

Spektroskopia kométy C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)

Pavol Gajdoš, Radek Novotný

V októbri určite všetkých nadšencov o astronómiu zaujala jasná kométa C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS). Je to dlhoperiodická kométa (s obežnou dobou v státisícoch rokov), o ktorej sa predpokladá, že prišla do vnútornej Slnecnej sústavy z Oorthovho mraku po prvý raz. Objavená bola 22. februára 2023 prehliadkou ATLAS. Priletela k nám po retrográdnej dráhe so sklonom takmer 140°. Perihéliom preletela 27. septembra 2024 a najbližšie k Zemi sa dostala 12. októbra. Potom bola dva týždne od nás viditeľná aj voľným okom krátko po západe Slnka.

Okrem amatérov si kométu všimli aj profesionálni astronómovia. Na hviezdárni v Ondřejove (Astronomický ústav Akademie věd ČR) sme na kométu namierili Perkov ďalekohľad. Ide o najväčší optický teleskop v Českej republike s priemerom zrkadla 2 m. Pravdepodobne to bol tiež jeden z najväčších ďalekohľadov, ktorý bol v tomto období využitý na pozorovanie tejto kométy. Hoci primárne slúži na spektroskopiu hviezd, nič nebráni jeho použitiu aj na pozorovanie iných objektov (ako napr. tejto kométy). Na zachytenie spektra kométy sme použili echelle spektrograf OES, ktorý je pripojený k ďalekohľadu pomocou optického vlákna vedúceho z primárneho ohniska. Spektrum je pomocou echelle mriežky rozložené do viacerých rádov, ktoré sú na zábere zo CCD kamery umiestnené pod sebou. To umožňuje pozorovať naraz veľkú časť spektra (veľký rozsah vlnových dĺžok) pri veľkom spektrálnom rozlíšení. Spektrograf OES zobrazuje spektrum od 375 nm do 919 nm na viac ako 50 (použiteľných) rádoch. Dosahuje pritom spektrálne rozlíšenie približne 0,2 nm

na 1 mm detektora, čo dá v prípade použitej kamery rozlíšenie asi 0,003 nm/px.

Kométy sme pozorovali 19. októbra ešte za súmraku. Napriek vysokej oblačnosti, ktorá by skomplikovala pozorovanie menším ďalekohľadom, sa ju podarilo nájsť na zábere z pointačnej kamery Perkovho teleskopu. Tá má však pomerne malé zorné pole a reálne bolo na kamere vidno len jadro kométy a kómu, ktorá zaberala celé zorné pole. Optické vlákno smerujúce do spektrografu má však uhlový priemer len niekoľko sekúnd, čo ledva stačilo na zachytenie celého jadra. Zároveň mala kométa výrazný vlastný pohyb, čo bolo nutné neustále manuálne korigovať drobnými pohybmi ďalekohľadu. Expozičný čas záberu bol 15 minút. Táto hodnota sa na prvý pohľad môže zdať príliš vysoká – ved' jasnosť kométy bola 4 mag a zisk svetla dvojmetrového zrkadla je v porovnaní s ľudským okom alebo obyčajným objektívom fotoaparátu obrovský (rádovo v desatisícoch). Treba si však uvedomiť, že oko a aj fotoaparát deteguje všetko prichádzajúce svetlo vo veľmi širokom intervale vlnových dĺžok. Naopak,

spektrograf dopadajúce svetlo rozloží na spektrum a na jednotlivé pixely detektora dopadá len veľmi malá časť z pôvodného zväzku svetla. Určite to poznajú astrofotografi, ktorí fotia pomocou úzkopásmových filtrov, kde väčšinu svetla pohltí práve použitý filter.

Na získanom spektre sú na prvý pohľad viditeľné niektoré výrazné absorpčné čiary. Prejavujú sa ako pokles jasnosti daného spektrálneho rádu v určitom mieste. Podobné je to aj pri spektrách hviezd. Pričom niektoré čiary vznikajú až absorpciou v zemskej atmosfére. V prípade spektra kométy (a iných telies Slnecnej sústavy) tvorí základ slnečné spektrum zo svetla, ktoré kométa odráža. Toto spektrum obsahuje viacero absorpčných čiar – ide hlavne o výrazné Fraunhoferove čiary. Možno v ňom odhaliť napr. čiary sodíka, horčíka, železa, Balmerovu sériu čiar vodíka a ďalšie prvky. Spektrum kométy ale obsahuje aj niečo navyše. Okrem tmavých miest vidno na spektre aj výrazné zjasnenia. Ide o emisné čiary, ktoré pochádzajú priamo od kométy. Vznikajú po zahriatí alebo excitácii plynu

Mgr. Pavol Gajdoš, Ph.D. – postdoktorand na Stelárim oddelení Astronomického ústavu AV ČR, v.v.i. (ASU), kde sa zaoberá výskumom tranzitujúcich exoplanet.

Radek Novotný – technický pracovník ASU, je spoluodpovedný za provoz prístrojů a vybavení Perkova ďalekohľadu z mechanického hľadiska a noční pozorovateľ.

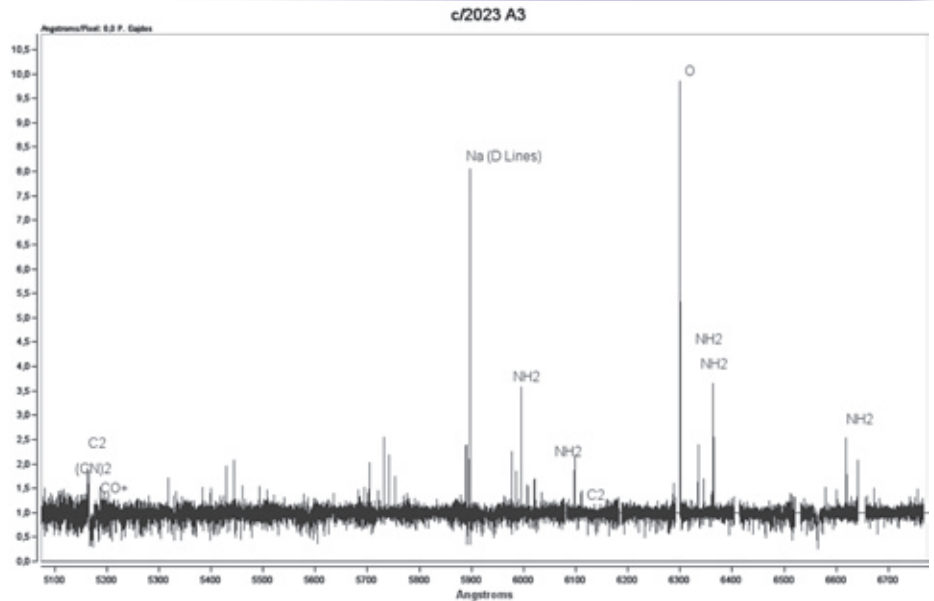
unikajúceho z kométy krátkovlnným UV žiarením od Slnka.

Výsledné spektrum bolo následne spracované ako bežné spektrum hviezdy. Tento postup zahŕňa kalibráciu pomocou bias a flat snímkov, identifikáciu a extrakciu jednotlivých rádov z echelle spektra. Ďalej boli pomocou spektra ThAr výbojky určené vlnové dĺžky zodpovedajúce jednotlivým pixelom na detektore. Na záver bolo ešte spektrum normalizované vzhľadom na kontinuum a jednotlivé rády spojené dokopy.

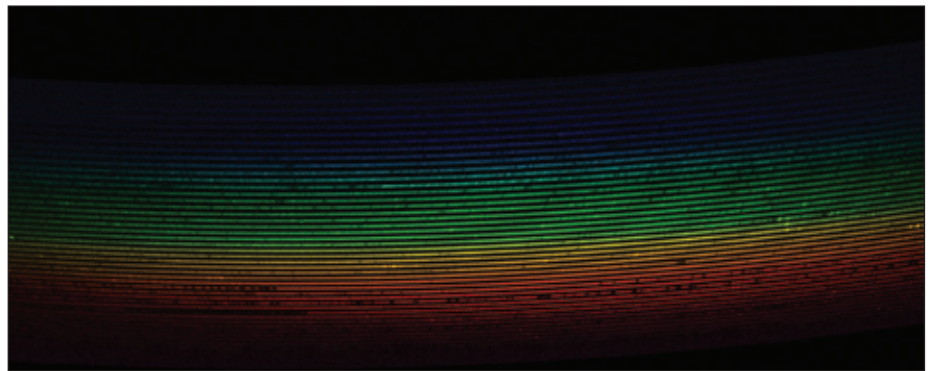
Na takto spracovanom a kalibrovanom spektre bolo možné porovnaním s katalógom určiť niektoré chemické prvky prislúchajúce pozorovaným výrazným spektrálnym čiaram. Spomínané slnečné absorpčné čiary nás teraz veľmi nezaujímali. Zamerali sme sa hlavne na emisné čiary kométy. Identifikovali sme niekoľko čiar rozličných zlučenin uhlíka – ako C_2 , CO^+ alebo CN^- . Viacero čiar súvisí s aniónom amoniaku (NH_2^-). Výrazná emisia s vlnovou dĺžkou približne 630 nm je vyvolaná tzv. zakázaným prechodom v atóme neutrálneho kyslíka. Ide o prechod medzi hladinami 1D_2 a 3P_2 , ktorý je za normálnych podmienok veľmi nepravdepodobný. Avšak v extrémnych podmienkach vesmíru (napr. nízka hustota a tlak plynu) k nemu dochádza. Čiary týchto prvkov sú v spektrách komét pomerne bežné, čo súhlasí s našou predstavou o chemickom zložení komét. Tie sú tvorené okrem vody hlavne zlúčeninami uhlíka a dusíka. V spektre kométy C/2023 A3 sme však identifikovali aj silnú emisiu v spektrálnej čiare neutrálneho sodíka (589 nm). Táto spektrálna čiara nie je pre kométy úplne typická. Pri niektorých kométach sa ale pozoruje tzv. sodíkový chvost, odkiaľ môže táto emisia pochádzať. Napríklad talianska astronómka Pamela Cambianica s kolektívom identifikovali pomocou spektroskopu HARPS-N prítomnosť sodíka aj v spektre jasnej kométy C/2020 F3 (NEOWISE), ktorú sme si na nočnej oblohe mohli vychutnať v lete roku 2020.*

Vzhľadom na výraznú jasnosť kométy bolo možné získať jej spektrum aj menšími ďalekohľadmi. Mnoho amatérov vlastníacich menšie spektroskopy túto príležitosť určite aj využilo, keďže na zhotovenie zaujímavého spektra stačila aj jednoduchá difrakčná mriežka s nízkym spektrálnym rozlíšením. Kto túto možnosť nemal, môže si vychutnať naše spektrum kométy na priloženej ilustrácii. ■

* Cambianica a kolektív, *Astronomy & Astrophysics*, 656 (2021), A160



Časť zredukovaného a okalibrovaného spektra kométy C/2023 A3 s vyznačenými emisnými čiarami niektorých chemických zlučenin



Spektrum kométy C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS) získané pomocou spektroskopu OES. Umelo zafarbené podľa skutočných vlnových dĺžok kvôli lepšej vizualizácii.

Kométy C/2023 A3 zachytená 15. októbra nad slnečnými rádioteleskopmi v areáli Ondřejovskej hviezdárne

