



Finále 2020/21, kategorie CD (1. a 2. ročník SŠ) – řešení Analýza dat

Úlohy

G Atmosférická extinkce

(max. 20 bodů)

Jako atmosférická extinkce se označuje snížení intenzity záření přicházejícího z vesmíru k povrchu Země vlivem rozptylu a absorpce v zemské atmosféře. Její velikost závisí na tloušťce vrstvy, kterou záření musí projít. Nejmenší hodnoty tedy dosahuje v zenitu, největší u obzoru. Hodnoty atmosférické extinkce závisí také na vlnové délce λ záření. Proto jsou různé hodnoty extinkce pro měření jasnosti různými fotometrickými filtry. V našich výpočtech si vystačíme s měřeními ve dvou filtrech, které označujeme jako **B** (blue) a **V** (visible).

Zavedme veličinu označovanou jako vzdušná hmota X , což je poměr optické tloušťky vrstvy atmosféry, kterou projde záření od hvězdy až k povrchu, ku optické tloušťce vrstvy směrem k zenitu. Pro směr k zenitu, tedy zenitovou vzdálenost hvězdy $z = 0^\circ$, dostáváme $X = 1$. Hvězdnou velikost m_λ mimo atmosféru je pak možné vypočítat z naměřené hvězdné velikosti $m_{\text{inst},\lambda}$ (obě ve filtru na vlnové délce λ) podle vztahu

$$m_\lambda = m_{\text{inst},\lambda} - K_\lambda X, \quad (1)$$

kde K_λ je extinkční koeficient. Ten je možné určit měřením jasnosti jedné neproměnné hvězdy v průběhu noci v různých výškách nad obzorem.

V tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty hvězdných velikostí ve filtrech **B** a **V** naměřené na jedné observatoři pro jednu hvězdu v průběhu jedné noci. Pro každé měření je rovněž uvedena hodnota vzdušné hmoty pro danou hvězdu v okamžiku měření.

Tabulka 1: Naměřená data pro jednu hvězdu v průběhu jedné noci (pro různé hodnoty X).

filtr B				filtr V			
X	$\frac{m_{\text{inst},B}}{\text{mag}}$	X	$\frac{m_{\text{inst},B}}{\text{mag}}$	X	$\frac{m_{\text{inst},V}}{\text{mag}}$	X	$\frac{m_{\text{inst},V}}{\text{mag}}$
1,224	17,303	1,223	17,309	1,228	16,302	1,227	16,302
1,977	17,477	1,430	17,351	2,030	16,415	1,422	16,312
1,949	17,474	1,591	17,373	2,006	16,408	1,561	16,351
1,235	17,287	1,609	17,372	1,228	16,278	1,581	16,337
1,233	17,288	1,857	17,435	1,227	16,280	1,918	16,383

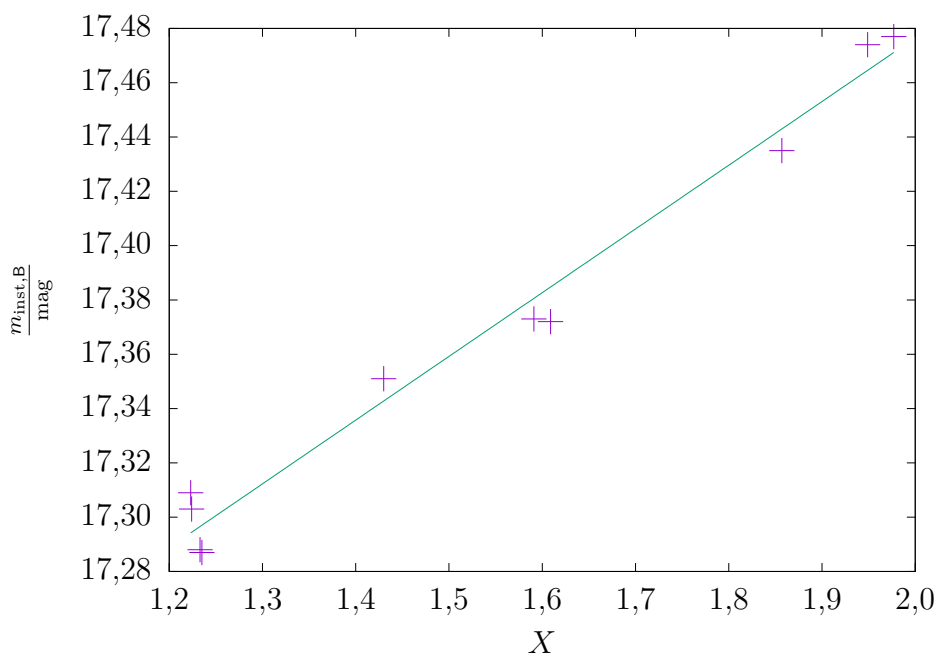
a) Vyneste data z tabulky 1 do dvou grafů $m_{\text{inst},\lambda}$ v závislosti na X (jeden graf pro každý z filtrů B a V). Grafy kreslete na příslušné milimetrové pole v odpovědním archu.

Vynesená data z tabulky 1 vidíme na obrázcích 1 a 2. Daty byly proloženy přímkami v souladu se vztahem (1).

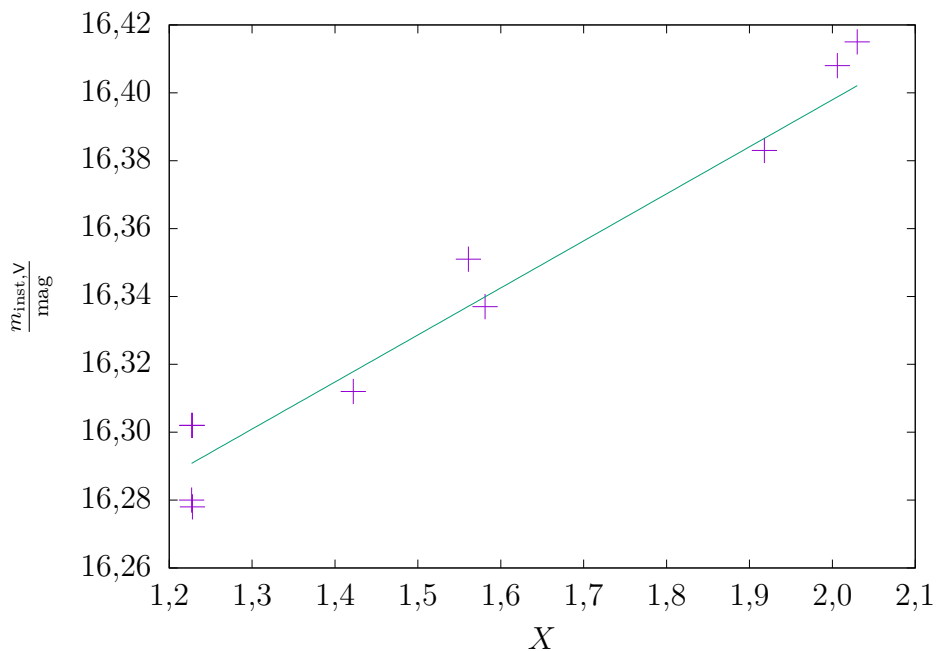
b) Graficky určete extinkční koeficienty K_B a K_V ve filtrech B a V pro danou observatoř.

Ze vztahu (1) plyne, že extinkční koeficienty K_λ určíme jako sklony přímek, které jsme obdrželi proložení naměřených dat v předchozím úkolu. Dostáváme $K_B \doteq 0,23$ a $K_V \doteq 0,15$.

Finále 2020/21, kategorie CD (1. a 2. ročník SŠ) – řešení



Obrázek 1: Naměřená závislost $m_{inst,B}$ na X pro jednu hvězdu v průběhu jedné noci.



Obrázek 2: Naměřená závislost $m_{inst,V}$ na X pro jednu hvězdu v průběhu jedné noci.



Finále 2020/21, kategorie CD (1. a 2. ročník SŠ) – řešení

c) Graficky určete hodnoty mimoatmosférické hvězdné velikosti m_B a m_V . Vypočítejte pozorovaný barevný index $(B - V) = m_B - m_V$.

Ze vztahu (1) plyne, že hodnoty mimoatmosférických hvězdných velikostí m_λ určíme jako průsečíky proložených přímk s osou $m_{inst,\lambda}$ (tedy jako konstantní členy). Dostáváme $m_B \doteq 17,0 \text{ mag}$ a $m_V \doteq 16,1 \text{ mag}$. Pro barevný index dostáváme $(B - V) \doteq 0,9 \text{ mag}$.

H Slunce a planetka

(max. 20 bodů)

a) Na obrázku 3 vidíme celooblohový snímek pořízený z neznámého stanoviště na severní polokouli. Snímek zobrazuje polohy Slunce v hodinových odstupech v den rovnodennosti a také během obou slunovratů. Určete zeměpisnou šířku ϕ stanoviště. Měřítka fotografie je nejméně deformované v blízkosti zenitu.

V den letního slunovratu činí úhlová vzdálenost mezi sousedními obrazy Slunce přibližně $15^\circ \cos 23,4^\circ \doteq 13,8^\circ$. Za předpokladu, že poblíž zenitu není měřítka snímku příliš deformováno, pak prostým porovnáním určíme, že v den letního slunovratu Slunce kulminovalo v zenitové vzdálenosti $z \doteq 14,5^\circ$. Odtud snadno určíme zeměpisnou šířku stanoviště jako $\phi = 23,4^\circ + 14,5^\circ \doteq 38^\circ$ severní šířky.

b) Na obrázku 4 vidíme dva radioteleskopické snímky (negativy) planetky 136617 (1994 CC) a jejich dvou měsíčků, které byly pořízeny v průběhu přiblížení této planetky k Zemi (na prvním snímku je naznačen obrys planetky). Na snímcích je zobrazeno datum a jednotlivé časy jejich pořízení. Z dřívějších pozorování víme, že měsíček, který je zobrazen v dolní části obou fotografií, obíhá kolem planetky po kruhové dráze s poloměrem a 5krát větším, než je poloměr R planetky. Rovněž uvažujeme, že v intervalu t mezi pořízením obou snímků urazil tento měsíček pouze malou část d obvodu své orbity. Za předpokladu, že planetka má kulový tvar, odhadněte její střední hustotu ρ . Zanedbejte vlastní pohyb planetky v intervalu mezi pořízením snímků.

Za předpokladu sférického tvaru planetky můžeme odečíst, že $d \approx R/3$. Dále máme $d = vt$, kde v jsme označili kruhovou rychlost měsíčku, pro kterou můžeme psát

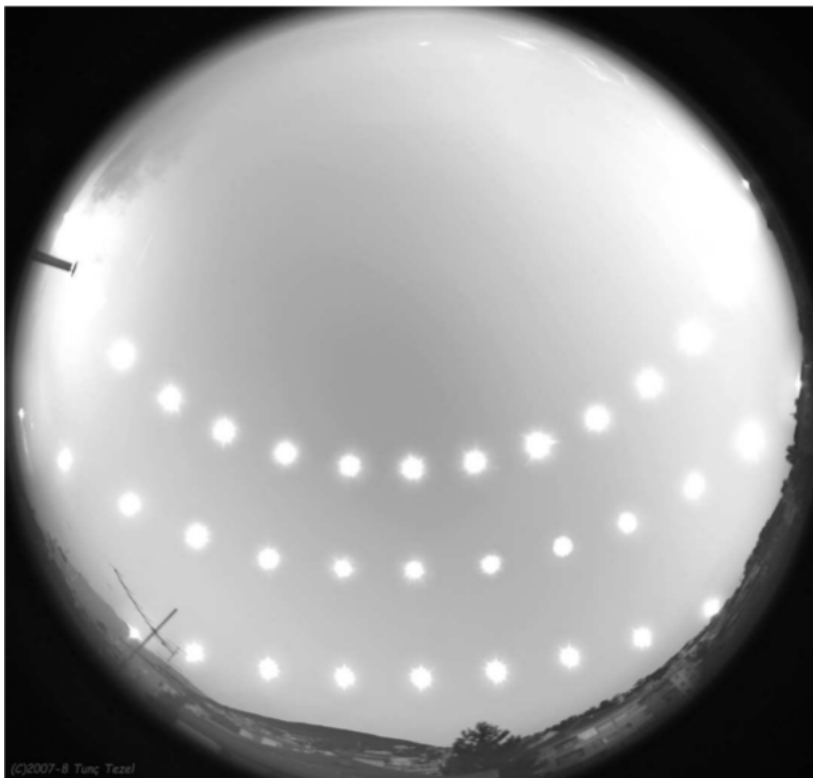
$$v = \sqrt{\frac{4\pi G \rho R^3}{3a}}.$$

Odtud snadno vyjádříme

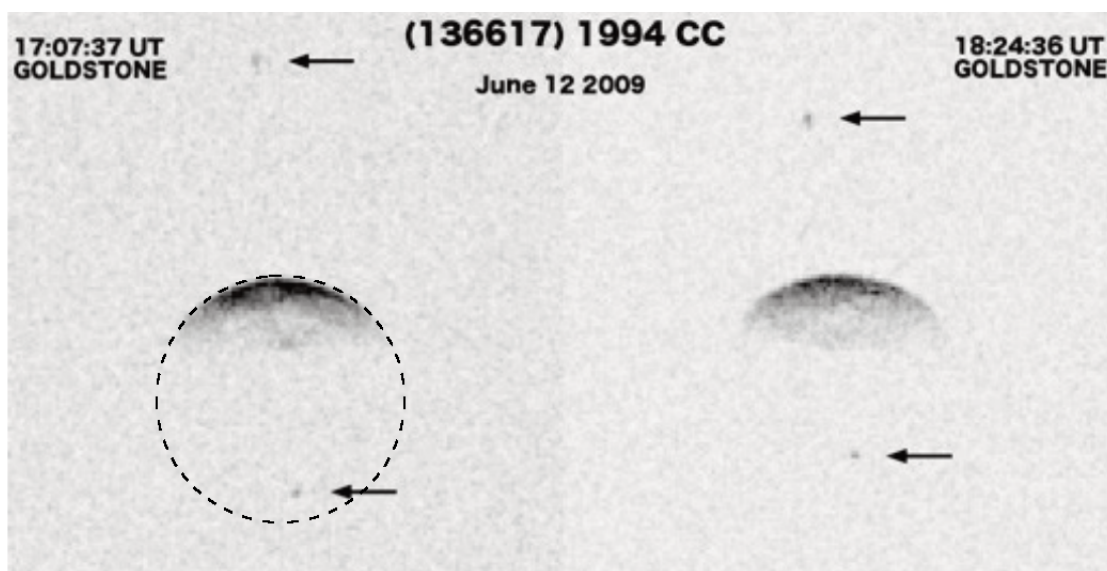
$$\rho = \frac{3ad^2}{4\pi GR^3 t^2} = \frac{3}{4\pi G t^2} \left(\frac{a}{R}\right) \left(\frac{d}{R}\right)^2.$$

Konečně využijeme, že $d/R = 1/3$ a $a/R = 5$ a dostaneme $\rho \doteq 100 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Poznamenejme, že předpoklad kulového tvaru planetky měl pravděpodobně za následek přemrštění odhadu velikosti planetky, což vysvětluje nízkou hodnotu odhadu střední hustoty planetky.

Finále 2020/21, kategorie CD (1. a 2. ročník SŠ) – řešení



Obrázek 3: Obrázek k části a).



Obrázek 4: Obrázek k části b).