + b \frac{S_B}{S_V} \right)$$

na dobré proložení přímky je nutné mít velký rozsah teplot (barev)
 $f(\nu)$