

MASARYKOVA UNIVERZITA  
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Bakalářská práce

**ANALÝZA KOMETÁRNÍCH CHARAKTERISTIK  
NOVĚ OBJEVENÝCH TĚLES  
VE SLUNEČNÍ SOUSTAVĚ**

Vypracoval: Miloš Tichý

Vedoucí: RNDr. Eduard Pittich, DrSc.

Konzultant: doc. RNDr. Zdeněk Mikulášek, CSc.

Brno 2006

Tichý, M. : *Analýza kometárních charakteristik nově objevených těles ve sluneční soustavě*, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brno 2006.

Práce obsahuje celkem 43 stran, 20 obrázků, 2 tabulky, 6 příloh

Převážná část nových komet objevených pozemskými observatořemi byla učiněna prostřednictvím velkých hledacích programů. Prvním krokem při výzkumu takovýchto nových těles je následná astrometrie k zpřesnění dráhy takovýchto těles a zároveň detekce jejich kometárního vzhledu. Včasné rozpoznání kometárního charakteru nově objeveného tělesa je důležité pro plánování jeho dalšího výzkumu, a to jak ze zemského povrchu tak prostřednictvím kosmických sond. Práce přináší metody včasného rozpoznání kometárního charakteru pozorovaného tělesa s užitím středně velkých pozemních dalekohledů včetně praktických ukázek a výsledků popisované metody.

Tichý, M. : *Analysis of cometary features of newly discovered bodies in the solar system*, Masaryk University, Faculty of Science, Brno, Czech Republic, 2006

The majority of new ground-based discoveries of comets comes from large surveys. The first step of exploration of newly discovered cometary bodies consists of detection of their cometary features and confirmatory astrometric observations. A timely recognition of cometary features of a particular body having an unusual orbit can help in planning further research. Here are presented methods used for detection of cometary features and the first results.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Analýza kometárních charakteristik nově objevených těles ve sluneční soustavě* vypracoval samostatně s použitím uvedených pramenů. Souhlasím, aby práce byla uložena na Masarykově univerzitě v Brně v knihovně Pedagogické fakulty a zpřístupněna ke studijním účelům.

Na Kletci, 20. května 2006

.....

Děkuji doc. RNDr. Zdeňkovi Mikuláškov, CSc. a RNDr. Eduardovi Pittichovi, DrSc. za podnětné připomínky a cenné rady, které vedly k vylepšení práce.

Též děkuji svým kolegům z Observatoře Klet' – Ing. Janě Tiché, Dr. Michalovi Kočerovi a Dr. Zdeňkovi Moravcovi – za vynikající spolupráci při získávání dat použitých v této práci.

Manželce Janě děkuji, že přežila mou neustálou přetíženost, jak v práci, tak při vlastním studiu.

# Obsah

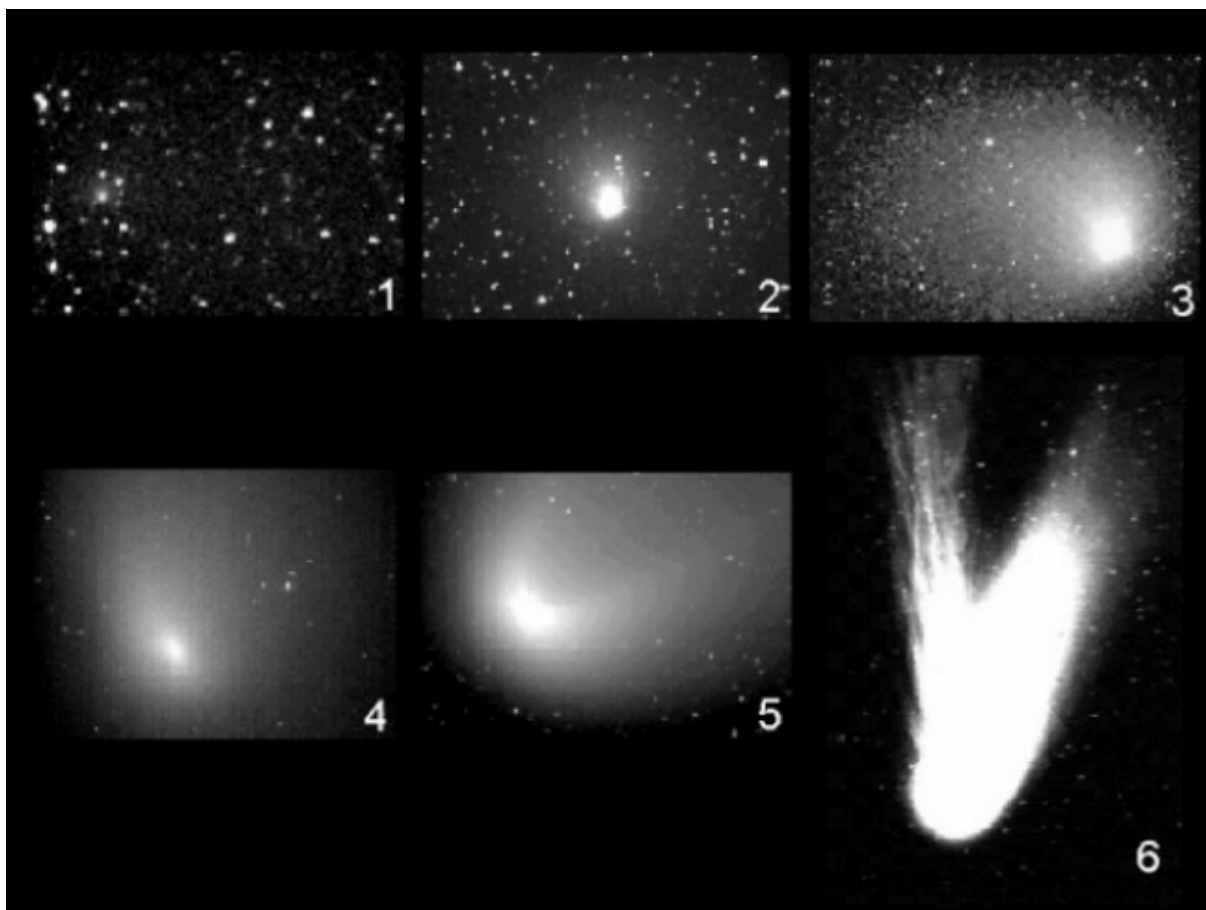
I.	Úvod .....	7
II.	Použité přístroje .....	8
III.	Kometární charakteristiky .....	11
	III.1 Astrometrické potvrzení objevu .....	12
	III.2 Kometární dráha tělesa.....	13
	III.3 Detekce kometárního vzhledu tělesa .....	15
	III.4 Použitý software .....	18
IV.	Příklady vzhledu kometárních těles .....	21
	IV.1 Kometa pouze s komou .....	21
	IV.2 Kometa pouze s ohonem .....	22
	IV.3 Kometa s komou a ohonem .....	23
V.	Objev komety P/2000 U6 (Tichý).....	25
VI.	Výsledky získané touto metodou .....	26
VII.	Závěr .....	28
VIII.	Seznam použité literatury.....	29
IX.	Přílohy.....	30
	IX.1 Seznam komet Jupiterovy rodiny .....	30
	IX.2 Seznam komet typu Halley.....	37
	IX.3 Seznam Kentaurů s kometovým označením.....	39
	IX.4 Seznam krátkoper. komet nezapadajících do předchozích kategorií.....	39
	IX.5 Cirkulář IAUC oznamující objev komety P/2000 U6 (Tichý).....	40
	IX.6 Cirkulář MPEC s objevem komety P/2000 U6.....	41

## I. Úvod

Valná většina nových objevů malých těles sluneční soustavy – planetek a komet – byla v současnosti učiněna prostřednictvím velkých hledacích projektů jako LINEAR, Spacewatch, LONEOS, Catalina Sky Survey, NEAT a Mt. Lemmon. I většina objevů komet připadá na vrub těchto hledacích projektů, zaměřených převážně na hledání blízkozemních těles. K obrovskému nárůstu v počtu objevů nových komet došlo v roce 1998, kdy se na objevování začal podílet projekt LINEAR. Nyní už jen malé procento objevů nových komet připadá na amatérské objevitele, natož na objevy vizuální.

Na zpracování velkého množství napozorovaných dat, a to at' těles již známých tak nových, je potřeba vyvinout a použít velice efektivní systém, který je schopen v záplavě dat rozeznat nová rychle se pohybující tělesa i ostatní tělesa s neobvyklými dráhami, u kterých je nanejvýše žádoucí potvrzení objevu a brzká následná astrometrie. Nezbytná je mimo jiné protože část z objevených těles mohou být reálné objekty či objekty nevytvořené přírodou, části sond, různých stupňů raket apod. které jsou též dalekohledy detekovatelné. Takovýto systém již několik let funguje na Minor Planet Center (Harvard-Smithsonian Astrophysical Observatory, Mass, USA) a je prezentován jako specializované webové stránky the NEO Confirmation Page (the NEOCP). Tato celosvětová centrála shromažďuje veškerá ve světě pořízená astrometrická data planetek a komet, analyzuje je a objekty podezřelé (tj. blízkozemní či s jiným neobvyklým pohybem) zveřejňuje na speciální webové stránce.

Je zjevné, že některá zde zveřejněná tělesa se ukážou být kometami – komety mají obvykle neobvyklý pohyb po obloze. Velké hledací programy se obvykle nezabývají precizním zkoumáním vzhledu jimi nově objevených těles. Proto, kromě potvrzení existence těchto těles je nutná i rychlá analýza, zda se nejedná o nově objevenou kometu. Včasně rozpoznání kometárního charakteru tělesa a určení jeho spolehlivé dráhy ve sluneční soustavě je nutné pro plánování dalšího astrofyzikálního výzkumu některých těles. Například včasné rozpoznání komety C/1995 O1 (Hale-Bopp) v červenci 1995 vedlo primárně k přípravě kvalitní pozorovací kampaně na rok 1997 a následně též k získání pozoruhodných poznatků o kometách všeobecně. Vývoj vzhledu komety ukazuje obr. 1, kde je právě zachycena kometa C/1995 O1 (Hale-Bopp) a to od července 1995, přes konec roku 1996 až do března 1997.



*obr.1 - kometa C/1995 O1 (Hale-Bopp) od 24. července 1995 do 11.března 1997  
foto © Observatoř Klet' (Miloš Tichý, Jana Tichá, Zdeněk Moravec)*

Na obr. 1 snímek číslo 1 je z 24. července 1995, číslo 2 z 19. června 1996, trojka z 19. srpna 1996, číslo 4 z 16. ledna 1997, pětka z 8. února 1997 a poslední číslo 6 z 11. března 1997 (prvních pět snímků bylo pořízeno 0,57-m zrcadlovým dalekohledem, číslo jedna se CCD kamerou SBIG ST-6, zbylé čtyři CCD kamerou SBIG ST-8, šestý snímek byl pořízen fotograficky 0.63-m Maksutovovou komorou – všechny použité přístroje jsou z Observatoře Klet').

## **II. Použité přístroje**

Data, použitá v této práci, byla získána na Observatoři Klet' autorem a jeho kolegy od roku 1996 do roku 2006, a to s použitím dvou dalekohledů vybavených CCD kamerami.

Do roku 2002 jsme používali pouze 0,57-m f/5.2 zrcadlový dalekohled (obr. 2) osazený CCD kamerou SBIG ST-8. (obr. 3).





*obr. 2 – 0.57-m f/5.2 zrcadlový dalekohled Observatoře Klet'*

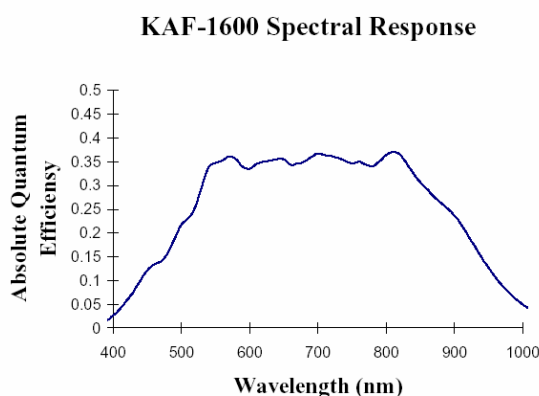


*obr. 3 – CCD kamera SBIG ST-8 Observatoře Klet'*

Zde jsme narazili na jeden zásadní problém. Čip CCD kamery – Kodak KAF 1600 – je sice uspokojivě citlivý v delších vlnových délkách viditelné části spektra, ale směrem ke kratším vlnovým délkám tuto citlivost poměrně rychle ztrácí (obr. 4). Přesně řečeno – použitelný je v oblasti cca 550 - 850 nm, takže s tímto čipem jsme schopni u komet zaznamenat prakticky pouze prachové jevy. Plazmové jevy, které se odehrávají převážně na vlnových délkách pod 550 nm nám zůstanou utajeny. Naštěstí se většina komet projevuje jak plazmo-

vými, tak prachovými jevy, takže bylo možné u většiny pozorovaných objektů, pokud byly v dosahu našich přístrojů, rozpoznat kometární charakter pozorovaného tělesa. Nicméně, při přípravě, vývoji a kompletování nového teleskopu KLENOT jsme si vybrali již mnohem příhodnější CCD kameru.

Druhý použitý přístroj, 1.06-m f/2.7 teleskop KLENOT (obr.5) je v provozu od března 2002. Oproti staršímu přístroji má hned dvě výhody – větší průměr hlavního zrcadla a tudíž i lepší dosah ke slabším objektům a mnohem vhodnější CCD kameru, která je již schopna rozeznat i řadu plazmatických kometárních projevů.



*obr. 4 - spektrální citlivost čipu KAF-1600*

Teleskop KLENOT je vybaven CCD kamerou Photometrics S300 s čipem SITE 003B. Tento čip, chlazený na pracovní teplotu  $-90^{\circ}\text{C}$  tekutým dusíkem, má nejen vyšší kvantovou účinnost, přesahující v některých oblastech 90%, ale i mnohem výhodnější průběh citlivost s ohledem na vlnovou délku. Použitelná je oblast od cca. 380 nm do 880 nm. Obrázek obr.6 nám ukazuje porovnání čipu typu jako v kameře Photometrics S300 (linie Std AR) a podobného čipu jako



*obr. 5 - 1.06-m KLENOT teleskop se CCD kamerou Photometrics S300*

KAF-1600 (linie Frontside). Z grafu je zřejmé, že čip SITe-003B je mnohem citlivější, s větším rozpětím zaznamenatelných vlnových délek a tudíž i výhodnější.

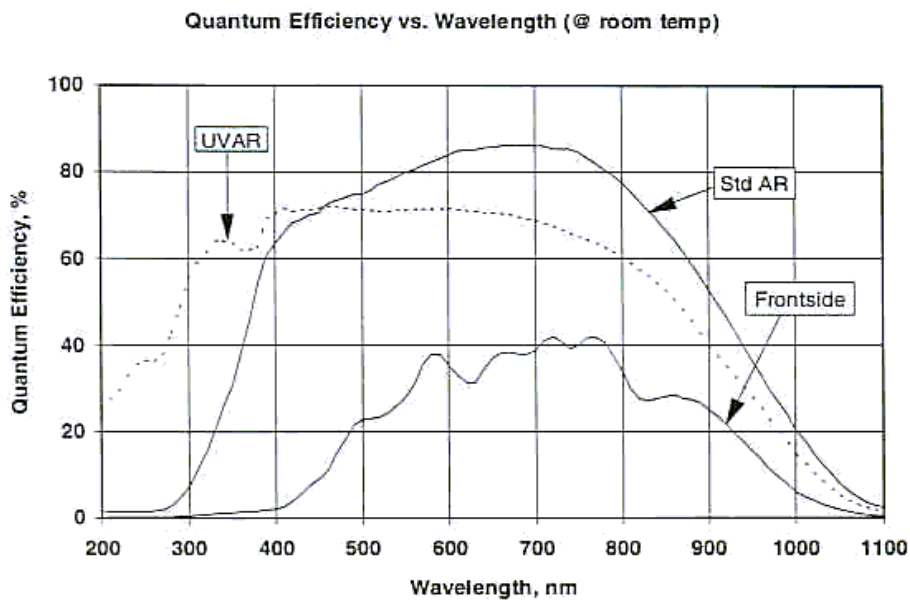


FIGURE 7 Typical QE curves

obr. 6 - citlivost čipu SITe-003B (linie Std AR)

### III. Kometární charakteristiky

Pro rozeznání nových členů populace komet ve sluneční soustavě jsou nezbytná potvrzující astrometrická pozorování, nutná pro určení dráhy objektu ve sluneční soustavě. Jedním z ukazatelů, že nově objevené těleso může být kometou, je jeho dráha. Oproti planetkám mají komety obvykle výstředné dráhy a v mnohých případech i retrográdní dráhu, tj. že sklon dráhy k ekliptice mají větší než devadesát stupňů. Dalším ukazatelem je detekce kometárních charakteristik, kometárního vzhledu nově objeveného tělesa. Kometární vzhled znamená, že těleso se, při srovnání s hvězdami, jeví difúzní nebo u něj lze rozeznat ohon.

### III. 1 Astrometrické potvrzení objevu

Prvním v řadě kroků, vedoucích až k případnému objevu nové komety, je potvrzení samotné existence tohoto tělesa. Všechna pozorování malých těles sluneční soustavy – planetek a komet – celosvětově shromažďuje *Minor Planet Center* v americké Cambridge ve státu Massachusetts. Do této centrály posílají pozorovatelé z celého světa i informace o svých domnělých nových objevech. Ty jsou zde přetříděny, což znamená, že je u nich provedena identifikace na známé objekty (ne všechny objekty poslané pozorovateli jako nové jsou opravdu nové), jsou zde vyřazeny detekce pozemských objektů jako družic apod. a u nově objevených těles jsou provedeny první výpočty jejich předběžných drah ve sluneční soustavě. Informace o rychle se pohybujících tělesech či tělesech s jinak neobvyklými drahami jsou okamžitě zveřejněny na webové stránce *The NEO Confirmation Page* na adrese <http://cfa-www.harvard.edu/iau/NEO/ToConfirmRA.html>. Na této stránce si pozorovatelé mohou vypočítat předběžnou polohu na obloze spolu s chybovou oblastí, kde by se dané těleso mělo na obloze nacházet. Po nalezení daného tělesa některým z pozorovatelů, astrometrii a zaslání pozic do *Minor Planet Center* je dráha přepočtena, zpřesněna a zpřesněná předpověď na obloze opět uvedena na výše uvedené webové stránce. Pokud pracovníci *Minor Planet Center* usoudí, že dráhové elementy nově objeveného tělesa jsou již spočteny dostatečně přesně a dané těleso splňuje požadavky pro publikování ve speciálním *Minor Planet Electronic Circular*, je tento cirkulář vydán. Obvykle se jedná o blízkozemní planetky, jejichž příslušnost je blíže než 1,3 astronomické jednotky (AU) od Slunce, či naopak o tělesa Kuiperova pásu s velkou poloosou dráhy větší než třicet astronomických jednotek, nebo o tělesa na výstředních drahách ( $e > 0.5$ ), či s velkými sklony drah k rovině ekliptiky ( $I > 50^\circ$ ) – tj. speciální planetky, nebo o komety. Kromě dráhových elementů obsahují *Minor Planet Electronic Circulars* i seznam veškerých pozorování včetně seznamu pozorovatelů a observatoří, jejichž astrometrická případně i fotometrická měření byla pro výpočet dráhy použita.

V případě komety je postup poněkud složitější. Kometární vzhled musí být potvrzen minimálně jednou zkušenou, specializovanou observatoří a měl by být podpořen i kometární dráhou tohoto tělesa. Nemusí totiž být vždy pravdou, že kometární vzhled vždy znamená kometární dráhu – např. kometa 133P/Elst-Pizarro má dráhu odpovídající dráze řádné planetky hlavního pásu [ $a=3.16$  AU,  $e=0.16$ ,  $I=1.4$  deg.]; oproti tomu těleso 2004RT109 na klasické dráze Jupiterovy rodiny komet [ $a=3.66$  AU,  $e=0.54$ ,  $I=42.0$  deg.] nejevilo žádnou kometární aktivitu a je tudíž klasifikováno jako planetka.

## III.2 Kometární dráha tělesa

Podle v současnosti přijímaných teorií komety vznikly ve vzdálenějších oblastech sluneční soustavy než planety. Planety hlavního pásu mají předpokládané místo vzniku mezi Marsem a Jupiterem, kdežto komety vznikly přibližně v oblasti, kde se nyní nachází planeta Neptun případně ještě ve vzdálenějších oblastech sluneční soustavy. Proto i dráhové elementy planetek a komet jsou rozdílné. Prvním indikátorem pravděpodobného kometárního charakteru nově objeveného tělesa mohou tudíž být jeho dráhové elementy. Planety ve vzdálenostech, kde se dají obvykle detekovat kometární charakteristiky u těles, se nacházejí ve většině případů v hlavním pásu planetek mezi Marsem a Jupiterem. Jejich velké poloosy drah se pohybují od  $a = 1.9$  AU pro planety typu Hungaria až po  $a = 5.2$  AU pro Trójany, pohybující se v libračních bodech soustavy Slunce-Jupiter. Mají též obvyklé málo výstředné dráhy,  $e < 0,2$ .

Pro základní rozdělení těles na planety a komety můžeme použít i tzv. Tisserandův invariant  $T = \frac{1}{a} + 2\sqrt{a(1 - e^2)}\cos i$ , kde  $a$  představuje velkou poloosu dráhy perturbující planety (používá se např. Jupiter),  $e$  výstřednost dráhy a  $i$  sklon dráhy tělesa vůči rovině ekliptiky. Pro komety je hodnota Tisserandova invariantu vždy  $T < 3$ . Například u blízkozemních planetek je hodnota Tisserandova invariantu v rozmezí 2 a 7,6 s tím, že větší koncentrace těles je pro  $T \geq 3$  (pro ilustraci - blízkozemní planetka 4179 Toutatis má  $T = 3,0297$ ).

Dráhy komet bychom mohli rozdělit do několika základních kategorií. První jsou komety Jupiterovy rodiny, následují komety typu Halley, málo početná skupina komet na drahách planetek typu Kentaur, a jako poslední v řadě jsou komety dlouhoperiodické.

Komety Jupiterovy rodiny patří mezi krátkoperiodické, tj. s dobou oběhu kolem Slunce menší než 200 let. Jak již název napovídá, jejich oběh kolem Slunce je gravitačně svázán s planetou Jupiter. Přisluní se u těchto komet pohybuje od 0,339 AU v případě komety 2P/Encke až po 5,010 AU pro kometu P/2003 L1 (Scotti). Excentricita jejich drah se pohybuje od 0,029 pro kometu 158P/Kowal-LINEAR až po 0,847 pro 2P/Encke. Komety Jupiterovy rodiny se vyznačují malými sklony drah vůči ekliptice, obvykle nepřevyšující  $35^\circ$  (jedinou výjimkou je kometa P/2002 Q1 Van Ness se sklonem své dráhy k ekliptice  $36.4^\circ$ ). Oběžné doby této skupiny těles kolem Slunce se pohybují v rozmezí 3,3 roku opět pro kometu 2P/Encke až po 17 let pro kometu P/2003 L1. Tisserandův invariant je pro komety Jupiterovy rodiny  $T_j > 2$  ( $T_j$  značí že perturbující planetou je Jupiter). K 6. květnu 2006 čítá tato skupina 299 členů.

Komety typu Halley jsou též krátkoperiodické, ale jejich Tisserandův invariant  $T_j < 2$ . Některé z členů mají dokonce hodnotu tohoto invariantu zápornou (např. pro kometu 1P/Hal-

ley je  $T_j = -0,588$ ). Tyto komety se vyznačují velkou excentricitou dráhy  $e$ , kde  $e > 0,75$ . Přísluní těchto komet se pohybují od  $q = 0,190$  pro kometu C/1917 F1 až po  $q = 4,041$  pro kometu C/1999 G1. Též rozložení sklonů drah vůči ekliptice je ve velkém spektru, začíná na  $i = 5,2^\circ$  pro kometu 96P/Machholz a končí kometami na retrográdních drahách, jako například kometa C/1937 D1 (Wilk) s  $i = 187^\circ$ . K 6. květnu 2006 čítá rodiny Halleyovy komety celkem 45 členů.

Komety na drahách planetek typu Kentaur jsou poměrně vzácné. Tisserandův invariant u těchto typů drah se pohybuje kolem 3, momentálně v rozmezí 2,5 až 3,6. Hlavním znakem dráhových elementů takovýchto komet je hodnota přísluní  $q$ , která se pohybuje v rozmezí 5 AU až 10 AU (výjimkou je kometa 167P/CINEOS s  $q = 11,8$  AU). Oběžné doby těchto komet jsou od 14,7 let pro kometu 29P/Schwassmann-Wachmann 1 až po 138 let pro kometu C/2001 M10 (NEAT). Skupina není početná, k 6. květnu 2006 má pouhých 11 členů. O těchto kometách by se dalo říci, že jde o Kentaury s kometovým označením.

Existuje i skupina krátkoperiodických komet, která nezapadá do žádné z již zmíněných kategorií. Mají sice Tisserandův invariant  $T < 3$ , ale nesplňují požadavky ani pro komety Jupiterovy rodiny ani pro komety typu Halley. Jejich přísluní jsou v rozmezí 1,4-4,2 AU, výstřednost dráhy  $e$  0,4 - 0,8, a jejich sklon k rovině ekliptiky je poměrně malý, obvykle nepřesahuje  $50^\circ$  (doposud jedinou výjimkou je kometa P/2004 V3 se sklonem  $i=50,5^\circ$ ). Oběžné doby kolem Slunce jsou v řádech desítek let, od 19 let do 80 let. Doposud známe jedenáct takovýchto komet.

Posledním druhem komet, v členění dle dráhových elementů, jsou komety dlouhoperiodické. Jak již název napovídá, jejich oběžná doba kolem Slunce je větší než 200 let a kolem Slunce se pohybují po velmi výstředných drahách, a to jak eliptických s výstředností obvykle větší než 0,9, případně mohou být jejich dráhy parabolické či hyperbolické. S ohledem na krátký oblouk dráhy kolem Slunce, kdy jsou tyto komety pozorovatelné a pozorované, rozdíl v pozorovaném oblouku mezi dráhou výstřednou eliptickou, parabolickou či hyperbolickou je minimální.

Pokud jde o dráhové elementy komet, je zde několik zajímavostí. Z dlouhoperiodických komet má pořadové číslo (tj. že byla pozorována ve více než jednom návratu ke Slunci) pouze jedna kometa - 153P/Ikeya-Zhang, která byla pozorována jako C/1661 C1 a poté znovu nalezena v roce 2002 jako C/2002 C1. Kometa D/1770 L1 (Lexell) byla v roce 1770 objevena jako řádná členka Jupiterovy rodiny komet, ale gravitačním vlivem Jupitera změnil její dráhu na hyperbolickou či s velkým  $q$  (s ohledem na méně přesnou astrometrii v osmnáctém století toto nelze určit přesněji). Kometa 133P/Elst-Pizaro, pokud není aktivní jako kometa, je

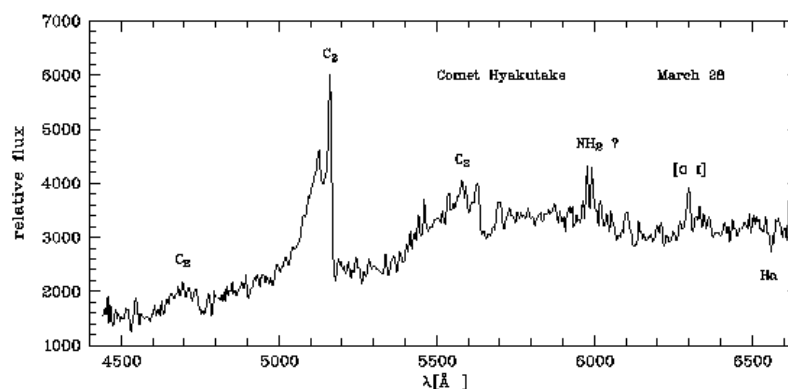
řádným členem rodiny planetek Themis. Dále již nepozorovatelná je i kometa Jupiterovy rodiny D/1993 F2 (Shoemaker-Levy 9), jejíž více než dvacet jader dopadlo na Jupiter v červenci 1994. Pokud jde o křížení dráhy Země, pouze 17 komet Jupiterovy rodiny splňuje tuto podmínku (navíc tři z nich se považují za ztracené), přičemž tři z nich byly objeveny v roce 2001 a tři v roce 2004. Tři komety, 121P, P/2003 CP7 a P/2004 F3, se kolem Slunce pohybují na drahách, podobných planetkám typu Hilda (rezonance 2:3 s planetou Jupiter).

První kometou s přísluním větším než 2 AU byla kometa C/1729 P1, první objevenou krátkoperiodickou kometou je 29P/ Schwassmann-Wachmann 1, která byla objevena v roce 1927. Je to zároveň první kometa s přísluním ve větší vzdálenosti než 5 astronomických jednotek od Slunce, tj. za drahou planety Jupiter.

### III.3 Detekce kometárního vzhledu tělesa

Kometa září dvěma způsoby, přímo odraženým světlem od Slunce, a sekundárně emisemi molekul, které byly slunečním zářením ionizovány. Prachové částice komety září převážně odraženým světlem od Slunce a případně vlastní termoemisí, tj. vlnová délka tohoto záření začíná být pozorovatelná kolem 550 nm. Plynná část materiálu komety září i v kratších vlnových délkách, například radikál CN má maximum na 388,3 nm, a iont  $\text{CO}^+$  je pozorovatelný na vlnových délkách 401,0 nm resp. 426,0 nm, voda je pozorovatelná na vlnových délkách 2,66 mikronů resp. 6,27 mikronů, emise methanolu o dalších látek jsou v oblasti 3,2-3,6 mikronů. Termoemise je u komet termoemise pozorovatelná v rozsahu vlnových délek 6-8 mikrometrů.

Obrázek obr. 7 ukazuje spektrum komety C/1996 B2 (Hyakutake), pořízené na ESO v Garchingu 28. března 1996. Je zřetelně vidět, že ve spektru komety dominuje záření uhlíku  $\text{C}_2$  na cca 520 nm.



obr. 7 – spektrum komety Hyakutake (zdroj: ESO)

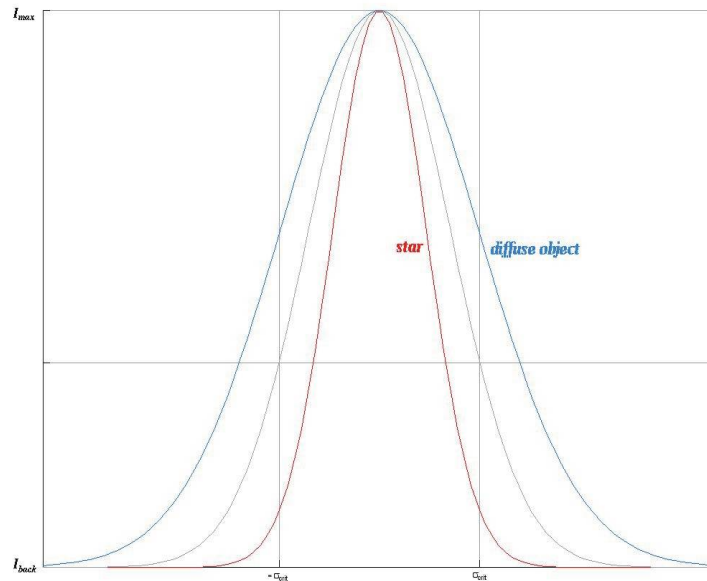
Nyní se soustředíme se na detekci vlastního kometárního vzhledu, a to bez rozlišení na plazmové a prachové jevy. U detekce kometárního vzhledu tělesa využijeme základní vlastnost atmosféry Země. Světlo od difúzního objektu sluneční soustavy, tj. od komety, vnímá atmosféra, s ohledem na velkou vzdálenost a obvykle malou úhlovou velikost objektu, jako bodový zdroj. Můžeme tudíž využít skutečnosti, že fluktuace světla, způsobené tomuto bodovému zdroji v atmosféře (tj. seeing obrazu), jsou symetrické kolem centrálního nejjasnějšího bodu, tj. jde vlastně o izofoty tvaru soustředných kružnic. Podmínkou pro takovouto detekci je, že expozice musí být dostatečně dlouhá, aby obraz mohl být symetrický. Tuto podmínku splňuje již expoziční doba v řádu sekund. Z těchto předpokladů je zřejmé, že pro tento typ detekce je nutné, aby pixely v detektorech byly čtvercové (v našem případě čip KAF-1600 má pixely 9×9 mikronů, čip SITE 003B pixely o rozměru 24×24 mikronů, tj. daná podmínky je splněna).

Pro numerické zpracování profilu objektu na snímku budeme používat model rozkládání intenzity objektu ve tvaru symetrické Gaussovy funkce. S ohledem na symetričnost jak pixelů CCD čipů tak i fluktuace světla, můžeme použít variantu plošnou (tj. nemusíme počítat s prostorovou variantou rozložení jasu) a zároveň můžeme užít zjednodušení, že hodnoty  $\sigma$  v obou osách jsou shodné, tj.  $\sigma_x = \sigma_y = \sigma$ . Pomocí histogramu zjistíme hodnotu signálu v jednotlivých pixelech. Obvykle nepoužíváme přímo hodnoty jednotlivých pixelů, ale použijeme součet hodnot ve čtverci 3×3 nebo 5×5 pixelů, a spočtenou hodnotu přiřkneme pixelu uprostřed. Na tuto řadu diskrétních hodnot potom použijeme symetrickou Gaussovu funkci s tím, že křivku vyhladíme metodou nejmenších čtverců (LSM). Funkce má následující tvar.

$$I(x, y) = B + P \exp - \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{x}{\sigma} \right)^2 + \left( \frac{y}{\sigma} \right)^2 \right]$$

kde  $B$  značí hodnotu pozadí v okolí analyzovaného objektu a  $P(x,y)$  je hodnota (úroveň) signálu na souřadnicích  $x,y$  analyzovaného objektu. Maximální hodnota  $I_{max}$  leží přesně uprostřed analyzovaného objektu (alespoň pokud jde o symetrické objekty, tj. hvězdy a symetrické difúzní objekty). Pokud si zobrazíme řez jdoucí středem objektu zpracovaný výše popsanou funkcí pro tři různé hodnoty  $\sigma$  ale podobně jasné objekty (přesně řečeno pro objekty se stejnou hodnotou  $I_{max}$ , tj. maximální úrovní signálu), dostaneme obrázek obr. 8.





obr. 8. – profily symetrického difúzního a symetrického stelárního objektu

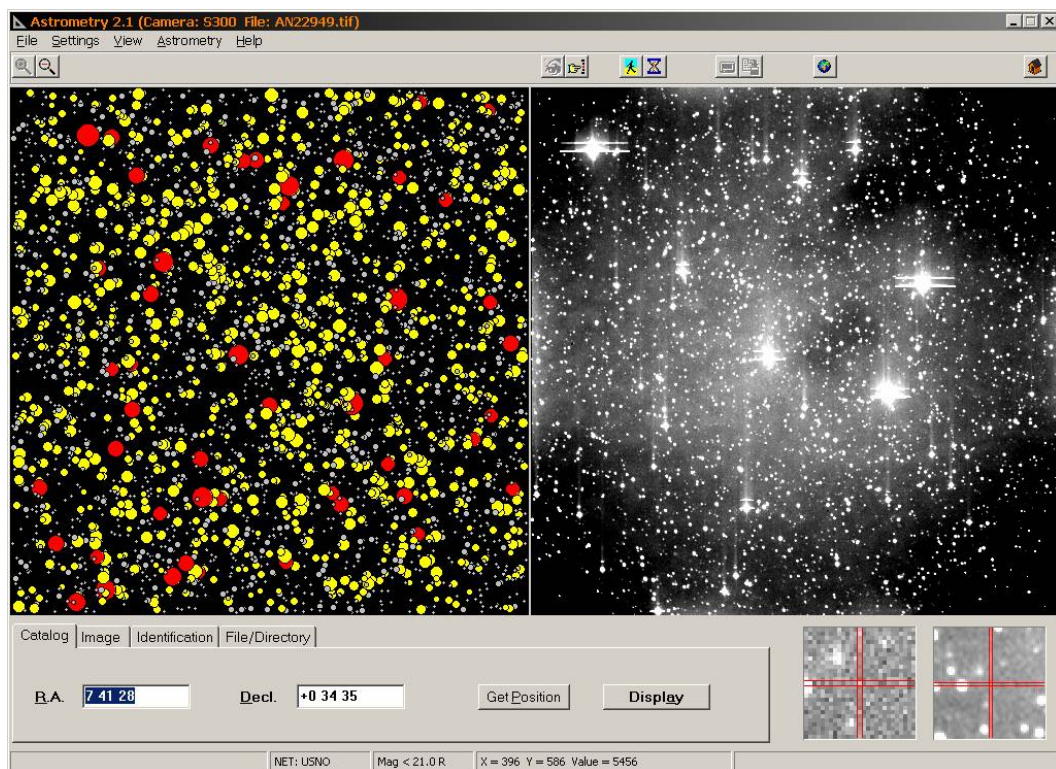
V obrázku obr. 8 máme zaneseny tři varianty profilu. Nejúžší křivka znázorňuje průběh histogramu hvězdy, tj. stelárního objektu, kde pozorovaný rozdíl od bodového objektu má na svědomí zemská atmosféra. Nejširší křivka, oproti tomu ukazuje průběh jasu u objektu, který je symetrický ale difúzní, tj. např. u komety. Hranici mezi těmito dvěma typy objektů znázorňuje prostřední křivka. Vodorovná černá linie představuje úroveň signálu, pro kterou se dělá přímo analýza. Dvě svislé černé linie představují hodnotu  $\sigma_{\text{krit}}$ , což představuje experimentálně zjištěnou hranici mezi nedifúzností a difúzností zkoumaného objektu v pevně dané vzdálenosti od největšího jasu objektu.

Pro analýzu v této práci presentovaných výsledků jsme použili hodnotu  $\sigma_{\text{krit}} = 0.6$ . Tato hodnota byla zjištěna experimentálně analýzou obrazů stejně jasných hvězd a komet, pořízených za stejných počasových podmínek na Observatoři Klet' stejnými expozičními časy. Je zřejmé, že hodnota  $\sigma_{\text{krit}}$  je závislá na místě pozorování. Je dána hlavně na stabilitou a průzračností atmosféry během pozorování. Z toho je zřejmé, že hlavním parametrem bude seeing během pozorování a vzdušná vlhkost. Dalším parametrem, ovlivňujícím hodnotu  $\sigma_{\text{krit}}$  je použitý dalekohled, tj. hlavně průměr jeho optiky.

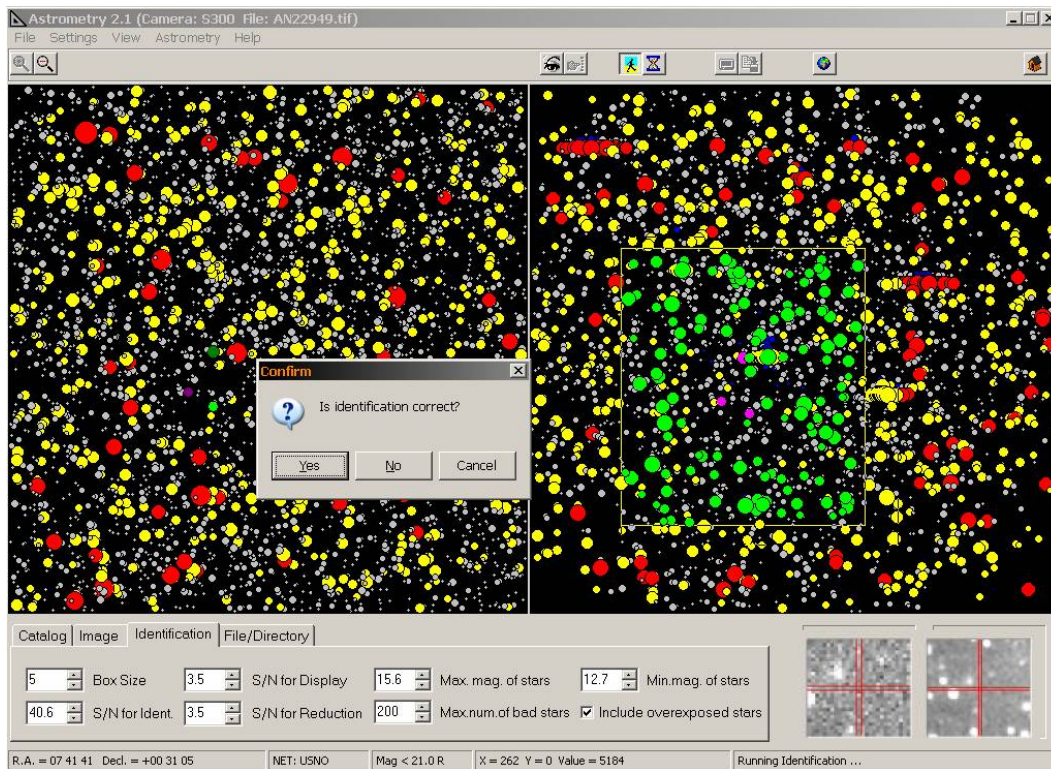
Ačkoliv je hodnota  $\sigma_{\text{krit}}$  závislá na pozorovacím místě, navržená a odzkoušená metoda je použitelná obecně, jen je předem potřeba doladit a spočítat patřičnou hodnotu  $\sigma_{\text{krit}}$  pro dané místo, standardní počasí v daném pozorovacím místě a použitý přístroj.

### III.3 Použitý software

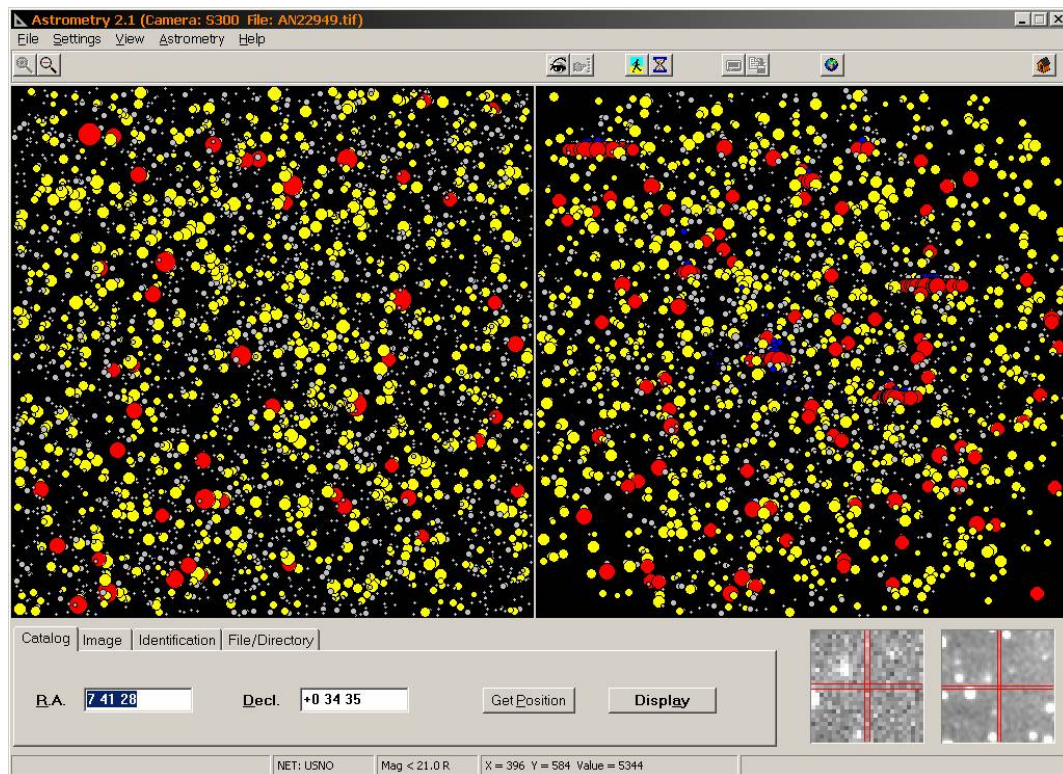
Popsaná metody byla zařazena v softwarovém balíčku vytvořeného na Observatoři Klet' pro astrometrii a fotometrii planetek a komet. Balíček obsahuje veškeré potřebné programy od přípravy pozorování (efemeridy s výběrem parametrů), přes camera-controll system, astrometrii a fotometrii až po identifikace objektů a výpočet jejich drah. Podprogram, který obsahuje metodu detekce difúzních objektů, je pojmenován *Astrometry*. Slouží k základní redukci získaných snímků, k astrometrii a i k fotometrii. Při zpracování snímků s ohledem na poměr signál/šum se zároveň všechny zjištěné objekty na snímku automaticky testují na jejich difúzní resp. stelární vzhled. Pro uživatelsky příjemnější pohled se na zpracovaném snímku zobrazují difúzní objekty modrou barvou. Zároveň přímo při astrometrii se u difúzních objektů přidává kód difúznosti rovnou do kódovaného řádku s astrometrií. Postup při astrometrii s programem *Astrometry* z klet'ského softwarového balíčku zobrazují následující obrázky obr. 9 – obr.12. Na obr. 9 vidíme vlevo hvězdné pole z katalogu USNO A-2.0 a vpravo surový (raw) snímek, pořízený teleskopem KLENOT. Na Obr. 10 je již surový snímek zpracován dle zadaného poměru signál/šum (S/N) a připraven a připraven k dalšímu zpracování – identifikaci hvězd a vlastní astrometrii. Identifikace hvězd z katalogu a hvězd na snímku ukazuje obr. 11.



obr. 9 – vlevo hvězdné pole, vpravo pořízený surový snímek



obr. 10 – vľavo hvězdné pole z katalogu, vpravo zpracovaný snímek S/N



obr. 11 – identifikace hvězdného pole s hvězdami na snímku

Objekt určený k astrometrii je vidět na obr. 10 a obr. 11 vpravo dole ve výřezech. Program *Astrometry* jej detekoval jako difúzní (objekt modré barvy mírně nad středem), což lze potvrdit i vizuální kontrolou ve zmíněných výřezech.

Po identifikaci objektu následuje další krok, přesněji kroky dva. Astrometrie a fotometrie. Pomocí kurzoru myši se vybere měřený objekt a kliknutím se provede automatická astrometrie a fotometrie, jak dokládá obr. 12. Na témže obrázku je vidět, že je automaticky oznámeno, že měřený objekt je podezřelý difúzností – tj., že se může jednat o kometu.

**Astrometry: Measurement**

Star#	RA	Decl	Res.	Mag	Note
1	+0.11	+0.01	+0.11	-0.11	
2	-0.07	-0.27	+0.28	-0.57	S
3	+0.05	-0.23	+0.24	+0.11	
4	+0.04	+0.09	+0.10	-0.25	B
5	-0.40	-0.48	+0.62	+0.09	
6	-0.16	+0.16	+0.22	-0.16	
7	+0.00	-0.01	+0.01	-0.43	
8	-0.29	+0.15	+0.33	+0.04	
9	-0.05	+0.15	+0.16	+0.08	
10	-0.05	+0.13	+0.13	+0.17	
11	-0.02	-0.13	+0.13	-0.05	B
12	-0.92	+3.17	+3.30	+1.90	B
13	+0.07	+0.15	+0.16	-0.19	
14	+1.87	+2.15	+2.85	+0.63	B
15	+0.12	+0.11	+0.17	-0.09	
16	+0.03	+0.21	+0.21	-0.20	
17	-0.19	+0.25	+0.32	+0.47	
18	+0.48	-0.38	+0.62	-0.01	
19	+0.01	-0.13	+0.13	+0.03	
20	+0.51	-0.49	+0.71	+0.30	
21	-0.05	-0.23	+0.24	-0.08	

Reduction method: Quadratic      Mag. Band: R

Note for observation: d diffuse image

Star: No. = 1 / 125 (123 stars used)      Catalog: USNO A2.0  
 X = 424.76      Y = 636.91      Mag = 14.29      Mag. Corr. = 0.20  
 R.A. = 07 41 40.75      Decl. = +00 31 06.6      Cat. Mag = 14.60

Auto Select    Deselect All     Use over exposed stars    Configure output

Object: Designation: AN22949

Catalog Reduction:  
 X = 390.56 ± 0.11  
 Y = 579.87 ± 0.11  
 R.A. = 07 41 44.13 ± 0.002s  
 Decl. = +00 32 54.8 ± 0.03"  
 Mag = 17.4 R ± 0.03  
 Total error = 0.04"

CCD Reduction:  
 Reduction Note: d  
 Position error: 0.27"  
 Peak ratio: 1.68  
 S/N ratio: 3.64

UTC: 2004 04 16.80824      Observers: M+Q+K

Add MPCline    Add DBF object    Cancel    Save & Exit

F2 - AddMPCline+DBFobject    F3 -<F2> without mag in MPCline    F10 - Save&Exit

no.	night	teles	ccd	codfil	ntran	frame	rect	decl	year	mon	UT	exposit	observ	filter	xy_objects	notice
53	20040416	KT	S300	AN227	1		7.41288	0.3434	2004	4	16.80824	00:50	M+Q+K		AN22949 (391,580)	

AN22949 dc2004 04 16.80824 07 41 44.13 +00 32 54.8      246

obr. 12 – astrometrie a fotometrie objektu – je vidět poznámka d (diffuse image)

Pomocí kurzoru se souřadnicemi lze též u objektu s ohonem změřit jeho délku a úhlovou orientaci.

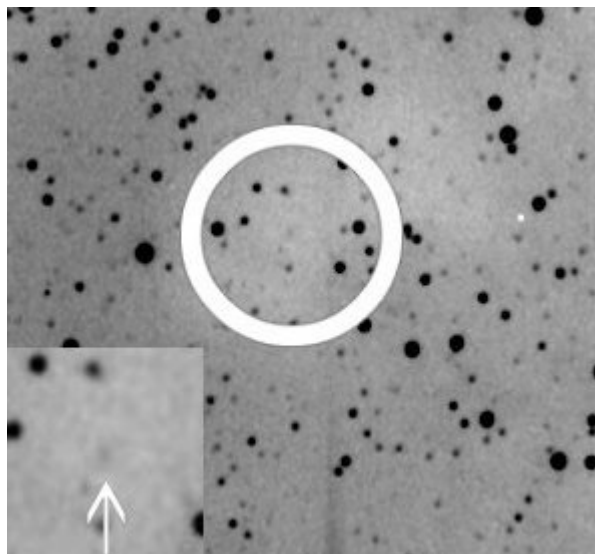
Program, co se týče detekce kometárního vzhledu objektů, pracuje v poloautomatickém režimu, tj. vyžaduje vizuální kontrolu před zapsáním informace. To má ryze praktický důvod. Pokud by totiž např. planetka procházela poblíž galaxie či jasnější hvězdy, mohlo by se stát, že software daný objekt též označí za difúzní, a z matematického

hlediska bude mít pravdu. Proto je třeba k tomuto typu detekce přidat i lidský faktor jako kontrolu správnosti, aby k omylům v detekci komet nedocházelo. Pokud jde o komety samotné, zobrazují se nám v několika variantách. Podrobně je popíšeme v následující kapitole.

## IV. Příklady vzhledu kometárních těles

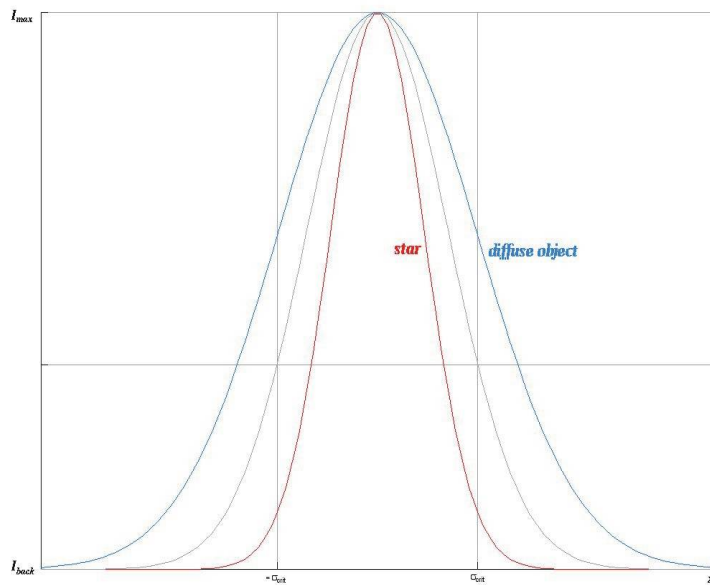
### IV.1 Kometa pouze s komou

Prvním příkladem bude kometa pouze s komou, se vzhledem typickým pro slabší objekty. Použitím výše popsané metody je detekce kometárního vzhledu nejjednodušší. Profil objektu je symetrický dle osy, která prochází maximem hodnoty  $I$ . Pouhým porovnáním jsme schopni zjistit, že jde o difúzní objekt, jak je vidět na obrázku obr. 14. Originální objekt s kometou označenou šipkou vidíme na obr. 13.



*obr. 13 – kometa pouze s komou*

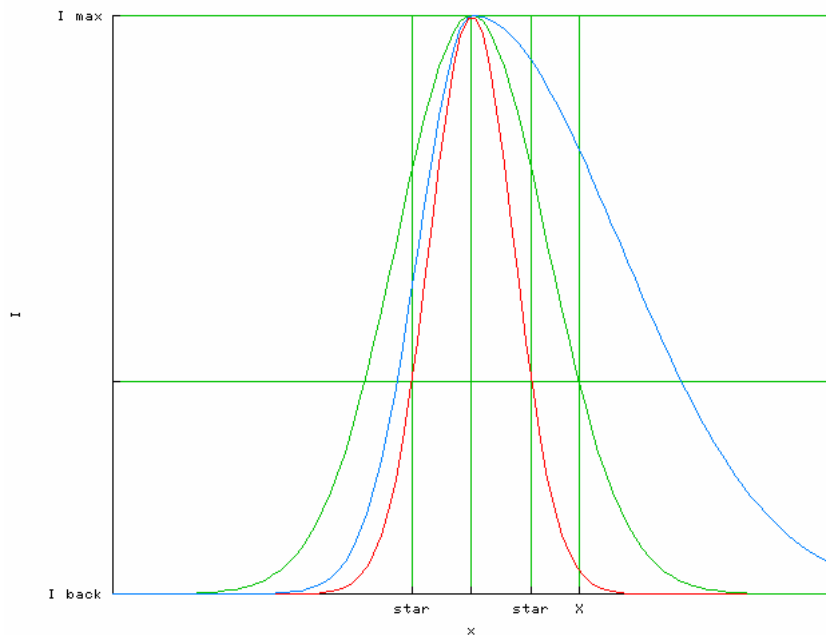
Na obr. 13 máme provedeny profily hvězdy a objektu, obojí se stejnou hodnotou „jasnosti“  $I_{max}$ . Porovnáním těchto dvou křivek zjistíme, že  $\sigma > \sigma_{krit}$  na obou stranách křivky a tudíž že jde o objekt difúzní, tj. kometu. I profil přesně odpovídá předpokládanému dle popisu - je symetrický dle osy, procházející maximem. V daném případě jde o potvrzení kometárního vzhledu u jádra B komety 57P/du Toit-Neujmin-Delporte



obr. 14 – profil komety s komou

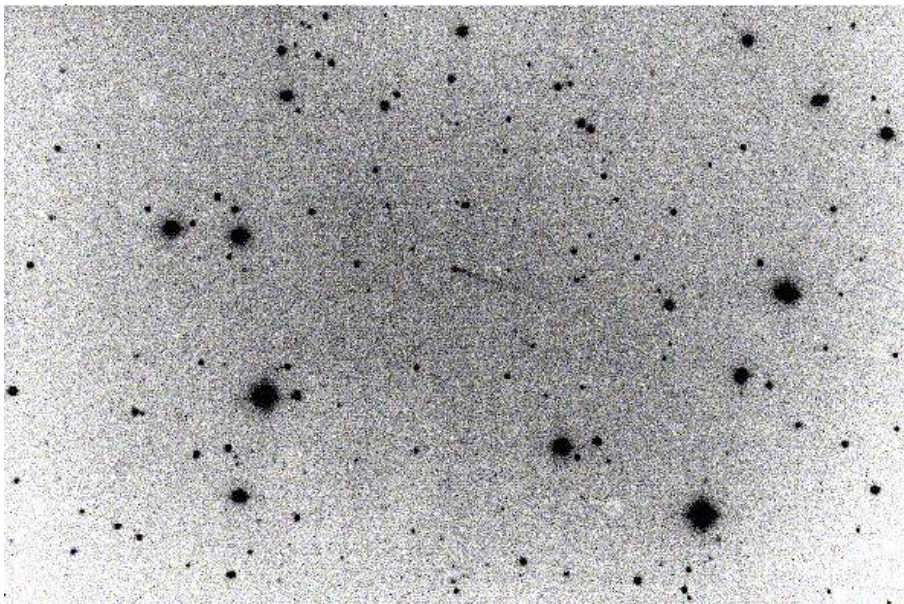
## IV.2 Kometa pouze s ohonem

Další variantou je kometa bez komy, ale s přítomností ohonu. V tomto případě bude mít vytvořený profil zcela jiný tvar. V první řadě nebude vůbec symetrický, jak je zřejmé z obr. 15. Profil je proveden pro kometu s ohonem směrem doprava.



obr. 15 – profil komety pouze s ohonem

Levá strana od osy se vůbec nejeví kometární. Profil zde je pod hodnotou, tj.  $\sigma_{\text{krit}} > \sigma$  a tudíž toto vypovídá o tom, že levá polovina není vůbec difúzní. Vpravo od osy procházející maximem je situace jiná, zde  $\sigma_t > \sigma_{\text{krit}}$  a tudíž jde o objekt nestelární. Porovnáním analýzy obou polovin dojdeme k výsledku, že v případě profilu objektu, který je zobrazen na obr. 14 modrou barvou, se jedná o kometu s absencí komy ale s přítomností ohonu. Takovýchto objektů sice není mnoho (řádově jen několik procent z pozorované populace komet), ale je třeba mít metodu aplikovatelnou i na komety tohoto vzhledu. Jednou z takovýchto komet byla 133P/ Elst-Pizarro – její snímek pořízený na Observatoři Klet' 0,57-m zrcadlovým dalekohledem CCD kamerou SBIG ST-8 autorem práce a jeho kolegy ukazuje obr. 16.

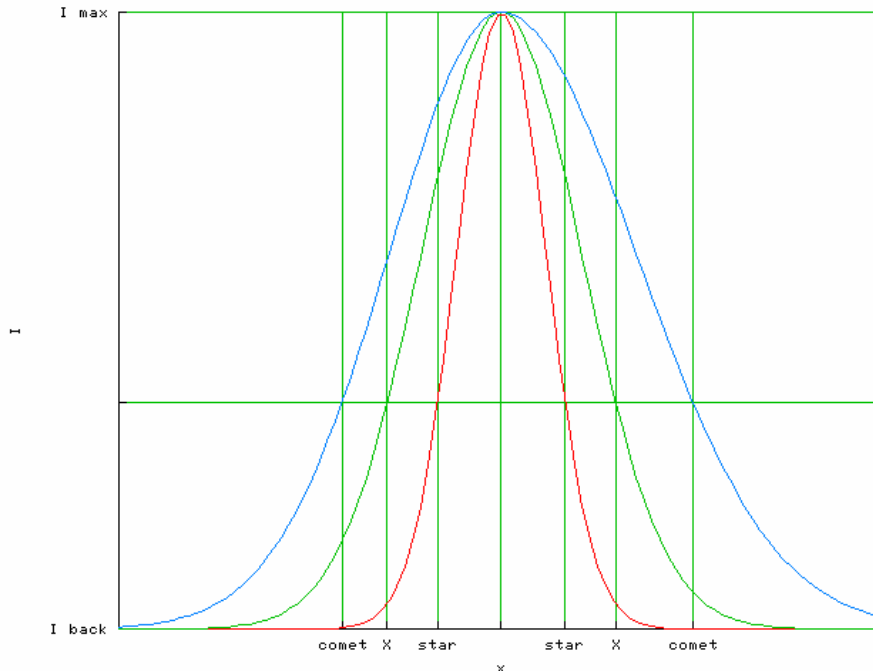


*obr. 16 - kometa 133P/Elst-Pizarro – kometa pouze s ohonem, v tomto případě jehlovitým v pozičním úhlu cca 260 stupňů*

### **IV.3 Kometa s komou a ohonem**

Poslední variantou vzhledu kometárního tělesa je kombinace dvou předešlých – tj. kometa s komou i ohonem. Většina jasnějších komet má přesně tento vzhled. I analýza profilů pro detekci kometárního charakteru tělesa je kombinací obou dvou. Profil tělesa není sice symetrický dle osy procházející maximem, ale v obou polovinách profilu platí, že  $\sigma_t > \sigma_{\text{krit}}$

a tudíž můžeme s klidným svědomím konstatovat, že analyzovaný objekt je kometárního charakteru. Charakteristický histogram – profil takovéto komety je na obr.17.



*obr. 17 – profil komety s komou a ohonem*

Poloha ohonu je pro názornost na obr. 16 stejná jako na obr.14 – tj. ohon míří doprava. Pěkným příkladem takovéto komety je snímek komety C/1999 S4 (LINEAR) pořízený opět na Observatoři Klet' 0.57-m zrcadlovým dalekohledem se CCD kamerou SBIG ST-8 opět autorem této práce a kolegy – viz. obr. 18.

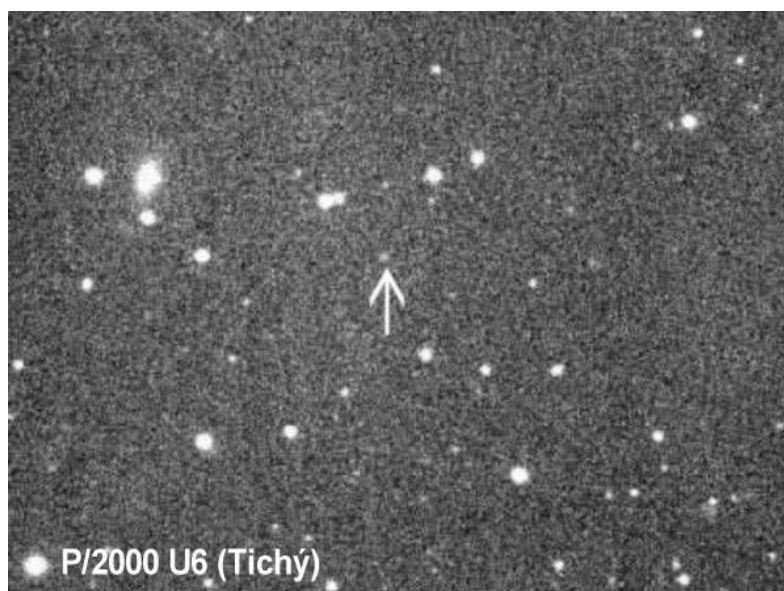


*obr. 18 – kometa C/1999 S4 (LINEAR) – kometa s komou i ohonem*

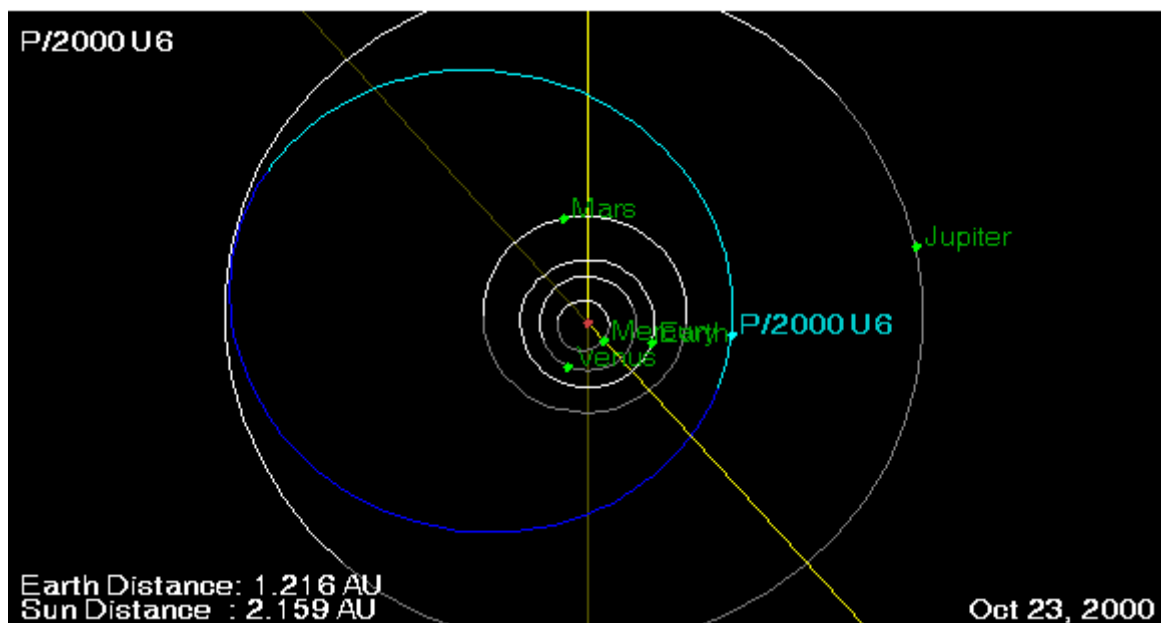


## V. Objev komety P/2000 U6 (Tichý)

Názorným příkladem použití zde popsané metody je objev komety P/2000 U6 (Tichý). Těleso bylo objeveno na Observatoři Klet' 23. října 2000 na okraji snímku, určeného pro následnou astrometrii už známé planetky. S ohledem na nepříliš dobré pozorovací podmínky v objevové noci (seeing  $> 5''$ ) nebylo možné udělat kvalitní analýzu na kometární vzhled. S ohledem na kvalitní astrometrii však bylo možné spočítat předběžnou dráhu tělesa ve sluneční soustavě. Ta z pozorování v první noci vycházela neobvykle, jako na kometu z Jupiterovy rodiny ( $a=4,7$  AU,  $e=0,4$ ,  $i=34$ ). Po druhé pozorovací noci stále vypadaly dráhové elementy neobvykle ( $a=4,1$  AU,  $e=0,45$ ,  $i=22$ ). Teprve po pozorováních ze třetí noci jsme mohli vypočítat korektní dráhové elementy, a to opravdu elementy komety Jupiterovy rodiny –  $a=3,79$  AU,  $e=0,43$ ,  $I=19,4^\circ$ . Současně s astrometrií a fotometrií probíhala ve druhé a třetí noci, které byly počasově zdařilé, mnohem lepší než noc objevová, analýzy vzhledu nově objeveného tělesa. Bylo zjištěno, že těleso jeví slabou kometární aktivitu – že se jedná o slabou novou kometu s komou, bez přítomnosti evidentního ohonu. Po potvrzení kometárního vzhledu nově objeveného tělesa na observatořích na Mallorce a v Sewanee v USA byl objev komety, nyní již s označením P/2000 U6 (Tichý) publikován v cirkuláři Mezinárodní astronomické Unie (IAU) dne 1. listopadu 2000.



*obr. 19 – kometa P/2000 U6 (Tichý)*



obr.20 – dráha komety P/2000 U6 (Tichý) ve sluneční soustavě  
s polohami těles ke dni objevu

Kometa P/2000 U6 (Tichý) je první kometou objevenou v nynější České republice (předchozí kometa byla z Čech objevená 1991, pochopitelně také z Kletí) . Je to první česká kometa objevená s použitím elektronického záznamového zařízení (CCD detektoru), předchozí české komety byly objeveny buď vizuálně nebo fotograficky. Za posledních sto let byly z území nynější České republiky pouze čtyři komety, všechny na Observatoři Klet' (tři předchozí fotograficky). Je to též jediná kometa objevená v roce 2000 z celé Evropy.

## VI. Výsledky získané touto metodou

Popsaná metoda se na Observatoři Klet' vyvíjela postupně od roku 1996. Prvotně byla určena pro CCD kameru SBIG ST-8 a pro analýzu prachových jevů – prachové komy a prachového ohonu (více tato kamera, s ohledem na citlivost jejího čipu neumí). I přes tento citlivostní handicap byly pomocí této metody zjištěny kometární charakteristiky u 69 nově objevených těles. U části z nich byla kometární charakteristika zjištěna i vizuálně, u části komet byla jejich „kometárnost“ určena pouze zásluhou této metody. V *Tab. 1* jsou uvedeny komety, u kterých byl prokázán kometární charakter pomocí 0,57-m zrcadlového dalekohledu Observatoře Klet' vybaveného CCD kamerou SBIG ST-8 autorem této práce a jeho kolegy.

*Tabulka 1: Potvrzené kometární charakteristiky těles z pozorování Observatoře Klet' s 0.57-m reflektorem při použití zde popsané metody:*

<b>rok</b>	<b>označení potvrzených nově objevených komet</b>
1996	N2
1997	C1, B1, L1, T1, V1
1998	M1, M2, X1, VS24
1999	H3, J2, J3, J4, K8, F2, N4, RO28, S3, S4, T2, U1, T3, U3, U4, Y1, XS87
2000	XS87, B2, G1, H1, G2, K1, K2, O1, R2, S1, S2, SW74, U5, U6, Y2, Y3, WT168
2001	A1, A2, B1, CV8, F1, G1, H1, J1, K1, K3, K5, Q1, Q4, Q5, Q6, T3, RX14, U6, W2, X2,
2002	C2, B1, B2, E2, O7

V březnu 2002 byl na Observatoři Klet' uveden do provozu 1.06-m teleskop KLENOT vybavený modernější CCD kamerou Photometrics S300, která je schopna zaznamenat i plazmové jevy v kometách. V krátké době byly provedeny jemné úpravy programu *Astrometry* a analýza na kometární charakteristiku nově objevených těles se prováděla a provádí i na tomto přístroji. Od roku 2002 do roku 2006 byl takto rozpoznán kometární vzhled u 28 nově objevených těles, která jsou uvedena v *Tab. 2*.

*Tabulka 2: Potvrzené kometární charakteristiky těles z pozorování Observatoře Klet' s 1.06-m teleskopem KLENOT při použití zde popsané metody:*

<b>rok</b>	<b>označení potvrzených nově objevených komet</b>
2002	CW137, EJ57, J4, J5, K2, R3, V2, X2
2003	A1, A2, F2, G1, H2, O3, QX29, R1, S1,
2004	D1, CB, H1, P1, T1, X1, X3
2005	B1, E1
2006	A2, GZ2

## VII. Závěr

Metoda, použitá pro analýzu kometárních charakteristik nově objevených těles je založena na jednoduché formě Gaussovy funkce. Ačkoliv je to metoda matematicky velmi jednoduchá, lze s ní, překvapivě, dosáhnout dobrých výsledků. Hodnoty signálu zjištěné v jednotlivých pixelech jsou pomocí metody nejmenších čtverců (LSM) proloženy křivkou, která je následně analyzována a porovnávána s křivkou stelárních objektů.

O tom, že tato metoda funguje a je velmi účinná svědčí i rozsáhlý seznam necelé stovky nově objevených komet, jejichž kometární charakter byl dokázán či spolu-dokázán pomocí této metody.

Tato metoda, implementovaná do programu *Astrometry*, se s úspěchem používá na Observatoři Klet'. Zde presentované výsledky byly získány autorem této práce ve spolupráci s jeho kolegy z Observatoře Klet', Janou Tichou, Michalem Kočerem a Zdeňkem Moravcem, v průběhu let 1996-2006.

Závěrem bych rád uvedl alespoň několik zajímavých komet, které byly jako komety určeny právě touto metodou a posléze nás něčím překvapily. Určitě mezi ně patří kometa C/1999 S4 (LINEAR), která se při přiblížení ke Slunci v roce 2000 rozpadla a dnes již jako kometa neexistuje – existuje jen jako roj meteoroidů.

Dále byl touto metodou potvrzen objev komety C/2001 Q4 (NEAT) v srpnu 2001, posléze od nás pozorovatelné pouhýma očima na jaře 2004.

A úplným závěrem samozřejmě i objev, kde byl touto metodou byl detekován kometární charakter nově objeveného tělesa dne 23. října 2000, tělesa, které od 1. listopadu 2000 nese označení a jméno P/2000 U6 (Tichý).

## VIII. Seznam použité literatury

- Tichý, M., Tichá, J., Kočer, M.: *Confirmation of cometary features of newly discovered bodies*, Earth, Moon, and Planets, **90** (1-4), pp.507-513, 2002
- Tichý, M., Tichá, J., Kočer, M.: *Confirmation of Comet Discoveries*, International Comet Quarterly, Vol. 27, No. 2, April 2005, pp.87-92
- Tichá, J., Tichý, M., Kočer, M.: *KLENOT - KLEŤ OBSERVATORY NEAR EARTH AND OTHER UNUSUAL OBJECTS OBSERVATIONS TEAM AND TELESCOPE*, Proceedings of ACM 2002, Berlin,(ESA-SP-500), November 2002, pp.793-796
- Marsden, B. G., Williams, G. V.:*The NEO Confirmation Page*, Planet Space Sci. **46**, 299-302, 1998
- Cometary Science after Hale-Bopp. Proc. IAU Coll. 186, Eds. H. Boehnhardt, M.Combi, M. R. Kidger, and R. Schlulz. Kluwer Acad. Publ., 2002
- Green, D. W. E., *INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION CIRCULARS*, Central Bureau for Astronomical Telegrams, 1996-2006
- Tichá, J., Tichý, M., Moravec, Z.: Klet' Observatory NEO follow-up programme, Planetary And Space Science Vol.**48**, no.9 (2000) pp. 787-792
- <http://www.klet.org>
- <http://cfa-www.harvard.edu/iau/mpc.html>
- <http://www.physics.ucf.edu/~yfernandez/cometlist.html>

## IX. Přílohy

V příloze jsou základní informace o kometách Jupiterovy rodiny, o kometách typu Halley, o Kentaurech s kometovým značením a o krátkoperiodických kometách, nespádajících do žádné z předchozích kategorií. V seznamu je vždy uvedeno označení a eventuelně jméno komety, vzdálenost přísluní  $q$  v AU, excentricita dráhy komety  $e$ , sklon dráhy vůči rovině ekliptiky  $i$  ve stupních, oběžná doba  $P$  v letech a spočtený Tisserandův invariant  $TJ$ . Též jsou přiloženy cirkuláře oznamující objev a obsahující astrometrická a fotometrická pozorování při objevu komety P/2000 U6 (Tichý).

### IX.1 Seznam Jupiterovy rodiny komet

označení a jméno komety	$q$ [AU]	$e$	$i$ [°]	$TJ$
1 2P/Encke	0.339	0.847	11.7	3.027
4P/Faye	1.660	0.567	9.0	2.754
5D/Brorsen	0.590	0.810	29.4	2.465
6P/d'Arrest	1.352	0.612	19.4	2.714
7P/Pons-Winnecke	1.258	0.633	22.2	2.681
9P/Tempel 1	1.502	0.518	10.5	2.971
10P/Tempel 2	1.468	0.526	12.0	2.963
11P/Tempel-Swift-LINEAR	1.584	0.539	13.4	2.846
14P/Wolf	2.412	0.407	27.5	2.712
10 15P/Finlay	1.034	0.710	3.6	2.623
16P/Brooks 2	1.834	0.492	5.5	2.885
17P/Holmes	2.161	0.413	19.2	2.860
18D/Perrine-Mrkos	1.272	0.643	17.7	2.668
19P/Borrelly	1.358	0.623	30.3	2.568
21P/Giacobini-Zinner	1.037	0.705	31.8	2.471
22P/Kopff	1.583	0.543	4.7	2.868
24P/Schaumasse	1.205	0.704	11.7	2.508
25D/Neujmin 2	1.338	0.567	10.6	2.932
26P/Grigg-Skjellerup	1.116	0.633	22.3	2.806
20 28P/Neujmin 1	1.551	0.775	14.1	2.166
30P/Reinmuth 1	1.877	0.501	8.1	2.840
31P/Schwassmann-Wachmann 2	3.408	0.195	4.5	2.993
32P/Comas Sola	1.834	0.569	12.9	2.672
33P/Daniel	2.158	0.463	22.4	2.735
34D/Gale	1.180	0.761	11.7	2.291
36P/Whipple	3.088	0.259	9.9	2.952

	37P/Forbes	1.420	0.576	8.0	2.852
	40P/Vaisala 1	1.794	0.632	11.5	2.537
	41P/Tuttle-Giacobini-Kresak	1.051	0.659	9.2	2.831
30	42P/Neujmin 3	2.018	0.584	3.9	2.637
	43P/Wolf-Harrington	1.578	0.544	18.5	2.801
	44P/Reinmuth 2	1.890	0.464	6.9	2.923
	45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova	0.528	0.825	4.2	2.583
	46P/Wirtanen	1.058	0.657	11.7	2.823
	47P/Ashbrook-Jackson	2.305	0.396	12.5	2.899
	48P/Johnson	2.310	0.365	13.6	2.943
	49P/Arend-Rigaux	1.367	0.612	18.3	2.712
	50P/Arend	1.919	0.529	19.1	2.696
	51P/Harrington	1.568	0.561	8.6	2.813
40	52P/Harrington-Abell	1.754	0.543	10.2	2.775
	53P/Van Biesbroeck	2.415	0.551	6.6	2.653
	54P/de Vico-Swift-NEAT	2.145	0.430	6.0	2.910
	56P/Slaughter-Burnham	2.530	0.504	8.1	2.713
	57P/du Toit-Neujmin-Delporte	1.729	0.499	2.8	2.917
	58P/Jackson-Neujmin	1.386	0.660	13.4	2.570
	59P/Kearns-Kwee	2.341	0.476	9.3	2.773
	60P/Tsuchinshan 2	1.768	0.507	6.7	2.872
	61P/Shajn-Schaldach	2.330	0.389	6.0	2.933
	62P/Tsuchinshan 1	1.491	0.577	10.5	2.798
50	63P/Wild 1	1.959	0.650	19.9	2.412
	64P/Swift-Gehrels	1.339	0.694	8.4	2.495
	65P/Gunn	2.447	0.318	10.3	2.999
	66P/du Toit	1.277	0.787	18.6	2.123
	67P/Churyumov-Gerasimenko	1.292	0.631	7.1	2.749
	68P/Klemola	1.755	0.640	11.0	2.527
	69P/Taylor	1.943	0.467	20.5	2.814
	70P/Kojima	2.003	0.454	6.5	2.905
	71P/Clark	1.559	0.500	9.4	2.991
	72P/Denning-Fujikawa	0.793	0.817	9.1	2.240
60	73P/Schwassmann-Wachmann 3	0.937	0.693	11.4	2.787
	74P/Smirnova-Chernykh	3.545	0.148	6.6	3.008
	75P/Kohoutek	1.787	0.495	5.9	2.896
	76P/West-Kohoutek-Ikemura	1.596	0.539	30.4	2.688
	77P/Longmore	2.310	0.358	24.3	2.861
	78P/Gehrels 2	2.004	0.463	6.2	2.887
	79P/du Toit-Hartley	1.227	0.594	2.8	2.946
	80P/Peters-Hartley	1.634	0.595	29.8	2.518

	81P/Wild 2	1.590	0.538	3.2	2.881
	82P/Gehrels 3	3.626	0.125	1.1	3.026
70	83P/Russell 1	2.179	0.437	17.7	2.822
	84P/Giclas	1.847	0.492	7.2	2.875
	85P/Boethin	1.162	0.774	4.8	2.266
	86P/Wild 3	2.310	0.364	15.4	2.933
	87P/Bus	2.180	0.375	2.5	3.008
	88P/Howell	1.388	0.556	4.3	2.949
	89P/Russell 2	2.289	0.397	12.0	2.904
	90P/Gehrels 1	2.965	0.509	9.6	2.690
	91P/Russell 3	2.575	0.334	14.1	2.922
	92P/Sanguin	1.807	0.663	18.7	2.410
80	93P/Lovas 1	1.695	0.612	12.2	2.608
	94P/Russell 4	2.229	0.364	6.1	3.005
	97P/Metcalf-Brewington	2.610	0.456	17.9	2.711
	98P/Takamizawa	1.632	0.567	10.5	2.759
	99P/Kowal 1	4.714	0.225	4.3	2.957
	100P/Hartley 1	1.976	0.420	25.7	2.850
	101P/Chernykh	2.341	0.594	5.0	2.590
	102P/Shoemaker 1	1.980	0.470	26.2	2.735
	103P/Hartley 2	1.033	0.700	13.6	2.640
	104P/Kowal 2	1.395	0.585	15.4	2.805
90	105P/Singer Brewster	2.036	0.411	9.1	2.972
	106P/Schuster	1.551	0.587	20.1	2.677
	107P/Wilson-Harrington	1.000	0.621	2.7	3.087
	108P/Ciffreo	1.714	0.542	13.0	2.779
	110P/Hartley 3	2.478	0.314	11.6	2.990
	111P/Helin-Roman-Crockett	3.477	0.140	4.2	3.028
	112P/Urata-Niijima	1.459	0.587	24.1	2.691
	113P/Spitaler	2.126	0.423	5.7	2.929
	114P/Wiseman-Skiff	1.570	0.556	18.2	2.773
	115P/Maury	2.041	0.520	11.6	2.736
100	116P/Wild 4	2.166	0.377	3.6	3.008
	117P/Helin-Roman-Alu 1	3.290	0.227	9.7	2.959
	118P/Shoemaker-Levy 4	2.012	0.422	8.4	2.962
	119P/Parker-Hartley	3.041	0.291	5.1	2.943
	120P/Mueller 1	2.743	0.337	8.7	2.917
	121P/Shoemaker-Holt 2	2.651	0.338	17.7	2.872
	123P/West-Hartley	2.130	0.447	15.3	2.835
	124P/Mrkos	1.466	0.542	31.3	2.752
	125P/Spacewatch	1.528	0.511	9.9	2.977



	127P/Holt-Olmstead	2.158	0.369	14.3	2.982
110	128P/Shoemaker-Holt 1	3.053	0.321	4.3	2.913
	129P/Shoemaker-Levy 3	2.811	0.249	5.0	3.027
	130P/McNaught-Hughes	2.110	0.404	7.3	2.966
	131P/Mueller 2	2.419	0.343	7.3	2.981
	132P/Helin-Roman-Alu 2	1.915	0.531	5.7	2.768
	133P/Elst-Pizarro	2.635	0.165	1.4	3.185
	134P/Kowal-Vavrova	2.571	0.586	4.3	2.603
	135P/Shoemaker-Levy 8	2.719	0.289	6.0	2.993
	136P/Mueller 3	3.000	0.287	9.4	2.936
	137P/Shoemaker-Levy 2	1.866	0.579	4.6	2.674
120	138P/Shoemaker-Levy 7	1.701	0.530	10.0	2.830
	139P/Vaisala-Oterma	3.388	0.247	2.3	2.957
	140P/Bowell-Skiff	1.969	0.692	3.8	2.411
	141P/Machholz 2-D	0.750	0.750	12.8	2.714
	142P/Ge-Wang	2.485	0.500	12.1	2.702
	143P/Kowal-Mrkos	2.545	0.409	4.6	2.863
	144P/Kushida	1.431	0.628	4.1	2.687
	145P/Shoemaker-Levy 5	1.987	0.529	11.7	2.730
	146P/Shoemaker-LINEAR	1.318	0.666	21.6	2.526
	147P/Kushida-Muramatsu	2.751	0.277	2.3	3.009
130	148P/Anderson-LINEAR	1.693	0.539	3.6	2.829
	149P/Mueller 4	2.646	0.388	29.7	2.663
	150P/LONEOS	1.761	0.546	18.5	2.713
	151P/Helin	2.530	0.565	4.7	2.633
	152P/Helin-Lawrence	3.110	0.307	9.8	2.901
	154P/Brewington	1.590	0.672	18.1	2.432
	155P/Shoemaker 3	1.814	0.727	6.4	2.325
	156P/Russell-LINEAR	1.597	0.557	20.7	2.736
	157P/Tritton	1.421	0.590	7.1	2.810
	158P/Kowal-LINEAR	4.595	0.029	7.9	2.988
140	159P/LONEOS	3.651	0.381	23.4	2.689
	160P/LINEAR	2.083	0.477	17.3	2.775
	162P/Siding Spring	1.228	0.597	27.8	2.792
	163P/NEAT	1.920	0.476	12.5	2.862
	164P/Christensen	1.646	0.546	16.2	2.777
	168P/Hergenrother	1.426	0.608	21.9	2.664
	169P/NEAT	0.605	0.767	11.3	2.888
	170P/Christensen	2.930	0.304	10.1	2.923
	171P/Spahr	1.726	0.510	21.9	2.790
	172P/Yeung	2.244	0.361	11.1	2.985

150	173P/Mueller 5	4.214	0.261	16.5	2.850
	175P/Hergenrother	2.088	0.408	6.1	2.971
	D/1766 G1 Helfenzrieder	0.406	0.848	7.9	2.700
	D/1819 W1 Blanpain	1.000	0.676	5.9	2.815
	D/1884 O1 Barnard	1.279	0.583	5.5	2.938
	D/1886 K1 Brooks	1.325	0.571	12.7	2.918
	D/1892 T1 Barnard	1.432	0.590	31.3	2.620
	D/1894 F1 Denning	1.147	0.698	5.5	2.588
	D/1895 Q1 Swift	1.298	0.652	3.0	2.677
	D/1896 R2 Giacobini	1.455	0.588	11.3	2.780
	D/1918 W1 Schorr	1.884	0.469	5.6	2.918
160	D/1952 B1 Harrington-Wilson	1.664	0.515	16.3	2.853
	D/1960 S1 van Houten	3.957	0.367	6.7	2.858
	D/1977 C1 Skiff-Kosai	2.849	0.259	3.2	3.011
	D/1978 R1 Haneda-Campos	1.101	0.665	5.9	2.764
	D/1986 W1 Lovas	1.458	0.592	1.5	2.791
	P/1990 V1 Shoemaker-Levy 1	1.524	0.772	24.3	2.092
	P/1991 V1 Shoemaker-Levy 6	1.132	0.706	16.9	2.517
	P/1994 J3 Shoemaker	2.944	0.506	24.8	2.549
	P/1994 N2 McNaught-Hartley	2.485	0.671	17.6	2.392
	P/1995 A1 Jedicke	4.083	0.308	19.9	2.787
170	P/1996 A1 Jedicke	4.055	0.436	6.6	2.826
	P/1996 R2 Lagerkvist	2.609	0.310	2.6	2.995
	P/1997 B1 Kobayashi	2.054	0.761	12.3	2.235
	P/1997 C1 Gehrels	3.565	0.469	2.9	2.779
	P/1997 G1 Montani	4.214	0.417	3.9	2.858
	P/1997 T3 Lagerkvist-Carsenty	4.240	0.365	4.8	2.881
	P/1997 V1 Larsen	3.293	0.332	12.1	2.851
	P/1998 QP54 LONEOS-Tucker	1.882	0.552	17.7	2.666
	P/1998 S1 LINEAR-Mueller	2.548	0.417	10.6	2.828
	P/1998 U2 Mueller	2.025	0.521	2.2	2.768
180	P/1998 U3 Jaeger	2.134	0.648	19.1	2.412
	P/1998 U4 Spahr	3.843	0.310	31.5	2.612
	P/1998 VS24 LINEAR	3.405	0.244	5.0	2.953
	P/1998 X1 ODAS	1.974	0.448	1.3	2.937
	P/1998 Y2 Li	2.519	0.589	24.3	2.448
	P/1999 D1 Hermann	1.655	0.713	21.5	2.276
	P/1999 DN3 Korlevic-Juric	3.908	0.135	18.7	2.901
	P/1999 J5 LINEAR	3.713	0.170	13.7	2.939
	P/1999 RE70	2.581	0.192	0.2	3.166
	P/1999 RO28 LONEOS	1.232	0.651	8.2	2.711

190	P/1999	U3	LINEAR	1.846	0.619	20.4	2.495
	P/1999	V1	Catalina	2.944	0.551	15.6	2.598
	P/1999	WJ7	Korlevic	3.167	0.317	3.0	2.910
	P/1999	X1	Hug-Bell	1.937	0.473	11.0	2.869
	P/1999	XB69	LINEAR	1.639	0.632	11.3	2.574
	P/1999	XN120	Catalina	3.286	0.213	5.0	2.990
	P/2000	B3	LINEAR	1.700	0.575	11.1	2.709
	P/2000	G1	LINEAR	1.003	0.672	10.3	2.818
	P/2000	QJ46	LINEAR	1.934	0.673	4.4	2.452
	P/2000	R2	LINEAR	1.390	0.584	3.2	2.856
200	P/2000	S1	Skiff	2.514	0.618	21.0	2.442
	P/2000	S4	LINEAR-Spacewatch	2.265	0.682	28.3	2.237
	P/2000	U6	Tichý	2.155	0.431	19.4	2.826
	P/2000	Y3	Scotti	4.048	0.201	2.2	2.959
	P/2001	BB50	LINEAR-NEAT	2.346	0.587	10.6	2.579
	P/2001	CV8	LINEAR	2.152	0.445	9.0	2.869
	P/2001	F1	NEAT	4.152	0.356	19.1	2.773
	P/2001	H5	NEAT	2.397	0.600	8.4	2.567
	P/2001	J1	NEAT	0.937	0.758	10.1	2.452
	P/2001	K1	NEAT	2.470	0.357	16.9	2.890
210	P/2001	MD7	LINEAR	1.254	0.684	13.5	2.550
	P/2001	Q2	Petriew	0.946	0.696	13.9	2.750
	P/2001	Q5	LINEAR-NEAT	2.043	0.417	10.9	2.950
	P/2001	R1	LONEOS	1.361	0.609	7.0	2.782
	P/2001	R6	LINEAR-Skiff	2.115	0.486	17.3	2.748
	P/2001	T3	NEAT	2.506	0.615	19.2	2.465
	P/2001	TU80	LINEAR-NEAT	1.933	0.473	6.5	2.888
	P/2001	WF2	LONEOS	0.976	0.667	16.9	2.845
	P/2001	X2	Scotti	2.522	0.331	2.2	2.985
	P/2001	YX127	LINEAR	3.424	0.181	7.9	2.991
220	P/2002	AR2	LINEAR	2.064	0.616	21.1	2.462
	P/2002	CW134	LINEAR	1.840	0.490	15.2	2.843
	P/2002	EJ57	LINEAR	2.636	0.594	5.0	2.592
	P/2002	JN16	LINEAR	1.791	0.486	11.4	2.895
	P/2002	LZ11	LINEAR	2.370	0.352	11.5	2.961
	P/2002	O5	NEAT	1.174	0.596	20.4	2.915
	P/2002	O8	NEAT	3.229	0.199	12.8	2.973
	P/2002	Q1	Van Ness	1.521	0.570	36.4	2.561
	P/2002	S1	Skiff	2.306	0.430	27.7	2.696
	P/2002	T1	LINEAR	1.192	0.664	20.7	2.622
230	P/2002	T5	LINEAR	3.934	0.437	30.9	2.534

	P/2002 T6 NEAT-LINEAR	3.388	0.557	11.0	2.657
	P/2002 X2 NEAT	2.529	0.373	25.4	2.766
	P/2003 CP7 LINEAR-NEAT	3.017	0.249	12.3	2.958
	P/2003 F2 NEAT	2.876	0.549	10.8	2.634
	P/2003 H4 LINEAR	1.703	0.490	18.1	2.885
	P/2003 HT15 LINEAR	2.671	0.420	27.7	2.642
	P/2003 K2 Christensen	0.549	0.829	10.1	2.486
	P/2003 KV2 LINEAR	1.063	0.630	25.6	2.852
	P/2003 L1 Scotti	5.010	0.252	9.0	2.946
240	P/2003 O2 LINEAR	1.505	0.645	14.7	2.561
	P/2003 O3 LINEAR	1.246	0.599	8.4	2.899
	P/2003 QX29 NEAT	4.244	0.470	11.4	2.796
	P/2003 S1 NEAT	2.596	0.430	5.9	2.822
	P/2003 S2 NEAT	2.457	0.358	7.6	2.947
	P/2003 SQ215 NEAT-LONEOS	2.304	0.581	5.5	2.611
	P/2003 U2 LINEAR	1.710	0.621	24.5	2.482
	P/2003 U3 NEAT	2.495	0.509	7.0	2.712
	P/2003 UY275 LINEAR	1.832	0.509	16.3	2.794
	P/2003 XD10 LINEAR-NEAT	1.881	0.437	14.7	2.952
250	P/2003 WC7 LINEAR-Catalina	1.655	0.681	21.2	2.367
	P/2004 CB LINEAR	0.912	0.689	19.1	2.800
	P/2004 DO29 Spacewatch-LINEAR	4.097	0.450	14.5	2.768
	P/2004 EW38 Catalina-LINEAR	1.793	0.500	6.5	2.879
	P/2004 F1 NEAT	2.450	0.452	18.3	2.735
	P/2004 F3 NEAT	2.864	0.287	16.0	2.914
	P/2004 FY140 LINEAR	4.106	0.171	2.1	2.972
	P/2004 H2 Larsen	2.617	0.419	11.8	2.809
	P/2004 H3 Larsen	2.437	0.374	25.2	2.789
	P/2004 HC18 LINEAR	1.711	0.510	23.5	2.783
260	P/2004 K2 McNaught	1.555	0.502	8.1	2.993
	P/2004 NL21 LINEAR	2.083	0.477	17.3	2.775
	P/2004 R1 McNaught	0.988	0.682	4.9	2.798
	P/2004 R3 LINEAR-NEAT	2.142	0.442	8.0	2.882
	P/2004 T1 LINEAR-NEAT	1.710	0.508	11.0	2.880
	P/2004 V1 Skiff	1.418	0.694	11.5	2.456
	P/2004 V5 LINEAR-Hill	4.411	0.445	19.4	2.743
	P/2004 VR8 LONEOS	2.376	0.510	20.1	2.632
	P/2004 WR9 LINEAR	1.917	0.684	5.0	2.427
	P/2004 X1 LINEAR	0.782	0.726	5.1	2.834
270	P/2005 E1 Tubbiolo	4.445	0.385	5.2	2.887
	P/2005 GF8 LONEOS	2.830	0.517	1.2	2.705

	P/2005 J1 McNaught	1.530	0.571	31.8	2.615
	P/2005 JD108 Catalina-NEAT	4.030	0.375	3.3	2.867
	P/2005 JN Spacewatch	2.276	0.350	8.9	3.005
	P/2005 JQ5 Catalina	0.826	0.693	5.7	2.963
	P/2005 JY126 Catalina	2.126	0.434	20.2	2.822
	P/2005 K3 McNaught	1.509	0.592	15.7	2.716
	P/2005 L1 McNaught	3.143	0.209	7.7	3.003
	P/2005 L4 Christensen	2.367	0.425	17.0	2.804
280	P/2005 N3 Larson	2.197	0.388	6.3	2.972
	P/2005 Q4 LINEAR	1.754	0.607	17.6	2.569
	P/2005 R1 NEAT	2.047	0.628	15.4	2.489
	P/2005 R2 Van Ness	2.128	0.379	10.2	2.996
	P/2005 RV25 LONEOS-Christensen	3.607	0.167	9.9	2.974
	P/2005 S3 Read	2.842	0.420	3.5	2.820
	P/2005 SB216 LONEOS	3.818	0.464	24.1	2.623
	P/2005 T2 Christensen	2.211	0.422	8.3	2.898
	P/2005 T5 Broughton	3.247	0.552	21.4	2.550
	P/2005 U1 Read	2.365	0.253	1.3	3.153
290	P/2005 V1 Bernardi	2.345	0.479	15.6	2.729
	P/2005 W3 Kowalski	3.008	0.530	16.8	2.613
	P/2005 XA54 LONEOS-Hill	1.778	0.710	16.9	2.311
	P/2005 Y2 McNaught	3.355	0.467	19.2	2.664
	P/2005 YQ127 LINEAR	1.919	0.504	16.7	2.772
	P/2006 D1 Hill	1.892	0.659	17.5	2.418
	P/2006 F1 Kowalski	4.119	0.121	21.3	2.866
	P/2006 F4 Spacewatch	2.339	0.337	12.4	2.989
	P/2006 G1 McNaught	2.632	0.454	18.6	2.706
	P/2006 H1 McNaught	2.279	0.351	13.2	2.980

## IX.2 Seznam komet typu Halley

označení a jméno komety	q [AU]	e	i [°]	P [let]	TJ
1 1P/Halley	0.574	0.967	162.1	76.0	-0.588
8P/Tuttle	1.025	0.819	55.1	13.5	1.604
12P/Pons-Brooks	0.772	0.954	74.9	70.9	0.591
13P/Olbers	1.164	0.930	44.7	69.6	1.247
20D/Westphal	1.254	0.920	40.9	61.9	1.360
23P/Brorsen-Metcalf	0.467	0.972	19.4	70.5	1.106
27P/Crommelin	0.733	0.919	29.2	27.4	1.483
35P/Herschel-Rigollet	0.748	0.974	64.2	155	0.645
38P/Stephan-Oterma	1.571	0.860	18.4	37.7	1.886

10	55P/Tempel-Tuttle	0.979	0.905	162.4	33.2	-0.637
	96P/Machholz 1	0.124	0.959	60.1	5.2	1.935
	109P/Swift-Tuttle	0.965	0.963	113.1	135	-0.274
	122P/de Vico	0.659	0.962	85.6	74.4	0.376
	126P/IRAS	1.713	0.695	45.8	13.3	1.968
	161P/Hartley-IRAS	1.275	0.835	95.7	21.5	0.540
	C/1827 M1 Pons-Gambart	0.807	0.946	136.5	57.5	-0.449
	C/1889 M1 Barnard	1.105	0.960	31.2	145	1.292
	C/1917 F1 Mellish	0.190	0.993	32.7	145	0.646
	C/1921 H1 Dubiago	1.115	0.929	22.3	62.3	1.521
	C/1937 D1 Wilk	0.619	0.981	26.0	187	1.032
20	C/1942 EA Vaisala	1.287	0.934	38.0	85.4	1.357
	C/1984 A1 Bradfield	1.357	0.952	51.8	151	1.067
	C/1989 A3 Bradfield	0.420	0.978	83.1	81.9	0.369
	C/1991 L3 Levy	0.983	0.929	19.2	51.3	1.516
	P/1994 X1 McNaught-Russell	1.277	0.816	29.1	18.2	1.916
	C/1998 G1 LINEAR	2.133	0.823	109.7	42.0	-0.151
	C/1998 Y1 LINEAR	1.747	0.924	28.1	110	1.644
	C/1999 E1 Li	3.920	0.760	46.9	65.9	1.892
	C/1999 G1 LINEAR	4.041	0.845	76.3	133	0.767
30	C/1999 S3 LINEAR	1.895	0.900	70.6	82.6	0.825
	C/2000 D2 LINEAR	2.298	0.867	157.0	71.9	-1.371
	C/2000 G2 LINEAR	2.717	0.809	170.5	53.6	-1.552
	C/2001 OG108 LONEOS	0.994	0.925	80.2	48.5	0.599
	P/2001 Q6 NEAT	1.408	0.824	56.8	22.6	1.420
	C/2001 W2 BATTeRs	1.051	0.941	115.9	76.0	-0.257
	C/2002 B1 LINEAR	2.271	0.771	51.0	31.2	1.631
	C/2002 CE10 LINEAR	2.047	0.791	145.5	30.8	-0.854
	C/2002 K4 NEAT	2.764	0.842	94.1	73.4	0.156
	C/2003 F1 LINEAR	4.008	0.806	70.2	94.0	1.051
40	C/2003 R1 LINEAR	2.101	0.892	149.2	86.2	-1.235
	C/2003 U1 LINEAR	1.796	0.922	164.5	109.4	-1.342
	C/2003 W1 LINEAR	1.652	0.935	78.1	127	0.530
	C/2005 N5 Catalina	1.627	0.943	21.4	154	1.633
	C/2005 O2 Christensen	3.333	0.859	148.9	115	-1.649
	P/2005 T4 SWAN	0.649	0.931	160.0	28.6	-0.367

### IX.3 Seznam Kentaurů s kometovým označením

označení a jméno komety	q [AU]	e	i [°]	P [let]	TJ
29P/Schwassmann-Wachmann 1	5.724	0.044	9.4	14.7	2.984
39P/Oterma	5.471	0.245	1.9	19.5	3.005
95P/Chiron	8.454	0.383	6.9	50.7	3.356
165P/LINEAR	6.830	0.621	15.9	76.4	3.095
166P/NEAT	8.564	0.384	15.4	51.9	3.285
167P/CINEOS	11.788	0.269	19.1	64.8	3.527
174P/Echeclus	5.826	0.457	4.3	35.1	3.032
C/2001 M10 NEAT	5.303	0.801	28.1	138	2.586
C/2004 A1 LONEOS	5.463	0.308	10.6	22.2	2.963
P/2005 S2 Skiff	6.398	0.197	3.1	22.5	3.076
P/2005 T3 Read	6.202	0.174	6.3	20.6	3.045

### IX.4 Seznam krátkoperiodických komet nespádajících do žádné z předchozích kategorií

označení a jméno komety	q [AU]	e	i [°]	P [let]	TJ
C/1999 XS87 LINEAR	2.772	0.841	14.8	72.8	2.214
C/2000 S3 LONEOS	2.662	0.772	25.1	40.3	2.170
C/2002 A1 LINEAR	4.711	0.741	14.2	77.7	2.721
C/2002 A2 LINEAR	4.709	0.739	14.2	76.5	2.721
C/2003 E1 NEAT	3.245	0.764	33.5	51.0	2.128
C/2004 C1 Larsen	4.345	0.627	28.8	39.7	2.490
C/2005 W2 Christensen	3.331	0.825	11.3	82.8	2.394
D/1783 W1 Pigott	1.459	0.552	45.1		2.529
P/2003 A1	1.916	0.481	46.3		2.430
P/2004 V3 Siding Spring	3.938	0.446	50.5	19.0	2.064
C/2006 F2 Christensen	4.230	0.651	20.5	43.2	2.609

## IX.5 Cirkulář IAUC oznamující objev komety P/2000 U6 (Tichý)

Circular No. 7515

Central Bureau for Astronomical Telegrams

INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION

Mailstop 18, Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA 02138,  
U.S.A.

IAUSUBS@CFA.HARVARD.EDU or FAX 617-495-7231 (subscriptions)

CBAT@CFA.HARVARD.EDU (science)

URL <http://cfa-www.harvard.edu/iau/cbat.html> ISSN 0081-0304

Phone 617-495-7440/7244/7444 (for emergency use only)

### COMET C/2000 U5 (LINEAR)

An object with unusual motion that was reported as asteroidal by the LINEAR survey (discovery observation below) and posted on the NEO Confirmation Page has been found to be cometary by other observers. The object seemed diffuse with a 14" coma and 18" tail in p.a. 170 deg on CCD images obtained by J. Tichá and M. Tichý (Klet) on Oct. 30.0 UT. Images taken on Oct. 30.2 by D. A. Klingle-Smith III (Socorro, NM) show slight diffuseness and a tail about 20" long in p.a. 220 deg; images by Y. Ikari (Moriyama, Japan) also show a tail in p.a. 220 deg on Oct. 30.6. J. Biggs (Perth Observatory) notes that images of C/2000 U5 were larger than nearby stars and elongated toward the south-southwest on Oct. 31.6. D. T. Durig (Sewanee, TN) found a tail about 25" long in p.a. 170 deg on Nov. 1.4 images.

2000 UT	R.A. (2000)	Decl.	m2
Oct. 29.38178	5 06 33.49	+ 2 04 56.6	17.1

MPEC 2000-V02 contains the available astrometry and the parabolic orbital elements that produced the following ephemeris:

2000 TT	R. A. (2000)	Decl.	Delta	r	Elong.	Phase	m1
Oct. 23	5 13.36	+ 1 26.7	2.699	3.413	128.9	13.1	14.5
Nov. 2	5 02.36	+ 2 28.2	2.679	3.501	140.4	10.4	14.6
12	4 49.81	+ 3 38.0	2.687	3.590	151.8	7.5	14.7
22	4 36.45	+ 4 55.0	2.729	3.678	161.2	5.0	14.8
Dec. 2	4 23.16	+ 6 17.3	2.809	3.767	164.1	4.1	15.0

### COMET P/2000 U6 (TICHÝ)

An object found by Miloš Tichý on images taken at Klet with J. Tichá and M. Kočer on Oct. 23 (discovery observation below), originally reported as asteroidal, was subsequently noted to be diffuse on Klet images taken during Oct. 28.9-29.2 UT; Tichý also noted a 10" coma on Oct. 29.8 images. Images obtained on Nov. 1 by S. Sanchez and M. Blasco at Mallorca and by D. T. Durig at Sewanee also showed diffuseness. MPEC 2000-V03 contains the available astrometry and orbital elements (T = 2000 Oct. 4.6 TT,  $i = 19.3$  deg,  $q = 2.150$  AU, P = 7.3 yr).

2000 UT	R.A. (2000)	Decl.	m2
Oct. 23.07698	3 06 57.01	+28 51 38.9	17.8

(C) Copyright 2000 CBAT  
(7515)

2000 November 1

Daniel W. E. Green



## IX.6 Cirkulář MPEC s objevem komety P/2000 U6

M.P.E.C. 2000-V03

Issued 2000 Nov. 1, 18:35 UT

The Minor Planet Electronic Circulars contain information on unusual minor planets and routine data on comets. They are published on behalf of Commission 20 of the International Astronomical Union by the Minor Planet Center, Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA 02138, U.S.A.

Prepared using the Tamkin Foundation Computer Network

MPC@CFA.HARVARD.EDU

URL <http://cfa-www.harvard.edu/iau/mpc.html> ISSN 1523-6714

### COMET P/2000 U6 (TICHY)

#### Observations:

PK00U060	C2000	10	23.07698	03	06	57.01	+28	51	38.9	17.8	T	046
PK00U060	C2000	10	23.07869	03	06	56.93	+28	51	40.5			046
PK00U060	C2000	10	23.07968	03	06	56.83	+28	51	40.6			046
PK00U060	C2000	10	23.08103	03	06	56.77	+28	51	41.9			046
PK00U060	C2000	10	23.96422	03	06	07.00	+29	01	48.4	17.8	T	046
PK00U060	C2000	10	23.96623	03	06	06.86	+29	01	49.4			046
PK00U060	C2000	10	23.96756	03	06	06.74	+29	01	50.9			046
PK00U060	C2000	10	23.96892	03	06	06.69	+29	01	51.5	17.9	T	046
PK00U060	C2000	10	23.97049	03	06	06.54	+29	01	52.0			046
PK00U060	C2000	10	28.93617	03	01	04.16	+29	55	52.4	17.6	T	046
PK00U060	C2000	10	28.93818	03	01	04.07	+29	55	53.1			046
PK00U060	C2000	10	28.93926	03	01	03.93	+29	55	53.1			046
PK00U060	C2000	10	28.94242	03	01	03.80	+29	55	55.2			046
PK00U060	C2000	10	28.94346	03	01	03.72	+29	55	56.0			046
PK00U060	C2000	10	28.94991	03	01	03.26	+29	56	00.1	17.9	T	046
PK00U060	C2000	10	28.95328	03	01	03.04	+29	56	02.6	17.7	T	046
PK00U060	C2000	10	29.14976	03	00	50.05	+29	58	02.4	17.1	T	046
PK00U060	C2000	10	29.15506	03	00	49.65	+29	58	05.3			046
PK00U060	C2000	10	29.15961	03	00	49.39	+29	58	08.5	17.2	T	046
PK00U060	C2000	10	29.33160	03	00	38.51	+29	59	57.9			711
PK00U060	C2000	10	29.33987	03	00	37.99	+30	00	03.0			711
PK00U060	C2000	10	29.34799	03	00	37.42	+30	00	08.6			711
PK00U060	C2000	10	29.97206	02	59	57.10	+30	06	28.2			046
PK00U060	C2000	10	29.97465	02	59	57.01	+30	06	30.3			046
PK00U060	C2000	10	29.97821	02	59	56.72	+30	06	31.4			046
PK00U060	C2000	10	29.97965	02	59	56.67	+30	06	32.3			046
PK00U060	C2000	10	29.98271	02	59	56.41	+30	06	35.0			046
PK00U060	C2000	10	29.98406	02	59	56.28	+30	06	35.7	17.6	T	046
PK00U060	C2000	10	29.98623	02	59	56.16	+30	06	36.2			046
PK00U060	C2000	10	30.17096	02	59	44.36	+30	08	28.1			719
PK00U060	C2000	10	30.20128	02	59	42.41	+30	08	47.9	19.2	T	719
PK00U060	C2000	10	30.27348	02	59	37.53	+30	09	32.6			711
PK00U060	C2000	10	30.28138	02	59	36.98	+30	09	37.3			711
PK00U060	C2000	10	30.28843	02	59	36.50	+30	09	41.5			711
PK00U060	C2000	10	30.30691	02	59	35.25	+30	09	50.7	18.8	T	704
PK00U060	C2000	10	30.32141	02	59	34.25	+30	10	00.7	19.1	T	704
PK00U060	C2000	10	30.33571	02	59	33.21	+30	10	09.9	19.3	T	704
PK00U060	C2000	10	30.34968	02	59	32.31	+30	10	18.8	18.9	T	704
PK00U060	C2000	10	30.36483	02	59	31.29	+30	10	28.4	19.1	T	704
PK00U060	C2000	10	30.62732	02	59	14.25	+30	13	04.3			900
PK00U060	C2000	10	30.63568	02	59	13.69	+30	13	08.6	17.5	T	900
PK00U060	C2000	10	31.11619	02	58	42.45	+30	17	54.2	18.8	T	919
PK00U060	C2000	10	31.14887	02	58	40.30	+30	18	13.9	19.3	T	919
PK00U060	C2000	10	31.18428	02	58	37.80	+30	18	35.3	18.2	T	858
PK00U060	C2000	10	31.18762	02	58	37.54	+30	18	37.8	18.2	T	858
PK00U060	C2000	10	31.19095	02	58	37.34	+30	18	39.8	18.2	T	858
PK00U060	C2000	10	31.27671	02	58	31.42	+30	19	32.5	18.3	T	704
PK00U060	C2000	10	31.29064	02	58	30.55	+30	19	39.0	18.9	T	704
PK00U060	C2000	10	31.30551	02	58	29.41	+30	19	47.9	18.9	T	704
PK00U060	C2000	10	31.31940	02	58	28.55	+30	19	56.5	18.8	T	704

PK00U060	C2000	10	31.88961	02	57	50.58	+30	25	27.2		620
PK00U060	C2000	10	31.91779	02	57	48.83	+30	25	44.6		620
PK00U060	C2000	10	31.94102	02	57	47.26	+30	25	57.7		620
PK00U060	C2000	10	31.97743	02	57	44.59	+30	26	20.8		620
PK00U060	C2000	10	31.99938	02	57	43.17	+30	26	33.5		620
PK00U060	C2000	11	01.00872	02	57	42.54	+30	26	38.9		620
PK00U060	C2000	11	01.01566	02	57	42.08	+30	26	42.0		620
PK00U060	C2000	11	01.02589	02	57	41.40	+30	26	47.7		620
PK00U060	C2000	11	01.06358	02	57	38.73	+30	27	08.7		620
PK00U060	C2000	11	01.07253	02	57	38.12	+30	27	14.4		620
PK00U060	C2000	11	01.09787	02	57	36.37	+30	27	30.1		620
PK00U060	C2000	11	01.10425	02	57	35.91	+30	27	32.5		620
PK00U060	C2000	11	01.18993	02	57	30.50	+30	28	24.1	18.3 T	850
PK00U060	C2000	11	01.20676	02	57	29.65	+30	28	31.8	18.8 T	719
PK00U060	C2000	11	01.20764	02	57	29.35	+30	28	32.7	18.1 T	850
PK00U060	C2000	11	01.22596	02	57	28.46	+30	28	44.6	18.7 T	719
PK00U060	C2000	11	01.22674	02	57	28.00	+30	28	45.3		850

Observer details:

046 Klet. Observers J. Ticha, M. Tichy, M. Kocer. Measurer M. Tichy.  
0.57-m f/5.2 reflector + CCD.

620 Observatorio Astronomico de Mallorca. Observers S. Sanchez, M. Blasco.  
0.40-m f/2 Schmidt + CCD.

704 Lincoln Laboratory ETS, New Mexico. Observers M. Blythe, F. Shelly,  
M. Bezpalko, M. Elowitz, R. Huber, L. Manguso. Measurers J. Stuart,  
R. Sayer, J. B. Evans, H. Viggh. 1.0-m f/2.15 reflector + CCD.

711 McDonald Observatory. Observers P. J. Shelus, P. J. Shelus, III. 0.76-m  
reflector + CCD.

719 Etscorn Observatory. Observer D. A. Klinglesmith, III. 0.355-m  
Schmidt-Cassegrain + CCD.

850 Cordell-Lorenz Observatory, Sewanee. Observer D. T. Durig. 0.3-m f/5.75  
Schmidt-Cassegrain + CCD.

858 Tebbutt Observatory, Edgewood. Observer F. B. Zoltowski. 0.3-m f/3.3  
Schmidt-Cassegrain + CCD.

900 Moriyama. Observer Y. Ikari. 0.25-m f/6.3 reflector + CCD.

919 Desert Beaver Observatory. Observer W. K. Yeung. 0.45-m reflector + CCD.

Orbital elements:

P/2000 U6 (Tichy)

T	2000 Oct. 4.645	TT			Marsden
q	2.14951	(2000.0)		P	Q
n	0.134681	Peri.	11.905	+0.811243	-0.568672
a	3.76934	Node	24.341	+0.505735	+0.565691
e	0.42974	Incl.	19.267	+0.293456	+0.597165
P	7.32				

From 64 observations 2000 Oct. 23-Nov. 1.

Ephemeris:

P/2000 U6 (Tichy)									
Date	TT	R. A. (2000)	Decl.	Delta	r	Elong.	Phase	m1	m2
2000	10	23	03 07.03	+28 50.8	1.210	2.154	155.2	11.2	17.2
2000	11	02	02 56.60	+30 36.1	1.192	2.161	163.0	7.7	17.2
2000	11	12	02 45.06	+31 58.0	1.199	2.170	164.7	6.9	17.3
2000	11	22	02 34.23	+32 55.3	1.232	2.181	158.6	9.5	17.3
2000	12	02	02 25.78	+33 31.6	1.288	2.195	149.5	13.2	17.5
2000	12	12	02 20.83	+33 54.6	1.365	2.212	140.0	16.6	17.6
2000	12	22	02 19.80	+34 11.8	1.461	2.231	130.8	19.5	17.8
2001	01	01	02 22.63	+34 28.8	1.570	2.252	122.1	21.7	18.0
2001	01	11	02 28.98	+34 49.0	1.691	2.276	114.0	23.3	18.2
2001	01	21	02 38.38	+35 13.6	1.821	2.301	106.4	24.2	18.4
2001	01	31	02 50.38	+35 42.2	1.957	2.328	99.3	24.7	18.6
2001	02	10	03 04.57	+36 13.7	2.098	2.358	92.5	24.7	18.8
2001	02	20	03 20.57	+36 46.3	2.241	2.388	86.2	24.4	19.0
2001	03	02	03 38.10	+37 18.3	2.385	2.420	80.1	23.8	19.2
2001	03	12	03 56.86	+37 47.8	2.529	2.454	74.3	22.9	19.4
2001	03	22	04 16.62	+38 13.2	2.672	2.488	68.6	21.9	19.6
2001	04	01	04 37.16	+38 33.1	2.813	2.524	63.2	20.7	19.8
2001	04	11	04 58.27	+38 46.4	2.950	2.561	57.8	19.3	19.9

2001 04 21	05 19.76	+38 52.1	3.083	2.599	52.7	17.9	20.1
2001 05 01	05 41.46	+38 49.7	3.210	2.637	47.6	16.4	20.2
2001 05 11	06 03.18	+38 38.9	3.331	2.677	42.6	14.8	20.4
2001 05 21	06 24.79	+38 19.7	3.446	2.717	37.7	13.2	20.5
2001 05 31	06 46.15	+37 52.5	3.552	2.757	33.0	11.5	20.7

**Brian G. Marsden**

**(C) Copyright 2000 MPC**

**M.P.E.C. 2000-V03**