



trochu zavádzajúci

Pluto – ~~trpaslík~~ opäť v strede záujmu

Doc. RNDr. Ján Svoreň, DrSc.
Astronomický ústav SAV
Tatranská Lomnica

1. Najprv kus histórie

V meste Flagstaff v Arizóne 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. Kdekoľvek by sa chcel prížiť na úspechu technikov a astronómov, ale Flagstaff je miesto, ktoré má na to nárok. Tu sa vlastne začal príbeh Pluta.

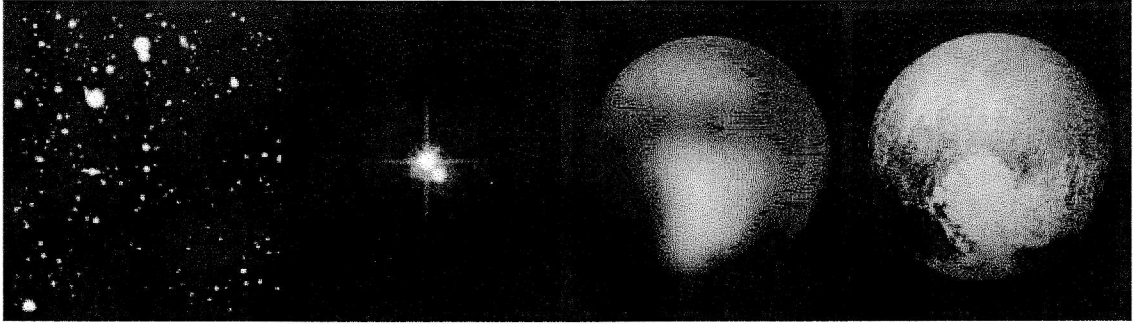


trochu urážlivé

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 Clyde Tombaugh objavil Pluto [v roku 1930]. 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.

* Na veľkú veľkosť Pluta sa usuzovalo tak, že sa predbežne aplikoval Titius - Bodeho "zákon", odtiaľ vyšla veľká vzdialenosť od Neptunu, pri danej jzsnosti a predpokladanom albedu z toho vyšiel veľký priemer. Myslím ale, že Tombaugh & spol. si boli nejistot vedomí!



Obr. 2 - Vývoj nášho pohľadu na Pluto v čase. Prvá je objavová fotografia z roku 1930, ďalší záber je z Hubbleovho vesmírneho ďalekohľadu (HST) pri prvom rozlíšení Pluta a Chárona. Na treťom obrázku je najlepší záber získaný HST a posledný obrázok je z 13. júla 2015 zo sondy New Horizons.

↑ tj. asi inverze fotometrie? jeho

Zo začiatku bolo Pluto považované za chýbajúcu deviatu planétu, objavenú na základe porúch, ktoré spôsobilo v pohybe najvzdialenejšej planéty Neptúna. Po rokoch sa ukázalo, že jeho hmotnosť je príliš malá na to, aby spôsobila merateľné zmeny v pohybe Neptúna (~~o Uráne ani nehovoriac~~) a jeho objav v blízkosti vypočítaného miesta bol dielom obyčajnej náhody. Postupne, ako rokmi pribúdali naše vedomosti o fyzikálnych ~~podmienkach~~ a charakteristikách tohto telesa, stále rástli rozpaky, kde ho zaradiť. Svojimi rozmermi i dráhovými charakteristikami nepasovalo do žiadneho komplexného scenára vývoja Slnecnej sústavy. Po štyroch planétach zemského 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 lpiet' na pochybné deviatej planéte už dávno a v súlade so skutočnosťou začali verejnosti predstavovať Slnecnú 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.

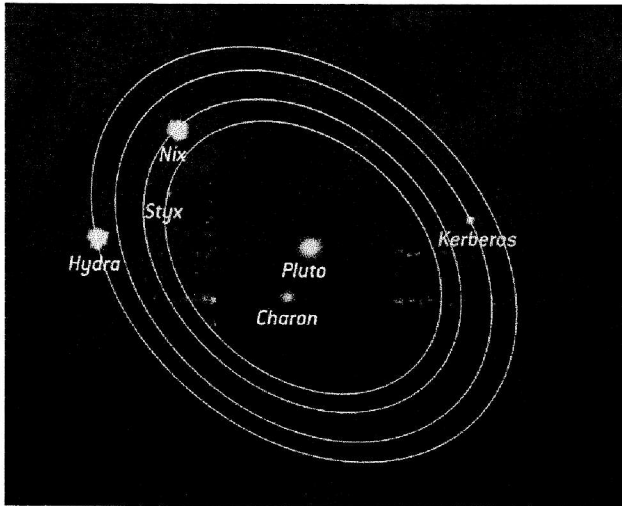
Uran & Neptun spolu interagujú, takže JAKĎKOLIV poruchy vz N. se prejví vz U.

2. Pluto už nie je planétou mno, takže se věda nedělá...

Astronómovia, ktorí sa zišli v auguste 2006 na kongrese Medzinárodnej astronomickej únie v Prahe, rozhodli, že v Slnecnej 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 Slnecnej sústavy obrovskému skoku v našich znalostiach o periférii Slnecnej 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 o 44 kilometrov väčšie ako druhé najväčšie teleso s názvom Eris.

↑ nejistý údaj!
 údaj o ϕ Pluta?

↑ tj. také trpasličí planeta



Obr. 3 – Mesiace Pluta. ~~V~~ príliš stručný popis

NE obou, ale
pouze Pluta!

Potvrdilo

už byl uveden
přesný údaj

všetko?

V roku 1978 bol objavený najväčší mesiac Pluta Cháron (dnes už poznáme aj ďalšie 4 menšie) a z pohybu Chárona okolo Pluta bolo možné s vysokou presnosťou určiť hmotnosť obidvoch telies. Zistilo sa, že hmotnosť Pluta je príliš malá na to, aby spôsobila merateľné zmeny v pohybe Neptúna ~~objav v blízkosti vypočítaného miesta bol dielom obyčajnej náhody.~~ Odhaduje sa, že za dráhou Neptúna sa nachádza približne 70 000 telies s priemerom väčším ako 100 km, z nich už poznáme zhruba 1000 a objavované sú už aj telesá menších rozmerov – sú to ~~K~~ ľadové objekty vonkajšej Slnčnej sústavy tvoriace Edgeworthov-Kuiperov 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.

opakuje sa

Tradičia 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-ého asteroidu. V tom čase astronómovia 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 astronómovia zaoberajúci sa výskumom Slnčnej 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 astronómická komunita, ktorá poznala výsledky výskumu Slnčnej sústavy skôr sprostredkovane, vnímala problém viac citovo a Marsdenov návrh odmietla. Trvalo tak takmer 10 rokov, kým sa astronómovia 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 Slnčnej 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* skrývajú okrem skutočných asteroidov obiehajúcich okolo Slnka v hlavnom pásu, v libračných bodoch L₄ a L₅ sústavy Slnko-Jupiter a v blízkosti Zeme aj *vyhasnuté kometárne jadrá*, *Kentaury* brázdiace oblasť obrích planét a *ľadové objekty EKB* za dráhou Neptúna. Upratovať šuplík sa darí len postupne a výsledok je nasledovný:

hm...

Máme 8 planét, ktoré spĺňajú podmienky, že obiehajú okolo Slnka, sú dostatočne hmotné na to,

dát za „obiehajú okolo Sluka“

aby sa sformovali do približne guľového tvaru, 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 všetky vyššie uvedené podmienky okrem vyčistenia svojho okolia a nie sú satelitom ďalšieho telesa. Sem patrí napr. asteroid Ceres s priemerom 945 km, pričom Medzinárodná astronomická únia skúma aj u ďalších telies splnenie týchto podmienok. Všetky zvyšné telesá sa nazývajú malými telesami Slnecnej sústavy. Patria sem všetky kométy a z asteroidov a ľadových objektov EKB všetky objekty okrem najväčších, ktoré spĺňajú podmienku pre zaradenie medzi „trpasličie planéty“.

zmiňovaných?

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 zamieňať 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 Slnecnej 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 Slnecnej 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 najdôležitejšia 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.

pôvodne?

trochu urážlivé voči členzrčom

Ospravedlňujem sa, ak som predchádzajúcim odstavcom niekomu nabúral jeho istotu, že po kongrese IAU v Prahe už bude v Slnecnej sústave definitívny poriadok. S pokrokom nášho poznania však nemožno vylúčiť, že vo vzdialených oblastiach Slnecnej sústavy sa nájde teleso, ktoré vyhovie pražskej definícii a učebnice 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.

(alebo definície) ?

3. Výskum z bezprostrednej blízkosti

nezní to úplne slovensky

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 (~~alebo sme si to aspoň mysleli~~), 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 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.

podľa mňa by to nemel byť takový problém

rezonance je široké, impaktní vychlosti malé, pri určité geometrii impaktu se perturbuje hlavne sklon (viz Gaussay rovnice)

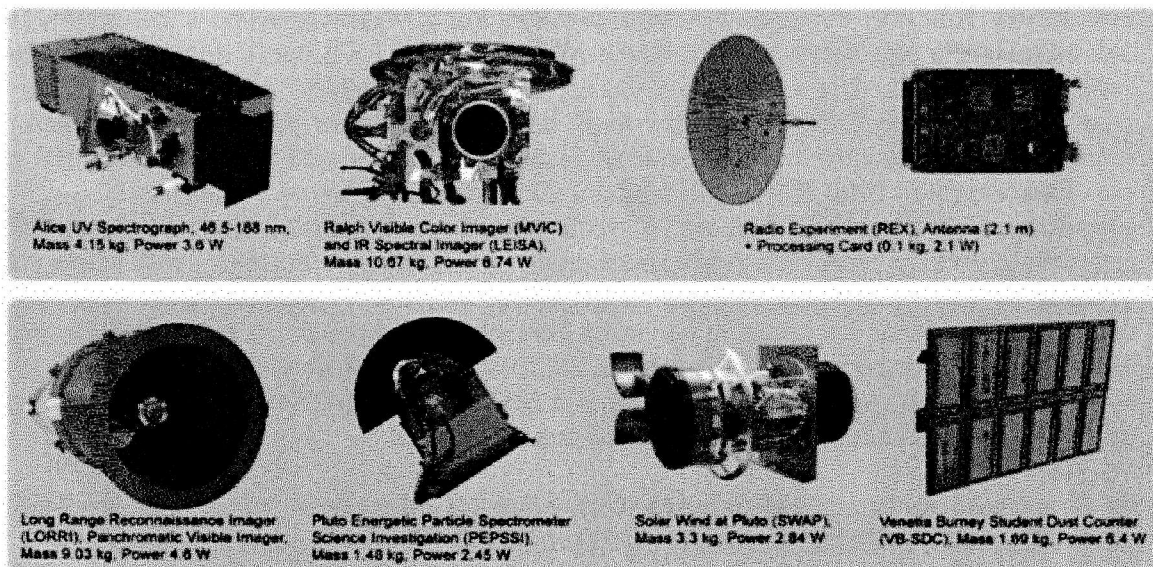
vterajšju ? heliocentrickou !
(Sonda New Horizons vypustila NASA v januári 2006 z Mysu Canaveral s cieľom študovať ľadovú trpasličiu planétu Pluto, jej mesiace a ďalšie objekty EKB podľa dodatočného výberu. Prvý rekord zaznamenala sonda už pri štarte, keď získala rýchlosť voči Zemi 16,26 km za sekundu, 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 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 snímokovanie s maximálnym rozlíšením až 25 metrov na pixel.

Sonda má rozmery (vrátane vysunutých častí) 2,7 x 2,2 x 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 batérií 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 (²³⁸PuO₂).

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. Napriek tomu, nič tak čerstvého sme o Plute ešte nevideli. 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 Long Range Reconnaissance Imager (LORRI) – v preklade snáď „prieskumné zobrazovacie zariadenie s dlhým dosahom“. Je to v podstate ďalekohľad typu Ritchey-Chrétien s CCD kamerou s čípom 1024 x 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. ~~Vďaka zobrazovaciemu zariadeniu LORRI Vás môžeme oboznámiť so zbrusu novým pohľadom na Pluto – na záhadný malý svet na rozhraní planét a ľadových objektov EKB.~~ 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.

taková „oslavuz“ veta se nehodi doprostřed odstavce



Obr. 4 – Prístrojové vybavenie sondy New Horizons. *† príliš stručný popisok (vzhľadom k jiny*

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. Výborné je tiež, že boli získané všetky údaje, ktoré boli plánované. 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 ^{radeži km/s, takže je takový „americký údaj“} jeho mesiacov 14. júla 2015 v minimálnej vzdialenosti 12 500 km rýchlosťou 49 600 km/hod. Sonda New Horizons po takmer 22 hodinách mlčania, počas ktorého boli všetky prístroje plne sústredené na pozorovanie blízkeho Pluta, sa 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.

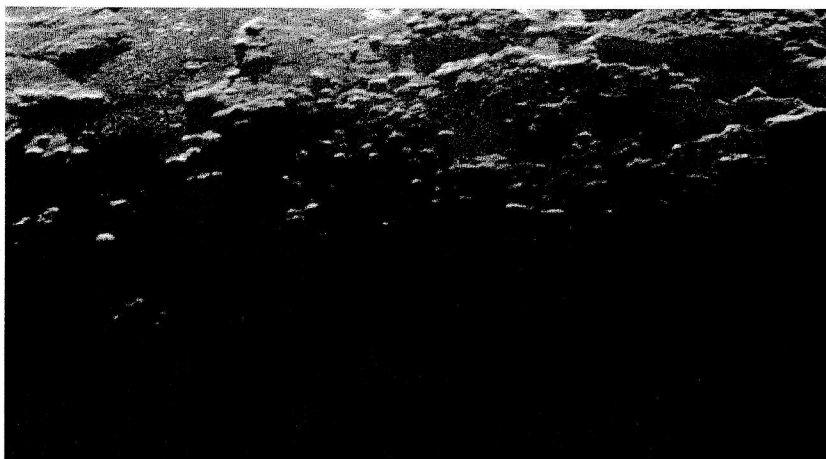
Pred priletom sondy New Horizons k Plutu sme o ňom veľa nevedeli. To, čo sme si mysleli, že vieme spoľahlivo, bol jeho priemer. Ako však hovorí Werich: „Nikto, nikdy, nič nemá mať za definitívne“. A tak aj bolo - Pluto je väčšie ako sme si roky mysleli. Najnovšie pozorovanie sondy New Horizons ukázalo, že jeho priemer je 2370 km s neistotou 20 km, čo z neho robí najväčšie ľadové teleso v EKB (doteraz 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 Slnecnej sústave, je to však ďalší bezvýznamný bod pre chronických kritikov degradácie Pluta ako planéty. *to bolo*

Čo sa týka Cháróna, vďaka zákrytom s Plutom poznáme jeho polomer celkom presne, ~~602,4~~ ^{602,4} +/- 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. Sonda 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 1600 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 mikrobarov. Pri meraniach v roku 2013 na základe zákrytov hviezd Plutom bola získaná približne dvojnásobná hodnota. Môžeme to vysvetliť tým, že atmosféra Pluta postupne zamŕza so vzdáľovaním Pluta od Slnka, proces je však neočakávane rýchly.

a jakž bytž její nejistotz (?)
by však bol



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 tieň z mnohých vyvýšení a nerovností.

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

termzlní ?
v termosf

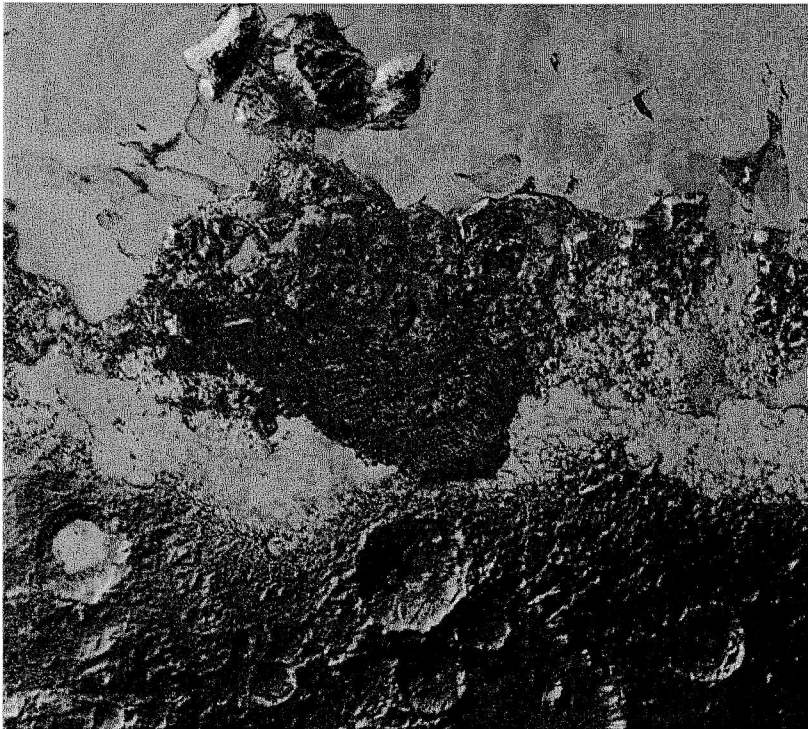
Na základe dát získaných sondou New Horizons vieme, že atmosféra Pluta je podobná zemskej v tom, že je zložená prevažne z dusíka. Rozdiel je však v obsahu. Dusík na Plute predstavuje až 98% objemu atmosféry, zatiaľ čo v zemskej atmosfére je dusíka len 78%. Atmosféra Pluta je tiež podstatne tenšia ako atmosféra Zeme, preto spôsobuje na povrchu Pluta 10000 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, ktorý poznáme na Zemi, 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:

nezdôrazňovať to odrážkami, keďže to jsou neplatné hypotézy

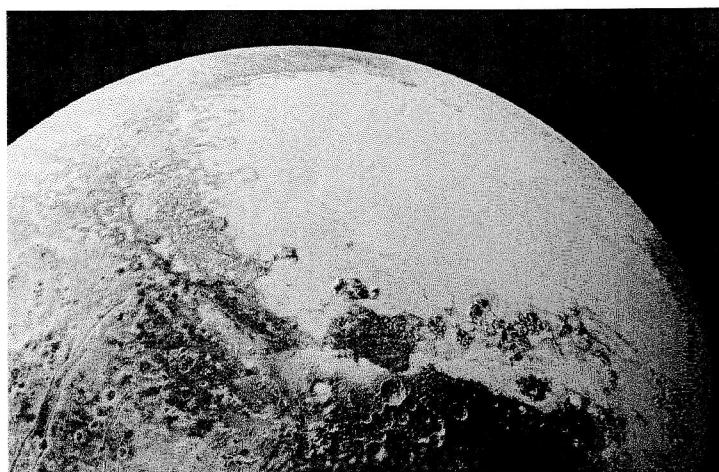
- ↓
- 1) Kométy by mohli priamo dodávať dostatok dusíka na povrch Pluta a do jeho atmosféry.
 - 2) Alebo by mohli tieto kométy vyhlbiť impaktné krátery a presunúť na povrch dost' N_2 ľadu z podpovrchovej vrstvy, dusíkového
- Rýchlo sa však dá vypočítať, že žiadny z týchto procesov nie je dostatočne efektívny na dodanie potrebného množstva dusíka. Oveľa pravdepodobnejšie je, že hľadaným procesom je ~~teplá~~ 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, New Horizons posielala vedcom rébusy v podobe kráterov, útesov a priepastí na zľadovatennom trpaslíku a jeho najväčšom mesiaci. Jedným z najväčších prekvapení je, že Pluto má vysoké pohorie – a nie len jedno.

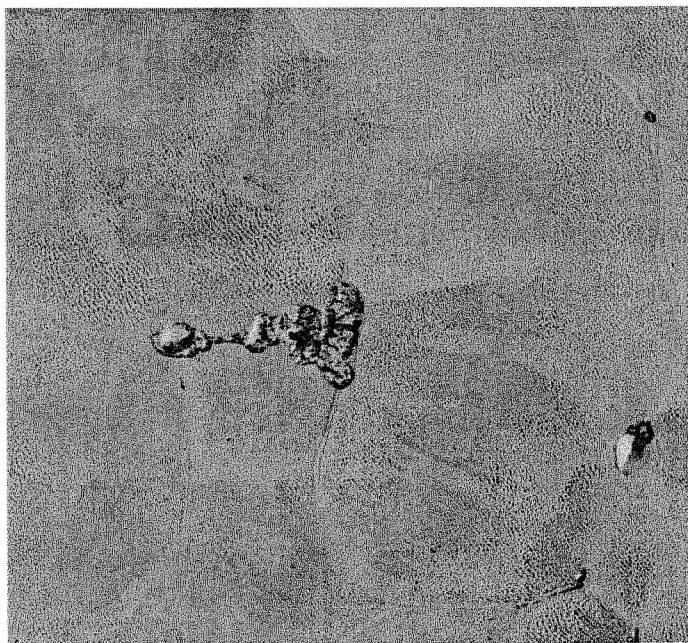


Obr. 6 - 350 km široký pohľad na Pluto ukazuje obrovskú rozmanitosť povrchových útvarov a geologických foriem na trpasličej planéte. Vidíme tak tmavý starý silne kráterovaný terén ako aj jasné hladké geologicky mladé oblasti. Zatiaľ nemáme vysvetlenie pre polia tmavých, usporiadaných hrebeňov, ktoré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

Na Plute sa nachádzajú viac ako 3500 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 podpovrchovej ľadu. 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.



Obr. 7 - Obrázok 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.

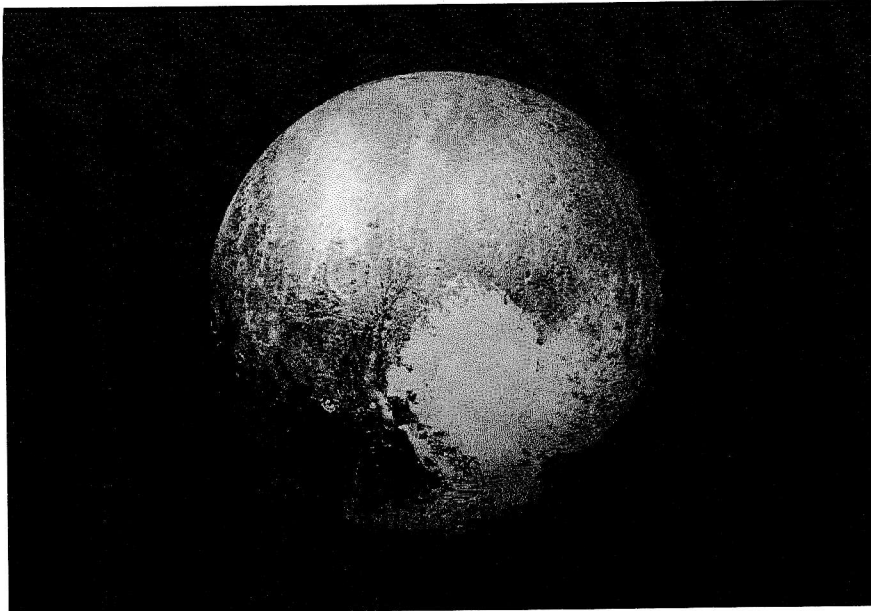


Obr. 8 - Obrázok Pluta zaznamenáva detaily až do 270 metrov. Povrch šírky 120 km so zaujímavou textúrou obklopujúcou dve izolované ľadové hory.

tečenie nebylo vidět!

Na okraji oblasti pomenovanej *Sputnik planum* sonda zaznamenala pomaly tečúce ľadovce dusíkatého ľadu. Terén nad nimi pripomína pozemské pohoria rozryté pohybom ľadovcov. Rovnako ako na Zemi, aj ľadovce na Plute uvádza do 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.

↑ vyplývajúce z toho...



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

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 môžeme rozlíšiť útvary o veľkosti 2,2 km. Pri pohľade na tento obrázok zreteľne vidno, že chemické zloženie povrchu je do značnej miery spojené s geologickými útvarmi.

ktorý?
taký?

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 ~~vzhľadom na pomer hmotností~~ 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.

tj. vylúčené v problému 2 telies vždy!



Obr. 10 – Porovnanie veľkosti Zeme, Pluta a Cháróna.

možná vzdialenosť?

dnes už sa z štandardní snzd
pokládajú práce Johnsonu et al. (2007)
a Johnson & Lambrechts (2012)

tj. pro mne z nich nejvyšší
argument; se vznikem
malých těles
není problém

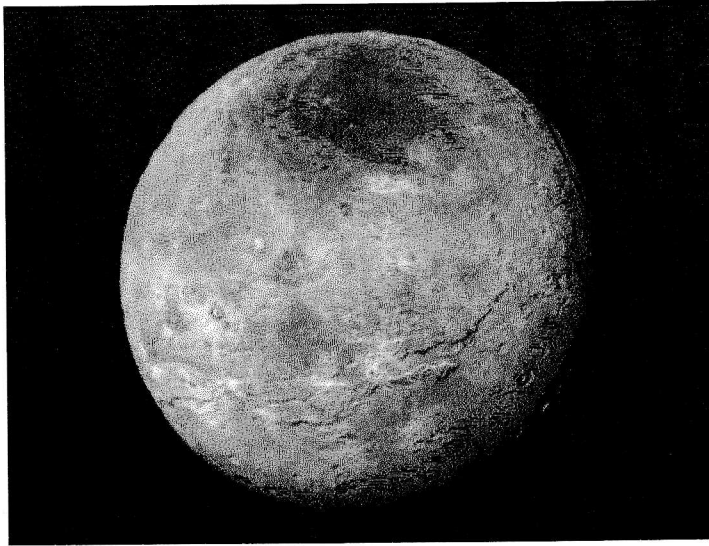
Am Vznik Pluta a Cháróna spoločne v protoplanetárnej diskovej hmoline nie je reálny, vzhľadom na ich malé rozmery. Podľa štandardných teórií vzniku planét, telesá rozmerov Pluta a Cháróna vznikajú postupnou akreciou planetézimál. Tento záver podporuje aj pomerne veľký obsah kamenného materiálu na Plute (odvodený z celkovej hustoty telesa). Rovnako možno vylúčiť vznik sústavy Pluto-Chárón rotačným roztrhnutím, pretože sústava má príliš veľké rotačné momenty na jednotku hmoty, čo vylučuje, že niekedy v minulosti mohla byť jedným telesom.

hybnosť

Tab. Charakteristiky Pluta a Cháróna

	Pluto	Chárón
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
objaviteľ	Tombaugh	Christy
polomer	1185 km	602 km
hustota	2 050 kg m ⁻³	1 800 kg m ⁻³
hmotnosť	13 x 10 ²¹ kg	1,6 x 10 ²¹ 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

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



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 details majú veľkosť 4,6 km.

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 Slnčnej sústave.

zavádzajúci

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 Protomesiaca 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 zrážky je dnes jediným vysvetlením vzniku sústavy Pluto-Cháron, ktoré nie je v spore s niektorým pozorovacím faktom, ďalšie ~~hľadisko~~ ^{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). Mnohó z nich sa pohybuje v rezonancii 3:2 s Neptúnom, rovnako ako sústava Pluto-Cháron. ^{časť}

Keďže pri objave týchto telies bol prehládaný iba zanedbateľný zlomok okolia ekliptiky, odhaduje sa, že skutočný počet týchto telies je o niekoľko rádov vyšší. Kým zo začiatku boli

"ošklivá" nesklonná zkratkou 12
nemyslet něco lepšího?!

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^m, ktorým odpovedajú polomery 1,6-5 km (pre albedo 0,40 resp. 0,04), čo je na hornej hranici zrovnateľné s rozmermi nových komét prichádzajúcich do vnútra Slnecnej sústavy. Modely založené na týchto objavoch hovoria o odhade 40 000 väčších telies a snád' niekoľkých miliardách kometárnych jadier priemeru 1-20 km. Celková hmotnosť populácie ľadových telies v tejto zóne dosahuje asi jednu desatinu hmotnosti Zeme.

vägní

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 albode 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 ranných 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 najväčšia miniplanéta, ktorá narástla 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. Nadnesene možno povedať, že potenciálne by nás mohol EKB naučiť viac o formovaní veľkých planét než planéty samotné. Potom nám lepšie vedomosti o formovaní obrých planét uľahčia aj chápanie tvorby planét zemského typu. To je hlavný dôvod prečo dnes výskum EKB považujeme za najdôležitejšiu otázku modernej planetárnej vedy.

zavádzajúci, predtým to bolo vs

Transneptúnické objekty sa tradične delia na 2 subpopulácie: rozptýlený disk a EKB. Definícia subpopulácií nie je jednoznačná, rôzni autori používajú mierne odlišné kritériá. Principiálne by bolo veľmi príjemné nazvať EKB pásom populáciu objektov, ktoré aj v prípade, že sú charakterizované chaotickou dynamikou, neabsolvujú blízke priblíženia k Neptúnu a nepodliehajú veľkým zmenám veľkej polosi. Opačne, telesá, ktoré majú menšiu veľkú polos blízky alebo vzdialenejšími prechodmi popri Neptúne by vytvorili rozptýlený disk. Problém presného oddelenia týchto subpopulácií tkvie v časovej škále. Môže sa stať, že teleso uväznené v rezonancii významne zmení svoju perihéliovú vzdialenosť a prejde z rozptýlenej do nerozptýlenej fázy (a opačne) niekoľko-krát za dobu existencie Slnecnej sústavy.

práve že ty najviac "uväznené" nikoli

obecně je takový přístup "nebezpečný", když nevychází z přímo pozorovatelných veličin

Preto dávame prednosť spojenia definície rozptýleného disku s mechanizmom jeho vzniku. Rozptýlený disk je oblasť priestoru dráh, na ktoré sa môžu dostať telesá, ktoré sa stretli s Neptúnom vo vnútri Hillovho polomeru aspoň raz počas trvania Slnecnej sústavy, za predpokladu, že nedošlo k žiadnej významnej modifikácii dráh planét. EKB je potom doplnok rozptýleného disku v oblasti dráh s veľkými polosami väčšími ako 30 astronomických jednotiek.

to jej poněkud "degrдуje"

tento předpoklad pro klasifikaci je sned OK,

v rezonanci i protékání mechanismus

ALE jestli všechno vzniklo tak jako v modelu Levison ehl. (2005) nebo Nesvorný ehl. (2015), tak to NENÍ vznik

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.

Pod'akovanie - 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.