

KLENOT

aneb nový jihočeský příspěvek ke studiu NEO a TNO

Jana Tichá

V cirkuláři Mezinárodní astronomické unie pro výzkum planetek a komet z března 2002 se mezi známými projekty zaměřenými na hledání a přesnou astrometrii planetek objevil nový projekt nazvaný KLENOT. Parametry dalekohledu (průměr hlavního zrcadla 1,06 m) patří v současnosti mezi největší světové přístroje pravidelně užívané pro sledování planetek. Nový dalekohled KLENOT však byl postaven v Čechách, na hvězdárně na jihočeské hoře Kletí.

Astronomové na Hvězdárně Kletí, pobožce Hvězdárny a planetária České Budějovice, se věnují výzkumu planetek a komet dlouhodobě. Přesnou CCD astrometrii včetně objevů planetek a komet s kamerou SBIG ST-6 na 0,57 m zrcadlovém dalekohledu zahájil tým J. Tiché v roce 1993. Tento program dosáhl výrazných mezinárodních úspěchů. V letech 1998 až 2001 byl druhým nejproduktivnějším programem na světě dle získaných přesných astrometrických měření blízkozemních asteroidů po americkém projektu LINEAR, v roce 1997 prvním. Několik desítek dlouhodobě nepozorovaných či ztracených blízkozemních asteroidů bylo na

Kletí znovunalezeno, jeden z nich po čtrnácti letech. V rámci tohoto programu byly zároveň objeveny stovky dosud neznámých planetek a nová periodická kometa P/2000 U6 (Tichý), jediná kometa roku 2000 objevená v Evropě a zatím jediná kometa objevená v nynější České republice.

Od začátku devadesátých let, kdy jsme na Kletí s přesnou CCD astrometrií začali, nastal ve výzkumu planetek obrovský boom. Rozjelo se několik velkých hledacích projektů v USA (LINEAR, NEAT, Catalina, LONEOS, Spacewatch II), výrazně narostl jak celkový počet nově objevených planetek, tak počet planetek



Snímek komety C/2002 C1 (Ikeya-Zhang) byl pořízen teleskopem KLENOT dne 21. května 2002 expozicí 5 sekund. Zobrazené pole má 33 x 33 úhlových minut.

Pozorovatel Miloš Tichý

s neobvyklými typy drah včetně blízkozemních těles, byla definována kategorie PHAs – potenciálně nebezpečných asteroidů a rozpracována teorie tzv. virtuálních impaktorů. Právě pro ně jsou nejdůležitější poobjevová astrometrická měření umožňující přesný výpočet dráhy i možného těsného přiblížení planetky k Zemi. Významný posun vpřed nastal i u transneptunických těles. Ukázalo se, že nejde o pár raritních planetek za drahou Neptunu, ale o další složitou populaci těles ve sluneční soustavě.

Během práce, kterou jsme se podíleli na výše uvedených výzkumech, jsme poznali, že sice můžeme zdokonalovat jak přístrojové vybavení (byla například obměněna CCD kamera za novější typ SBIG ST-8), tak software pro zpracování snímků, ale že přesto spousta zajímavých planetek, které nemají spolehlivě určené parametry dráhy, zůstává za mezní hranicí dosahu šedesácentimetrového zrcadla. Proto jsme se během práce s 0,57 m dalekohledem rozhodli postavit na Kletí nový výkonnější teleskop určený primárně pro sledování planetek a komet. Jeho název KLENOT je vlastně zkratkou vytvořenou ze začátečních písmen anglického názvu projektu *Kletí Observatory*

Ing. Jana Tichá (*1965)

je ředitelkou Hvězdárny a planetária České Budějovice s pobočkou na Kletí. Koordinuje kletský planetkový program a zabývá se astrometrickými měřeními planetek a komet, především NEO a TNO.
E-mail: jticha@klet.cz



1,06 metrový teleskop KLENOT; foto: Miloš Tichý

Near Earth and Other Unusual Objects Observation Team and Telescope čili kleťský dalekohled určený na sledování blízkozemních asteroidů a dalších těles s neobvyklými drahami.

Srdcem KLENOTu je parabolické zrcadlo o průměru 106 centimetrů a světelnosti $f/3,0$ vyrobené na zakázku známými německými optickými Zeissovými závody ze sklokeramiky typu Zerodur (obchodní název Sital). Optický korekční člen, jehož účelem je zajistit rovinné zorné pole bez vignetace a distorze, je tvořen soustavou čtyř čoček, největší z nich má průměr 18 centimetrů. Korektor vyrobila Optická a sklářská dílna MFF UK v Praze pod vedením Jindřicha Waltera podle výpočtu dr. Jana Lochmana z firmy Sincon v Turnově. Výsledná světelnost celé optické soustavy je 1:2,7. Jako detektor používá KLENOT CCD kameru Photometrics Series 300 s chipem SITe SI003B o rozměru 1024×1024 pixelů při velikosti pixelu 24 mikronů. Čip je chlazený kapalným dusíkem, pracuje při teplotě 183 K (mínus 90 stupňů Celsia) s kvantovou účinností více než 80 procent a dobou vyčítání 5,4 sekundy. Zorné pole dalekohledu KLENOT s touto kamerou je 33×33 úhlových minut, tj. pro představu může zobrazit celý měsíční kotouč v úplňku, a to při dosahu do 22. magnitudy na třiminutové expozici. Pro dalekohled byla rekonstruována stávající montáž v původní kopuli observatoře a doplněna o optoelektronickou indikaci polohy dalekohledu. Dalekohled je možné ovládat z řídicího centra bez přítomnosti pozorovatele přímo v kopuli.

Pro projekt KLENOT bylo na Hvězdárně Kleť vyvinuto speciální programové vybavení zahrnující programy fungující pod Windows a Linuxem. Systém umožňuje výběr těles pro pozorování dle zvolených kritérií včetně výpočtu přesných efemerid, ovládání kamery, zpracování snímků a dat, astrometrických a základních fotometrických měření a je propojen s SQL databázemi. Jeho důležitou součástí je program na výpočet dráhových elementů planetek, na jehož zdokonalování se dále pracuje.

Současný tým projektu KLENOT tvoří Jana Tichá, Miloš Tichý a Michal Kočer. Na některých přípravných pracích se podílel ještě Zdeněk Moravec.

Hlavním cílem projektu KLENOT je přesná astrometrie planetek a komet s neobvyklými drahami se zřetelem na slabá tělesa do 22. magnitudy. Z tohoto záměru logicky vyplývají dvě hlavní oblasti našeho zájmu – blízkozemní asteroidy (NEO) a tělesa ve vnější oblasti sluneční soustavy – transneptunická tělesa (TNO) a Kentauři. Třetí oblastí našeho zájmu pak jsou komety, zejména nově objevené. Přestože s KLENOTem by bylo (a opravdu je) velmi snadné hledat a zahlcovat katalogy spoustou nově nalezených planetek hlavního pásu, naším záměrem je soustředit se na následnou astrometrii NEO a TNO. Hledání nových těles je pobočným programem realizovaným prostřednictvím pečlivé kontroly každé série snímků, aby bylo nalezeno jak požadované těleso, tak případně další nová tělesa.

Ve srovnání s VLT dalekohledy na ESO o průměru hlavního zrcadla osm metrů či desetimetrovým Keckovým teleskopem se KLENOT může zdát docela malým přístrojem. Mezi dalekohledy pravidelně používanými po světě speciálně pro hledání a astrometrii planetek ale patří mezi ty velké. Pro srovnání – hledací americké projekty Spacewatch I 0,91 m, LINEAR 1,0 m, NEAT-Palomar 1,2 m, pro následnou astrometrii NEO se obvykle využívá 1,0 m reflektor na australské Siding Spring, 1,2 m reflektor na Mt. Hopkins v Arizoně, 1,0 m reflektor na Lake Tekapo na Novém Zélandu, 1,8 m Spacewatch II na arizonském Kitt Peak, 1,8 m reflektor na kanadské Victoria Station či 1,2 m NEAT-AMOS teleskop na Havaji, a například japonský 1,0 m v Bisei není dosud v provozu. A v českém kontextu? KLENOT je nyní druhý největší zrcadlový



Transport 106 centimetrového zrcadla teleskopu KLENOT do kopule (zleva M. Kočer a V. Stropek). Foto: Miloš Tichý

dalekohled v České republice po ondřevském „dvoumetru“ AsÚ AV ČR. Ten byl ovšem slavnostně uveden do provozu v roce 1967 čili před pětácti lety. KLENOT má první velké zrcadlo u nás vyrobené ze sklokeramiky, nikoliv z „klasického“ optického skla. Zároveň je to zřejmě první český reflektor, který využívá současný moderní optický systém, tj. zrcadlo doplněné několikačlennou korekční soustavou. V konfiguraci s CCD kamerou Photometrics je zřejmě českým dalekohledem s největším dosahem (nejméně 22 vizuální magnitudy při 180 sekundových expozicích). KLENOT je jediný český projekt uvedený ve známém UK NEO Task Force Report, zprávě o nebezpečí srážek s kosmickým tělesem pro lidstvo a současném stavu výzkumu v této oblasti vypracované mezinárodním týmem odborníků pro britskou vládu a parlament.

Vždycky když hovořím o KLENOTu, dostávám dva druhy otázek. Hlavně ze skutečně odborných kruhů směřují dotazy k technickým možnostem přístroje, k asteroidům a kometám, které se chystáme sledovat a k dalším plánům. Druhá část dotazů se dá shrnout do jedné: kolik KLENOT stál? Ale to je otázka, která nepatří do astronomického článku. Přesto by měly být jako poděkování jmenovány

© 2002, KLENOT Projekt, Observatoř Kleť



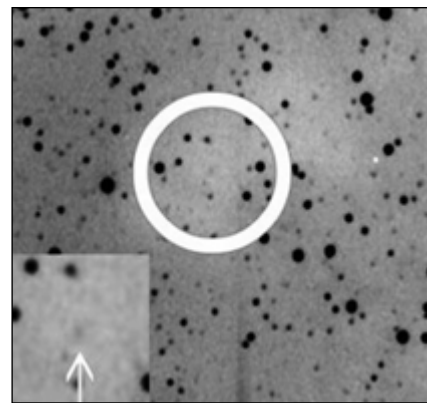
Struktura „Kleť Software Package“

instituce, které projekt KLENOT nejvíce podpořily. Patří mezi ně Grantová agentura České republiky, americká The Planetary Society prostřednictvím mezinárodního programu NEO Shoemaker Grants, který Jana Tichá obdržela jakožto zatím jediný český astronom (a vůbec jediná astronomka) a v neposlední řadě Okresní úřad České Budějovice.

První myšlenka na postavení nového výkonnějšího dalekohledu na Kleti vznikla v roce 1995 a tehdy mi přišla strašlivě dobrodružná a nereálná. První práce začaly v roce 1997 úpravami montáže. Součástí optické soustavy byly dokončeny v létě 2001 a instalovány během podzimu téhož roku. Přesně 17. listopadu 2001 jsme se dočkali „prvního světla“. První snímky blízkozemní planety byly pořízeny v únoru 2002. (Zároveň jsme stále pracovali na astrometrickém programu s 0,57 m dalekohledem.) První KLENOTová přesná astrometrie blízkozemního asteroidu byla pořízena a publikována v Minor Planet Electronic Circular 4. března 2002. Zároveň dostal KLENOT nový MPC (IAU) kód pro stanice věnující se astrometrii planetek a od té doby jej v cirkulářích najdete pod kódem 246. Během března 2002 byla získána i první přesná astrometrie transneptunického tělesa a s KLENOTem objeveny první dosud neznámé planety.

Za sedm měsíců od zahájení pozorování s KLENOTem, tj. od března do září 2002, jsme potvrdili objevy 75 nově za-

znamenanych blízkozemních asteroidů, nejslabší z nich dosahovaly jasnosti jen mezi 21,5 až 22 mag. (například asteroid typu Amor 2002 ET11 objevený dalekohledem Spacewatch) a získali pro ně prvotní astrometrická data. Ta jsou nezbytná pro to, aby kolegové v Minor Planet Center mohli spočítat, zda nově objevené těleso se opravdu nachází na „blízkozemní“ dráze. Zároveň jsme se věnovali astrometrii málo pozorovaných NEO, hlavně těch, které brzy po objevu slábnou a unikají z dosahu menších dalekohledů. Nejdůležitějšími z nich jsou tzv. virtuální impaktory, blízkozemní asteroidy, pro něž jako jedno z možných řešení dráhy vychází velmi těsné přiblížení či střet se Zemí v následujících sto letech a pouze astrometrická data z delšího oblouku dráhy mohou tuto možnost vyloučit (či potvrdit). Takových asteroidů jsme za uvedené období pozorovali 22 a u některých teprve naše data umožnila katastrofickou variantu dráhy vyloučit. Podíleli jsme se též na znovunalezení dvou blízkozemních asteroidů ve druhé opozici spolu s tými pracujícími s 1,8 m dalekohledem Spacewatch II a 2,5 m INT teleskopem na La Palma. Dalekohled KLENOT s dosahem na slabé objekty v celé vizuální šíři spektra umožňuje lépe detekovat kometární rysy (třeba oproti „červeným“ SBIG kamerám) u nově objevených těles. Zatím jsme rozlišili „kometárnost“ 7 nově objevených těles na neobvyklé dráze včetně potvrzení komponentu B rozpadající se komety 57P/du Toit-Neujmin-Delporte. Došlo i na astrometrii Kentaurů a TNOs. Během zpracování snímků jsme navíc objevili desítky planetek hlavního pásu. Jedna z nich, 2002 EU2, už má tak přesně určenou dráhu, že obdržela pořadové číslo (42377). Pro nás je však daleko podstatnější první objevený blízkozemní asteroid. Jedná se o asteroid 2002 LK, které zaznamenali Miloš Tichý a Jana Tichá na snímku pořízeném pro přesnou astrometrii jiného NEO 2002 JZ8 dne 1. června 2002. Apollo asteroid byl objeven třetí dny po jeho těsném přiblížení k Zemi na 0,023 AU, to byl ovšem ještě na jižní obloze. Vzhledem k rychlosti pohybu po obloze, která při objevu činila 8 stupňů za den, byl tento náš objev potvrzen během 24 hodin následujících po objevu jen



Snímek potvrzující existenci komponentu (jádra) „B“ komety 57P/du Toit-Neujmin-Delporte (v kroužku a označený šipkou) byl pořízen v noci z 12. na 13. července 2002 1.06 m teleskopem KLENOT se CCD kamerou Photometrics Serie 300 Observatoře Klet' expozicí 90 sekund. Zobrazený výřez snímku je 10 x 10 úhlových minut. Přesná astrometrická měření jádra byla publikována v cirkuláři Mezinárodní astronomické unie IAUC č. 7934. Toto jádro bylo poprvé detekováno v rámci projektu Palomar/NEAT. Pozorovatelé Jana Tichá a Miloš Tichý.

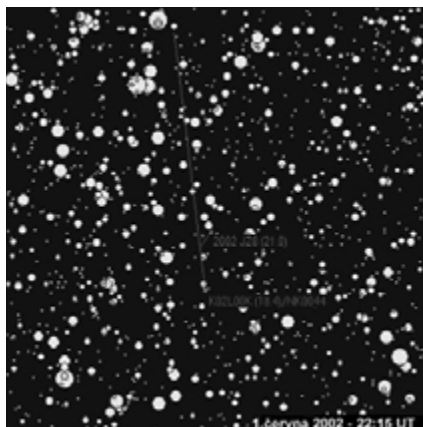
dvěma velkými dalekohledy na Novém Zélandu a v Kanadě. Poměrně malé Apollo rozměrem blízké tunguzskému tělesu (asi 40–90 metrů) si vysloužilo takový zájem astronomické komunity, že jedny z jeho posledních pozorování byly dokonce pořízeny 3,5 m NTT na chilské ESO. Objevem asteroidu 2002 LK jsme přispěli k poznání populace malých NEOs, která vzbuzuje mezi odborníky stále větší zájem, neboť se ukazuje, že heslo NASA „poznat devadesát procent kilometrových a větších NEO do deseti let“ nestačí ani na poznání populace blízkozemních těles, ani k poznání nebezpečí, které NEO představují pro lidstvo.

KLENOT už během prvních měsíců provozu osvědčil naděje v něj vkládané a výrazně přispívá hlavně k celosvětovému úsilí o poznání populace blízkozemních těles. Nezapomínáme ani na komety a TNOs. Jak jsme zjistili na konferenci ACM 2002 v Berlíně, zahraniční kolegy naše práce zaujala od první publikované pozice. KLENOTovací tým zároveň pracuje na dalším rozvoji a zdokonalování projektu.

více o KLENOTu na <http://klenot.klet.org>
více o planetkách na <http://www.planetky.cz>

© 2002, KLENOT Projekt, Observatoř Klet'

© 2002, KLENOT Projekt, Observatoř Klet'



Takto těsně míjela planetka 2002 LK jinou planetku typu Apollo 2002 JZ8 dne 1. června 2002 ve 22:15 hodin UT (při následné astrometrii planety 2002 JZ8 byla planetka 2002 LK objevena). Úsečky u planetek znázorňují jejich pohyb po obloze za 1 hodinu.