

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Ján Svoreň

Pluto – trpasličia planéta opäť v strede záujmu

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 60 (2015), No. 4, 314–327

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/144488>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2015

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

Pluto — trpasličia planéta opäť v strede záujmu

Ján Svoreň, Tatranská Lomnica

1. Najprv kus histórie

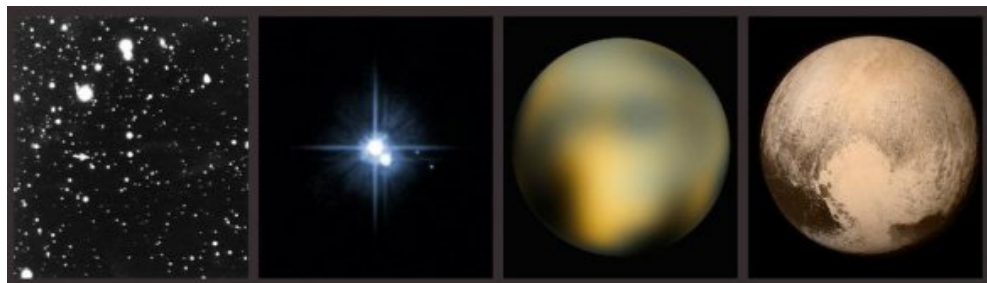
V meste Flagstaff v Arizone má príbeh Pluta nádych horúčky. Ak sa zastavíte v centre mesta v miestnej kaviarni, môžete si objednať Pluto Mocha, kúsok odtiaľ Pluto Rolls. Butik za rohom predáva ručne vyrábané ozdoby s motívmi Pluta — nová séria je plánovaná po zverejnení snímok z New Horizons. Kdeko by chcel ťažiť z úspechu technikov a astronómov, ale Flagstaff je miesto, ktoré má na to nárok. Tu sa vlastne začal príbeh Pluta.



Obr. 1. V návštevnom stredisku Lowell Observatory si môžete zakúpiť sadu mincí — jedna zobrazuje aj ďalekohľad, ktorým bolo objavené Pluto.

V blízkosti centra mesta na kopci porastenom borovicami sídli Lowell Observatory, kde v roku 1930 Clyde Tombaugh objavil Pluto. O sedem kilometrov ďalej sa nachádza Naval Observatory Flagstaff Station, kde v roku 1978 James Christy objavil Plutov najväčší mesiac Cháron. Pozrime sa teda, ako sa vyvíjal náš pohľad na Pluto medzi rokmi 1930 a 2015.

Doc. RNDr. JÁN SVOREŇ, DrSc., Astronomický ústav SAV, 059 60 Tatranská Lomnica, Slovensko, e-mail: astrsven@ta3.sk



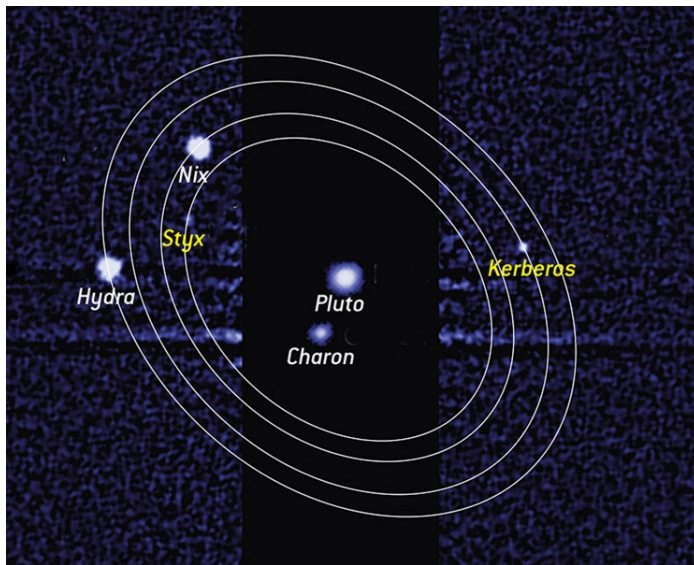
Obr. 2. Vývoj nášho pohľadu na Pluto v čase. Prvá je objavová fotografia z roku 1930, ďalší záber je z Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu (HST) pri jeho prvom rozlíšení Pluta a Chárona. Na treťom obrázku je povrch Pluta zložený zo záberov získaných HST v rokoch 2002 až 2003 a posledný obrázok je z 13. júla 2015 zo sondy New Horizons.

Zo začiatku bolo Pluto považované za chýbajúcu deviatu planétu, objavenú na základe porúch, ktoré spôsobovalo v pohybe najvzdialenejšej planéty Neptúna. Po rokoch sa ukázalo, že jeho hmotnosť je príliš malá na to, aby spôsobila merateľné zmeny v pohybe Neptúna, a jeho objav v blízkosti vypočítaného miesta bol dielom obyčajnej náhody. Postupne, ako rokmi pribúdali naše vedomosti o fyzikálnych charakteristikách tohto telesa, stále rástli rozpaky, kde ho zaradiť. Svojimi rozmermi i dráhovými charakteristikami nepasovalo do žiadneho komplexného scenára vývoja Slnčnej sústavy. Po štyroch planétach zemskeho typu, oddelených od štyroch obrích planét hlavným pásom asteroidov, nasledoval trpaslík nepatriaci ani k jednej z týchto skupín. Dnes možno povedať, že keby sme menej dbali na tradíciu, prestali by sme lpiť na deviatej planéte už dávno a v súlade so skutočnosťou začali verejnosti predstavovať Slnčnú sústavu obsahujúcu len 8 veľkých planét — od Merkúra po Neptúna. Vzniká samozrejme otázka, čo je teda Pluto, kde ho zaradiť a ako ho správne klasifikovať.

2. Pluto už nie je planétou

Na základe získaných poznatkov o vývoji telies Slnčnej sústavy prijal kongres Medzinárodnej astronomickej únie v Prahe v auguste 2006 rozhodnutie, že v Slnčnej sústave je opäť len 8 planét: Merkúr, Venuša, Zem, Mars, Jupiter, Saturn, Urán a Neptún. Pluto sa stalo jednou z „trpasličích planét“ a súčasne predstaviteľom ľadových objektov obiehajúcich okolo Slnka na periférii planetárnej sústavy za dráhou Neptúna. Formálne sme sa tak vrátili pred čas, keď bolo objavené Pluto, v skutočnosti sme prispôbili definíciu planét Slnčnej sústavy obrovskému skoku v našich znalostiach o periférii Slnčnej sústavy. Veď po teoretickej predpovedi zvyškových telies z obdobia formovania planét Edgeworthom v roku 1949 bolo od roku 1992 do času písania tohoto článku nájdených 1441 telies — akýchsi protokomet, medzi ktorými Pluto vyniká len tým, že bolo objavené prvé a je približne o 44 kilometrov väčšie ako druhá najväčšia trpasličia planéta Eris.

Odhaduje sa, že za dráhou Neptúna sa nachádza približne 70 000 telies s priemerom väčším ako 100 km, a objavované sú už aj telesá menších rozmerov — sú to všetko ľadové objekty vonkajšej Slnčnej sústavy tvoriace Edgeworthov-Kuiperov



Obr. 3. Mesiace Pluta. Najväčší Cháron bol objavený v roku 1978, neskôr v rokoch 2005 až 2012 boli pomocou HST objavené ďalšie 4 menšie.

pás (ďalej EKB). Stále zreteľnejšie sa ukazovalo, že Pluto nie je planéta, ale len jeden z veľkých objektov tohto pásu. Bolo zrejmé, že objavy väčších objektov budú pribúdať. Ak sme teda nechceli mať 100 planét, bolo nutné ustúpiť z tradicionalistického prístupu a uviesť našu nomenklatúru vesmírnych objektov do súladu so skutočnosťou.

Tradícia aj tu zohrala svoju rolu. Prvý pokus takpovediac degradovať Pluto sa odohral na pôde Medzinárodnej astronomickej únie v čase, keď sa blížilo pomenovania 10 000-eho asteroidu. V tom čase astronómia už poznali veľkosť Pluta i jeho zloženie radikálne odlišné od ostatných 8 planét. B. G. Marsden, šéf Ústredia pre malé planéty Medzinárodnej astronomickej únie v Cambridge v USA navrhol, aby vzhľadom na svoju podstatu Pluto dostalo mimo štatútu 9. planéty aj štatút asteroidu — vzhľadom na jeho výnimočnosť navrhoval práve číslo 10 000. Napriek tomu, že išlo o zjavný kompromis ponechávajúci miesto aj pre tradičné chápanie, návrh nezískal dostatočnú podporu. Kým astronómia zaoberajúci sa výskumom Slnecnej sústavy, predovšetkým z komisií 15 (fyzika komét a asteroidov), 20 (pohyb malých telies) a 22 (meteory a meteority) na základe vlastných výsledkov chápali racionalitu Marsdenovho návrhu a väčšinou sa zaň postavili, ostatná astronomická komunita, ktorá poznala výsledky výskumu Slnecnej sústavy skôr sprostredkovane, vnímala problém viac citovo a Marsdenov návrh odmietla. Trvalo tak takmer 10 rokov, kým sa astronómia boli ochotní vzdať pochybnej deviatej planéty. Keď však s odstupom času hodnotíme toto úsilie, je potrebné priznať, že pražská definícia má vyššiu pridanú hodnotu. Pri zaradení Pluta medzi očíslované asteroidy by došlo k ďalším nepresnostiam. Dlhé roky sme totiž boli zvyknutí hádzať všetky malé telesá Slnecnej sústavy mimo komét a satelitov planét do veľkého šuplíka s názvom *Asteroidy*. Vo veľkých šuplíkoch však býva neporiadok a to je aj náš prípad. A tak sa pod názvom Asteroidy

dy skrývajú okrem skutočných asteroidov obiehajúcich okolo Slnka v hlavnom páse, v libračných bodoch L_4 a L_5 sústavy Slnko-Jupiter a v blízkosti Zeme aj *vyhasnuté kometárne jadrá*, *Kentaury* brázdiace oblasť obrích planét a *ľadové objekty EKB* za dráhou Neptúna. Upratať šuplík sa darí len postupne a výsledok je nasledovný:

Máme 8 planét, ktoré spĺňajú podmienky, že obiehajú okolo Slnka, nie sú satelitom ďalšieho telesa, sú dostatočne hmotné na to, aby sa sformovali do približne guľového tvaru a sú vo svojom okolí dominantné, t.j. počas svojho vzniku nazbierali okolitý materiál a vyčistili priestor okolo svojej dráhy. Ďalej máme „trpasličie planéty“, ktoré spĺňajú vyššie uvedené podmienky okrem vyčistenia svojho okolia. Patria sem okrem Pluta aj asteroid Ceres s priemerom 945 km a ľadové objekty Eris, Makemake a Haumea, pričom Medzinárodná astronomická únia skúma aj u ďalších telies splnenie týchto podmienok. Zvyšné telesá sa nazývajú malými telesami Slnčnej sústavy. Patria sem kométy a z asteroidov a ľadových objektov EKB všetky objekty okrem uvedených najväčších.

Medzi „trpasličími planétami“ bola vydelená kategória veľkých telies za dráhou Neptúna, ktorých prototypom je Pluto. Astronómovia sa zatiaľ nezhodli na pomenovaní tejto skupiny telies. Navrhovaný názov *plutonické objekty* sa neuplatnil pre námietky geológov, ktorí majú v inej súvislosti zavedený pojem *plutonické horniny*. Navyše názov *plutonické objekty* by sa mohol zamietať s pojmom *plutína*, čo sú telesá na dráhach v rezonancii stredného pohybu s Neptúnom v pomere 2:3, rovnako ako Pluto.

Keď som vyššie konštatoval, že pražská definícia má vyššiu pridanú hodnotu v porovnaní s pokusmi zaradiť Pluto medzi očíslované asteroidy, mohlo by sa zdať, že nomenklatúra telies Slnčnej sústavy už verne kopíruje realitu. Nič však nie je čiernobiele. Záver, že Pluto nie je planéta, je nepochybne dobrý, cesty, ako sa k tomu prišlo, však vytvorili aj isté riziká. Kritická je najmä požiadavka „aby planéta vyčistila okolie svojej dráhy“. Pri dnešných vedomostiach o migrácii planét počas evolúcie Slnčnej sústavy nemusí byť teleso, ktoré sa nám dnes javí dominantným vo svojom okolí, príčinou vyčistenia priestoru okolo jeho dráhy. Rovnako požiadavka na trpasličiu planétu, aby nebola satelitom, je minimálne diskutabilná. Snaha vylúčiť veľké mesiace obrích planét z tejto kategórie postihla aj teleso, ktoré by ináč podmienky na trpasličiu planétu hravo splnilo. Cháron — súputník Pluta sa za pár dní prepadol z kandidáta na jednu z 12 planét do poslednej kategórie. Pričom na rozdiel od mesiacov obrích planét, ktoré sú dostatočne malé vzhľadom ku svojej materskej planéte, je sústava Pluto-Cháron skôr dvojitou trpasličou planétou ako trpasličou planétou a satelitom. Príčinou týchto problémov je prístup ku kategorizácii, keď telesá nedelíme podľa ich zloženia a vývojových procesov, ale najdôležitejšie je pre nás ich súčasné umiestnenie. A tak je nenulová šanca, že medzi malými mesiacmi Jupitera sú zachytené kometárne jadrá, klasické kamenné asteroidy i privandrovalé Kentaury, čo vo svojej podstate zase môžu byť rozličné telesá.

Ospravedlňujem sa, ak som predchádzajúcim odstavcom spochybnil názor, že po kongrese IAU v Prahe už bude v Slnčnej sústave definitívny poriadok. S pokrokom nášho poznania však nemožno vylúčiť, že vo vzdialených oblastiach Slnčnej sústavy sa nájde teleso, ktoré vyhovie pražskej definícii a definície sa budú opäť meniť. Táto možnosť však nemôže byť dôvodom na to, aby sme zotrvali na názore z roku 1930 a neurobili taký radikálny rez, akým nepochybne zmena počtu planét je.

3. Výskum z bezprostrednej blízkosti

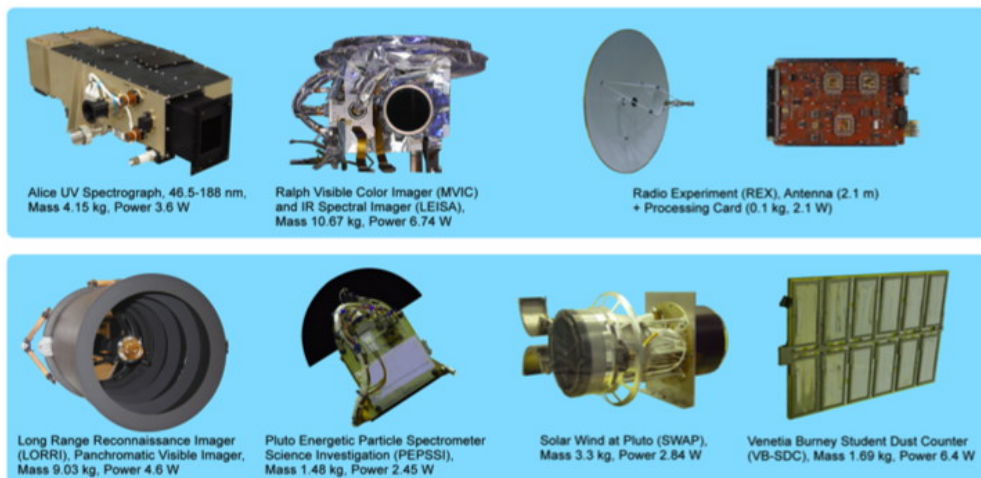
Sonda *New Horizons* má v logu podtitul „vrhnutie svetla na hraničné svety“. Prečo také sformulovanie cieľa? Nuž, napriek tomu, že o Plute už všeličo vieme na základe pozemských pozorovaní, pri pozorovaní sondou z bezprostrednej blízkosti možno očakávať neočakávané. Jednou z najväčších výziev, ktorá stojí pred sondou, je osvetlenie záhady vzniku Chárona pomocou uznávaného zrážkového scenára a následné zotrvanie sústavy Pluto-Cháron po dlhú dobu v rezonancii stredného pohybu s Neptúnom 2:3. Rozriešenie tejto otázky, alebo aspoň vybudovanie dôveryhodnej hypotézy nám prezradí veľa aj o ďalších „hraničných svetoch“ — ľadových objektoch EKB.

Sondu *New Horizons* vypustila NASA v januári 2006 z Mysu Canaveral s cieľom študovať ľadovú planétu Pluto, jej mesiace a ďalšie objekty EKB podľa dodatočného výberu. Prvý rekord zaznamenala sonda už pri štarte, keď získala rýchlosť voči Zemi 16,26 km za sekundu, čo je najvyššia rýchlosť, aká kedy bola v gravitačnom poli Zeme dosiahnutá. Na svojej ceste do vzdialených oblastí Slnčnej sústavy preletela sonda vo vzdialenosti 102 tisíc km okolo asteroidu 2002 JF56 a 28. februára 2007 minula Jupiter vo vzdialenosti 2,3 milióna kilometrov. Prelet popri Jupiteri zvýšil heliocentrickú rýchlosť sondy o ďalších 3,9 km/s a bol využitý na otestovanie väčšiny vedeckých prístrojov a prenosových kanálov. Po tejto skúške bola sonda uvedená do stavu hibernácie s cieľom šetriť všetky systémy na výskum Pluta. Počas ďalšej cesty boli vykonávané len kratučké budenia a kontroly zhruba raz za rok, posledná kontrola sa uskutočnila 6. decembra 2014. 15. januára 2015 sa začala približovacia fáza k Plutu, ktorej výsledkom bol tesný prelet okolo Pluta 14. júla 2015. Počas najväčšieho priblíženia prebiehalo snímkovanie s maximálnym rozlíšením až 25 metrov na pixel.

Sonda má rozmery (vrátane vysunutých častí) $2,7 \times 2,2 \times 1,8$ metra. Vo vzdialenosti Pluta sa sonda už nemôže spoliehať na energiu slnečných batérií. Slnko sa z povrchu Pluta síce javí 150 až 450 krát jasnejšie ako Mesiac v úplnku (3-násobný rozdiel je spôsobený mimoriadnou excentricitou dráhy trpasličej planéty), na dobíjanie baterií to však zďaleka nestačí. *New Horizons* je preto vybavená rádioizotopovým termoelektrickým generátorom RTG (Radioisotope Thermoelectric Generator) s príkonom na začiatku letu 240 W (počas letu okolo Pluta minimálne 200 W), kde zdrojom je 11 kg oxidu plutoničitého $^{238}\text{PuO}_2$.

Sonda je vybavená vedeckými prístrojmi s celkovou hmotnosťou 30 kg. Povrch mapovalo 7 CCD kamier vo vizuálnej oblasti — 3 panchromatické a 4 s farebnými filtermi. Má tiež dva spektrometre pre ultrafialovú a infračervenú oblasť spektra a detektor kozmických prachových častíc. Interakcie planéty so slnečným vetrom boli skúmané pomocou analyzátora plazmy, elektrostatického analyzátora nabitých častíc a analyzátora energetických častíc.

V máji začala sonda prenášať k Zemi údaje o atmosfére Pluta, v júni získala údaje o zložení a charaktere látok na povrchu tejto trpasličej planéty, v júli získala najkvalitnejšie série snímok detailov povrchu. Už pred najväčším priblížením začala NASA zverejňovať nespracované zábery do 48 hodín od ukončenia prenosu zo sondy. Samozrejme obrázky mohli byť snímané viac dní predtým, čo závisí na dátume sťahovania dát z *New Horizons*. Obrázky sú zverejňované bez úprav. Na plne spracované a kalibrované zábery si budeme musieť počkať až do 9 mesiacov od prijatia na Zemi. Obrázky sú snímané prístrojom s názvom LOnge Range Reconnaissance Imager (LORRI) —



Obr. 4. Prístrojové vybavenie sondy New Horizons — v hornom rade zľava ultrafialový spektrograf, zobrazovací systém vo viditeľnej a infračervenej oblasti spektra a zariadenie experimentu v rádiovnej oblasti, v dolnom rade — zariadenie LORRI popísané nižšie, spektrometer na energetické častice, prístroj na meranie slnečného vetra a záchytné doštičky prachových častíc.

v preklade snád' „prieskumné zobrazovacie zariadenie s dlhým dosahom“. Je to v podstate ďalekohľad typu Ritchey-Chrétien s CCD kamerou s čípmom 1024×1024 pixelov. Priemer primárneho zrkadla je 20,8 cm a ohnisková vzdialenosť 2,62 m. LORRI nie je vybavené žiadnym farebným filtrom, výsledkom sú čiernobiele panchromatické obrázky pokrývajúce vlnové dĺžky od 350 do 850 nm. Systém bol vyvinutý tak, aby bol dostatočne citlivý aj v podmienkach pri Plute, kde máme zhruba 1000 krát menej svetla ako na Zemi a súčasne, aby bol tak jednoduchý, ako to je len možné. Napriek obrovskej vzdialenosti od Zeme, z ktorej svetlo a informácia letia takmer 4 a pol hodiny, po prelete okolo Pluta 14. júla 2015 vieme o ňom a jeho systéme oveľa viac než kedykoľvek predtým.

V čase písania článku máme na Zemi približne 30% získaných údajov. V posledných týždňoch prenášala sonda predovšetkým technické údaje o stave jednotlivých systémov nutné na jej prípravu pre ďalšiu misiu k vybranému objektu EKB. Až neskôr budú prenášané merania zo spektroskopov a detektorov prachu ako aj ďalšie snímky zo zariadenia LORRI. Čitateľ sa možno spýta, prečo tak vzácne údaje neprenášame hneď. Dôvody na to sú dva. Prvý je geometrický, keďže inde smerujú zobrazovacie kamery a inde vysielacia anténa, a druhý energetický, lebo sonda nemala dosť energie na súčasné získavanie vedeckých pozorovaní a prenášanie dát na Zem. Zo zaslaných technických údajov vieme, že sonda je po blízkom prelete vo výbornej kondícii, pripravená na plnenie ďalších úloh. Je výborné, že boli získané všetky plánované údaje. Od 15. júla začal prenos dát z blízkeho preletu a pri maximálnej rýchlosti sťahovania 4 kilobity za sekundu to bude trvať až do novembra 2016.

Sonda preletela okolo Pluta a cez sústavu jeho mesiacov 14. júla 2015 v minimálnej vzdialenosti 12 500 km rýchlosťou 13,8 km/s. Sonda New Horizons sa po takmer 22 ho-

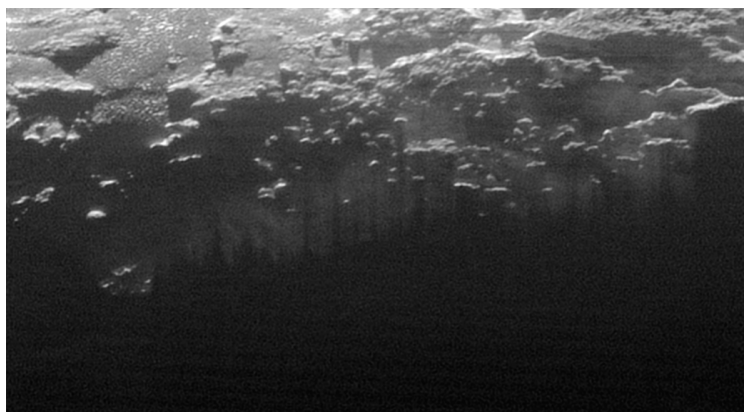
dinách mlčania, počas ktorého boli všetky prístroje plne sústredené na pozorovanie blízkeho Pluta, prihlásila riadiacemu stredisku. Na základe zaslaných telemetrických údajov bolo jasné, že prelet sa podaril, sonda je v poriadku a získala všetko, čo sme od nej očakávali.

Pred priletom sondy New Horizons k Plutu sme o ňom veľa nevedeli. To, čo sme si mysleli, že vieme spoľahlivo, bol jeho priemer. Ako však hovorí Werich: „Nikdy nie nikdo nemá míti za definitívni.“ A tak aj bolo — Pluto je väčšie ako sme si roky mysleli. Najnovšie pozorovanie sondy New Horizons ukázalo, že jeho priemer je 2370 km s neistotou 20 km, čo z neho robí najväčšie ľadové teleso v EKB (doteraz to bolo teleso Eris s priemerom 2326 km). Pre porovnanie, pred preletom sme hovorili o priemere Pluta 2301 km. Zo zisteného väčšieho priemeru vyplýva menšia hustota Pluta a tiež menšia hrúbka jeho atmosféry. Zistené zväčšenie priemeru nemá žiadny vplyv na klasifikáciu telies v Slnčnej sústave.

Čo sa týka Chárona, vďaka zákrytom s Plutom poznáme jeho polomer celkom presne — $(602,4 \pm 1,6)$ km. Sonda však okrem snímania Pluta získala aj bezkonkurenčne najlepšie zábery jeho satelitov.

Sonda New Horizons zistila, že napriek obrovskej vzdialenosti od Slnka je atmosféra Pluta veľmi rozsiahla. Objavila oblasť studeného hustého ionizovaného plynu, ktorý sa rozpína vo vzdialenosti 77 000–109 000 kilometrov za Plutom. Údaje odmeral prístroj SWAP a ionizované častice odmeral prístroj PEPSSI. Takýto plazmový chvost ionizovaného plynu pripomína chvosty Venuše a Marsu. Samotná atmosféra siaha až 1 600 kilometrov nad povrch trpasličej planéty.

Hrúbka atmosféry Pluta bola meraná pomocou prechodu rádiových signálov v čase, keď pri pohľade zo Zeme sonda zachádzala za okraj Pluta alebo sa zpoza neho vynárala. Tlak na povrchu Pluta je menší ako 10 mikrobárov. Pri meraniach v roku 2013 na základe zákrytov hviezd Plutom bola získaná približná hodnota 18 mikrobárov. Úbytok môžeme vysvetliť tým, že atmosféra Pluta postupne zamrzá so vzdáľovaním Pluta od Slnka, proces by však bol neočakávane rýchly.



Obr. 5. Výrez zo snímky kosáčika Pluta, získanej iba 15 minút po najväčšom priblížení. Zapadajúce Slnko osvetľuje hmlu alebo opar tesne nad povrchom, viditeľný ako paralelné čiary z mnohých vyvýšení a nerovností.

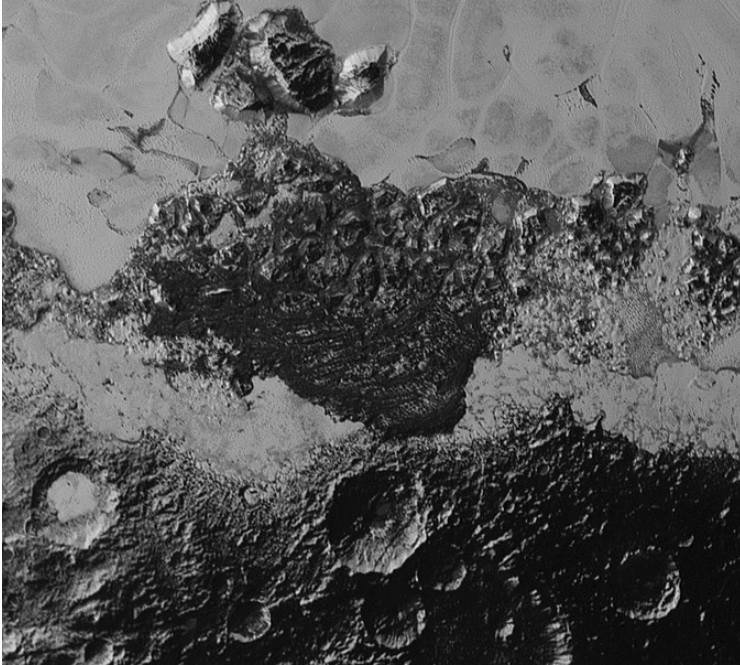
Sonda New Horizons vyfotografovala Pluto aj z odvrátenej strany — smerom k Slnku. Atmosféra je síce tvorená hlavne dusíkom, ale obsahuje aj metán. Pôsobením UV žiarenia Slnka vzniká etylén a acetylén a v ďalšej fáze aj zložitejšie uhľovodíky, tzv. tholiny, ktoré klesajú na povrch Pluta a zafarbujú ho na červeno. Už 5 dní pred najväčším priblížením sa podarilo detegovať ionizovaný dusík unikajúci z atmosféry Pluta. Môže to znamenať, že termálna rýchlosť častíc v termosfére je vyššia oproti očakávaniu.

Na základe dát získaných sondou New Horizons vieme, že atmosféra Pluta je podobná zemskej v tom, že je zložená prevažne z dusíka. Rozdiel je však v obsahu. Dusík na Plute predstavuje až 98% objemu atmosféry, zatiaľ čo v zemskej atmosfére je dusíka len 78%. Atmosféra Pluta je tiež podstatne tenšia ako atmosféra Zeme, preto spôsobuje na povrchu Pluta 10 000 krát nižší tlak, než je pri morskej hladine na Zemi. Dusík sa nachádza v atmosfére Pluta vo forme dvojatómovej molekuly N_2 a uniká do kozmického priestoru rýchlosťou stoviek ton za hodinu. Inú formu dusíka vidno na obrázkoch sondy New Horizons s vysokým rozlíšením — vyzerá ako tečúci ľad na povrchu Pluta. Vieme, že vodný ľad by bol celkom tuhý a pevný pri teplote povrchu Pluta, ale ľad vytvorený z N_2 je schopný prúdiť ako ľadovec. Otázka znie — odkiaľ pochádzajú všetky tieto formy dusíka? Jednou z možností je, že dopadajúce kométy dodávajú potrebný materiál. Existujú v zásade dva spôsoby, ako môžu kométy dodať dusík na povrch a do atmosféry Pluta, a doplniť tak zásoby unikajúceho dusíka: Kométy by mohli priamo dodávať dostatok dusíka na povrch Pluta a do jeho atmosféry. Alebo by mohli kométy vyhlbiť impaktné krátery a presunúť na povrch dost dusíkového ľadu z podpovrchovej vrstvy. Dá sa však vypočítať, že žiadny z týchto procesov nie je dostatočne efektívny na dodanie potrebného množstva dusíka. Oveľa pravdepodobnejšie je, že hľadaným procesom je geologická aktivita vo vnútri Pluta samotného. V súčasnej dobe máme k dispozícii len nepatrný zlomok údajov získaných počas preletu New Horizons, ale skutočnosť, že sme zaznamenali mlado vyzerajúce oblasti, hovorí o relatívne nedávnej geologickej aktivite. Môžeme odôvodnene predpokladať, že viac dát poskytnutých sondou New Horizons v nadchádzajúcich mesiacoch spresní naše odhady atmosférického úniku dusíka a poskytne aj viac obrázkov povrchu Pluta, ktoré umožnia modelovať typ a načasovanie geologickej aktivity.

Po plnom uvedení do činnosti 4. júla 2015 posielala New Horizons vedcom rébusy v podobe kráterov, útesov a priepastí na zľadovatelej trpasličej planéte a jej najväčšom mesiaci. Jedným z najväčších prevapení je, že Pluto má vysoké pohorie — a nie len jedno.

Na Plute sa nachádzajú viac ako 3 500 metrov vysoké hory. Skúmané hory sa začali tvoriť iba pred 100 miliónmi rokov a môžu ešte stále rásť. Naznačuje to, že povrch Pluta je geologicky aktívny, čo by vysvetľovalo aj neprítomnosť kráterov v tejto oblasti. Hory pravdepodobne vznikli vrásnením podpovrchových ľadov. Príčinou podobných procesov napr. na galileovských mesiacoch Jupitera je pôsobenie blízkej hmotnej planéty. Pluto však nič také nablízku nemá a útvary musia mať iný pôvod. Navyše sonda New Horizons vzápätí objavila ďalšie horské pásmo, čo bude vyžadovať dobre postavenú hypotézu poukazujúcu na zákonitý vznik týchto povrchových útvarov.

Na okraji oblasti pomenovanej *Sputnik planum* sonda zaznamenala terén, ktorý pripomína pozemské pohoria rozryté pohybom ľadovcov. V prípade Pluta by išlo o pomaly tečúce ľadovce dusíkatého ľadu. Rovnako ako na Zemi, aj ľadovce na Plute uvádza do



Obr. 6. 350 km široký pohľad na Pluto ukazuje obrovskú rozmanitosť povrchových útvarov a geologických foriem na trpasličej planéte. Vidíme tak tmavý starý silne kráterovaný terén ako aj jasné hladké geologicky mladé oblasti. Zatiaľ nemáme vysvetlenie pre polia tmavých, usporiadaných hrebeňov, ktoré sa podobajú na duny. Najmenšie detaily majú veľkosť 0,8 km.



Obr. 7. Obraz poskladaný zo snímok Pluta vo vysokom rozlíšení znázorňuje pohľad z výšky 1800 km nad rovníkom smerom na severovýchod. Počítačovo spracované z preletu New Horizons popri Plute 14. júla 2015.



Obr. 8. Obrázok Pluta zaznamenáva detaily až do 270 metrov. Povrch šírky 120 km so zaujímavou textúrou obklopujúcou dve izolované ľadové hory.

pohybu ich vlastná váha. Keďže teplota na povrchu Pluta sa pohybuje len málo pod bodom mrazu dusíka, aj malá (niekoľko metrová) vrstva ľadu spôsobí zmäknutie alebo dokonca roztopenie spodnej časti.

Vedci použili vylepšené farebné obrázky na zistenie rozdielov v zložení a štruktúre povrchu Pluta. Kombinované obrázky zo zariadení LORRI a Ralph umožňujú globálny pohľad, pričom umelé farby zdôrazňujú odlišné chemické zloženie. Na snímkach zhotovených zo vzdialenosti 450 000 kilometrov možno rozlíšiť útvary o veľkosti 2,2 km.

4. Záhadný najväčší mesiac

Prítomnosť prchavých ľadov, vrátane metánu, dusíka a oxidu uhlíka na Plute a vodného ľadu na Chárone, silne podporuje predstavu ich vzniku vo vonkajších oblastiach Slnecnej sústavy. Podľa dnes prevládajúcich predstáv, sústava Pluto-Cháron vznikla spojením dvoch telies (Pluta a Cháronovho predchodcu), ktoré vznikli akreciou samostatne a potom sa zrazili. Teda po kolízii vznikol dvojsystém, a to buď priamo nepružným zachytením, alebo akreciou Chárona z trosiek, ktoré ostali na dráhe v blízkosti Pluta. Gravitačné zachytenie bez fyzického kontaktu je vylúčené. Bežný pomer hmotností satelitov a materských planét je zhruba 1:1000. V sústave Zem-Mesiac, kde je pomer hmotnosti satelitu k hmotnosti planéty nezvykle veľký, je to stále 1:81. V prípade Chárona a Pluta je však pomer hmotností až 1:8.



Obr. 9. Pluto vo falošných farbách na zistenie rozdielov v zložení a štruktúre povrchu. Útvár pripomínajúci srdce dostal na znak vďaka meno po objaviteľovi Pluta — Tombaugh Regio.

Vznik sústavy Pluto-Cháron rotačným roztrhnutím možno vylúčiť, pretože sústava má príliš veľa momentu hybnosti na jednotku hmoty, čo vylučuje, že niekedy v minulosti mohla byť jedným telesom.

Do objavu Chárona sa pripúšťala aj možnosť, že Pluto je uniknutý mesiac Neptúna; podľa astronóma Lyttletona mal uniknúť po gravitačnej kolízii s ďalším Neptúnovým mesiacom Tritónom. Objav Chárona si však vynútil pribrať k spomenutej Lyttletonovej teórii toľko dodatočných predpokladov, že sa stala vysoko nepravdepodobnou.

Povrch Chárona je mladý a pravdepodobne stále geologicky aktívny. Podľa geológov zúčastnených na projekte, ide o jeden z najmladších povrchov, aký sme kedy videli v Slnecnej sústave.

Podobný scenár ako pri vzniku sústavy Pluto-Cháron sa predpokladá tiež pri vzniku sústavy Zem-Mesiac. Podstatným rozdielom je však to, že na rozdiel od gigantického impaktu telesa veľkosti Marsu na Zem bola pri kolízii Pluta a Protochárona omnoho nižšia stretávací rýchlosť, a teda aj energia impaktu bola omnoho nižšia. Toto radikálne znižuje tepelné dôsledky zrážky. Kým v prípade nárazu telesa veľkosti Marsu, potrebného na vytvorenie telesa veľkosti Mesiaca, došlo k dočasnému úplnému roztaveniu Zeme, v prípade Pluta náraz znamenal len zvýšenie teploty o 50–75°C. Toto zvýšenie je síce nedostatočné na roztavenie telesa, ale stačí na vytvorenie dočasnej teplej atmosféry s pomerne veľkým únikom častíc. Treba pripomenúť, že aj keď teória



Obr. 10. Porovnanie veľkosti Zeme, Pluta a Chárona

zrážky je dnes jediným vysvetlením vzniku sústavy Pluto-Cháron, ktoré nie je v spore s niektorým pozorovaným faktom, ďalšie výskumy v tejto oblasti môžu priniesť veľa nového.

5. Pluto a Cháron ako súčasť Edgeworthovho-Kuiperovho pásu

Podľa prvých predstáv o existencii populácie ľadových telies bola oblasť Slnčnej sústavy za Neptúnom obývaná len Plutom, ku ktorému pribudol v roku 1978 Christym objavený satelit Cháron, a kométami rozptýlenými vo vonkajšej oblasti Slnčnej sústavy procesmi počas akrécie obrích planét. Od jesene 1992 sa však naše chápanie vonkajších častí Slnčnej sústavy značne zmenilo, vďaka rýchlo narastajúcemu množstvu objavov slabých (jasnosti 22–25 m) väčších telies obiehajúcich okolo Slnka vo vzdialenostiach 30–50 astronomických jednotiek (AU), známych ako EKB. Časť z nich sa pohybuje v rezonancii 3:2 s Neptúnom, rovnako ako sústava Pluto-Cháron.

Keďže pri objave týchto telies bol prehľadaný iba zanedbateľný zlomok okolia ekliptiky, odhaduje sa, že skutočný počet týchto telies je o niekoľko rádov vyšší. Kým zo začiatku boli objavované pochopiteľne len väčšie objekty, v roku 1995 sa pomocou Hubbleovho vesmírneho ďalekohľadu podarilo nájsť aj prvých predstaviteľov menších telies. Skupina vedcov pod vedením Anity Cochranovej objavila objekty jasnosti 28,5 magnitudy, ktorým odpovedajú polomery 1,6–5 km (pre albedo 0,40 resp. 0,04),

| | Pluto | Cháron |
|----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| prechod perihéliom | november 1989 | |
| vzdialenosť od Slnka | 29,7–49,3 AU | |
| obežná doba okolo Slnka | 248 rokov | |
| vzdialenosť medzi telesami | 19 500–19 800 km | |
| objav | 1930 | 1978 |
| objavitel' | Tombaugh | Christy |
| polomer | 1 185 km | 602 km |
| hustota | $2\,050\text{ kg m}^{-3}$ | $1\,800\text{ kg m}^{-3}$ |
| hmotnosť | $13 \times 10^{21}\text{ kg}$ | $1,6 \times 10^{21}\text{ kg}$ |
| rotačná perióda | 6,387 dňa | 6,387 dňa |
| jasnosť v perihéliu | $13,6^m$ | $15,5^m$ |
| albedo | 0,55 | 0,35 |
| farba B–V | $0,85^m$ | $0,70^m$ |
| zloženie povrchových ľadov | CH ₄ , N ₂ , CO | H ₂ O |
| atmosféra | potvrdená | neistá |

Tab. 1. Charakteristiky Pluta a Chárona



Obr. 11. Snímka najväčšieho mesiaca Pluta Chárona získaná sondou New Horizons 10 hodín pred najväčším priblížením k Plutu zo vzdialenosti 470 tisíc km. Rovnako ako na Plute vidíme aj na Chárone prekvapivo zložitú geologickú históriu, vrátane tektonického štiepenia — relatívne hladké roviny, hory obklopené zníženým terénom, krátery rôznych veľkostí vrátane svetlých a tmavých lúčov vychádzajúcich z kráterov a nápadne tmavé severné polárne oblasti v hornej časti obrázka. Najmenšie detaily majú veľkosť 4,6 km.

čo je na hornej hranici zrovnateľné s rozmermi nových komét prichádzajúcich do vnútra Slnecnej sústavy. Modely založené na týchto objavoch hovoria o odhade niekoľko miliárd kometárnych jadier priemeru 1–20 km. Celková hmotnosť populácie ľadových telies v tejto zóne dosahuje asi jednu desatinu hmotnosti Zeme.

Štúdium zrážkového vývoja Davisom, Farinellom a Sternom presvedčivo ukazuje, že ak by mali vzniknúť za čas existencie Slnecnej sústavy tak veľké telesá, aké sa predpokladajú pri albede 0,04, musela by byť pôvodná hmotnosť primordiálneho EKB 10 až 50 hmotností Zeme. Aj objav prudko rastúceho radu objektov v oblasti 30–50 AU, aj dôkazy, že táto oblasť Slnecnej sústavy bola oveľa hustejšie obývaná v raných štádiách vývoja Slnecnej sústavy, poskytujú legitimitu pre prítomnosť tak veľkého telesa ako je Pluto (rovnako aj predchodca Chárona). Veľký počet ľadových telies vysvetľuje aj existenciu Pluta a Chárona (resp. jeho predchodcu) samotných, aj možnosť zrážky a čiastočne aj malú hmotnosť týchto telies v porovnaní s Neptúnom a Uránom. Nie celkom dobre vysvetlená ostáva rezonančná dráha sústavy po kolízii. Pluto je jednoducho najväčšie teleso, ktoré narástlo v oblasti za Neptúnom v čase, keď bola Slnecná sústava mladá. Otázka, ako sa mohlo tak relatívne veľké teleso ako Pluto vytvoriť v oblasti za Neptúnom izolovane, ktorá nás trápila v minulosti, sa transformovala na otázku, prečo pri tak veľkom množstve stavebného materiálu sa tu nevytvorila väčšia planéta. Odpoveď treba pravdepodobne hľadať v poruchovom pôsobení Neptúna, ktorý pôsobil v oblasti za Neptúnom rovnako dezintegračne ako Jupiter na hlavný pás asteroidov v oblasti medzi Marsom a Jupiterom.

Keď Edgeworth a Kupier prišli s myšlienkou pásu malých telies za Neptúnom, považovali to za disk planetezimál, v ktorých sa zachovali pôvodné podmienky protoplanetárneho disku. Avšak hneď po prvých objavoch reálnych telies sa zistilo, že táto predstava nie je celkom pravdivá, keďže disk už bol ovplyvnený množstvom procesov, ktoré zmenili jeho štruktúru. EKB nám však stále môže poskytnúť informácie o procesoch vo vonkajšej Slnecnej sústave počas primordiálnych čias. Nadenene možno povedať, že potenciálne by nás mohol EKB naučiť viac o formovaní veľkých planét než planéty samotné. Potom nám lepšie vedomosti o formovaní obrích planét uľahčia aj chápanie tvorby planét zemského typu. To je hlavný dôvod prečo dnes výskum EKB považujeme za najdôležitejšiu otázku modernej planetárnej vedy.

Misia sondy New Horizons sa preletom okolo Pluta samozrejme nekončí. Sonda pokračuje ďalej, smerom do EKB, kde bude v rokoch 2019–2020 skúmať objekt s názvom 2014 MU69. K cieľu sa má priblížiť v januári 2019. Teleso 2014 MU69 bolo označené za potenciálny cieľ, hoci je menšie a tmavšie ako niektorá z ďalších štyroch možností. Je však najjednoduchšie dostupné a vedci chceli vybrať objekt tak, aby New Horizons k nemu doletela ešte s dostatočnou zásobou energie.

PodĎakovanie. Obrázky spracované i nespracované možno nekomerčne používať, za túto možnosť ďakujeme trom spolupracujúcim inštitúciám — NASA, Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory a Southwest Research Institute.