
Profil jádra komety C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)

F4191: Praktikum z astronomie 2

Artem Gorodilov

26. listopadu 2024

1. Abstrakt

V tomto článku jsem analyzoval snímek komety C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS) k datu 16.10.2024 19:31 (UT). Pozorování bylo provedeno na Letišti TŘI SUDY Kotvrdovice E 49°21'52":N 016°47'14" E ve filtru V, expoziční doba 16 s.

Výpočty byly provedeny pomocí skriptu v Pythonu^[2].

2. Úvod

Při dopadu slunečního větru na jádro komety dochází k úniku hmoty z jádra komety. Tento proces popisuje rovnice kontinuity která říká, že hustota hmoty $N(x)$ s rychlostí v ve vzdálenosti x^2 od jádra komety.

$$N(x)vx^2 = \text{const.} \quad (1)$$

Tvrdí tedy, že hustota hmoty musí být nepřímo úměrná čtverci vzdálenosti od jádra komety. $N(x) \propto x^{-2}$.

Je důležité objasnit, že tato rovnice platí, pokud předpokládáme, že kometární jádro je bodovým zdrojem emise hmoty.

Radiální profil jasnosti opticky husté komety je dán rovnicí:

$$B(p) = K_1 \int N dl \quad (2)$$

kde K_1 je konstanta, N je hustota hmoty a dl je délka elementu směrem pohledu. $p = \sqrt{x^2 - l^2}/\Delta$, kde Δ je geocentrická vzdálenost komety. Dosadíme-li rovnici (1) do rovnice (2), dostaneme:

$$B(p) = \frac{K_2}{p} \quad (3)$$

kde K_2 je konstanta.

Jako míru radiálního jasu povrchu použijeme logaritmickou derivaci^[1]

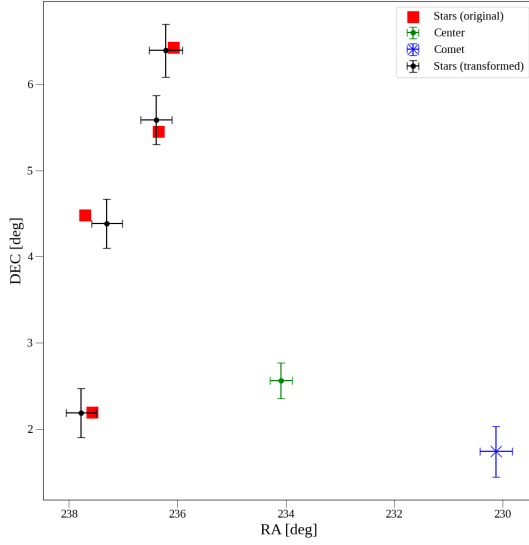
$$m = \frac{d \ln B(p)}{d \ln p} \quad (4)$$

Pro jednoduchou kometu ve stabilním stavu by se tento parametr měl rovnat $m = -1$.

3. Zpracování dat

Skript přijímá jako vstup obrázek .fits. Poté je třeba definovat oblast pozadí, načtež skript určí průměrné počet counts v této oblasti a odečte je od obrázku. Průměrná hodnota pozadí a směrodatná odchylka:

$$C_{\text{bkg}} = 1335 \text{ counts}, \sigma_{\text{bkg}} = 258 \text{ counts}.$$



Obrázek (1) Ekvatoriální souřadnice hvězd a komety

Skript pak určí střed jádra komety jako nejjasnější pixel (nejvíce detekovaných fotonů) v dané oblasti snímku.

$$x_{\text{center}} = 3819 \text{ px}, y_{\text{center}} = 973 \text{ px}.$$

Pro převod px na arcsec jsem použil skript `barnard.py` z předchozí úlohy. Rozlišení obrazu máme:

$$R = (11.1 \pm 6) \text{ arcsec/px}.$$

Vybrané hvězdy pro kolibraci a rovníkové souřadnice jsou uvedeny na obrázku (1) a (2).

Dále je třeba určit jasnost komety v závislosti na vzdálenosti od jejího jádra. Obecně lze jako ukazatel jasnosti použít počet fotonů, které byly zachyceny na pixelu detektoru během doby expozice. Je také možné přepočítat počet countů C na flux:

$$F = \frac{C}{t_{\text{exp}} S_{\text{annulus}}} \quad (5)$$

a při znalosti zdánlivých hvězdných velikostí hvězd na snímku určit zdánlivou hvězdnou velikost oblasti komety:

$$m = m_{\text{ref}} - 2.5 \log_{10} \left(\frac{F}{F_{\text{ref}}} \right) \quad (6)$$

Obě metody jsem vyzkoušel. Ve svém obecném principu jsou založeny na následující myšlence: počítat počet countů z oblasti obrazu ohraničené dvěma prstenci. Střed prstenců bude ve středu jádra komety. Poloměry se zvětší na maximálně 50 px (vnější prsteneček). Tím jsem vymezil oblast komety, která nás zajímá. Tuto oblast můžete vidět na obrázku (3).

Výpočet jasů v countech je poměrně jednoduchý. Stačí sečíst všechny county z oblasti ohraničené prstenci. Získání magnitudy je o něco složitější. Na snímku jsem našel 3 hvězdy, u kterých byly z literatury známy hodnoty zdánlivé hvězdné velikosti ve filtru V . Vybrané hvězdy jsou zobrazeny na obrázku (4). Jejich magnitudy jsou následující:

$$m_{\text{modra}} = 5.2 \text{ mag},$$

$$m_{\text{cervena}} = 3.7 \text{ mag},$$

$$m_{\text{zelena}} = 2.6 \text{ mag}.$$

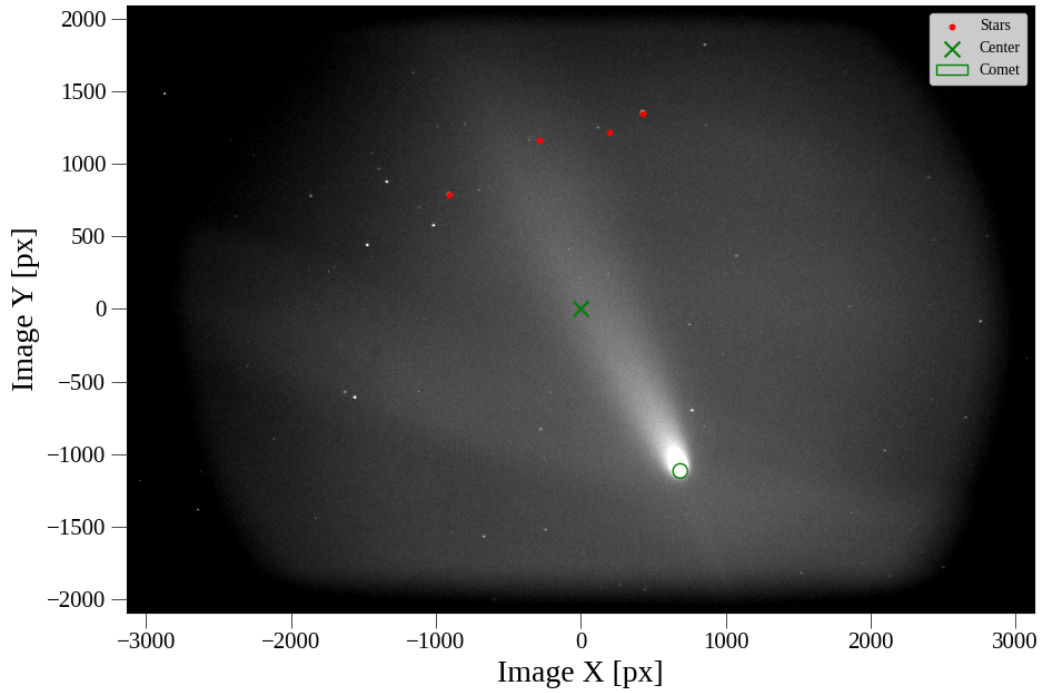
4. Výsledky

Jako první výsledek jsem získal zdánlivou hvězdnou velikost jádra komety:

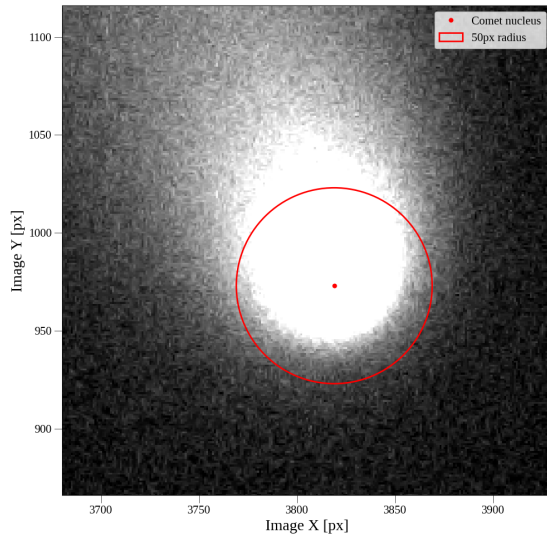
$$m_V = 2.1 \pm 9 \text{ mag}$$

pro srovnání, v den pozorování Stellarium uvádí, že kometa měla hvězdnou velikost $m = 1.05 \text{ mag}$.

Poté jsem získal grafy profilu jasů povrchu (dále jen SBP). Pro lineární aproximaci jsem vybral oblasti nacházející se ve



Obrázek (2) Snímek noční oblohy s vyznačenými hvězdami, cometou a centrem čipu



Obrázek (3) Obrázek komety s vyznačenou oblastí zájmu

vzdálenosti $\log(p) > 1.75$ arcsec. Pro obě metody byly získány následující hodnoty m :

$$m_{\text{mag}} = -3.3 \pm 2 \text{ mag/arcsec},$$

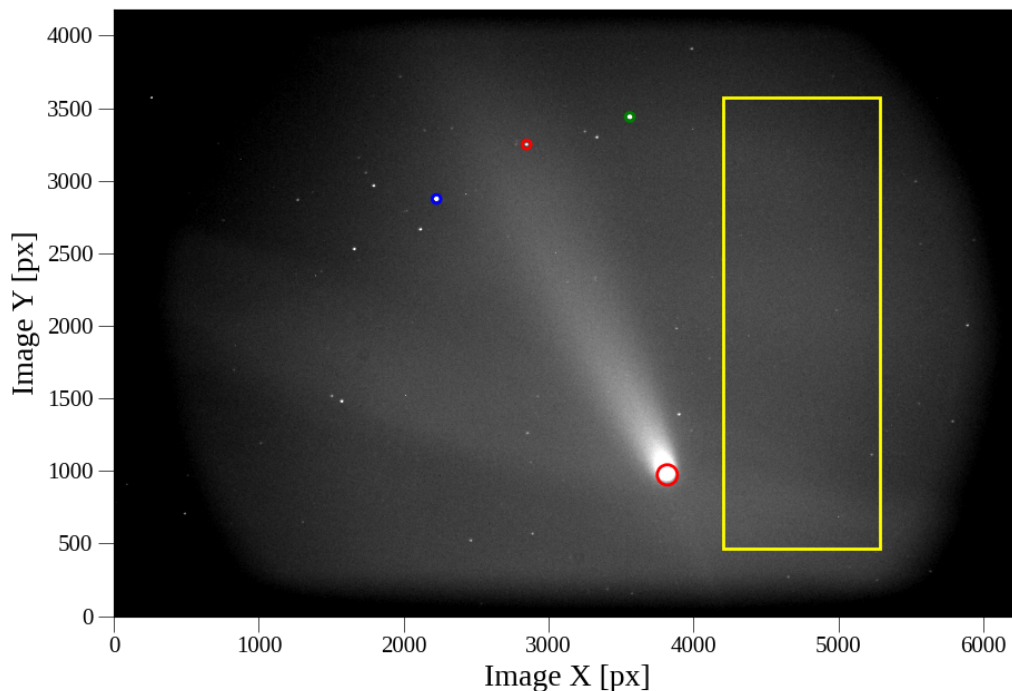
$$m_{\text{counts}} = -1.12 \pm 7 \text{ mag/arcsec}$$

Grafy SBP a gradientů m pro obě metody jsou znázorněny na obrázcích (5).

5. Závěr

Jak je vidět, pro různé metody získávání SBP dostáváme různé hodnoty m . Bohužel se mi nepodařilo najít spolehlivé údaje o hodnotě m pro kometu C/2023 A3, abych je mohl porovnat s mnou získanými hodnotami.

Nejblíže „očekávanému“ teoretickému výsledku je metoda, při které jsme



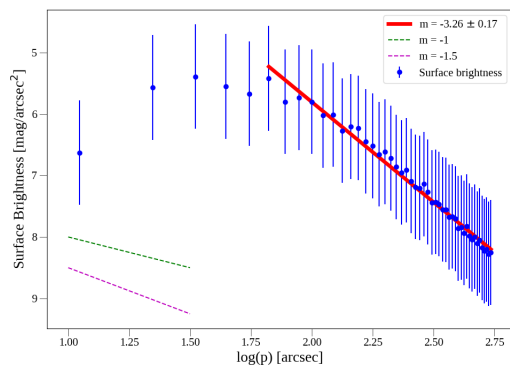
Obrázek (4) Obrázek komety s kalibračními hvězdami a oblastí pozadí

jako míru jasnosti vzali countů $m = -1.12 \pm 7$ mag/arcsec s ideálním $m = -1$ mag/arcsec. Důvodem odchylky získané hodnoty od teoretické může být výrazná změna profilu komety v důsledku působení slunečního větru na její jádro. Jak je vidět na obrázku (3), hmota vyvržená z jádra je zřetelně protažena ve směru osy y .

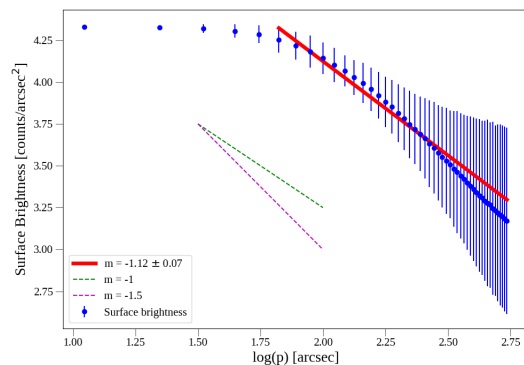
Pokud jde o výsledek získaný metodou magnitudy, podle mého názoru jsme takovou hodnotu mohli získat kvůli šumu na snímku. Přesněji řečeno, počasí bylo poměrně zamračené, výška komety nad obzorem nebyla příliš vysoká a kalibrační hvězdy byly relativně vyšší. Seeing tak způsobil vážné změny v přesnosti měření a pravděpodobně nemohl umožnit adekvátní výpočet prstencových magnitud.

Reference

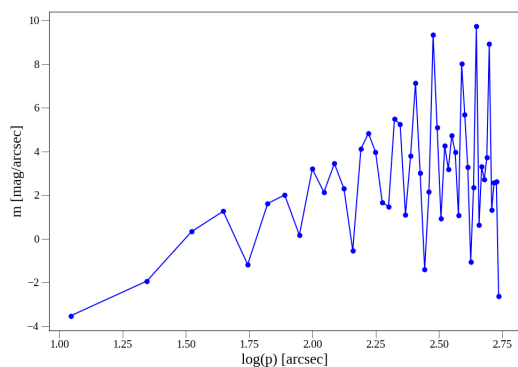
- [1] D. C. Jewitt and K. J. Meech. Surface Brightness Profiles of 10 Comets. *ApJ*, 317:992, June 1987.
- [2] PoruchikRzhevsky. *Praktikum-z-astronomie*. <https://github.com/PoruchikRzhevsky/Praktikum-z-astronomie>.



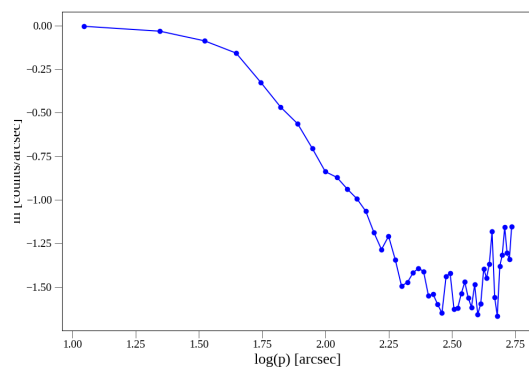
(a) Radiální profil jasu povrchu komety (mag)



(b) Radiální profil jasu povrchu komety (counts)



(c) Gradient radiálního profilu jasu povrchu komety (mag)



(d) Gradient radiálního profilu jasu povrchu komety (counts)

Obrázek (5) Přehled radiálních profilů a gradientů pro kometu