

# Večer s Venuší

F. Hroch

ÚTFA MU, Brno

16. březen 2009

# Atmosféra večera



Venus setting, 15. Nov 2008, Kotvrdovice CZ, Canon EOS 30D, F. Hroch

*Stopy nebeských objektů jsou díky refrakci zvednuté nad obzor a k západu se neblíží podél nebeských rovnoběžek.*

## Předzpracování

- vyvážení barev
- optimální zobrazení jasů
- přepočet posunutí
- seskládání
- astrometrická a fotometrická kalibrace

## Zobrazené výjevy

- refrakce
- extinkce
- jas oblohy
- barevné indexy

# Venuše ve vzdušném závoji Země

- Fascinující krása západů,
- nasvícení a barvy okolí,
- barvy a tvary zapadajících nebeských těles,
- deformace Slunce u obzoru,
- zelený záblesk.

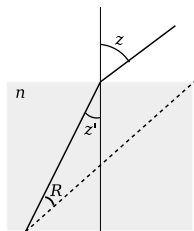


F.Kupka, Babylon (1906)



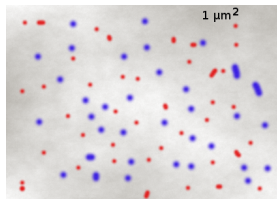
## Refrakce

- lom světla v atmosféře
- důsledek Snellova zákona:  $\sin z = n \sin z'$
- refrakční úhel:  $R = z - z' \approx (n - 1) \tan z'$ ,  
 $R \approx 1'$  pro  $45^\circ$
- nebeská tělesa vidíme v jiném směru než leží geometricky
- Slunce, Měsíc jsou při obzoru zdeformované



## Extinkce

- pohlcení a rozptyl světla v atmosféře
- část světla se k nám nedostane  $I = I_0 e^{-\kappa X}$
- důsledky: slábnutí světla hvězd k obzoru, jejich zčervenání





# Kotvrdovické letiště



- náhorní planina v Moravském krasu
- základna letky Valašského království
- <http://letiste.kotvrdovice.cz>
- 550 m nad mořem
- luxusní západní obzor
- sportovní letiště

Večer 18. listopadu 2008

- Kotvrdovické letiště
- 101 snímků zapadající Venuše
- minutové intervaly
- 15:30 – 17:20 UT
- čas  $\pm 30$  sekund



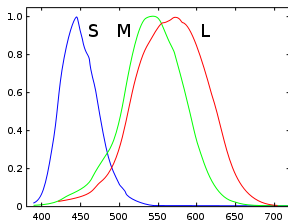
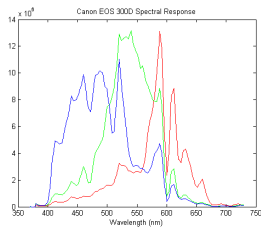
Vybavení

- digi-fotoaparát Canon EOS 30D
- citlivost ISO 1600
- objektiv EF-S 18 – 55 mm
- beze clony (f/5.7)
- trojnožka

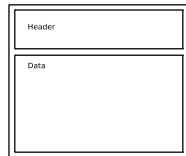
interval	počet	čas
15:35 – 15:49	15	1/100
15:50 – 16:00	9	1/10
16:01 – 16:15	13	1/2
16:16 – 16:39	23	4
16:40 – 17:18	38	8

## Astronomický pohled na barevný snímek

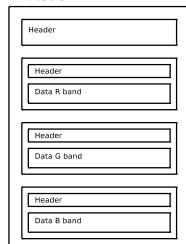
- snímek ve třech oborech
- seskládání barev
- vyvážení bílé
- barevná kalibrace



FITS CCD



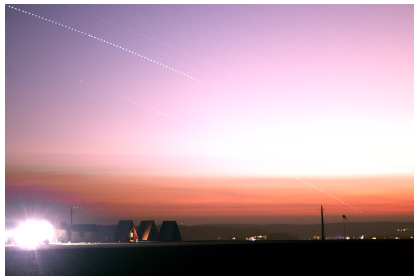
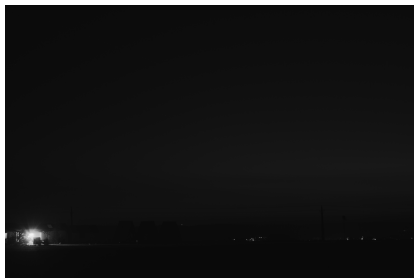
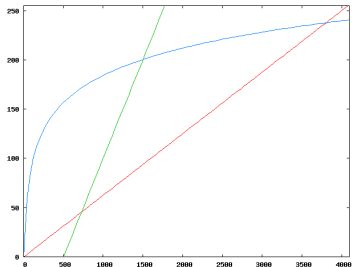
FITS DIGI



# Redukce dynamického rozsahu

Hledáme zobrazení z intervalu  
0 – 4096 do 0 – 255:

- lineární škálování
- lineární s odhadem
- nelineární (*asinh*)
- empirické škálování



# Posuv mezi snímky

Posuv mezi snímky v jednom směru:

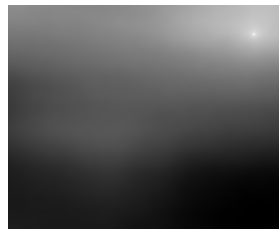
$$x' = a + x$$

Korelace

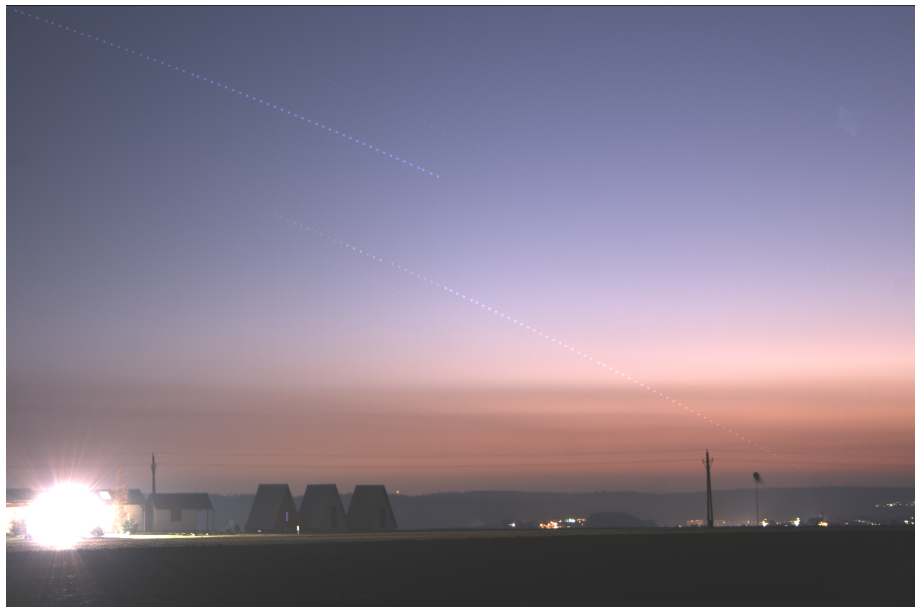
$$f \star g = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \cdot g(x + a) dx$$

Fourierova transformace

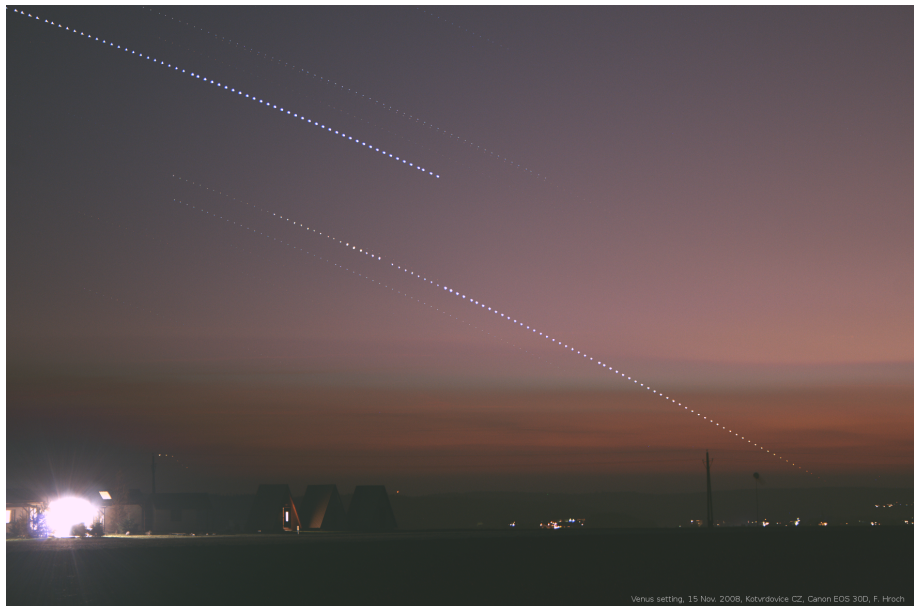
$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{i\omega x} dx, \quad f \star g = F^* \cdot G$$



# Průměrný snímek



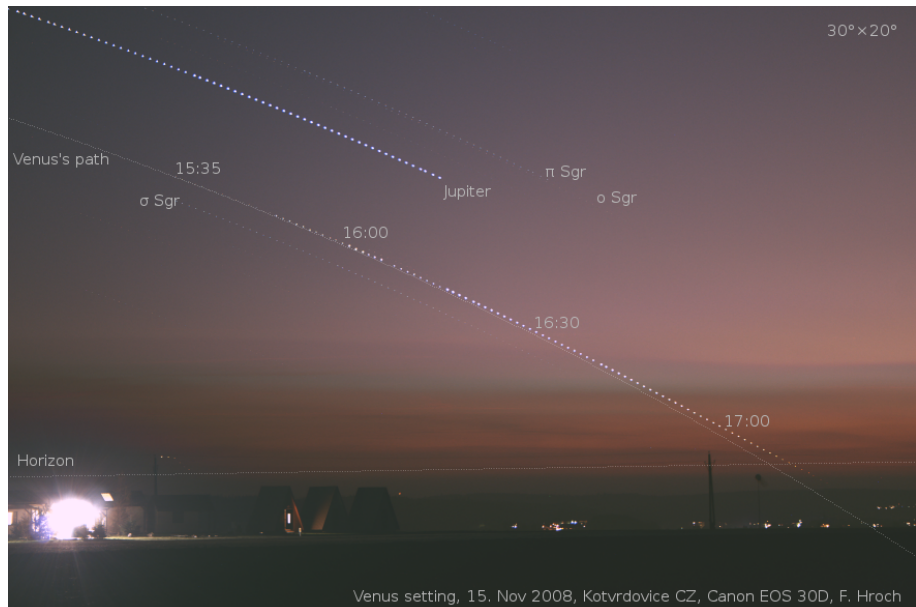
# ADD\_MAX snímek



Venus settlig, 15 Nov. 2008, Kátvrdovice CZ, Canon EOS 30D, F. Hroch



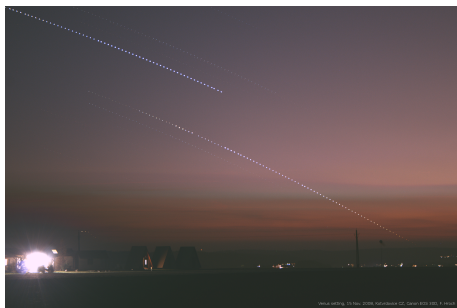
# Legenda



- Západ Venuše  
15. listopadu 2008
- výšky  $-0.5^\circ \dots 10^\circ$
- vzdušná hmota  $X = 4 \dots 45$

## Astrometrie

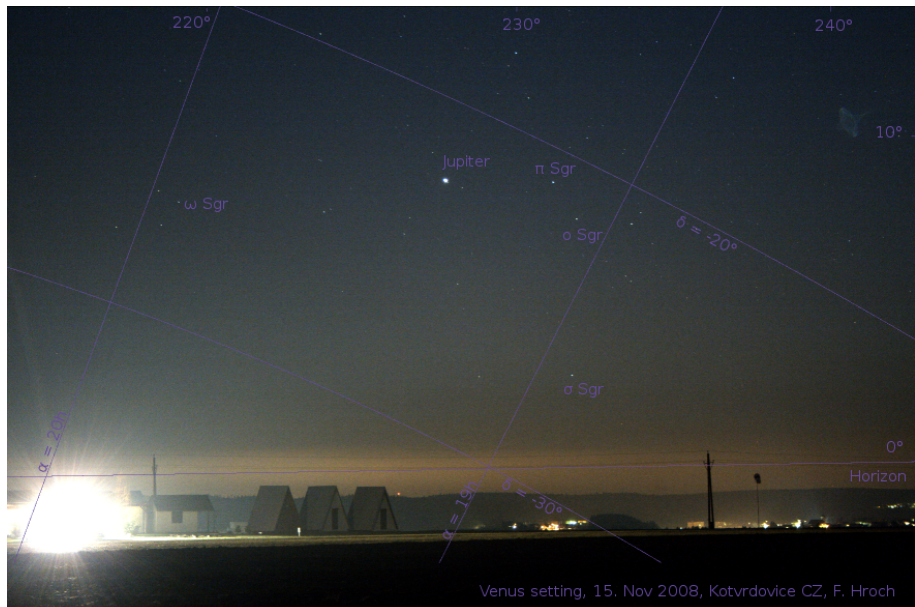
- gnómonická projekce
- přesnost 2 – 3 arcmin/pixely
- měřítko: 0.99 arcmin/pixel
- zorné pole:  $30^\circ \times 20^\circ$
- otočení kolem vertikály:  $1^\circ$



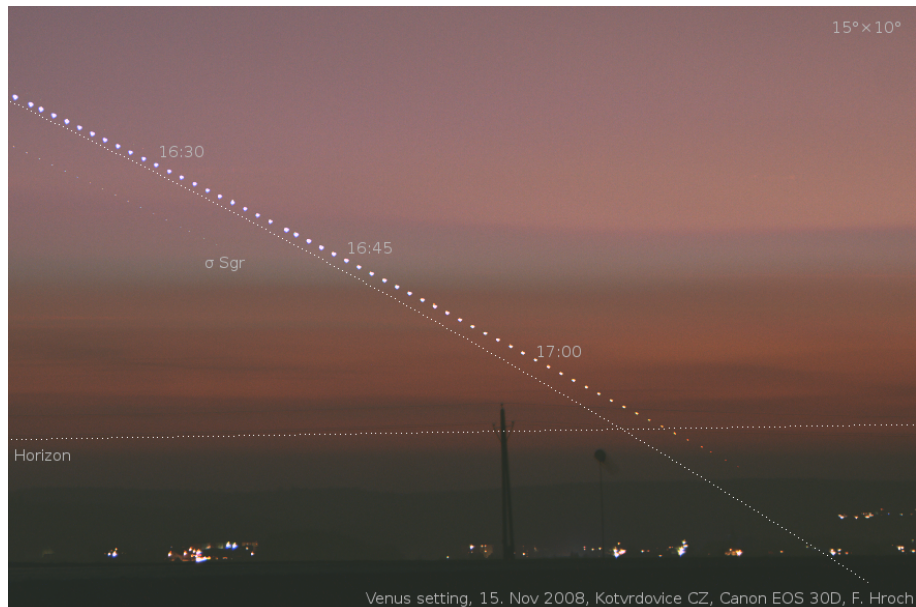
## Fotometrie

- aperturní v RGB
- kalibrace na Venuši
- bez korekčních snímků
- konstantní bias

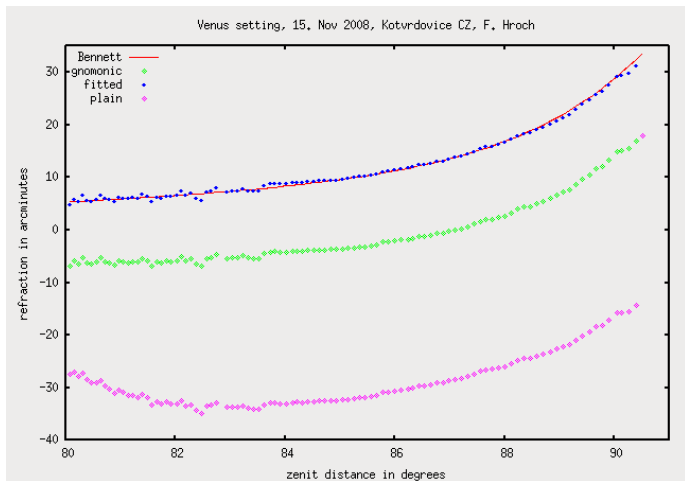
# Astrometrie



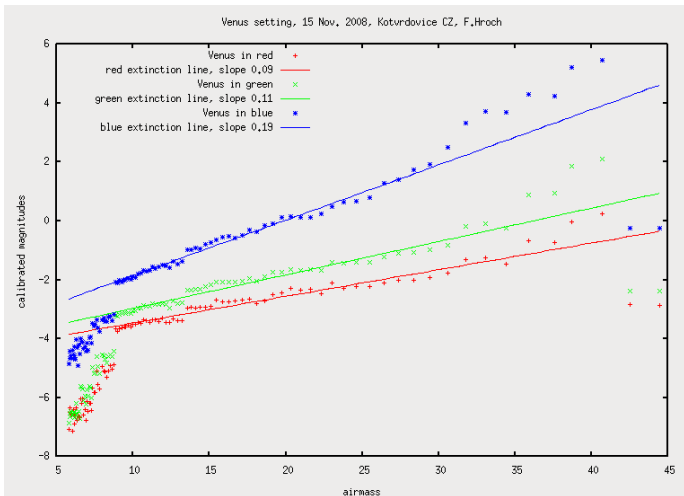
# Refrakce



# Refrakční graf

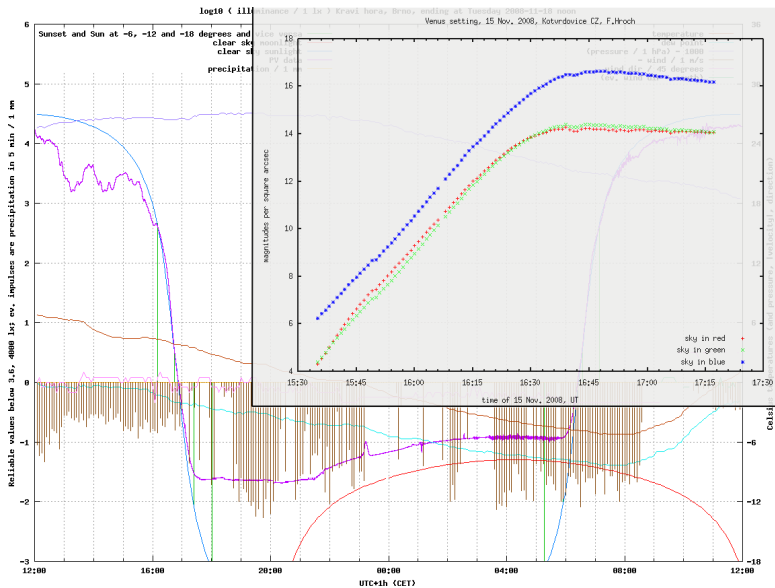


Klasicky:  $R \approx (n - 1) \tan z'$ , Bennett:  $R \approx 1 / \tan[h' + 7.31 / (h' + 4.4)]$

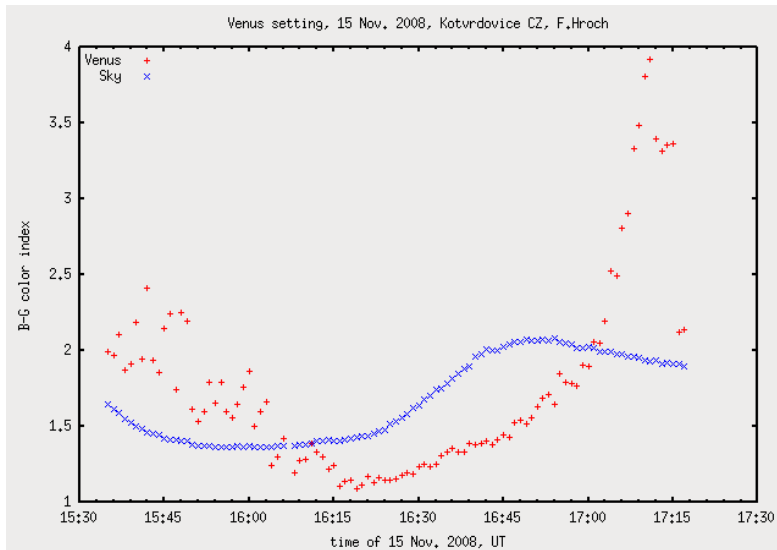


$B = 0.188 \pm 0.003$ ,  $G = 0.114 \pm 0.004$ ,  $R = 0.090 \pm 0.003$   
 kalibrace na Venuši, magnituda -4.1 (vizuálně)

# Magnituda oblohy



# Barva noční oblohy







Hodnota refrakce ve vzduchu

$$R \approx (n - 1) \sin z', \quad n = 1.000\ 292$$

Model pro index lomu

- obraz na snímcích vznikl součtem elmag. vln ze zdroje a vzduchu
- atomy vzduchu popisujeme dipólovým momentem  $p$  ( $= ed$ )
- pod působením vnějšího pole  $E(t)$  budou atomy kmitat

$$\ddot{p} + \gamma \dot{p} + \omega_0^2 p = \frac{e^2}{m} E, \quad p = \frac{e^2}{m} \frac{E}{\omega_0^2 - \omega^2 + i\gamma\omega}$$

- Index lomu ( $\omega = 1/\lambda$ )

$$n(\omega) = 1 + \frac{N_e e^2}{2\epsilon_0 m (\omega_0^2 - \omega^2)}$$



## Index lomu vzduchu

- závislost na hustotě
- závislost vlnové délce
- na složení
- invariant:  $nr \sin z = \text{const}$



## Rozptyl, absorpce a refrakce

- pozorujeme zelený záblesk
- barevné obrazy u obzoru
- imaginární část je rozptyl
- pozorujeme jako zčervenání



<http://monteboo.blogspot.com/2009/01/evening-with-venus.html>

- <http://amper.ped.muni.cz/light/luminance/PV/>
- <http://apod.nasa.gov/apod/ap040321.html>
- <http://djoye.chez-alice.fr/>
- Feynmanovy přednášky z fyziky

- 1 Úvod
- 2 Pozorování
- 3 Zpracování snímků
- 4 Astrometrická kalibrace
- 5 Atmosférická refrakce
- 6 Atmosférická extinkce
- 7 Index lomu vzduchu
- 8 Závěr