

# Co nám tají Kuiperův pás

Ve Slnecní soustavě se nachází mnoho kometárních jader a planetek (starší označení asteroid), které jsou soustředěny v několika oblastech. Jednou z nich je Kuiperův pás (zřídka nazývaný i Edgeworthův-Kuiperův pás), rozprostírající se od oběžné dráhy Neptunu přibližně do vzdálenosti 50 astronomických jednotek od Slunce. Jaká tělesa se v tomto prostoru nacházejí a proč je zkoumáme?

Hovořili jsme o tom s Mgr. Julií Novákovou, evoluční biologkou a neúnavnou popularizátorkou vědy, především astronomie a planetologie.

**Jaké jsou neznámější oblasti, v nichž jsou soustředěny komety a planetky?**

„Naše soustava je plná malých těles! Neznámějšími oblastmi s jejich vyšší koncentrací jsou hlavní pás asteroidů, Kuiperův pás a Oortův oblak, dále kentaury, Trojané a Řekové, komety Jupiterovy rodiny, blízkozemní planetky... Veškerá tato tělesa jsou pozůstatky přesunů podobných dětské hře 'škatulata, hýbejte se', které naše Slnecní soustava prováděla v dobách krátce po svém vzniku. Formování planetárních soustav není vůbec úhledná záležitost. V 'gravitačním tanci' rodících se planet v tenčícím se prachoplýnném disku docházelo ke kolizím a přesunům, které popisuje například model z Nice nebo Grand Tack model. Za 'pročištění' svého okolí a odvržení nebo 'odtažení' menších těles do vnějších oblastí soustavy byly zodpovědné především pohyby obřích planet; lze předpokládat, že Jupiter migroval v prachoplýnném disku ke Slunci,

dokud ho nezadržela orbitální rezonance se Saturnem, a také že Neptun se dostal naopak výrazně dál od Slunce, než kde vznikl.“

**Co si od té doby mysleli vědci o objektech, přilétajících do vnitřní Slnecní soustavy?**

„Už v 16. století se vědci jako Jean Pena domnívali, že jde o objekty, které se zrodily daleko od Země. Do té doby převládal aristotelovský názor, že jsou to fenomény vysoko v zemské atmosféře. Jistý průlom přišel s Braheho pozorováním Velké komety z roku 1577, které umožnilo stanovit, že jde o vzdálená tělesa na eliptických drahách. Navzdory tomu aristotelovský pohled zůstal velmi rozšířený až do závěru 17. století, kdy astronomové jako Halley a Kirch mohli stavět na newtonovském základu a vlastních pozorováních. Halleyho předpověď, že v roce 1759 se vrátí jedna z 'velkých komet', pozorovaná v pravidelných intervalech, se potvrdila, ač on sám se toho nedožil. Později se předpokládalo, že periodické komety vznikají tak, že některá z planet svou gravitací zachytí kometu neperiodickou. Co do složení panoval předpoklad, že jde o převážně kamenná, 'suťová' tělesa pokrytá ledem. Teprve ve 20. století se objevila nejen představa Oortova oblaku, ale také komety jako převážně ledového tělesa, což následně potvrdily sondy od 'Halleyho armády' (Giotto, Vega 1 a 2, Suisei a Sakigake pozorující Halleyho kometu v roce 1986) až po Rosettu.“

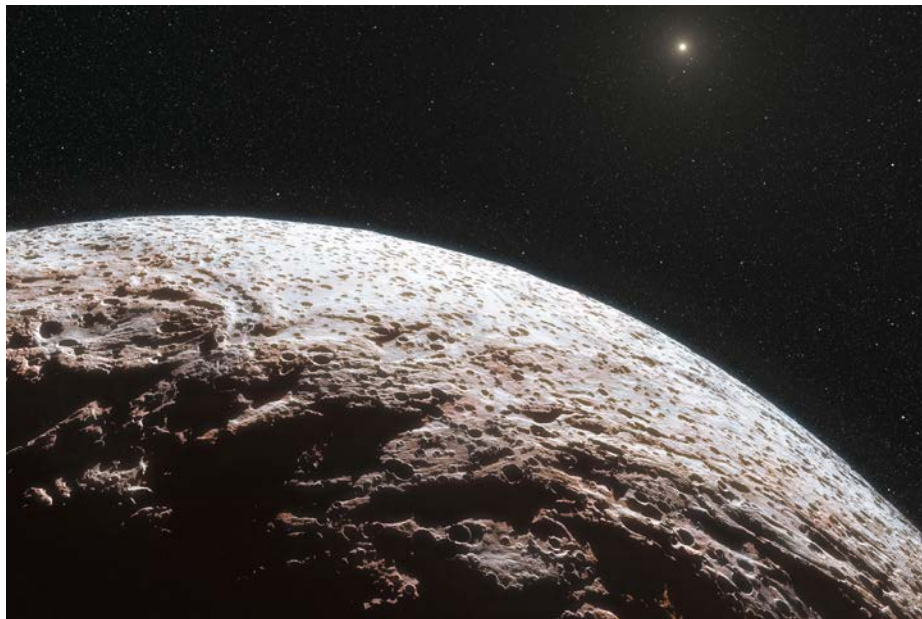
**Jednotlivé oblasti těchto těles mají zajímavá jména. Co všechno víme například o kentaurech?**

„Každá z oblastí nám může napovědět něco trochu jiného o dějinách Slnecní soustavy.

Pokud bychom se podívali na kentaury, zjistili bychom, že to jsou tělesa obíhající v naší soustavě mezi drahami plynných a ledových obřů. Jde o obrovské množství asteroidů a komet



Holandsko-americký astronom a planetárny vedec Gerard Kuiper (1905 – 1973), ktorý sa výrazne zaslúžil o preštudovanie vzdialených častí Slnecnej sústavy, bol jedným z najvplyvnejších astronomov 20. storočia.



Povrch najhmotnejšej trpasličej planéty Slnecnej sústavy Makemake, ktorá obieha okolo Slnka v Kuiperovom páse za dráhou Pluta, v predstave umelca. (Zdroj: ESO/L. Calçada/Nick Risinger)

(často těles, u nichž je obtížné rozlišit mezi tím či oním označením) na povětšinou dost nestabilních drahách, protože při své pouti kolem Slunce kříží oběžné dráhy obřích planet. Tělesa relativně neporušená od počátků Sluneční soustavy mezi nimi najdeme těžko, přesto jde o zajímavou skupinu; původem jsou to většínou patrně kuiperovská tělesa. Patří mezi ně i poměrně velké asteroidy, například Chariklo o průměru bezmála tři set kilometrů. Některé, jako právě Chariklo nebo Chiron, mají prstence; taková tělesa si většina lidí pod pojmem 'asteroid' obvykle nepředstaví.

#### A co jsou zač Trojané a Řekové?

„Trojané a Řekové jsou pro změnu skupiny asteroidů v libračních bodech L4 a L5 soustavy Jupiter-Slunce. Bude je zkoumat sonda Lucy (NASA), která odstartovala v říjnu 2021 a v letech 2027/28 měla by zmapovat několik Řeků i Trojanů (u jednoho z nich, Polymele, byl v roce 2002 objeven malý měsíc), než ji její dráha postupně navede na další průlet kolem Země a pozdější opětovný průlet mezi Trojan, resp. Řeky. Tyto asteroidy snad mohou

obsahovat tělesa ve velmi zachovalém stavu od dob rané Sluneční soustavy, a tak nám napovědět víc o její historii. Sluneční soustava se zkrátka doslova hemží malými tělesy, která můžeme především na základě vlastností jejich drah dělit do mnoha různých skupin, a každá je něčím zajímavá a její další výzkum by byl pro nás přínosem. Nesmíme zapomenout, že alespoň v rámci vnitřní Sluneční soustavy už takových misí byla a je celá řada – od ICE přes Stardust až k Hayabuse nebo OSIRIS-Rex.“

#### Jednou z těchto oblastí je také Kuiperův pás. Na rozdíl od Oortova oblaku máme ke Kuiperovu pásu poměrně dost přímých pozorovacích dat. Co všechno o něm víme?

„Jde o oblast začínající za drahou Neptunu a sahající bezmála 50 astronomických jednotek (au) od Slunce, kde obíhají ledové trpasličí planety a menší tělesa. První velké kuiperovské těleso, Pluto, bylo objeveno v roce 1930. Původně bylo vzhledem k předpovědím jeho vlivu na dráhu Neptunu i nedokonalým pozorovacím datům považováno za mnohem vět-

ší těleso, zhruba o velikosti Země. Postupem času se pozorování zpřesnila a dnes víme, že je menší než náš Měsíc a že obdobně velkých těles v podobné oblasti existuje mnoho.“

#### Jaký je rozdíl mezi těmito dvěma oblastmi? A jak byly Oortův oblak a Kuiperův pás prokázány?

„Kuiper leží v rovině ekliptiky, kde obíhají i planety, zatímco vnější Oort soudě dle kometárních drah tvoří sférickou obálku kolem Slunce. V Kuiperu je mnohem větší hustota těles – ta rapidně klesá za takzvaným 'kuiperovským útesem' necelých 50 au od Slunce. A v Kuiperově pásu také nalezneme řadu poměrně velkých těles jako trpasličí planety Pluto, Eris, Makemake, Haumea... V případě Oortu zatím máme příliš málo dat, i když i tam se nacházejí trpasličí planety, například Sedna. Kdybychom chtěli být puristé, museli bychom uznat, že 'prokázání' je v případě Oortu silné slovo.“

#### Kde přesně se nachází Kuiperův pás, jaký je jeho původ a jak byl objeven?

„Začíná za drahou Neptunu a končí téměř 50 au od Slunce, kde hustota těles náhle prudce klesá – jde o již zmíněný 'kuiperovský útes'. Po objevu Pluta v roce 1930 trvalo téměř půl století, než došlo k objevu dalšího, což byl Plutův měsíc Charon. Stále ještě mohlo jít o osamocené těleso a jeho měsíc, ale teprve od počátku 90. let se začaly stále větší rychlostí hromadit objevy dalších těles. Dnes jich známe více než tři tisíce, ale skutečné číslo bude řádově vyšší.“

#### Co si tedy máme pod pojmem Kuiperův pás představit?

„Představte si oblast za drahou Neptunu, zhruba třicetkrát až padesátkrát dál od Slunce než naše Země. Naši mateřskou hvězdu byste v těch dálkách sice ještě stále rozeznali, ale jeho kotouček by byl nepatrný. Na žádném zdejším tělese nenajdete podstatnou atmosféru. I atmosféra Pluta v době, kdy je nejhustší, je zhruba tisíckrát řidší než na naše poměry řídká marsovská atmosféra (ta sama je asi stokrát řidší než pozemská). Kdybyste dokázali na Plutu přistát, pod nohama by vám nezakřupal sníh a led, na jaké jste zvyklí ze Země, a nejde jen o to, že byste se tam cítili mnohem lehčí (Pluto má zhruba dvanáctinovou gravitaci oproti Zemi – ještě výrazně menší než náš Měsíc). Hlavním důvodem by bylo to, že v mizivém tlaku a extrémně nízkých teplotách se ledy chovají jinak, než jsme zvyklí, a náš 'starý známý' vodní led by nám na Plutu 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 ty z vodního ledu v pozemských podmínkách. Nenašli bychom tam ale jen vodní a dusíkový led, v menší míře bychom narazili i na pevný oxid uhličitý a uhelnatý, metan a další látky. Hluboko, hluboko pod povrchem Pluto možná může mít i rezervoár velmi chladné a pravděpodobně velmi slané a čpavkem obohacené kapalné vody; zatím to nevíme jistě, a dokud tam nevyšleme orbitální, a ideálně i přistávací, sondu (navržen byl například koncept mise *Persephone*), ani to vědět nebudeme.“

#### Jaké další objekty tvoří Kuiperův pás? Zná-



Časť Kuiperovho pásu s ľadovými jadrami potenciálnych komét v predstave umelca. (Zdroj: ESO/M. Kornmesser)



### me jejich přibližný počet a složení?

„Jde o převážně o menší ledová a kamenná tělesa, jejichž celkový počet zatím můžeme pouze odhadovat. Dosud zřejmě neznáme ani veškerá kuiperovská tělesa natolik velká, aby se zformovala do kulovitěho tvaru – stručně řečeno trpasličí planety, jako jsou Pluto, Eris, Makemake a mnohé další.“

### Jak s Kuiperovým pásem souvisí Neptun? A co jsou to vlastně tzv. plutina?

„Bez Neptunu bychom Kuiperův pás vůbec neměli – respektive měli bychom uskupení menších ledových a kamenných těles ve vnější Sluneční soustavě v rovině ekliptiky, které by se ale nacházelo v jiné vzdálenosti od Slunce, s jinými drahami dílčích skupin těles... Modely naznačují, že to byl právě Neptun, který svou migrací dál od Slunce v dobách vzniku naší soustavy 'poštouchl' kuiperovská tělesa až do oblastí dnešního Kuiperova pásu. Neptun samozřejmě ovlivňuje dráhy kuiperovských těles dodnes a nachází se v různých orbitálních rezonancích s celou řadou dalších objektů. Nejznámější a nejpočetnější z nich jsou plutina, kam patří i Pluto. Zatímco Neptun třikrát oběhne Slunce, plutina oběhne dvakrát.“

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

„Ano. Vzhledem k jeho retrográdnímu oběhu kolem Neptunu (tedy opačným směrem, než se Neptun otáčí kolem vlastní osy) se předpokládá, že jde o zachycené těleso původem z Kuiperova pásu. Jeho budoucí výzkum nám nepochybně řekne více, zatím se ale bohužel žádná mise k Neptunu a Tritonu s jistotou neplánuje.“

### Co Kuiperův pás a Oortův oblak pro vědu znamenají? Probíhá v souvislosti s nimi nějaký výzkum či výzkumná mise?

„Mohli bychom tam nalézt řadu těles relativně nedotčených od počátků Sluneční soustavy. Takových, na které působily občasné impakty a kosmické záření, ale obešly se bez markantního vlivu slunečního záření. Jejich chemické složení i oběžné dráhy a další vlastnosti by nám mohly doplnit některé podrobnosti do našeho obrázku o dějinách Sluneční soustavy.“

### Hodně nám už prozradila sonda New Horizons, která v červenci 2015 prolétla kolem Pluta a jeho měsíců a poskytla nám nádherné snímky. Co všechno se vědci o této trpasličí planetě dozvěděli?

„Snímky ukazují na mnohem aktivnější geologii této ledové trpasličí planety, než jsme si dříve představovali: 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 s orbitální a snad i přistávací sondou. Oběžná mise k jakémukoli kuiperovskému nebo oortovskému tělesu by samozřejmě byla úžasná! Například již zmíněná Sedna by díky extrémně vzdálené dráze byla skvělým kandidátem. 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 řídooučká atmosféra, mění se geologie povrchu...“



*Najvzdialenejšia trpasličia planéta od Slnka, Sedna v Oortovom oblaku, by bola skvelým výskumným objektom. Takto stvárnil umelec poludnie so Slnkom v pozadí na tomto zmrznutom svete, kde vládnu teploty okolo - 260 °C. (Zdroj: NASA/ESA/Adolf Schaller)*

### Mohou nás tělesa, o kterých jsme hovořili, nějak ohrozit a je možné se od nich nějak uchránit?

Podle dr. Pravce bychom potřebovali vědět, že k nám takové těleso míří, tak deset let dopředu – ale tady asi přiletí dříve, že? „Možnost dopadu kuiperovského nebo oortovského tělesa na povrch Země samozřejmě nelze vyloučit. Včasnost varování by velmi záležela na velikosti, složení a odrazivosti povrchu tělesa, které by se k nám blížilo, a jeho oběžné dráze. Tělesa přilétající k nám mimo rovinu ekliptiky bychom velmi pravděpodobně zachytili později než tělesa v ekliptice. Čím větší těleso, čím aktivnější (například tvořící ohon odpařeného materiálu) a čím světlejší, tím dříve bychom si ho spíše všimli. Kuiperův pás se nachází v rovině ekliptiky, ale v případě Oortova oblaku přiletět můžeme očekávat takřka odevšad a lze čekat spíše tmavší tělesa nejrůznějších rozměrů. Celosvětové problémy v podobě prachu v atmosféře a dočasných výkyvů klimatu by mohl v závislosti na složení tělesa, rychlosti, úhlu a místě impaktu způsobit dopad tělesa o rozměrech stovek metrů; těleso v řádu kilometrů by už představovalo nepochybný a velmi závažný problém pro komplexní život kdekoli na Zemi. Neperiodické komety nebo tělesa mezihvězdného původu, jako je známá 'Oumuamua, často zachytíme až po jejich průchodu periheliem. Kdyby se takové těleso nacházelo na kolizní dráze se Zemí, neměli bychom čas učinit téměř žádné smysluplné kroky. V případě včasného zachycení se uvažuje o různých možnostech, které by se daly podniknout k odklonu z kolizní dráhy podobně, jako se to podařilo při testování v rámci mise DART agentury NASA. Zatím se však nejedná o plány, které by nám s největší pravděpodobností pomohly. Veškeré podobné mise jsou buď ve stadiu aktuálního testování, nebo pouhého konceptu – ale za pár desítek let už snad budeme dál a pravděpodobnost impaktu je v každém okamžiku stejná...“

### Co vás nejvíce zajímá na problematice Kuiperova pásu?

„Jak velice rozmanitá tělesa tam najdeme a co nám dokážou říci o dávné historii Sluneční soustavy? Kolik z oortovských objektů jsou zachycená tělesa z jiných hvězdných soustav? Nakolik rozšířené či vzácné jsou v Kuiperově pásu rezervoáry kapalné vody, která by si

mohla toto skupenství udržet díky nepatrnému radiogennímu ohřevu, izolaci silnou ledovou slupkou a přítomnosti 'nemrznoucích' sloučenin jako čpavku a soli? Lze si případně i v takovém chemicky extrémním a energeticky chudém prostředí představit podmínky vhodné pro život?“

Jana Žďárská, Fyzikální ústav AV ČR



**Mgr. Julie Nováková** (\*1991) je doktorandka v oboru Teoretická a evoluční biologie na Přírodovědecké fakultě UK v Praze. Kromě evoluční biologie se dlouhodobě zabývá také astrobiologií a popularizací vědy, zejména astronomie a planetologie. Jako vedoucí jedné z popularizačních sekcí Evropského astrobiologického institutu (EAI) sestavila dvojici antologií obsahujících povídky science fiction propojené tématem astrobiologie a doplněné o popularizační články nabízející pohled na skutečný stav poznání v oblasti načrtnuté příslušnou povídkou (*Strangest of All*, 2020; *Life Beyond Us*, vyšlo v dubnu 2023). Sama píše a překládá fantastiku. Ve svých popularizačních článcích (časopisy *Vesmír*, *Astropis* aj., anglicky *Clarkesworld*, *Analog* aj.) a přednáškách (AFO, Café Nobel, Pátečníci aj.) se ráda věnuje především různým aspektům obyvatelnosti planet.