PLUTO a transneptunská tělesa

Z. Vokáčová

Kapitola 1

Úvod

Pás těles za drahou Neptunu je zřejmě nejméně probádanou oblastí sluneční soustavy. Pomineme-li Pluto, pak bylo první transneptunické těleso (tzv. TNO) bylo objeveno ani ne před deseti lety, v srpnu 1992.

Prvním bodem tohoto referátu je Pluto:

Pluto je záhadným tělesem této oblasti. Není doposavad rozhodnuto o jeho zařazení mezi buď transneptunská tělesa nebo mezi planety, kde už tak dlouho setrvával.

Pluto se zdá nejpodivnější a zároveň nejpochybnější planetou sluneční soustavy. Je králem Kuiperova pásu, ale také menší než největší měsíce planet.

Pluto si vyměňuje s Neptunem pozici nejvzdálenější planety sluneční soustavy. Teprve objevy transneptunických těles zařadily Pluto do nějakého rozumného systému, přestože je stále ještě považován za planetu.

Pluto již několikrát rozbouřil hladinu světové astronomické komunity. A to již svým objevem v roce 1930. Rozvrátil tehdy přehlednou sluneční soustavu.

Navíc Pluto nemohl být nalezen výpočtem a jeho objev je považován za shodu několika mimořádně šťastných náhod, které se prostě někdy stanou.

Pluto ale není tím nejvýznamějším tělesem této oblasti:

Za dobu od prvního objevu TNO byla objevena necelá půltisícovka transneptunských těles. U řádově čtyřiceti procent z nich známe dobře jejich dráhy, u několika desítek pak jejich další fyzikální charakteristiky (spektra aj.). Podle typu jejich drah je můžeme rozdělit na tři velké skupiny:

- klasická transneptunická tělesa
- Plutina
- tělesa z rozptýleného disku

Původně jednotlivé objevy jakýchsi rarit za drahou Neptunu se začínají formovat do světa stejně mnohotvárného a složitého jako je pás planetek ve vnitřních oblastech sluneční soustavy.

Kapitola 2

Pluto

2.1 Jméno

Pluto se loudá na pomezí planetární soustavy ve tmě a mrazu. Proto dostal jméno vládce podsvětí – řeckého boha pekel. Pekel, kam nikdy neproniknou sluneční paprsky. Pluto je latinský název řeckého boha Háda. V řecké mitologii je Hádés bůh podsvětí, ale je též chápán jako pán bohatství. Syn Títána Krona a jeho ženy Rhey, bratr Diův a Poseidonův. V podsvětí vládne spolu s manželkou Persefonou nad stíny zemřelých.

Z jeho domu není návratu. V přeneseném smyslu je Hádés podsvětí samo.
Své jméno Pluto obdržel na návrh jedenáctileté Venetie Burney z Oxfordu v Anglii, doporučený a telegrafovaný profesorem Turnerem Slipherovi do Ameriky. Nejen, že vyjadřuje výše zmíněné, ale i proto, že první dvě písmena PL jsou zároveň začátečními písmeny Percivalla Lowella.

2.2 Objevení

2.2.1 Telegrafická zpráva

Dlouho po objevení Neptuna považovali lidé tuto planetu za jakýsi mezník sluneční soustavy. Roku 1930 ale veřejnost rozechvěly první zprávy o objevu nové planety — za drahou drahou Neptuna. 12. března 1930 rozeslala Harvardská hvězdárna telegram všem důležitým observatořím světa. Telegrafická zpráva obsahovala podrobnosti o objevu, který byl učiněn na Lowellově hvězdárně v Arizoně. Měla toto znění:

> *Systematické hledání, začaté před lety, doplňující Lowellovy výzkumy o existenci transneptunské planety, vedlo k objevu tělesa, které během sedmi týdnů neustále odpovídá rychlostí svého pohybu a svou drahou transneptunskému tělesu, ve vzdálensoti přibližně té, kterou určil Lowell. 15. velikosti. Poloha březen, dvanáctého, tři hodiny SČ, byla sedm časových vteřin západně delta Geminorum, v souhlase s délkou předpověděnou Lowellem. Pro snadnější nalezení byl objekt uveden vzhledem k delta Geminorum. Poloha březen 12, 14 SČ R. A. 7^h 15^m 50^s, dec. 22° 64'09".*

Podrobnosti přišly z Ameriky o tři týdny později. Ředitel Lowellovy hvězdárny popsal v cirkuláři v krátkosti způsob objevu a co k němu vedlo.

2.2.2 Hledání Pluta

Planety na sebe vzájemně působí gravitační silou, a ovlivňují tím tvary svých oběžných drah. Každý objekt je pro další objekt určitým zatížením, a tím ho vychyluje z jeho ideální dráhy. Z těchto někdy nepatrných gravitačních odchylek z lze odvodit existenci objektu, který například jinak pozorovatelný není.

Již od roku 1905 se zabýval Percivall Lowell, zakladatel a ředitel hvězdárny v arizonském Flagstafu, zkoumáním poruch v pohybu planet Urana a Neptuna a přisuzoval je neznámé planetě X, pohybující se za drahou poslední známé planety, Neptuna. Byl to nesouhlas mezi pozorovatelnými a vypočtenými polohami obou planet, který vedl Lowella k mnohaletému teoretickému zkoumání problému a k dynamickým důkazům existence planety za Neptunem. V roce 1905 uveřejnil výsledky svého studia a uvedl podrobnosti o nové planetě. Odhadoval její vzdálenost od Slunce 43-kráte větší než je vzdálenost Země, její hmotu asi 6,5-kráte větší než je hmota Země a udal její přibližnou polohu. Upozornil na to, že její jasnost bude značně malá a její vyhledávání proto obtížné. Hvězdáři se snažili tuto předpovězenou planetu nalézti, ale jejich hledání bylo dlouho bez výsledku. Ani Lowell se objevu další planety nedožil.

Objev čekal až na amerického astronoma jménem Clyde Tombaugh. Jeho práce vyžadovala především nadlidskou trpělivost. Vždy dva týdny fotografoval určenou část hvězdné oblohy a zbytek měsíce srovnával snímky. Objev tohoto objektu byl zveřejněn 13. března 1930 v den Lowellových nedožitých pětasedmdesátin jako devátá a zatím poslední planeta naší Sluneční soustavy. Byla nazvána podle řeckého boha pekel - Pluto.

Po objevu Pluta se zjistilo, že je příliš malý na to, aby mohl způsobit odchylky v dráze Neptunu. při jeho objevu tak sehrálo velkou úlohu štěstí.

Měsíc Charon byl objeven až v roce 1978 Jamesem Christym.

2.2.3 Způsob hledání

Protože pozorovatel letí prostorem na rychle se pohybující Zemi, posouvají se vzdálenější planety zdánlivě z jedné noci na druhou, vůči ostatním hvězdám.
Fotografujeme-li pak tutéž oblast nebe dvě, nebo více nocí po sobě a zkoumáme-li snímky tzv. blinkmikroskopem, jak tomu dělal C. W. Tombaugh, můžeme zjistit i malý posuv pohybujícího se tělesa. Snímky musí být co nejlepší a prosté prachu. I nepatrný prášek může způsobit skvrnu, kterou nelze rozeznat od obrazu hvězdy. Tombaugh se hledáním neznámé planety zabývat od roku 1929 a prozkoumal takto asi 65% celé oblohy.

Nové těleso bylo poprvé zachyceno na snímcích z nocích 21., 23., 29. ledna a 19. února a od tohoto okamžiku bylo pečlivě sledováno. Sedm týdnů bylo věnováno zkoumání záhadného tělesa, než byl jeho objev dne 13. března 1930 ohlášen vědeckému světu.

Ani pak ještě nebylo označeno jako nová planeta a čekalo se na výsledky nových pozorování. Změření poloh záhadného tělesa sloužilo k výpočtu prozatimní dráhy a ukázalo se, že těleso se vskutku nachází za drahou Neptuna ve vzdálenosti $40 - 43$ astronomických jednotek. Hvězdáři proto zkoumali také starší desky, zda někde nebylo náhodou vyfotografováno a vskutku se jim podařilo nalézt jej na snímcích až z roku 1914. Polohy pravděpodobné planety, změřené jak na nových, tak na starších snímcích, umožnily přesný výpočet její dráhy.

Bylo určeno několik možných oběžných drah, proto rozdíly v časovém oběhu Pluta kolem Slunce jsou v různých písemných zdrojích i několik let. Hmota nalezené planety je menší než předpovězená. Je tedy tak nepatrná, že nemůže vůbec vykonávat na dráhy Urana a Neptuna tak značný vliv, aby se dala z projevených odchylek vypočítat jeho dráha. Pozorované chyby jsou v tomto případě mnohem větší a vznikající odchylky úplně zakryjí.

Pluto tedy nemohl být nalezen výpočtem a jeho objev je považován za shodu několika mimořádně šťastných náhod, které se někdy stanou.

2.3 Charakteristika

Pluto, považovaný za devátou, nejvzdálenější a nejmenší (3500 km v průměru) planetu sluneční soustavy, obíhá Slunce ve střední vzdálenosti $5{,}9 \cdot 10^9$ km po elipse. Oběžná dráha Pluta je až na několikaletou vyjímku za oběžnými drahami vnějších planet, ale velice se od nich odlišuje. Jupiter, Saturn, Uran a Neptun jsou obrovské plynné planety bez pevného povrchu. Ani s planetami terestrickými toho nemá příliš mnoho společného. Ze všech planet má nejmenší přitažlivost. V porovnání se zemskou je přitažlivost Pluta na povrchu 0,04 zemské přitažlivosti.

Fotografie pořízené Hubbleovým vesmírným dalekohledem ukazují, že je velmi podobný Tritonu, měsíci planety Neptun. I jeho průměr, přibližně 2320 km, je jen o něco menší než Triton. Pro podrobnější informace viz kap. **Tabulky**.

O vzniku planety Pluto soudí hvězdář Jeans, že se pravděpodobně odtrhla jako první od původní planetární mlhoviny. Je pravděpodobné, že v minulosti byl Pluto měsícem Neptunu.

2.3.1 Teplota a složení

Hustota je $2,029\,\mathrm{g\,cm^{-3}}$. Planeta je diferencovaná; na povrchu se vyskytuje metan, uvnitř led a zřejmě křemičitanové horniny. Pluto a Charon tvoří tzv. dvojplanetu; hmotnost této dvojice tvoří 18,5% hmotnosti dvojice Měsíc - Země. Charon je pokládán za satelit Pluta; byl objeven v roce 1978. Obě tělesa mají značné množství kamenného a ledového materiálu, čímž se liší od velkých vnějších planet. Je pravděpodobné, že v minulosti byl Pluto měsícem Neptunu.

Vnitřní stavba:	tloušťka	složení
kůra	50 km	zmrzlá voda, metan
pláš	150 km	led
jádro	900 km	skála a možná led

Fotografie ukazují, že jeho povrch je pokryt zmrzlým metanem a dusíkem. Má také slabou atmosféru, která se nejspíše skládá z metanu, který se smísen s dusíkem. Jeho póly jsou jasnější než ostatní oblasti. Vědci se také domnívají, že při pohybu Pluta kolem Slunce může docházet k tomu, že jeho atmosféra zamrzá a padá na povrch.

Jeho teplota povrchu se pohybuje okolo $-230°$C.

2.3.2 Oběžná dráha a rotace

Kolem Slunce obíhá po elipse. Po většinu času je Pluto nejvzdálenější planetou sluneční soustavy. Na rozdíl od ostatních planet obíhajících Slunce po drahách blízkých kružnici, je oběžná dráha Pluta natolik protáhlá, že se na 20 let z celého jednoho oběhu kolem Slunce, dostává blíže ke Slunci než Neptun. A tak i v letech $1979-1999$ byl Neptun fakticky nejvzdálenější planetou. Dráha Pluta má sklon 17° k rovinně ekliptiky, v níž leží dráha Země. To při délce jeho objehu znamená, že se dostává o 1,25 miliard kilometrů pod rovinu ekliptiky. To je téměř vzdálenost Slunce-Saturn.

Pluto obíhá kolem Slunce ve stejném směru jako ostatní planety. To je pokládáno za pozůstatek rotace původní sluneční mlhoviny.

2.3.3 Viditelnost

Vzdálenost Pluta od Slunce se výrazně mění. Když je nejblíže, činí 4,425 miliardy kilometrů od Slunce, a když je nejdále, je to 7,375 miliardy kilometrů. Protože je Pluto tak daleko, je ze Země špatně pozorovatelný. Jen výkonné dalekohledy ukážou Pluto jako nepatrný kotouček bez jakýchkoli povrchových znaků. Světlo potřebuje přibližně čtvrt dne než z Pluta doletí až k nám. Slunce z povrchu Pluta vypadá jen jako jasná hvězda.

2.4 Dvojice Pluto - Charon

Jediný satelit Pluta byl objeven r. 1978 (Jamesem Christym) a nazván Charon. Charon je na měsíc neobvykle velký. Je velký přibližně jako polovina Pluta, a proto někteří astronomové říkají, že Pluto a Charon jsou ve skutečnosti dvojplaneta. Hmotnost této dvojice tvoří 18,5% hmotnosti Měsíce-Země. Ve vesmírném měřítku tvoří Pluto a Charon velmi těsnou dvojici. Tělesa jsou od sebe vzdálena jen kolem 20000 km. Naproti tomu Zemi a Měsíc dělí vzdálenost 384000 km. Jeho průměr je 1270 km. Obě tělesa mají podobné složení - skládají se ze značného množství kamenného a ledového materiálu, čímž se liší od velkých vnějších těles. Charon je oproti Pluto tmavší. Pluto pokrývá světlý zmrzlý metan, Charon tmavý led. Je to možná proto, že molekuly metanu z Charonu byly postupně přitahovány směrem k Plutu.

Všechny objekty na oběžné dráze se vlivem vzájemné gravitace pohybují kolem společného těžiště. Těžiště soustavy Pluto-Charon však leží mimo obě tělesa. U ostatních těles Sluneční soustavy, které mají měsíce, leží těžiště uvnitř planety, i když je někdy výrazně posunuto z jejího středu. Obdobně jako my ze Země vidíme jen jednu stranu Měsíce, lze i z Pluta vidět jen jednu stranu Chárona, ale je tomu i naopak — z Chárona lze vidět jen jednu stranu Pluta. Tyto dvě tělesa mají tzv. vázanou rotaci. Předpokládá se, že k takovéto rotaci po mnoha tisících letech dospěje i Země s Měsícem.

Poměr jejich hmot je 7 : 1. K porovnání, poměr hmot Země a Měsíce je 82 : 1.

2.5 Status

Diskuse o postavení Pluta ve sluneční soustavě se vedou již dlouho, vlastně už od jeho objevení. Znovu je rozvířila v roce 1999 iniciativa očíslovat Pluto jako planetku číslo 10000 a dát mu tak „dvojí občanství“ — zařadit jej mezi planety a zároveň mezi transneptunická tělesa. Diskuse se dokonce objevila na jednání o transneptunických tělesech v rámci kongresu Mezinárodní astronomické unie v Manchesteru. Hlasování (které však nemělo schvalovací pravomoci) ukázalo, že většina odborníků zainteresovaných ve výzkumu transneptunických těles je pro „dvojí občanství“ ukazující jak historickou tradici, tak výsledky současného výzkumu a vývoje poznání.

Určení statu Pluta se ukazuje býti velice problematické. Od ostatních planet se odlišuje vysokým sklonem oběžné dráhy vůči ekliptice, poměrně velkou excentricitou a mnoha dalšími parametry. Tím jak stoupají naše znalosti o menších objektech Sluneční soustavy, stoupá i počet názorů, že Pluto je více podobno těmto objektům. Někteří z astronomů se díky těmto rozporům snaží přesně určit pojem planeta. Ale Pluto jaksi vždy leží na pomezí mezi skupinou planetek a planet.

Argumentem pro status planety je zjistitelná atmosféra, a neexistence kometárního ohonu. Argumentů proti je hned několik — vlastně jsou jimi všechny odlišnosti od ostatních planet. Pluto je tvarem dráhy i fyzikálními parametry daleko bližší právě tělesům za drahou Neptunu, než planetám zemského typu či obřím planetám podobným Jupiteru.

Velkým argumentem pro zařazení mezi planety byl donedávna Plutonův měsíc. Vědcům připadlo nepravděpodobné, že by transneptunské těleso mohlo mít měsíc. Nově objevený měsíc u tělesa 1998 WW31 ukazuje, že i transneptunská tělesa mohou mít své měsíce. Koneckonců měsíce či podvojná tělesa známe i u planetek ve vnitřích částech sluneční soustavy.

Otázka statu podivného tělesa zvaného Pluto by se dala předvést na analogii se stejně podivným stvořením z říše zkamenělin – archeopterixem, který ukazuje jak znaky ptáků tak dinosaurů. Pluto má vlastnosti jak planet, tak transneptunických těles a jeho slovní označení na tom pochopitelně nic nezmění.

Pozn.: Mimochodem český jazyk jako by sám podvědomě pochyboval o rovnoprávnosti Pluta s ostatními planetami Sluneční soustavy. Říkáme: ten Mars, ten Neptun, či ta Venuše, ta Země, ale neodolatelně nás to svádí říkat to Pluto, to maličké Pluto, které ani neví, kam patří.

2.6 Výprava Pluto Express

Tato výprava představuje unikátní možnost prozkoumat jak povrch, tak i řídkou atmosféru zapomenutého Pluta. Podobná situace se přitom naposledy nabídla ve čtyřicátých letech osmnáctého století a znovu se zopakuje až kolem roku 2230.

O výpravě *Pluto-Kuiper Express*, při které se počítá s prvním těsným průletem kolem Pluta a dle nebeské konstelace i návštěvou jednoho, či více těles vzdálenějšího Kuiperova pásu, není stále definitivně rozhodnuto. Jedním z důvodů jsou finance. Musí se rozhodnout mezi sondou k Plutu a sondou k Europě. Je velmi pravděpodobné, že bude o dva roky odložen start umělé družice Európy, která má za úkol potvrdit nebo vyvrátit domněnku o existenci rozsáhlého vodního oceánu pod ledovým krunýřem.

Mise k Europě má totiž značné problémy. Příčina tkví v tom, že vývoj technologií nezbytných pro takový let, tedy elektroniky a dalších systémů odolných pronikavé radiaci na straně jedné a extrémně lehkých na straně druhé, naráží na řadu problémů a neustále se tak prodražuje.

Prodlevu na svědomí má řada faktorů:

- Nový typ radioizotopových generátorů, které by teplo uvolňované rozpadem plutonia přeměňovaly na elektřinu třikrát efektivněji než ty současné, a ruku v ruce s ním byly i radikálně lehčí. I když už jsou takové zdroje k dispozici, k důkladnému otestování a vychytání všech chyb bude potřeba ještě několik roků.

- Stejně tak se protahuje dokončení nového modelu raketového nosiče, za které se považuje Delta 4 a Atlas 5. V obou případech to jde pomaleji, s více problémy a také za bohužel více peněz.

- Vleklé problémy sondy Gravity Probe B testující obecnou teorii relativity, které vyžádají dalších 70 milionů dolarů navíc. Ambiciózní a technicky nesmírně komplikovaná výprava přitom pohltila už 450 milionů dolarů.

- Další odklad přinese také vývoj a testy nepříznivým podmínkám odolnějších zařízení. Elektronika umělé družice Európy totiž musí vydržet zvýšenou radiaci přicházející z okolí Jupiteru, s vyšší expozicí než dostala sonda Galileo. Navíc vzhledem k rozsáhlým manévrům v okolí planety nesmí vybavení překročit striktní váhový limit.

Zdá se tudíž, že doporučení posunout startovní okno o 26 měsíců, je nejvhodnějším možným řešením. To znamená, že ze Země sonda odletí na podzim 2008 a k Jupiteru se dostaví v létě 2010.

Odklad však využije jiná výprava – *Pluto Express*. Přesun startu této výpravy z prosince 2004 na listopad 2003 má dokonce několik odůvodnění:

- Předně se poletí po energeticky méně náročné cestě, která zkrátí dobu letu o šest měsíců a umožní současně zvýšit celkovou hmotnost sondy o 50 kilogramů.
- Navíc je v zájmu vědců dostat se k Pluto co nejdříve. Teplota planety se s jejím vzdalováním od mateřského Slunce neustále snižuje a ruku v ruce s tím mizí i její velmi řídká a zajímavá atmosféra. V následujícím desetiletí pak zcela zamrzne.
- Do třetice výprava musí k dosažení cíle využít gravitační asistence Jupiteru. Pokud se odlet z nějakého důvodu nestihne do konce roku 2004, pak se největší planeta vrátí do podobně vhodné pozice až za deset roků. V takovém případě musí sonda provést manévry kolem Venuše a zřejmě i Země, což s sebou přinese větší riziko a samozřejmě i další prodloužení letu.

Pokud by Pluto Express odlétnul v listopadu 2003, dostavil by se k nejméně probádané planetě v létě 2011. Při návštěvě Jupiteru se současně protáhne jenom 15 tisíc kilometrů nad jeho oblačnou pokrývkou a zavítá snad i do těsné blízkosti měsíce Ió. (Vzhledem k malé době pobytu by byla dávka radiace přijatelně nízká.) Kromě rozvrhu startů pravděpodobně dojde i ke změně v raketových nosičích. Sondy k Európě i Plutu měly původně odlétnout z útrob raketoplánu pomocí motoru na tuhá paliva, nyní se zdá výhodnější použít standardních nosičů Delta 4 či Atlas 5. Mírným problémem mohou být radioizotopové generátory, resp. nebezpečí zamoření při možné nehodě. Obavy však nejsou na místě — observatoře s sebou ponesou jenom desetinu plutonia v porovnání s Cassini, která letí k Saturnu. Malé množství stačí jednak proto, že jsou menší, jednak proto, že NASA již umí měnit teplo radioaktivního rozpadu na elektrickou energii třikrát účinněji.

A jaké přístroje se s sebou zabalí? Původní uzávěrka pro vybavení umělé družice Európy stanovená na konec března, byla na poslední chvíli prodloužena do poloviny května. U sondy prolétající kolem Plutu je pak „oficiálním“ mezníkem červen, faktickým ale konec července, či srpna. Přesto všechno je základní „nádobíčko“ zřejmé. „Svatou trojici“ detektorů Pluto Express, který kolem planety pouze prolétne, vytvoří kamera pro snímkování Pluta i Charonu, infračervený spektrometr k analýze povrchového ledu a ultrafialový spektrometr pro rozbor řídké atmosféry. O moc víc detektorů se ale na sondu stejně nevejde — její hmotnost totiž v úhrnu nesmí převýšit 210 kilogramů.

Letět se navíc nemusí s revoluční sondou nabitou novými technologiemi, ale sáhnout po osvědčeném modelu a radikálně tak zredukovat cenu za jeho vývoj. V tomto případě se hovoří především o Stardustu a chystané výpravě Contour.

Obě sondy jsou totiž konstruovány k dlouhodobému pobytu v kosmickém prostoru, druhá z nich dokonce s ohledem na to, že 94 procent letu stráví v tzv. hybernovaném stavu – stabilizovaná rotací s občasným spojením s řídícím střediskem. Kromě příslušných detektorů, by se na ně musely pověsit radioizotopové generátory, které by nahradily „standardní“ sluneční panely. Analýzy přitom ukazují, že se taková výprava, aniž by bylo nezbytné použít jedinou novou technologii, zvládne při ročních výdajích kolem 40 milionů dolarů.

Snem odborníků není prozkoumat jenom povrch Pluta, ale též složení jemné, rozsáhlé atmosféry, která se při průchodu přísluním v roce 1989 vytvořila kolem planety. Plynný obal je natolik rozsáhlý, že se v jeho vnějších vrstvách pohybuje i satelit Charon. Složení atmosféry přitom charakterizuje i složení povrchových vrstev (s přistáním na povrchu se přitom nepočítá). Vzhledem ke sklonu rotační osy planety však na jižní polokouli přichází zima a někdy od roku 2015 bude celá polovina Pluta i Charonu na dlouhá desetiletí pohroužena do věčného stínu. S poklesem teploty atmosféra rychle zamrzne. Pokud se tedy k cíli nedostaneme do roku 2016, výrazně klesne vědecká výtěžnost celé mise.

Aby se Pluto Express k cíli dostal za rozumně krátkou dobu, musí využít gravitačního pole Jupiteru. Vhodná konstelace se však naposledy zopakuje v roce 2006. Poté, kdyby se stále trvalo na urychlení největší planetou Sluneční soustavy, musíme čekat dalších deset let. V takovém případě se ale k Plutu dostaneme až někdy ve dvacátých letech tohoto století. A to by bylo značně frustrující. Jistou možností je série manévrů kolem Venuše (to ale znamená tepelnou ochranu navíc) či připojení iontového motoru (a tedy i větší hmotnost, a tedy i dražší raketový nosič). Ať tak či onak, splnit úkol potrvá déle a bude to stát i více peněz.

2.7 Planeta X

Astronomové se dříve domnívali, že za drahou Pluta je ještě desátá planeta, přezdívaná planeta X. Po objevu Pluta se totiž zjistilo, že je příliš malý na to, aby mohl způsobovat tak velké odchylky od teoreticky vypočtených (dvouprocentní odchylka) v dráze Neptunu. Z drah komet lze však usuzovat, že za dosavadními hranicemi sluneční soustavy se pohybuje mohutné těleso (asi sedmkrát větší než Jupiter), které se zřejmě pohybuje velice pomalu a navíc v jiném směru než ostatní planety sluneční soustavy. Z jejích rozměrů a ze vzdálenosti lze usuzovat, že oběhne Slunce jednou za zhruba 6 miliónů let. Nyní se nachází někde v souhvězdí Delfína. Nový potencionální člen sluneční soustavy by měl být ve vzdálenosti 30 tisíckrát větší než Země. Pravděpodobně planeta není pravým členem sluneční rodiny planet. Dohady míří k tomu, že vznikla docela někde jinde, putovala galaxií a pak byla zachycena na periferii našeho planetárního systému — autorem této domněnky je John Murray z Britain's Open University. K tomuto závěru došel z pozorování drah 13-ti komet, jejichž dráhy musí deformovat nějaký velmi hmotný objekt. Pravděpodobnost náhody určil na 1 : 1700.

V minulém století vyvstala i domněnka, že existuje i další planeta v bezprostřední vzdálenosti Slunce. Větší počet astronomů si povšiml posunu malého bodu mezi Merkurem a Sluncem, jež považovali za planetu. Nazvali ho unáhleně Vulkán. Od těch dob však tento jev nikdo nepozoroval. Snad to byl prachový prstenec nebo malá planetka.

Kapitola 3

Transneptunská tělesa (TNO)

3.1 Úvod

Transneptunická tělesa nazývaná též tělesy Kuiperova pásu, tvoří prstenec za drahou Neptunu považovaný za zdroj krátkoperiodických komet.

Zatím největším tělesem Kuiperova pásu ledových těles za drahou Neptunu je stále Pluto, donedávna považované pouze za devátou planetu sluneční soustavy.

Základní struktura Sluneční soustavy se skládá z pěti velkých rodin:

- planety zemského typu
- pás planetek
- obří planety
- Kuiperův pás
- Oortův oblak

Možná nejzajímavější částí transneptunické populace jsou objekty rozptýleného disku na velmi výstředných drahách, v přísluní je přibližující až k Neptunu. První z nich, 1996 TL66, bylo podivnou raritou, dnes objektů s přísluním u dráhy Neptunu a odsluním až 200 astronomických jednotek známe několik. Potíž je v tom, že nejvzdálenější TNOs byly zatím objeveny kolem 60 astronomických jednotek od Slunce a tak třeba o objektech rozptýleného disku nacházejících se nyní v odsluní nic nevíme. Z několika prvních transneptunických těles objevených v letech $1992 - 1993$ se nyní před našima očima jako důsledek přibývajících objevů formuje strukturovaná zóna, která naše uvažování o domovské sluneční soustavě přirozeně spojuje s úvahami o formování planetárních disků kolem hvězd obecně.

3.2 Historie objevů

Transneptunických těles (TNOs) a planetek typu Kentaur známe dnes celkem necelou půl tisícovku, zhruba padesát z nich přitom zapadá do tzv. rozptýleného disku (Scattered Disk Objects). Transneptunická tělesa (kromě Pluta) byla objevována teprve od roku 1992, známe jich necelé čtyři stovky a jenom osmnáct z nich má dosud natolik spolehlivě určené dráhy, že obdržely pořadové číslo v katalogu planetek.

Výzkum transneptunických těles je zřejmě nejmladší součástí studia sluneční soustavy. Protože první takovéto těleso bylo objeveno až v roce 1992, říká se, že publikace vydané před pěti lety jsou klasikou oboru a ty starší už jeho historií.

O existenci ledových těles v pásu obepínajícím za drahou Neptunu vnitřní část sluneční soustavy uvažovali astronomové okamžitě po objevu Pluta (ne-li dřívě). Už v srpnu 1930 se Frederick C. Leonard zmínil o dalších malých tělesech za drahami obřích planet i o tom, že Pluto objevené začátkem roku 1930 může být prvním z mnoha podobných těles, v časopise The Astronomical Society of the Pacific. Předpověděl tak existenci pásu transneptunických těles, o nichž později v 50. letech dvacátého století uvažovali G. P. Kuiper, K. E. Edgeworth a v 60. letech F. Whipple

3.3 Rozdělení těles Sluneční soustavy

Spousta drobných těles a tělísek obíhá kolem Slunce po více či méně výstředných eliptických drahách. Většina z nich v hlavním pásu planetek mezi drahami Marsu a Jupiteru, extrémistické výjimky se přibližují až k Zemi, či dokonce křižují její dráhu. Naopak daleko od Slunce, až za drahou Neptunu, přibývá objevů transneptunických těles (TNO), která jsou součástí tzv. Kuiperova pásu a svým fyzikálním charakterem příbuzná s Plutem.

Rozměry většiny známých planetek se pohybují od stovek metrů do desítek kilometrů, nejmenší zaznamenané blízkozemní asteroidy dosahují jen desítek metrů. Za největší známou planetku je považována Ceres, první objevená planetka patřící do hlavního pásu a dosahující průměru cca 900 kilometrů.

3.3.1 Hlavní pás planetek

Hlavní pás planetek je nejpočetnější (co se týče počtu objevených těles) skupina malých těles. Je to rozlehlý prstenec ve tvaru koblihy mezi Marsem a Jupiterem ve vzdálenostech od 2,1 do 3,27 AU od Slunce. První z nich - Ceres, byla objevena v roce 1801. Její průměr je téměř tisíc kilometrů a v hlavním pásu známe celkem 16 planetek s průměrem nad 240 kilometrů. Počet menších těles velmi rychle roste, k 20. 4. 2001 bylo registrováno 110 119 objektů s určenou drahou.

Při pohledu na jejich polohy v prostoru se zdá, že jejich uspořádání je více méně náhodné — až na výraznou skupinu Trojanů. Ve skutečnosti však jsou Trojané jednou z mnoha skupin, do kterých rozděluje hlavní pás svým gravitačním působením Jupiter.

Znázorníme-li si počty planetek hlavního pásu v závislosti na velké poloose jejich dráhy, uvidíme značně komplikovanou strukturu s řadou mezer. Tyto mezery objevil a správně vysvětlil v roce 1857 americký astronom Daniel Kirkwood (1814 – 1895). Velká poloosa dráhy souvisí přímo s oběžnou dobou (podle 3. Keplerova zákona). Je-li poměr oběžných dob planetky a Jupitera roven poměru malých celých čísel, způsobí periodické poruchy Jupitera, že dráha se stává nestabilní (případ Kirwoodových mezer, ze kterých Jupiter planetky vypudil), nebo stabilní (Trojané, planetky skupiny Hilda). Tento efekt nazýváme rezonance.

Trojané jsou pak speciálním případem. Nacházejí se v blízkosti libračních center $L4$ a $L5$ soustavy Slunce-Jupiter, kde se vyrovnává gravitační působení Slunce a Jupitera s odstředivou silou na obíhající planetku. Tato centra (nazývaná též Lagrangeovy body) se nacházejí na dráze Jupitera 60 stupňů před a za Jupiterem. Trojany lze ještě na dvě skupiny: Trojané a Řekové (každá skupina v okolí jednoho Lagrangeova bodu). Mnoho z nich má pohyb natolik odlišný od pohybu libračních center, že mezi nimi oscilují — jsou tudíž rozptýlené podél celé dráhy Jupitera. Jupiterových Trojanů známe 964, rovněž 4 „Trojany Marsu“ — v libračních centrech soustavy Slunce-Mars (jejich dráhy jsou ale dlouhodobě nestabilní).

Podrobnější analýzou elementů drah planetek můžeme odhalit další skupiny s podobnými elementy (tzv. rodiny asteroidů). Předpokládá se, že se jedná o fragmenty větší planetky na podobných drahách. Jmenujme alespoň některé z nich: planetky skupiny Eos, Koronis, Themis, Hygiea,...

3.3.2 Blízkozemní planetky

Near-Earth Asteroids - NEA. To jsou objekty na drahách s velkou poloosou menší než $1,3$ AU. Věří se, že jsou to fragmenty vymrštěné z hlavního pásu kombinacemi kolizí a gravitačním vlivem Jupitera. Některé mohou být jádra již neaktivních komet.

Dělí se na tři kategorie, pojmenované po nejznámějších členech v každé: Amor, Apollo, Aten. Odtud také označení planetky typu AAA.

Planetky typu Amor kříží dráhu Marsu, ale nedosahují až k dráze Země (např. Eros) (8. 4. 2001 známo 611 objektů).

Planetky typu Apollo kříží dráhu Země a periodu mají větší než 1 rok (např. Geographos) (609 objektů).

Planetky typu Aten kříží dráhu Země a perioda je menší než 1 rok (107 objektů).

Největší známou blízkozemní planetkou je Ganymed (41 km v průměru). Mezi planetkami z vnitřních oblastí hlavního pásu pak najdeme tzv. Mars-Crossers — křížiče Marsu, které se dostávají jen 1,3 AU od Slunce.

3.3.3 Potenciálně nebezpečné asteroidy

Potentialy Hazardous Asteroids - PHA. Je jich k 23. dubnu známo 305. Jsou to objekty, jejichž dráhy se přibližují na vzdálenost menší než 0,05 AU (20-krát střední vzdálenost Měsíce) k dráze Země a jejichž absolutní magnituda je menší než 22 mag (tedy asteroidy větší než cca 150 metrů, které již mohou při pádu do oceánu — což je nejpravděpodobnější možnost, způsobit vlnu tsunami). Stejně jako u ostatních těles, i jejich počet velmi rychle narůstá.

3.3.4 Kentauři

18. října 1977 objevil Charles Kowal pomocí 1,2 metrového dalekohledu na Mount Palomararké observatoři asteroid Chiron. Těleso však jevilo náznaky kometární aktivity. Jeho dráha má perihel ve vzdálenosti 8,5 AU a afel 18,5 AU od Slunce. Další podobný objekt byl objeven v roce 1992 — Pholus, a v následujících letech přibývaly další. Předpokládá se, že jsou to „spící“ kometární jádra, které díky velké vzdálenosti od Slunce nemohou vytvářet klasickou komu a ohon. Protože jsou něco napůl mezi planetkami a kometami, dostali přiléhavý název — Kentauři.

Jejich dráhy typicky kříží dráhu jedné z ostatních velkých planet (Saturnu, Uranu či Neptunu) a jsou proto dynamicky nestabilní (podle výpočtů se např. Chiron během několika set tisíc let dostane blíže ke Slunci a bude Jupiterem vyvržen ze Sluneční soustavy). Musí se tedy jednat o objekty, které se v těchto oblastech sluneční soustavy nacházejí jen přechodně a jsou tam doplňovány z většího „rezervoáru“ těles.

3.3.5 Objekty rozptýleného disku

Do oblastí mezi drahou Jupitera a Neptuna se dostávají i další tělesa, tzv. Objekty rozptýleného disku (Scattered Disk Objects). Ty se pohybují na drahách s vysokou excentricitou a jejich afélia dosahují velkých hodnot — až stovky astronomických jednotek. Pravděpodobně jsou to tělesa, která unikla díky gravitačním poruchám z Kuiperova pásu. Původ mají tedy stejný jako Kentauři. K 8. 4. 2001 bylo dohromady registrováno 66 Kentaurů a objektů rozptýleného disku.

3.3.6 Komety

Aktivní komety, které se prozradí svým nápadným ohonem a komou představují jen malou část objektů. Až do současnosti jsme pozorovali a určili dráhy celkem 1265 komet, které dělíme na krátkoperiodické a dlouhoperiodické.

Krátkoperiodické komety mají periodu oběhu menší než 200 let a roviny jejich drah leží blízko ekliptiky. Afélia (největší vzdálenosti od Slunce) většiny se rozprostírají v blízkosti dráhy Jupitera (tzv. komety Jupiterovy rodiny), což nasvědčuje tomu, že právě Jupiter svým gravitačním působením směřuje tyto tělesa do vnitřních částí sluneční soustavy. Známe dráhy 204 krátkoperiodických komet, z čehož sedm je ztracených nebo zaniklých.

Dlouhoperiodické komety s oběžnou dobou nad 200 let stráví většinu času na samé periferii sluneční soustavy, jejich afelia sahají až do vzdáleností 105 AU. Jejich dráhy jsou v prostoru rozloženy náhodně, sklony se pohybují od 0 do 180 stupňů. Známe dráhy 1061 z nich (127 je zaniklých nebo ztracených).

Některé komety mají velmi podobné elementy dráhy; vznikly rozpadem původní komety na více částí. Nejznámější je Kreutzova skupina komet, jejíž členové mají velmi malé perihelové vzdálenosti a procházejí sluneční koronou.

3.3.7 Kuiperův pás

Ještě předtím, než Jan Oort přišel se svou hypotézou o oblaku „spících“ komet obklopujícího sluneční soustavu, Kenneth Essex Edgeworth (1880 – 1972) v roce 1943 ukázal, že ve velkých vzdálenostech od Slunce by kolize v protoplanetárním disku byly tak málo časté, že by mohly vzniknout pouze spousty malých těles za drahami velkých planet. Gerard Peter Kuiper (1905 – 1973) v polovině dvacátého století jeho myšlenku podpořil — některé komety mohou mít původ v menších vzdálenostech než 100 000 AU (kde začíná Oortovo mračno).

První objekt Edgeworth-Kuiperova disku (též Kuiperův pás) byl objeven v roce 1992 a záhy přibývali další — téměř tři sta do června 2000. Předpokládá se, že v disku se nachází více než 35 000 objektů větších než sto kilometrů a jejich celková hmotnost se odhaduje na několik set násobků celkové hmotnosti planetek hlavního pásu. Pomocí Hubblova vesmírného dalekohledu bylo objeveno několik slabých těles, o rozměrech zhruba dvacet kilometrů, jejichž počet by mohl být asi 100 miliónů.

3.3.8 Oortův oblak

Nejvzdálenějších oblastí sluneční soustavy. V roce 1950 holandský astronom Jan Hendrik Oort (1900 – 1992) poukázal na to, že zatím nebyla pozorována žádná kometa, jejíž dráha by jasně ukazovala, že přilétla z mezihvězdného prostoru (známe sice komety na hyperbolických drahách, ale na tu se dostaly až v důsledku gravitačních poruch při průletu oblastí planet). Afélia nových dlouhoperiodických komet se většinou pohybují okolo 50 000 AU. Neexistuje žádný dominantní směr, odkud by komety přilétaly. Na základě toho lze usuzovat, že dlouhoperiodické komety pocházejí z rozlehlého oblaku na samých hranicích sluneční soustavy.

Statistiky ukazují, že obsahuje asi 1 bilión (10^{12}) kometárních jader. Celková hmotnost těles v tomto hypotetickém rezervoáru komet se dle nejnovějších údajů odhaduje na hmotnost asi 50 hmotností Země.

3.4 Bližší rozdělení TNO

Dosud bylo objeveno již 431 transneptunických těles — TNOs (stav k 27. 9. 2001), z nichž přibližně čtyřicet procent bylo pozorováno ve více opozicích a má poměrně dobře určené dráhy, a jenom pro 23 z nich již bylo získáno tolik přesných astrometrických měření, že jejich dráha je určena s dostatečnou spolehlivostí a mohly proto dostat pořadové číslo. Dalších 80 objevů připadá na příbuznou skupinu Kentaurů a těles z rozptýleného disku (opět stav k 27. 9. 2001), z nichž kritéria spolehlivě určené dráhy splnilo jen 9 těles.

V celém souboru lze najít zřetelně odlišené dynamické skupiny:

- klasická transneptunická tělesa s velkou poloosou dráhy v rozpětí od 41 do 47 AU a s velmi málo výstřednou dráhou, nepřibližující se k Neptunu na méně než nějakých 9 až 10 AU, podle prvního objeveného tělesa tohoto typu 1992 QB1 z nich se jim někdy říká také „cubewanos“ z anglické výslovnosti značky QB1;

- transneptunická tělesa nazývaná Plutinos s drahami podobnými dráze Pluta, obíhající kolem Slunce tak, že na 2 jejich oběhy připadají na 3 oběhy Neptunu (čili v rezonanci 2 : 3 s Neptunem), jejich dráhy jsou poněkud výstřednější než u klasických TNOs, s velkou poloosou cca 39 – 40 AU, největším známým členem této kategorie je samotné Pluto;

- tělesa v dalších rezonancích s Neptunem např. 2 : 1, 4 : 3, 5 : 3;

- tělesa rozptýlená z hlavního disku (SDO), extrémní tělesa s výstřednou drahou a mnohdy s větším sklonem k rovině ekliptiky, s přísluním mezi 30 a 38 AU jejich prvním a přímo vzorovým představitelem je 1996 TL66, které se v přísluní přibližuje až na 35 AU a v odsluní se vzdaluje na 135 AU, některá z nich se v odsluní vzdalují až na několik stovek AU;

- planetky typu Kentaur již přímo nepatří k transneptunickým tělesům, jsou to tělesa na výstředných drahách mezi drahami obřích planet, tj. mezi Jupiterem a Neptunem, a první z nich byl objeven už v roce 1977 — těleso Chiron, který objevil Ch. Kowal na Palomaru, předpokládá se, že SDOs mohou být přechodem mezi transneptunickými tělesy a Kentaury, tuto možnost dynamického vývoje drah zřejmě potvrzuje i existence podivných těles jako je 1999 TD10, které se pohybuje ve vzdálenostech 12 až 190 AU od Slunce.

Odhaduje se, že asi dvě třetiny celkové populace těles ve vzdálených oblastech sluneční soustavy jsou klasická transneptunická tělesa, kolem 12% připadá na Plutina a kolem 9% na tělesa rozptýleného disku.

Pokud jde o odhady celkove populace transneptunických těles, poslední odhady udávají 70 000 objektů o průměru větším než 100 kilometrů do 48 AU od Slunce a řádově stejné množství těles rozptýleného disku. Otázkou zůstává, co je za hranicí 50 AU.

Jak bylo zmíněno výše, vůbec prvním transneptunickým tělesem bylo 1992 QB1, které objevili v srpnu 1992 David Jewitt and Jane X. Luu na CCD snímcích pořízených 2,2 m dalekohledem University of Hawaii. Tomuto úspěchu předcházelo několik neúspěsných hledacích projektů zaměřených na tělesa za drahou Neptunu na přelomu 80. a 90. let dvacátého století. Poté následovalo několik objevů stejné dvojice v roce 1993 a v posledních letech přibývá mnoho desítek nových TNOs ročně.

Doposud známá transneptunická tělesa byla pozorována jako objekty 20. – 25. magnitudy. Většina z nich byla objevena dalekohledy o průměru přes 2 metry a podrobnější údaje o nich lze získat pouze největšími světovými přístroji. Zajímavou výjimkou jsou transneptunická tělesa nacházená projektem Spacewatch, primárně zaměřených na pátrání po blízkozemních asteroidech, při následném zpracování CCD snímků speciálně pro vyhledávání slabých pomalu je pohybujících těles. Ač má použitý dalekohled průměr pouze 0,9 m, na snímcích bylo nalezeno nejen několik Kentaurů, ale i transneptunická tělesa. To, že se transneptunická tělesa jeví jako velmi slabé objekty, představuje oproti planetkám hlavního pásu mezi Marsem a Jupiterem velký problém pro získání dostatku přesných astrometrických měření pro spolehlivý výpočet dráhy. Na velkých dalekohledech v kategorii 2 – 4 m není nikde na světě dostatek pozorovacího času a pro menší přístroje je většina takto vzdálených a tedy slabých těles mimo dosah.

Opakovaně se objevuje otázka po největším známém členu populace těles za drahou Neptunu. Pomineme-li Pluto s jeho dvojakým statutem nejmenší planety a největšího Plutina, vyměnilo se v této roli již několik těles.

Jedním z nich bylo transneptunické těleso 2000 WR106 objevené právě projektem Spacewatch, po určení spolehlivé dráhy očíslované jako planetka a pojmenované Varuna. Jde o transneptunické těleso klasického typu. S jasností dosahující 20. magnitudy se jedná o nejjasnější transneptunické těleso (s výjimkou Pluta). Na základě analýzy dat získaných při měření v submilimetrové oblasti zjistili D. Jewitt a H. Aussel s použitím Maxwellovho radioteleskopu na Havaji, že průměr tělesa 2000 WR106 je při albedu, jež určili na 0,07, přibližně 900 kilometrů (+125, −145 km) a že tedy jde o těleso s přibližně polovičním průměrem než má Pluto a zároveň přibližně o stejném průměru jakého dosahuje Ceres, největší planetka hlavního pásu mezi Marsem a Jupiterem. Toto těleso je tak tmavší než Pluto, ale světlejší než původní použitý odhad albeda 0,04 (odraznost 4%). Varunovi však jeho výsadní postavení nevydrželo dlouho.

V květnu 2001 objevili američtí astronomové sdružení v Deep Ecliptic Survey další obří těleso za drahou Neptunu — 2001 KX76, pro tentokrát patřící mezi Plutina. S využitím známé jasnosti tělesa a odhadnutého albeda čili odraznosti povrchu pak můžeme vypočítat průměr tělesa. Při předpokládaném albedu 7 procent, tedy stejném, jako má známé transneptunické těleso Varuna, by 2001 KX76 dosahovalo průměru 1200 kilometrů, při předpokládaných pouhých 4 procentech odraznosti typických pro ledová kometární jádra by byl průměr 2001 KX76 dokonce 1400 kilometrů. S těmito rozměny by 2001 KX76 zaujalo místo největší doposud známé planetky, větší než největší planetka hlavního pásu Ceres mezi drahami Marsu a Jupiteru, a zároveň největší z více než čtyř set dosud známých transneptunických těles. Pořád však jde jen o hypotézu. Na spolehlivé určení průměru tělesa a k tomu potřebné odraznosti povrchu si ovšem musíme počkat na určení spektra tělesa 2001 KX76, případně alespoň na jeho kolorimetrii. Možná se pak naše dosavadní úvahy o rozměrech tělesa opět změní. Například albedo Charonu, měsíce Pluta, dosahuje 38 procent a s takovou odrazností povrchu by bylo nově objevené 2001 KX76 daleko menší než očekáváme.

3.5 Další nejvíce diskutované objekty

V lednu 2001, čili právě 200 let po objevení první planetky Ceres astronomové dosáhli počtu 20 000 planetek se spolehlivě určenou dráhu.

3.5.1 1998 **WW31**

S objevením tělesa 1998 WW31 zřejmě přibude do světa TNO další vlastnost obdobná planetkám hlavního pásu. U tohoto tělesa byl zřejmě detekován měsíc.

Transneptunické těleso 1998 WW31 nalezli američtí astronomové na snímcích pořízených čtyřmetrovým dalekohledem na Kitt Peaku v roce 1998. Patří mezi TNO klasického typu s velkou poloosou 45 astronomických jednotek, velmi málo výstřednou dráhou a sklonem k rovině ekliptiky jen sedm stupňů. Kolem Slunce oběhne jednou za 302 let.

Christian Veillet z týmu pracujícího s 3,6 m Kanadsko-francouzsko-havajským dalekohledem (zkr. CFHT) na Havajských ostrovech oznámil, že na snímcích pořízených pro vyhledání transneptunického tělesa 1998 WW31 ve druhém pozorovacím návratu byla nalezena dvě tělesa vzdálená od sebe pouze 1,3 úhlové vteřiny, která na snímcích ze dvou nocí pohybovala spolu, bez zaznamenatelného vzájemného pohybu. Těleso bylo zpětně detekováno jako dvojité (či protáhlé) na dalších archivních snímcích.

První zpracování těchto snímků udávají, že rozdíl v jasnosti dvou složek není velký a dosahuje cca 0,4 magnitudy. To by mohlo odpovídat páru se srovnatelně velkými složkami. Největší vzdálenost obou složek je přinejmenším 40 tisíc kilometrů. Tyto údaje ukazují, že TNO 1998 WW31 je po Plutu druhý transneptunický objekt, který má vlastní měsíc. Teprve podrobné zpracování dalších snímků z CFHT, z observatoře na Kitt Peaku a z Nordic Optical Telescope umožní určení dráhy měsíce kolem mateřského tělesa a určení parametrů celého páru.

Definitivní potvrzení existence měsíce TNO 1998 WW31 by přineslo i další argument pro zařazení Pluta mezi transneptunské objekty, nikoli mezi regulérní velké planety.

3.5.2 2000 CR105

Jde o těleso, které se od nás vzdaluje více než čtyři sta astronomických jednotek, tedy desetkrát dál než Pluto, a jenž kolem Slunce oběhne jednou za více než tři tisíciletí.

Těleso bylo objeveno 6. února 2000 na hoře Palomar pomocí čtyřmetrového dalekohledu v rámci programu na hledání transneptunických těles týmem vedeným Brettem Gladmanem (Observatory Nice). Další astrometrická pozorování tohoto tělesa byla získána na Evropské Jižní Observatoři (ESO) v Chile. Při objevu dosahovalo jasnosti 24 magnitudy ve fotometrickém oboru V, bylo tedy zhruba stomilionkrát slabší než hvězdy viditelné bez dalekohledu.

V přísluní se 2000 CR105 pohybuje ve vzdálenosti 44 astronomických jednotek (tj. 6,6 miliardy kilometrů) od Slunce, tj. těsně za drahou Pluta. Vzhledem k výjimečné výstřednosti své dráhy ($e = 0,8$) se však v odsluní může dostat až 413 astronomických jednotek daleko (tj. 62 miliard kilometrů).

Poblíž Slunce přitom těleso prošlo v roce 1965 a jelikož jeden oběh trvá celých 3 300 let, musíme si na další takovou událost počkat přibližně do roku 5265.

2000 CR105 je těleso s doposud nejvýstřednější dráhou ze všech doposud známých transneptunických těles (pro představu, v odsluní je přibližně 10-krát dále od Slunce než Pluto). Nelze ale vyloučit, že se ve vzdálenostech nad padesát astronomických jednotek od Slunce nachází i další tělesa s podobnou dráhou jako je 2000 CR105, a to dokonce velikostí srovnatelnou s velikostí planet jako je například Mars.

3.5.3 2000 EB173

Transneptunické těleso 2000 EB173 je obří planetkou, jejíž průměr by mohl dosahovat kolem 600 kilometrů, tedy přibližně čtvrtinu průměru Pluta.

Těleso 2000 EB173 objevil letos prvního března a pozoroval do patnáctého března 2000 na observatoři CIDA v Meridě na Llano del Hato ve Venezuele americko-venezuelský tým známý pod akronymem QUEST – Quasar Equatorial Survey Team.

Sdružuje odborníky z Yale a Indiana University v USA, a venezuelské CIDA a Universidad de Los Andes. Využívá zdejší jednometrovou schmidtovu komoru vybavenou CCD detektorem. Hlavním cílem tohoto projektu jsou objevy kvasarů, supernov a dalších objektů vzdáleného vesmíru, ovšem snímky jsou zároveň využívány i pro hledání transneptunických těles.

Nález tělesa byl publikován v červnu 2000 a poté následovala série astrometrických měření pro určení spolehlivější dráhy. Vzhledem k tomu, že jeho jasnost v té době dosahovala 20,1 magnitudy (ve fotometrickém oboru V), bylo na rozdíl od absolutní většiny transneptunických těles v dosahu i poměrně malých přístrojů — ovšem vybavených kvalitnější CCD kamerou.

2000 EB173 obíhá kolem Slunce po eliptické dráze s výstředností dosahující 0,27, velkou polosou 39 astronomických jednotek a sklonem k rovině ekliptiky 15 stupňů. Jeho oběžná doba je 244 let. Typem dráhy tak patří 2000 EB173 mezi ta transneptunická tělesa, jimž se kvůli pohybu v rezonanci 2 : 3 s Neptunem a tedy dráze podobné planetě Pluto říká „plutino“, anglicky v množném čísle „plutinos“, česky „plutina“ (z toho zřejmě pochází i ono v českých médiích zmiňované údajné jméno či přezdívka „Plutík“).

Takových těles typu plutino ovšem už známe řádově, nikoliv jen jedno jediné. Absolutní hvězdnou velikost pro těleso 2000 EB173 udává David Rabinowitz jako jeden z členů objevitelského týmu, $H = 4{,}9$, databáze Minor Planet Center dokonce $H = 4{,}8$.

Při použití nízkého albeda (odrazivosti povrchu) s hodnotou 0,04 pak průměr tělesa vyjde na udávanou čtvrtinu průměra Pluta, tj. nějakých 600 kilometrů. Je tak zřejmě největší známým transneptunickým objektem typu plutino a ze všech známých TNO má jen čtyři „sourozence“ přibližně stejné absolutní hvězdné velikosti.

Jeho povrch se jeví načervenalý, jak je u těles tohoto typu obvyklé.

Němečtí a italští astronomové nalezli předobjevová pozorování na digitalizovaných archívních snímcích pořízených v roce 1996 1,2 m schmidtovou komorou na Palomarské observatoři. Těleso 2000 EB173 tak má už poměrně spolehlivě určenou dráhu z pozorování v rozmezí čtyř let.

3.5.4 2000 **KR106**

Transneptunické těleso 2000 WR106, je zatím zřejmě největší známý člen Kuiperova pásu kromě Pluta.

Při prohlížení snímků čerstvě pořízených 0,9 m dalekohledem Spacewatch objevil Robert McMillan 28. listopadu 2000 pomalu se pohybující těleso. V následujících nocích jej sledoval jeho spacewatchový kolega J. A. Larsen. Ze třídenního oblouku pozorování spočetli astronomové z Minor Planet Center v massachusettské Cambridge, že jde o klasické transneptunické těleso obíhající kolem Slunce po téměř kruhové dráze ve vzdálenosti nejméně čtyřicet astronomických jednotek od Slunce.

S jasností dosahující 20 magnitud se jedná o nejjasnější transneptunické těleso s výjimkou Pluta. Na snímcích z fotografické Palomarské prohlídky oblohy nalezli němečtí astronomové sdružení v projektu DANEOPS předobjevové snímky z let 1955, 1990, 1996 a 1997, které pomohly upřesnit dráhu tělesa. Víme tedy, že se pohybuje po velmi málo výstředné elipse ($e = 0{,}056$) s velkou poloosou 43,274 astronomické jednotky a sklonem k rovině ekliptiky 17,1 stupně. Kolem Slunce oběhne jednou za 285 let.

Pořadové číslo 20 000 pro planetku 2000 WR106 je symbolické pro zdůraznění významu studia transneptunických těles pro poznání vzniku a vývoje sluneční soustavy.

3.5.5 2001 KX76

Tým amerických astronomů podílejících se na Deep Ecliptic Survey oznámil objev dalšího velikého transneptunického tělesa.

Těleso figurující pod označením 2001 KX76 nalezli na snímcích pořízených 22. května 2001 čtyřmetrovým Blanco Telescopem na chilském Cerro Tololo astronomové z Lowell Observatory, Massachusetts Institut of Technology a Large Binocular Telescope Observatory sdružení v tzv. Deep Ecliptic Survey podporované NASA. Následná pozorování nově objeveného tělesa získali objevitelé během června pomocí 6,5 m dalekohledu na Las Campanas Observatory taktéž v Chile a 1,8 m dalekohledu na Lowellově observatoři.

Nově objevené těleso za drahou Neptunu bylo při objevu o několik magnitud jasnější než obvykle objevovaná transneptunická tělesa, 9. června 2001 dosahovalo 19,6 magnitudy v oboru R. Přesné určení průměru tělesa 2001 KX76 ovšem závisí na tom jakou budeme předpokládat odraznost jeho povrchu a také na přesném určení jeho dráhy a tedy jak bylo při dané jasnosti skutečně vzdálené od Slunce.

Nadšený objevitelský tým uvažuje odraznost (albedo) 4 procenta. Tak by 2001-KX76 dosahovalo průměru nějakých 1 270 kilometrů, vice než největší planetka hlavního pásu Ceres i než Charon, měsíc Pluta o průměru cca 1 200 kilometrů. Připravilo by tak o prvenství dosud největší transneptunické těleso Varuna s udávaným průměrem 900 kilometrů při albedu 7 procent, s jehož použitím by nový objev dosáhl 960 kilometrů.

Těleso 2001 KX76 obíhá kolem Slunce za drahou Neptunu, zřejmě v rezonanci s touto planetou. Objevitelský tým navrhuje rezonanci 3 : 4, tj. tři oběhy transneptunického tělesa na čtyři oběhy Neptunu, další autoři se však přiklánějí k jiné rezonanci. Vzhledem ke krátkému časovému úseku a tedy oblouku dráhy, v němž bylo těleso 2001 KX76 dosud pozorováno, cirkulář MPO 14451 vydaný Minor Planet Center udává u výpočtu dráhy její výstřednost jako kvalifikovaný předpoklad, jak bývá u předběžných drah a zvláště u transneptunických těles obvyklé.

Kapitola 4

Tabulky

Pluto-Earth Comparison

Bulk parametres	**Pluto**	**Earth**	**Ratio (Pluto/Earth)**
Mass (10^{24} kg)	0.0125	5.9736	0.0021
Volume (10^{10} km^3)	0.715	108.321	0.0066
Equatorial radius (km)	1195	6378.1	0.187
Polar radius (km)	1195	6356.8	0.180
Volumetric mean radius (km)	1195	6371.0	0.178
Ellipticity (Flattening)	0.0000	0.00335	0.0
Mean density (kg/m^3)	1750	5515	0.317
Surface gravity (m/s^2)	0.58	9.78	0.059
Escape velocity (km/s)	1.1	11.19	0.0983
GM (10^6 km^3/s^2)	0.00083	0.3986	0.0021
Bond albedo	0.145	0.306	0.474
Visual geometric albedo	0.3	0.367	0.817
Visual magnitude V(1,0)	-1.0	-3.86	-
Solar irradiance (W/m^2)	0.89	1367.6	0.0007
Black-body temperature (K)	42.7	254.3	0.168
Number of natural satellites	1	1	
Planetary ring system	No	No	

Orbital parameters	**Pluto**	**Earth**	**Ratio (Pluto/Earth)**
Semimajor axis (10^6 km)	5869.66	149.60	39.236
Sidereal orbit period (days)	90.465	365.256	247.68
Tropical orbit period (days)	90.588	365.242	248.02
Perihelion (10^6 km)	4434.99	147.09	30.152
Aphelion (10^6 km)	7304.33	152.10	48.023
Synodic period (days)	366.73	-	-
Mean orbital velocity (km/s)	4.72	29.78	0.158
Max. orbital velocity (km/s)	6.10	30.29	0.201
Min. orbital velocity (km/s)	3.71	29.29	0.127
Orbit inclination (deg)	17.16	0.000	-
Orbit eccentricity	0.2444	0.0167	14.635
Sidereal rotation period (hrs)	-153.2928	23.9345	6.405
Length of day (hrs)	153.2820	24.0000	6.387
Obliquity to orbit (deg)	122.53	23.45	(2.451)

Pluto Observational Parameters

Discoverer:	Clyde Tombaugh
Discovery Date:	18 February 1930

Distance from Earth

Minimum (10^6 km)	4293.7
Maximum (10^6 km)	7533.3

Apparent diameter from Earth

Maximum (seconds of arc)	0.11
Minimum (seconds of arc)	0.06

Mean values at opposition from Earth

Distance from Earth (10^6 km)	5750.54
Apparent diameter (seconds of arc)	0.08
Apparent visual magnitude	15.1
Maximum apparent visual magnitude	13.65

Pluto Mean Orbital Elements (J 2000)

Semimajor axis (AU)	39.48168677
Orbital eccentricity	0.24880766
Orbital inclination (deg)	17.14175
Longitude of ascending node (deg)	110.30347
Longitude of perihelion (deg)	224.06676
Mean longitude (deg)	238.92881

On 11 February 1999 at 11 : 22 UT (6 : 22 a. m. EST), Pluto passed Neptune as the furthest planet from the Sun once again and will remain so until 5 April 2231.

Pluto Atmosphere

Surface pressure (mikrobar)	3
Average temperature (K)	50
Scale height (km)	60
Mean molecular weight (g/mole)	16-25
Atmospheric composition	Methane (CH_4), Nitrogen (N_2)

Charon

Mean distance from Pluto (km)	19,600
Sidereal orbit period (days)	6.38725
Sidereal rotation period (days)	6.38725
Orbital inclination to Pluto (deg)	0.0
Orbital eccentricity	0.0
Equatorial radius (km)	593
Mass (10^{21} kg)	1.9
Mean density (kg/m^3)	2000
Surface gravity (m/s^2)	0.21
Escape velocity (km/s)	0.58
Albedo	0.5
Apparent visual magnitude	16.8

Kapitola 5

Použitá literatura

Novinové články

- HN - příloha Věda a Technika
- Mladá fronta Dnes
- Deník Směr Věda
- Technika a my

Internetové stránky

- www.ian.cz
- www.nasa.gov
- www.planetky.cz

CD

- Báječný vesmír
- Diderot

. . . a další literatura.

Obsah