



Na vzdálených světech Kuiperova pásu, jako je Pluto, bychom Slunce na obloze viděli pouze jako maličký kotouček

Co nám tají Kuiperův pás?

V naší soustavě se nachází mnoho planetek a komet, soustředěných v několika oblastech. Patří k nim i Kuiperův pás, rozprostírající se za oběžnou dráhou Neptunu. O tělesech, jež se v daném prostoru pohybují, a tom, co nám jejich výzkum může přinést, jsme si povídali s evoluční biologkou a neúnavnou popularizátorkou vědy Julií Novákovou

Ptala se Jana Žďárská

? Ve Sluneční soustavě existuje hned několik oblastí, kde se koncentrují kometární jádra a planetky. O které regiony se jedná?

Naše soustava je plná malých těles! Nejznámější oblasti s jejich vyšší koncentrací představují hlavní pás asteroidů, Kuiperův pás a Oortův oblak. Dále jde však třeba také o kentaury, trojány, komety Jupiterovy rodiny, blízkozemní planetky... Veškerá uvedená tělesa tvoří pozůstatky „škatulat“, která se v naší soustavě odehrávala krátce po jejím vzniku. Formování planetárních systémů totiž není žádná úhledná záležitost. V „gravitačním tanci“ rodících se planet v tenčícím se prachoplynném disku docházelo ke kolizím a přesunům, jež popisuje například model z Nice nebo model Grand Tack. Především pohyby obřích planet přitom zodpovídaly za počištění jejich okolí

a odvržení nebo „odtažení“ menších těles do vnějších oblastí soustavy. Předpokládáme, že Jupiter migroval v prachoplynném disku směrem ke Slunci, dokud ho nezadržela orbitální rezonance se Saturnem, a že Neptun naopak doputoval od Slunce výrazně dál oproti místu svého vzniku.

Záplava malých těles

? Co si mysleli první astronomové o kometách a dalších objektech přilétajících do vnitřní Sluneční soustavy?

Už v šestnáctém století je raní vědci jako Jean Péna pokládali za vzdálené vesmírné objekty. Do té doby převládal aristotelovský názor, že se jedná o fenomény vysoko v zemské atmosféře. Jistý průlom přišel s Braheho pozorováním Velké komety z roku 1577, které umožnilo stanovit, že jde o odlehlá tělesa na eliptických dráhách. Navzdory

tomu zůstával aristotelovský pohled velmi rozšířený až do závěru sedmáctého století, kdy mohli astronomové jako Halley a Kirch stavět na newtonovském základu a vlastních pozorováních. Halleyho předpověď, že se v roce 1759 vrátí jedna z „velkých komet“, pozorovaná v pravidelných intervalech, se potvrdila – ačkoliv on sám se toho nedožil. Později se usuzovalo, že periodické komety vznikají tak, že některá z planet zachytí svou gravitací kometu neperiodickou.

Co se týká složení, předpokládalo se, že se jedná o kamenná, „suťová“ tělesa pokrytá ledem. Teprve ve dvacátém století se objevila hypotéza nejen o existenci Oortova oblaku (viz *Obří zásobárna*), ale také o kometách coby převážně ledových objektech. Vše následně potvrdily sondy Giotto, Vega 1 a 2, Susei a Sakigake, pozorující v roce 1986 Halleyovu kometu, stejně jako

Kdo je...



Mgr. Julie Nováková (*1991)

je doktorandkou v oboru teoretická a evoluční biologie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy. Dlouhodobě se zabývá rovněž astrobiologií a popularizační vědy, zejména astronomie a planetologie. Jako vedoucí jedné z popularizačních sekcí Evropského astrobiologického institutu (EAI) sestavila dvojici antologií

obsahujících sci-fi povídky propojené tématem astrobiologie a doplněné o popularizační články (Strangest of All, 2020; Life Beyond Us, vyšlo v dubnu 2023). Sama je také autorkou a překladatelkou fantastiky. Ve svých popularizačních člancích a přednáškách se ráda věnuje především různým aspektům obyvatelnosti planet.

evropská Rosetta u komety 67P/Čurjumov–Gerasimenko o třicet let později.

? Co všechno víme například o již zmíněných kentaurech?

Jedná se o obrovské množství planetek a komet, přičemž se u nich dá často jen obtížně rozlišit mezi tím či oním označením. Zpravidla se vyskytují na dost nestabilních drahách, jelikož při své pouti kolem Slunce kříží trajektorie obřích planet. Stejně bychom mezi nimi našli relativně neporušená tělesa od počátků naší soustavy, přesto utvářejí zajímavou skupinu. Původem jde patrně převážně o kuiperovské objekty a patří k nim i poměrně velké asteroidy, například Chariklo o průměru bezmála tři set kilometrů. Některé, jako právě Chariklo či Chiron, mají prstence – a takové objekty si většina lidí pod pojmem „asteroid“ či „planetka“ obvykle nepředstaví.

? Další skupinu malých těles Sluneční soustavy představují takzvaní Řekové a Trójani. Můžete nám je také přiblížit?

Jde pro změnu o asteroidy v libračních bodech L4 a L5 soustavy Jupiter–Slunce. Prozkoumá je sonda NASA nazvaná Lucy, která odstartovala předloni v říjnu a měla by několik z nich zmapovat v letech 2027 až 2028, než se na své dráze znovu vrátí

k Zemi a později opět absolvuje průlet mezi Trójany, respektive Řeky. U jednoho z nich, Polymele, se navíc nedávno podařilo objevit malý měsíc. Zmíněné skupiny snad mohou obsahovat velmi zachovalá tělesa od dob rané Sluneční soustavy, a napovědět nám tak víc o její historii.

Náš solární systém se zkrátka doslova hemží malými objekty, které můžeme

Kuiperův pás se rozkládá v rovině ekliptiky, kde obíhají i planety, zatímco vnější Oortův oblak tvoří sférickou obálku kolem Slunce



především na základě vlastností jejich drah dělit do mnoha různých skupin. Každá je přitom něčím zajímavá a její další výzkum by pro nás znamenal přínos. Každopádně alespoň ve vnitřní Sluneční soustavě už takových misí byla a je celá řada – od ICE přes Stardust až po Hajabusu nebo OSIRIS-REx.

Ve světě za Neptunem

? Mezi výše zmíněné oblasti patří také Kuiperův pás. Na rozdíl od Oortova oblaku k němu máme poměrně dost přímých pozorovacích dat. Co už o něm víme? Začíná za dráhou Neptunu a sahá do vzdálenosti bezmála padesáti astronomických jednotek od Slunce, kde obíhají ledové trpasličí planety a menší tělesa. První velký

Sonda New Horizons nám poskytla nádherné fotografie povrchu Pluta. Jeho geologie je přitom daleko zajímavější, než jsme předpokládali

» fakta

OBŘÍ ZÁSOBÁRNA

Obří sférické obálce obklopující celou Sluneční soustavu se někdy říká též Öpikův–Oortův oblak. Už v roce 1932 totiž estonský astronom Ernst Öpik předpověděl, že dlouhoperiodické komety pocházejí z mračna na nejvzdálenějším okraji našeho solárního systému. Roku 1950 pak danou myšlenku oživil jeho nizozemský kolega Jan Hendrik Oort, jenž nezávisle vyslovil hypotézu o lokalitě původu dlouhoperiodických vlasatic.

kuiperovský objekt, konkrétně Pluto, se podařilo zachytit již v roce 1930. Vzhledem k předpovědím jeho vlivu na dráhu Neptunu i nedokonalým pozorovacím datům se původně pokládalo za mnohem rozměrnější těleso, zhruba o velikosti Země. Postupem času se však pozorování zpřesnila a dnes víme, že je Pluto menší než Měsíc a že obdobně velkých objektů v podobné oblasti existuje celá řada.

Na Plutu lze o vodě a dusíkovém ledu uvažovat jako o hornině, respektive o dynamických ledovcích, tekoucích podobně jako ty pozemské

? Jak se Oortův oblak a Kuiperův pás liší? A jakým způsobem se podařilo jejich existenci prokázat?

Kuiper leží víceméně v rovině ekliptiky, kde obíhají i planety, zatímco vnější Oort – souď dle kometárních drah – tvoří sférickou obálku kolem Slunce. V prvním zmíněném panuje mnohem větší hustota těles a rapidně klesá za takzvaným kuiperovským útesem, necelých padesát astronomických jednotek od Slunce. V Kuiperově pásu také nalezneme řadu poměrně velkých objektů, jako jsou trpasličí planety Pluto, Eris, Makemake, Haumea a další. V případě Oortu zatím máme příliš málo dat, ačkoliv i tam se vyskytují trpasličí planety, například Sedna. Kdybychom chtěli být puristé, museli bychom namítnout, že v případě existence Oortova oblaku je „prokázání“ silné slovo.

Sníh a ledovce. Ale jiné než na Zemi

? Co přesně si tedy můžeme pod pojmem „Kuiperův pás“ představit?

Jak už zaznělo, jedná se o oblast za dráhou Neptunu, zhruba třicetkrát až padesátkrát dál od Slunce než Země. Slunce tam i v poledne svítí jen jako za pozemského soumraku: Stále ho lze sice zcela jasně rozpoznat coby mateřskou hvězdu soustavy, ale jeho kotouček na nebi se jeví pouze nepatrný. Žádné tamní těleso neobklopuje významnější atmosféra, a dokonce i plynný obal Pluta je zhruba tisíckrát řidší než atmosféra Marsu, která je přítomná asi setinová oproti té pozemské.

Kdybychom dokázali na mrazivém Plutu přistát, pod nohama by nám nekřupaly sníh a led, jaké známe z naší planety. V mizivém tlaku a v extrémně nízkých teplotách se totiž ledy chovají jinak, než jsme zvyklí, a vodní led by nám na trpasličí planetě připadal jako tvrdý kámen. Na povrchu Pluta můžeme o vodě uvažovat jako o hornině a o dusíkovém ledu jako o dynamických ledovcích, tekoucích podobně jako jejich protějšky z vodního ledu v pozemských podmínkách. V menší míře bychom tam ovšem narazili i na pevný oxid uhličitý a uhelnatý, metan

současného Kuiperova pásu. Navíc jejich trajektorie ovlivňuje dodnes a nachází se v různých orbitálních rezonancích s celou řadou dalších objektů. Nejznámější a nejpočetnější z nich jsou právě plutina, kam patří i Pluto. Zatímco Neptun obkrouží Slunce třikrát, plutina zvládne za stejnou dobu dva oběhy.

? Členové Kuiperova pásu se označují zkratkou TNO, z anglického „trans-Neptunian objects“ neboli „transneptunická tělesa“. O kterých dalších objektech se v souvislosti s danou kategorií uvažuje?

Zmíněný pojem zahrnuje veškerá tělesa Sluneční soustavy za dráhou Neptunu, tedy nejen Kuiperův pás, ale i takzvaný rozptýlený disk a Oortův oblak. Hillova sféra je potom oblast, kde převažuje gravitační vliv Slunce nad jinými součástmi Galaxie. Není snadné stanovit její dosah v tak složité soustavě, kde se tělesa navzájem přibližují a zase vzdalují; ale velmi hrubým odhadem bude sahat necelý světelný rok daleko. Jedná se současně o nejzazší odhadovanou hranici Oortova oblaku, ovšem na podporu v podobě pozorovacích dat si budeme muset ještě počkat.

Rezonující oběžné dráhy

? Mohla byste v souvislosti s Kuiperovým pásem vysvětlit termín „Laplaceova rezonance“?

Při orbitální rezonanci se dráhy dvou či více těles nacházejí v celočíselném poměru, například tři ku dvěma. Jde o případ již zmíněných plutin, která dokončí dva oběhy Slunce za dobu, kdy Neptun zvládne tři. Důsledkem je pravidelné gravitační ovlivňování, které u některých typů rezonancí dráhy zapojených těles stabilizuje, kdežto u jiných může naopak třeba zvyšovat výstřednost trajektorie některého z nich. Laplaceova rezonance představuje speciální případ, kdy se ve vzájemné rezonanci vyskytují tři objekty s různě dlouhými oběžnými dobami v poměru jedna ku dvěma ku čtyřem. Nejznámější příklad nabízejí tři z galileovských měsíců Jupitera: Zatímco Io obkrouží mateřskou planetu čtyřikrát, Europa jen dvakrát a Ganymed pouze jednou.

? V Laplaceově rezonanci se pravděpodobně nacházejí i některé známé exoplanetární soustavy...

Ano, nedávno se například podařilo v datech ze sondy TESS objevit soustavu TOI-178, kde se v sérii Laplaceových rezonancí ocitá hned pětice planet. Utvářejí úžasné

a další látky. Velmi hluboko pod povrchem pak Pluto možná ukrývá také rezervoár nesmírně chladné a nejspíš velmi slané kapalné vody, obohacené čpavkem. Dokud tam však nevyšleme orbitální a ideálně i přistávací sondu, s jistotou to vědět nebudeme.

? Jak s Kuiperovým pásem souvisí Neptun? A co jsou to takzvaná plutina?

Bez Neptunu bychom Kuiperův pás vůbec neměli – respektive bychom měli uskupení menších ledových a kamenných těles ve vnější Sluneční soustavě v rovině ekliptiky, které by se však rozkládalo v odlišné vzdálenosti od Slunce, s jinými dráhami dílčích skupin objektů. Modely naznačují, že právě Neptun svou migrací dál od Slunce v dobách formování naší soustavy „pošťouchl“ kuiperovská tělesa až do oblasti

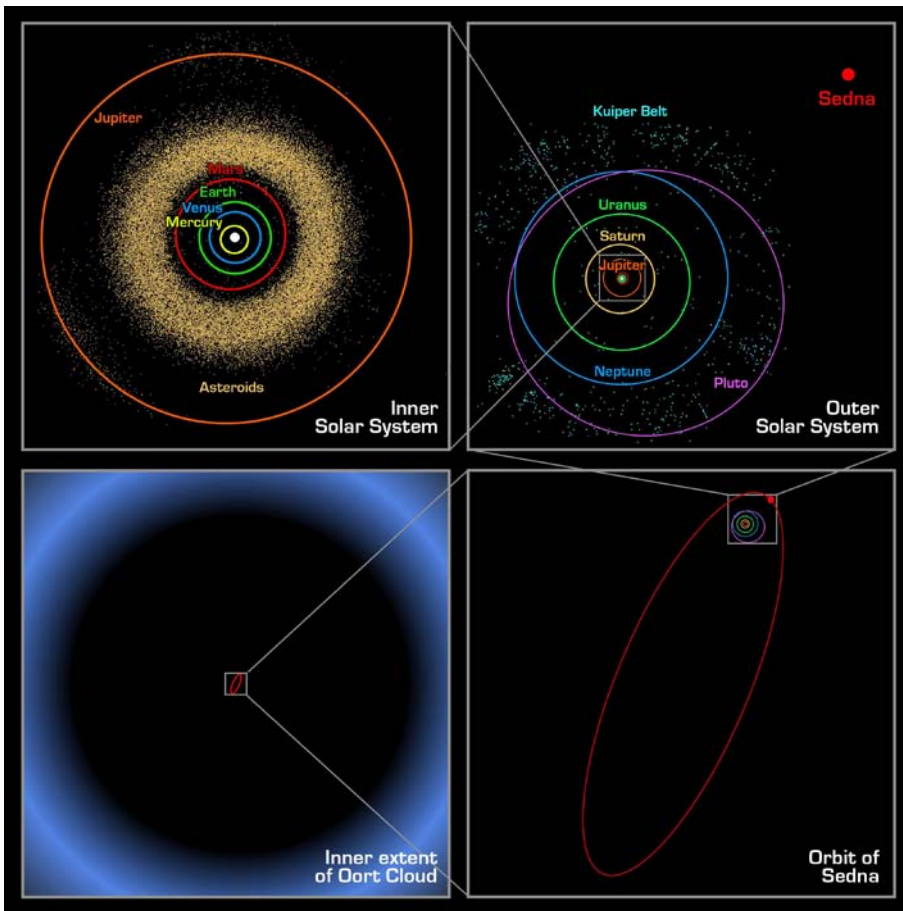


Schéma poskytuje dobrou představu o rozměrech Oortova oblaku a oběžné dráze tělesa Sedna v jeho nitru

původem z Kuiperova pásu. Jeho budoucí výzkum nám nepochybně řekne víc, ale zatím se bohužel žádná mise ke zmíněnému plynnému obrovci s jistotou neplánuje.

? Jaký vědecký přínos by mohlo studium a průzkum Kuiperova pásu či Oortova oblaku nabídnout?

V obou uvedených oblastech bychom mohli nalézt řadu těles relativně nedotčených od počátků existence naší soustavy. Samozřejmě na ně působily občasné impakty a kosmická radiace, ale vyhnul se jim markantní vliv slunečního záření. Jejich chemické složení, oběžné dráhy i další vlastnosti by mohly doplnit některé detaily do našich představ o dějinách Sluneční soustavy.

? O Kuiperově pásu už nám hodně prozradila sonda New Horizons, která v červenci 2015 prolétla kolem Pluta i jeho měsíců a poslala nám nádherné snímky. Co všechno jsme se díky zmíněné misi dozvěděli?

„vyladěný“ systém, který by mohl být vychýlen z rovnováhy dopadem rozměrnějšího tělesa na některou z nich. Současně může podobné uspořádání přinášet zajímavé důsledky. Interakce galileovských měsíců vede k jejich pravidelnému „hnětení“ slapovými silami a k zahřívání. Vnitřní Io představuje se stovkami činných sopek vulkanicky nejaktivnější těleso ve Sluneční soustavě. Pod relativně tenkou ledovou krustou Evropy se pro změnu rozkládá obří rezervoár kapalné vody. Slapovými silami méně zahříván Ganymed má také kapalný oceán, ale mnohem hlouběji pod povrchem, podobně jako vzdálenější Kallisto, která se však v rezonanci s ostatními měsíci nenachází. V Kuiperově pásu jsou v podobné rezonanci průvodci Pluta Styx, Nix a Hydra. S jejich rozměry od patnácti do padesáti kilometrů u nich ovšem nemůžeme očekávat obdobné efekty jako u velkých a hmotných souputníků Jupitera.

Sondy na průzkumu

? Kuiperovských těles existují přinejmenším tisíce, a daleko spíše mnoho desítek tisíc. Dalo by se teoreticky dohlédnout z jednoho na druhé?

Vzdálenosti ve vesmíru jsou obrovské a z jednoho asteroidu na další typicky neuvidíte ani v podstatně hustěji „osídleném“ hlavním

Vzdálenosti ve vesmíru jsou obrovské a z jedné planetky na další bychom neviděli ani v daleko hustěji „osídleném“ hlavním pásu

pásu planetek. Ať už ve svých představách přistanete kdekoliv, nejspíš si tam budete připadat docela mrazivě a osaměle. Kuiperův pás zahrnuje ledové a kamenné objekty převážně daleko menší než neznámější Pluto a z jednoho na druhý bychom – mimo případ konkrétních těles a jejich měsíců – pravděpodobně nedohlédli. O velké části z nich navíc zatím téměř nic nevíme a valnou většinu jsme dosud ani neobjevili.

? Uvažuje se, že by původním tělesem Kuiperova pásu mohl být i Neptunův měsíc Triton?

Ano. Vzhledem k jeho retrográdnímu oběhu kolem Neptunu (*opačným směrem, než se planeta otáčí kolem vlastní osy – pozn. red.*) se předpokládá, že jde o zachycené těleso

Pořízené fotografie ukazují na mnohem aktivnější geologii ledové trpasličí planety, než jsme se dříve domnívali: Jedná se o pohoří, ledovcové toky, oblasti čistého, čerstvého dusíkového ledu, možný kryovulkán, markantní rozdíly v chemickém složení i stáří různých částí povrchu... Rozhodně by bylo úžasné se tam vrátit, tentokrát snad dokonce s přistávací sondou. Ale i oběžná mise ke kterémukoliv kuiperovskému či oortovskému objektu by byla samozřejmě skvělá! Výborného kandidáta představuje díky své extrémně výstředné dráze například již zmíněná Sedna ve vnitřním Oortu. Jen si představte pozorovat těleso na jeho cestě dál a dál od Slunce po mnoho desítek let, dokud sondě vydrží zdroj energie, a sledovat, jak vymrzá

Planetky znamenají pro život na Zemi nebezpečí. A objekty z Kuiperova pásu či Oortova oblaku se velmi obtížně detekují s dostatečných předstihem

tamní extrémně řídká atmosféra, jak se mění geologie povrchu a podobně.

Jak zabránit srážce?

? Mohou nás popisovaná tělesa v budoucnu nějak ohrozit? A s jakým předstihem bychom se o případném nebezpečí potřebovali dozvědět?

Možnost dopadu kuiperovského či oortovského objektu na Zemi samozřejmě nelze vyloučit. Včasnost varování by velmi záležela



Globální problémy v podobě prachu v atmosféře a dočasných výkyvů klimatu by mohl způsobit dopad tělesa už o rozměrech několika stovek metrů

na velikosti, složení a odrazivosti povrchu blízcího se tělesa a na jeho trajektorii. Objekty přilétající k nám mimo rovinu ekliptiky bychom velmi pravděpodobně zachytili později než ty v ekliptice. Čím větší a aktivnější těleso, tím dříve bychom si ho všimli. Kuiperův pás se rozkládá v rovině ekliptiky, ale přilet potenciálně nebezpečných objektů z Oortova oblaku – a to spíše tmavších, s nejrůznějšími rozměry – můžeme očekávat takřka odkudkoliv. Těleso měřící stovky metrů by mohlo v závislosti na svém složení, rychlosti, úhlu a místě dopadu způsobit globální problémy v podobě prachu v atmosféře a dočasných výkyvů klimatu. Pokud by však měřilo řádově kilometry, znamenalo by nepochybně a velmi závažný problém pro komplexní život.

Dlouhoperiodické a neperiodické komety nebo objekty mezihvězdného původu, jako byla známá 'Oumuamua, často zachytíme až po jejich průchodu periheliem. A kdyby se takový „vetřelec“ nacházel na kolizní dráze se Zemí, neměli bychom čas téměř na žádné smysluplné kroky. V případě včasného zachycení se uvažuje o různých opatřeních, která by se dala podniknout k odklonu z rizikové trajektorie – podobně jako se to podařilo při testovací misi NASA nazvané DART. Veškeré podobné plány se však zatím nacházejí buď ve stadiu testování, nebo pouhého konceptu. Každopádně za pár desítek let už snad budeme dál. A riziko impaktu zůstává v každém okamžiku stejné...

? A co vás osobně zajímá v souvislosti s Kuiperovým pásem nejvíc?

Těch otázek je hodně, mimo jiné: Jak rozmanité světy tam najdeme a co nám dokážou říct o dávné historii Sluneční soustavy? Jaký je mezi oortovskými objekty podíl zachycených těles původem z jiných hvězdných soustav? Nakolik rozšířené či vzácné jsou v Kuiperově pásu rezervoáry vody, která by si mohla udržet kapalnou skupenství díky nepatrnému radiogennímu ohřevu, izolaci silnou ledovou slupkou a díky přítomnosti „nemrzoucích“ sloučenin, jako čpavku a soli? A lze si i v takto chemicky extrémním a energeticky chudém prostředí představit podmínky pro život? ✍

Mgr. Jana Žďárská pracuje ve Fyzikálním ústavu AV ČR, v rámci popularizace vědy publikuje v Československém časopise pro fyziku a dalších periodikách. Je držitelkou ceny Littera Astronomica a členkou České astronomické společnosti (ČAS), Kosmologické sekce ČAS (dříve místopředsedkyní), Astronautické sekce ČAS, porotkyní Československé astrofotografie měsíce (ČAM) a členkou Jednoty českých matematiků a fyziků

Mezi Neptunem a útesem

Kuiperův pás začíná za dráhou Neptunu a končí téměř 50 au od Slunce, kde hustota těles náhle prudce klesá a odborníci hovoří o tzv. **kuiperovském útesu**. Prvním objeveným členem pásu se stalo v roce 1930 **Pluto**, poté však trvalo téměř půl století,

než se podařilo identifikovat další objekt – konkrétně Plutův měsíc **Charon**. Teprve od 90. let začala frekvence objevů dalších těles narůstat a **dnes jich známe přes tři tisíce, ovšem skutečné číslo bude řádově vyšší**. Jde převážně o menší ledové a kamenné

světy, nicméně dosud se nám pravděpodobně nepovedlo odhalit ani veškeré tamní objekty natolik velké, že se zformovaly do kulového tvaru: Stručně řečeno k nim patří trpasličí planety jako **Pluto, Eris, Makemake** a mnohé další.