asteroid - encyklopedické heslo

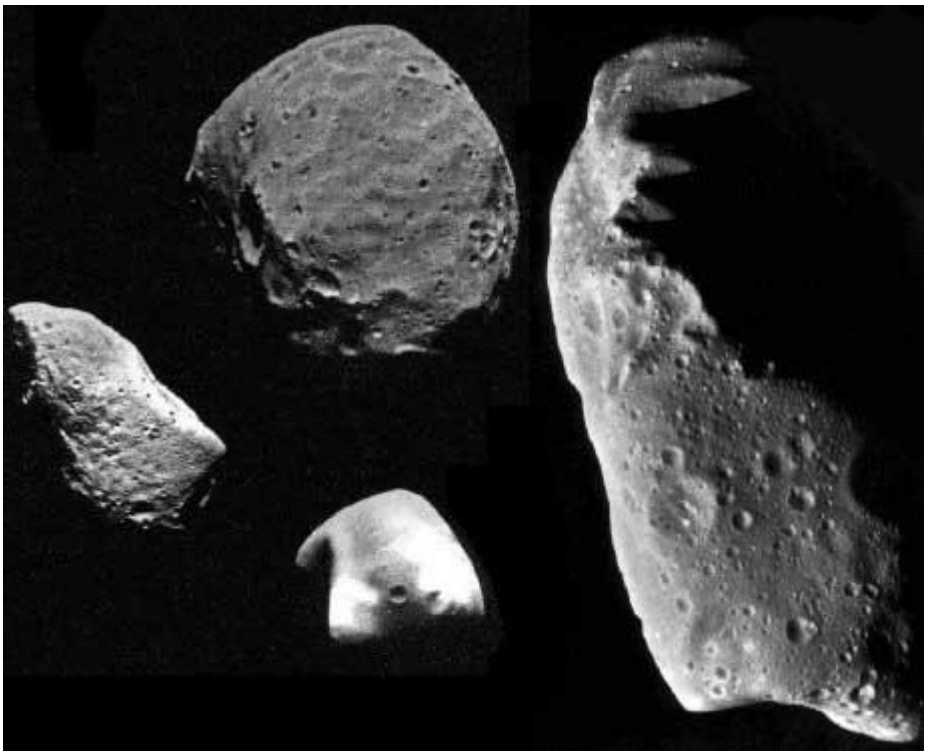
Asteroidy (tiež planétky alebo planetoidy) sú malé, pevné objekty v slnečnej sústave, obiehajúce okolo Slnka. Sú omnoho menšie ako planéty. Predpokladá sa, že väčšina asteroidov predstavuje pozostatky protoplanetárneho disku, ktoré neboli zahrnuté do planét počas vznikania sústavy. Veľká väčšina asteroidov sa nachádza v pásme asteroidov s eliptickou obežnou dráhou medzi obežnými dráhami Marsu a Jupitera.

Heslo vypracoval: Mgr. Marek Husárik
Astronomický ústav Slovenskej akadémie vied
mhusarik@ta3.sk

Dátum aktualizácie: november 2008

asteroid - čo si má zapamätať žiak

Asteroidy (tiež planétky alebo planetoidy) sú malé, pevné objekty v slnečnej sústave, obiehajúce okolo Slnka (pár príkladov na obrázku 1). Sú omnoho menšie ako planéty. Predpokladá sa, že väčšina asteroidov predstavuje pozostatky protoplanetárneho disku, ktoré neboli zahrnuté do planét počas vznikania sústavy. Veľká väčšina asteroidov sa nachádza v tzv. páse asteroidov s eliptickou obežnou dráhou medzi obežnými dráhami Marsu a Jupitera. V poslednej dobe sú objavované aj väčšie asteroidy za dráhou Neptúna. Naopak, niektoré asteroidy sa približujú k Zemi a môžu sa s ňou zraziť.

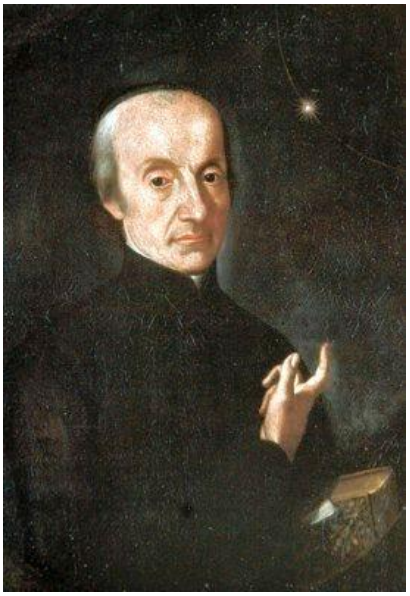


Obrázok 1: Príklady asteroidov zachytených kamerami kozmických sond.

asteroid - čo má na prípravu k dispozícii učiteľ

Už dávno pred naším letopočtom ľudia rozlišovali na oblohe tri rôzne druhy jasných objektov. Pochopiteľne, prvou dôležitou skupinou boli hviezdy (z gréčtiny *astron*), ktoré boli nehybné. Druhou skupinou boli tzv. túlavé hviezdy – planéty (z gréčtiny *planetos*), pretože menili svoju polohu voči nehybným hviezdam. Medzi planéty boli považované Slnko, Mesiac, Merkúr, Venuša, Mars, Jupiter a Saturn. Poslednou skupinou boli tzv. dlhovlasé objekty – kométy (z gréčtiny *kometes*), ktoré sa náhle objavili, neskôr zmizli, a nedala sa im predpovedať ďalšia poloha. Nič ďalšie na oblohe už ľudia nepoznali až do konca 18. storočia.

V druhej polovici 18. storočia, v roku 1766, si nemecký matematik D. Titius všimol závislosť priemernej vzdialenosti planéty od Slnka podľa istej matematickej postupnosti. O šesť rokov neskôr toto empirické pravidlo publikoval vtedajší riaditeľ berlínskej hvezdárne J.E. Bode. Titius-Bodeho empirické pravidlo má tvar $r = 0{,}4 + 0{,}3 \times 2^n$, $n = -\infty, 0, 1, 2, 3, \ldots$, v ktorom *r* je vzdialenosť planéty od Slnka a *n* poradie Merkúr, Venuša, Zem, atď . Platnosť tohto pravidla potvrdil aj objav planéty Urán v roku 1781. No pre hodnotu $n = 3$ stále neexistovala planéta. Mnoho vtedajších astronómov se rozhodlo túto stále unikajúcu planétu nájsť. Jej stredná vzdialenosť od Slnka mala byť 2,8 AU. Jedným z nich bol aj dvorný astronóm v meste Gotha, barón Franz Xaver von Zach, ktorý začal v roku 1787 s jej hľadaním. Rozumne se obmedzil na oblasť nebeskej sféry blízko ekliptiky. Vytvoril si vlastný katalóg hviezd blízkych ekliptike, ale aj tak bolo jeho snaženie márne. Na jeseň 1800 sa zišli v Lilienthale von Zach, J.H. Schröter, H.W.M. Olbers, C.L. Harding, F.A. Freiherr von Ende a J. Gildemeister. Dospeli k záveru, že ani šesť skúsených pozorovateľov nie je dostatočný počet, rozhodli se prizvať ďalších európskych astronómov. Oblasť ekliptiky si rovnomerne rozdelili. Tak vznikla prvá medzinárodná astronomická kampaň v histórii. Jej účastníci sa nazvali *nebeskou políciou*. Jedným z prizvaných astronómov bol taliansky profesor matematiky Giuseppe Piazzi (obrázok 2) z Palerma na Sicílii, ktorý síce nebol skúseným astronómom, ale vďaka podpore neapolského kráľa Ferdinanda IV. vybudoval vo veži kráľovského paláca astronomické observatórium. V tej dobe to bolo najjužnejšie observatórium v celej Európe. V roku 1789 ho vybavil výkonným šošovkovým ďalekohľadom s objektívom priemeru 7,5 cm. Toto zariadenie patrilo k špičkovým astronomickým prístrojom tej doby. Piazzi pôvodne nehľadal novú planétu, ale zostavoval čo najpresnejší katalóg hviezd. Tak tomu bolo aj 1. januára 1801. Pri hľadaní hviezdy Mayer 87 v súhvezdí Býka podľa Wollastonovho katalógu spozoroval dosiaľ nepopísaný objekt 8. magnitúdy. Keď v ďalšej noci zistil, že sa objekt medzi hviezdami posunul, venoval mu väčšiu pozornosť. Piazzi ho sledoval napokon až 24 nocí. Domnieval sa, že pozoruje kométu, no bez typického hmlovitého vzhľadu. Jeho výpočty naznačovali, že objekt sa nepohybuje po typickej parabolickej kometárnej dráhe, ale skôr po kružnici. To zrejme ešte vtedy netušil, že objavil prvého kandidáta novej skupiny nebeských objektov – *asteroidov*. V tom čase geniálny nemecký matematik C.F. Gauss vyriešil problém výpočtu parametrov dráhy aj pre malý počet pozorovaní, a na základe toho mohol von Zach novoobjavený objekt pozorovať 7. decembra 1801. Pomerne skoro sa ukázalo, že tento kandidát sa pohybuje okolo Slnka po rovnakej dráhe ako hľadaná chýbajúca planéta vzdialená 2,8 AU. Piazzi ho pomenoval Ceres Ferdinandea na počesť kráľa Ferdinanda IV.



Obrázok 2: Giuseppe Piazzi (1746 – 1826)

Pojem asteroid

Pojem asteroid pochádza zo spojenia *hviezde podobný* (z gréckeho *asteroeides*, *aster* = hviezda, *-eidos* = forma, tvar). Prvýkrát ho použil v roku 1802 sir William Herschel krátko po tom, čo Heinrich Wilhelm Olbers objavil druhý asteroid (2) Pallas 28. marca toho istého roku, aby opísal ich vzhľad, ktorý sa podobá hviezdam. Prvý vedecký dokument, ktorý vo svojom titule použil pojem asteroid, napísal v roku 1840 Georg Adolph Erman.

Asteroidy (tiež planétky alebo planetoidy) sú malé, pevné objekty v slnečnej sústave, obiehajúce okolo Slnka s kamenným a železným zložením (niekoľko príkladov na obrázku 1). Sú omnoho menšie ako planéty. Sú bez atmosféry a nevykazujú žiaden únik plynu ani prachu zo svojho povrchu. Predpokladá sa, že väčšina asteroidov predstavuje pozostatky protoplanetárneho disku, ktoré neboli zahrnuté do tvorby planét počas vzniku slnečnej sústavy. Veľká väčšina asteroidov sa nachádza v tzv. hlavnom páse asteroidov s eliptickou obežnou dráhou medzi obežnými dráhami Marsu a Jupitera. V poslednej dobe sú objavované aj väčšie asteroidy za dráhou Neptúna. Naopak, niektoré asteroidy sa približujú k Zemi a môžu sa s ňou zraziť.

Vznik a vývoj

Na počiatku sa vytvárala protoslnečná hmlovina, ktorej hustota sa plynule zmenšovala s rastúcou vzdialenosťou od protoslnka. Kondenzovaním mikroskopického prachu a plynu sa tvorili najprv malé zrnká, a tie aglomeráciou a akréciou (pravdepodobne za prítomnosti elektrostatických síl a aj vlastnej gravitácie) rástli na čoraz väčšie planetezimály, a to ako na dráhach súčasných veľkých planét, tak aj v oblasti hlavného pásu medzi Marsom a Jupiterom. Jupiter, Saturn, Neptún a Urán avšak rástli rýchlejšie, a v podstate tak zamedzovali svojím gravitačným pôsobením spájaniu planetezimál do väčších celkov mezi Marsom a Jupiterom. Taká je aspoň hypotéza, prečo sa v tejto oblasti nevytvorila nikdy žiadna planéta. Namiesto nej sa tu pohybovali len veľké asteroidy, no pri priemernej relatívnej rýchlosti okolo 5 km s^{-1} voči sebe dochádzalo k čoraz častejším zrážkam s katastrofickými následkami fragmentácie

na menšie a menšie kusy (obrázok 3). Dnes sa zrážky medzi väčšími asteroidmi nepozorujú, dejú sa pravdepodobne na úrovni metrových a menších rozmerov.

Obrázok 3: Predstava slnečnej ústavy v počiatkoch.

Výskyt, dráhy a distribúcia

Podobne ako planéty aj asteroidy podliehajú gravitačnému pôsobeniu Slnka. Aby sme boli presní, okrem Slnka na ne pôsobia gravitáciou nemalou mierou aj väčšie planéty (Jupiter, Saturn, ale aj trpasličia planéta Ceres[1]). To má za následok skutočnosť, že asteroidy (alebo ich dráhy) sa nenachádzajú v slnečnej sústave náhodne a rovnomerne rozptýlené, ako by sa možno na prvý pohľad mohlo zdať, ale vytvárajú isté významné zoskupenia.

Na obrázku 4 je zreteľne rozpoznateľná obrovská koncentrácia asteroidov medzi dráhami Marsu a Jupitera. Táto oblasť sa nazýva *hlavný pás* asteroidov a rozprestiera sa približne vo vzdialenostiach od 1,8 až 4 AU od Slnka[2]. Je to najpočetnejšia populácia asteroidov v slnečnej sústave, ktorá obsahuje až 97% všetkých doteraz známych. Avšak aj v nej sú oblasti, v ktorých sa asteroidy nachádzajú v obrovskom počte, resp. nenachádzajú vôbec. Tieto oblasti korešpondujú s dráhovými rezonanciami s Jupiterom, podobne ako je to v prípade prstencov Saturna. Regióny, kde je početnosť asteroidov veľmi malá alebo žiadna sa nazývajú Kirkwoodove medzery. Najviditeľnejšie z nich sú vo vzdialenostiach 2,5 AU a 3,28 AU od Slnka a predstavujú rezonancie 3:1, resp. 2:1 (napr. 3:1 znamená 3 obehy asteroidu a 1 obeh Jupitera okolo Slnka).

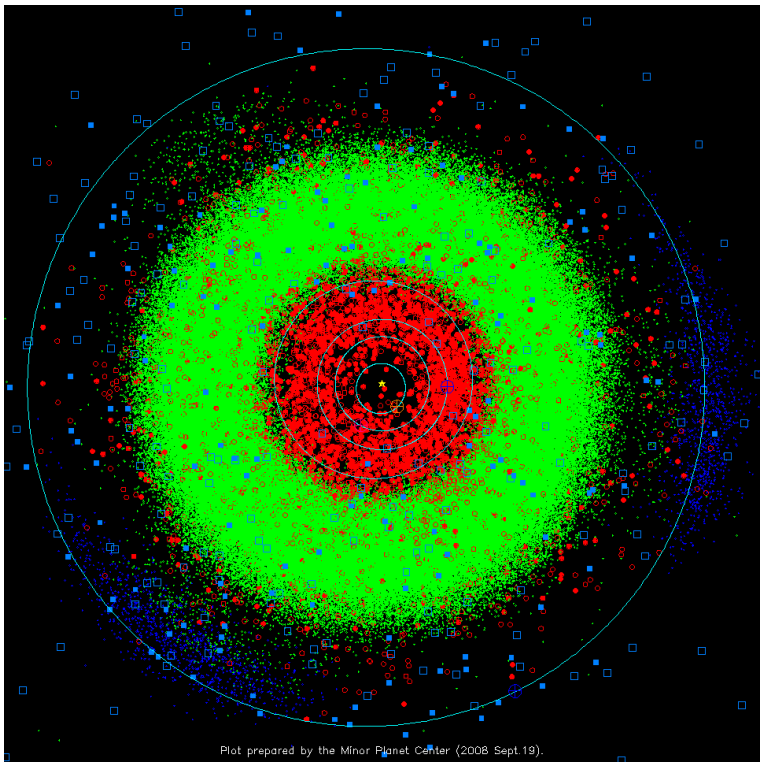
Ďalšou početnou skupinou asteroidov sú tzv. *Trójania*, ktorí okolo Slnka obiehajú v približne tej istej strednej vzdialenosti ako Jupiter. Hovoríme, že sú s ním v rezonancii 1:1. Zaujímavosťou je, že sa pohybujú v dvoch podskupinách – pred a za Jupiterom. Tieto dve podskupiny sa nachádzajú v oblastiach s nezvyčajnou gravitačnou stabilitou, v ktorých je gravitačné pôsobenie Slnka kompenzované pôsobením Jupitera, a nazývajú sa bodmi L4 a L5[3]. Zaujímavosťou je ešte to, že uhol L4 (alebo L5) – Slnko – Jupiter je 60 stupňov (pozri obrázok 5).

---

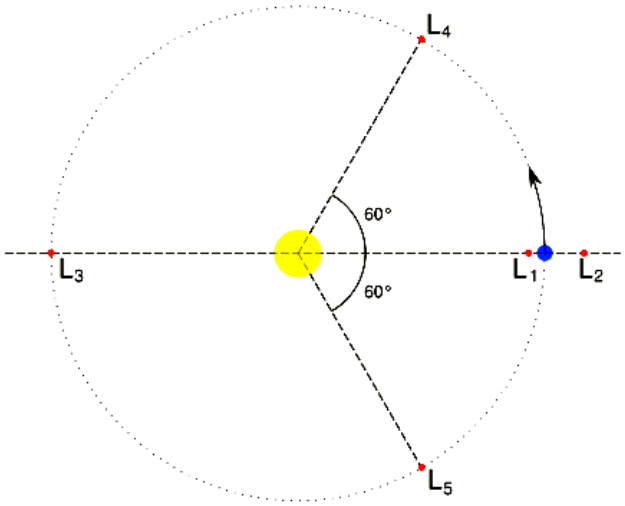
[1] Ceres je ženského rodu.

[2] V literatúre sa často udávajú rôzne hodnoty šírky hlavného pásu vzhľadom k tomu, že nie je jednoznačne striktne definovaný jeho okraj.

[3] Pomenované sú podľa matematika J.L. Lagrangea (1736—1813) , ktorý ako prvý popísal dráhový pohyb malých telies ovplyvňovaný gravitáciou dvoch veľkých objektov (Slnka a Jupitera). Okrem bodov L4 a L5 existujú ešte tri (L1 až L3), na priamke spájajúcu Slnko a Jupiter, no sú nestabilné.



Obrázok 4: Pohľad na vnútornú časť slnečnej sústavy po dráhu Jupitera s polohami asteroidov (bodky a krúžky) a komét (štvorčeky) 19. septembra 2008. Zdroj: Minor Planet Center.

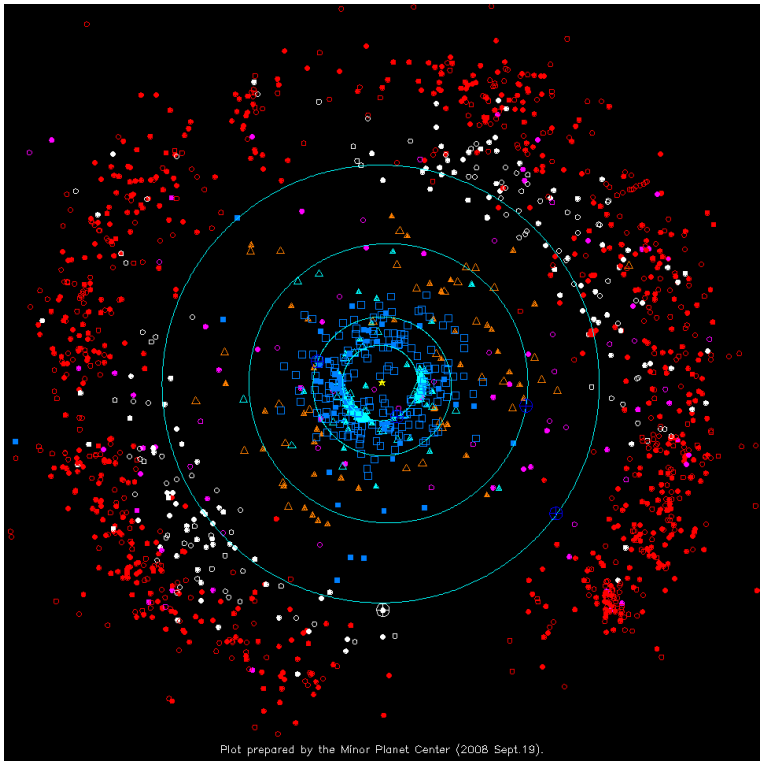


Obrázok 5: Polohy Lagrangeových bodov v sústave Slnko – Jupiter.

So zdokonaľovaním pozorovacej techniky a jej dosahu sa podarilo v roku 1977 Charlesovi Kowalovi objaviť teleso medzi dráhami Saturna a Urána. Teleso ale začalo astronómom robiť problém, pretože v roku 1988 neočakávane zvýšilo jasnosť a prejavila sa u neho slabá kometárna aktivita aj napriek veľkej vzdialenosti od Slnka, takže ho začali považovať za vzdialenú „spiacu“ kométu nezvyčajne veľkých rozmerov. Neskôr sa v podobných vzdialenostiach objavovali ďalšie telesá. Opäť, niektoré vykazovali a iné

nevykazovali žiadnu kometárnu aktivitu. Vynára sa otázka, považovať ich za klasické asteroidy (kamenné a železné), aké poznáme z hlavného pásu, alebo za neaktívne alebo málo aktívne kométy? Vzhľadom na túto dvojtvárnosť, prvé objavené teleso dostalo pomenovanie (2060) Chirón po najznámejšom kentaurovi v gréckej mytológii. Vieme, že kentauri boli čiastočne ľudia a čiastočne kone, preto aj skupina týchto objektov dostala pomenovanie *kentauri*. Väčšinou krížia dráhy veľkých planét, takže skôr alebo neskôr sa k nim natoľko priblížia, že budú vymrštené zo slnečnej sústavy, alebo podstatne zmenia svoje dráhy.

Dnes poznáme aj ďalšie telesá na ešte vzdialenejších dráhach než sú kentauri. V auguste roku 1992 objavili havajskí astronómovia objekt s označením 1992 QB1 vo vzdialenosti 44 AU. O sedem rokov ďalšie v takmer rovnakej vzdialenosti. Za predpokladu, že ak majú odrazivosť slnečného svetla na úrovni kometárnych jadier, musia mať v priemere aspoň 200 km. Doposiaľ bolo objavených už viac ako tisíc objektov za dráhou planéty Neptún, preto ich radíme do kategórie *transneptúnických objektov*. Viaceré majú výrazne excentrické dráhy, pričom sa od Slnka vzďaľujú až na niekoľko stoviek AU. Podobne, ako v prípade kentaurov, aj tu sa s najväčšou pravdepodobnosťou jedná o objekty, ktoré sú tvorené prevažne prchavým materiálom na povrchu, a z toho dôvodu by im štatút asteroidu nemal patriť, skôr pomenovanie *ľadové objekty*. Aj tu sa pozoruje obdobná paralela s hlavným pásom, čo sa týka vytvárania skupín na základe rezonancií, tentoraz s Neptúnom. Významná je skupina, ktorej členovia obiehajú na dráhach s rezonanciou 3:2 s Neptúnom. Keďže najväčším telesom tejto rodiny je trpasličia planéta Pluto, hovoríme im *plutinos*. Poznáme ich zatiaľ niekoľko desiatok. Ďalšie transneptúnické objekty označujeme ako klasické, v literatúre často ako *cubewanos* (foneticky QB1 ako kjú-bí-wan) (obrázok 6).



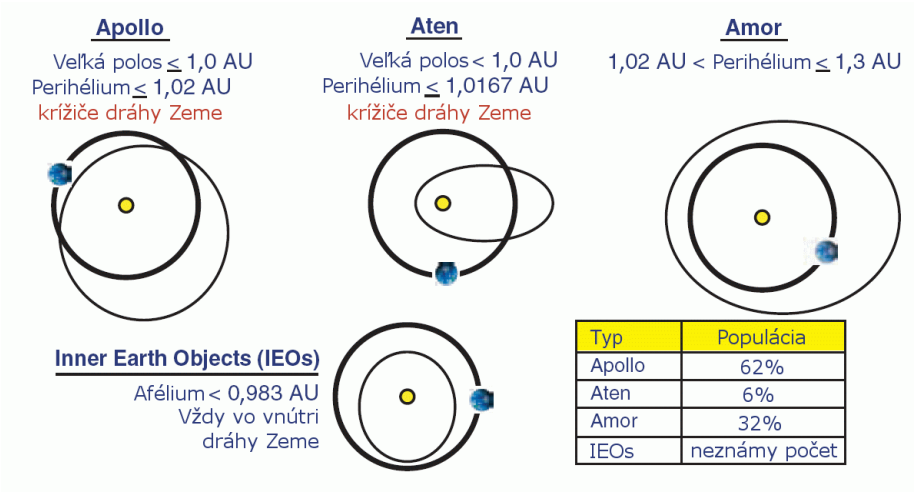
Obrázok 6: Pohľad na vonkajšiu časť slnečnej sústavy s polohami asteroidov (bodky, krúžky a trojuholníky) a komét (štvorčeky) 19. septembra 2008. Zdroj: Minor Planet Center.

Vráťme sa naspäť, do oblastí bližších k Zemi. Áno, aj v blízkom okolí našej planéty sa pohybujú asteroidy. Nesú spoločné pomenovanie *blízkozemské* (z angl. Near-Earth Asteroids, NEAs). Dnes pozorované blízkozemské asteroidy sú tie, ktoré boli v minulosti gravitačnými silami planét posunuté na dráhy, ktoré im dovoľujú pohybovať sa v blízkosti zemskej dráhy, alebo ju dokonca pretínať. Aj v súčasnosti vďaka chaotickým rezonančným a zrážkovým procesom môže dochádzať k zmene dráh asteroidov hlavného pásu na dráhy križujúce obežnú dráhu Marsu prípadne aj ďalších terestrických planét. Podľa perihéliovej vzdialenosti q, aféliovej vzdialenosti Q a veľkej polosi a ich môžeme rozdeliť na tri skupiny – *Apollo, Amor* a *Aten*. Existuje ešte jedna špecifická skupina blízkozemských asteroidov, a to skupina *potenciálne nebezpečných asteroidov* (z angl. Potentially Hazardous Asteroids, PHAs). Aký je medzi nimi rozdiel, naznačuje obrázok 7. Definované sú na základe miery potenciálneho ohrozenia blízkym preletom okolo Zeme, resp. kolízie s našou planétou. Inak povedané, všetky asteroidy preletujúce okolo Zeme vo vzdialenosti menšej než 0,05 AU (tzv. Minimum Orbit Intersection Distance, MOID) a s absolútnou jasnosťou $H \leq 22$ (väčšie ako 150 metrov), sú považované za potenciálne nebezpečné. Monitorovaním a spresňovaním ich dráh je možné predpovedať pravdepodobnosť ohrozenia Zeme. V tabuľke 1 je prehľad jednotlivých skupín.

Skupina	**Popis**	**Definícia**
NEAs	blízkozemské asteroidy	$q < 1{,}3$ AU
Aten	zemskú dráhu križujúce blízkozemské asteroidy s veľkou polosou menšou než je veľká polos dráhy Zeme	$a < 1$ AU; $Q > 0{,}983$ AU
Apollo	zemskú dráhu križujúce blízkozemské asteroidy s veľkou polosou väčšou než je veľká polos dráhy Zeme	$a > 1$ AU; $q < 1{,}017$ AU
Amor	k zemskej dráhe sa približujúce asteroidy zvonka	$a > 1$ AU; $1{,}017 < q < 1{,}3$ AU
PHAs	potenciálne nebezpečné asteroidy	$MOID \leq 0{,}05$ AU; $H \leq 22$

Tabuľka 1: Popis jednotlivých skupín blízkozemských asteroidov na základe ich veľkej polosi *a*, perihéliovej *q* a aféliovej vzdialenosti *Q*, prípadne absolútnej jasnosti *H*.

V čase písanie tohto príspevku (október 2008) bolo objavených 5626 objektov približujúcich sa k zemskej dráhe, z toho 472 asteroidov typu Aten, 2150 typu Amor a 2995 typu Apollo. Až takmer 900 z nich má priemer väčší ako 1 km. Potenciálne nebezpečných je 990 (údaje podľa štatistiky Minor Planet Centra v Cambridge, MA, USA).

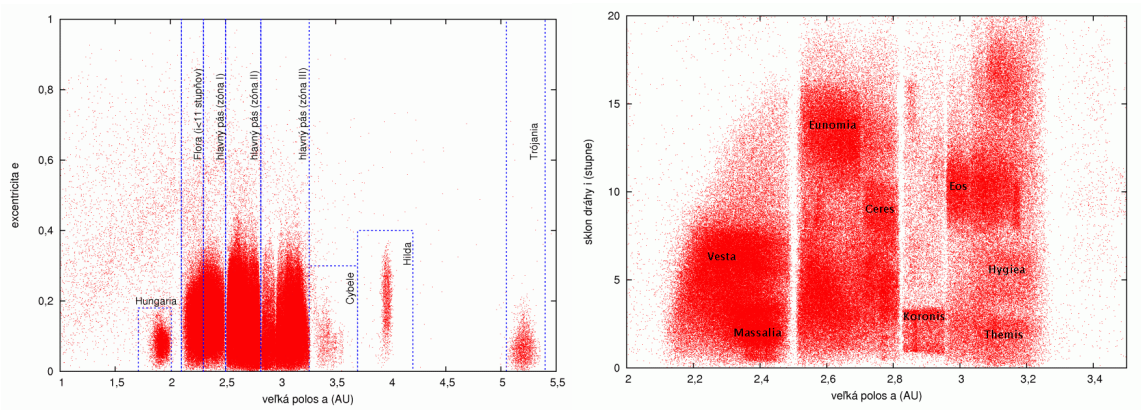


Obrázok 7: Rodiely medzi skupinami blízkozemských asteroidov.

Rodiny asteroidov

Ako objavy asteroidov pribúdali, astronómovia si začínali všímať, že niektoré asteroidy mali nápadne podobné dráhové elementy (veľkú polos, excentricitu, sklon dráhy), resp. podobné dráhy. V roku 1918 japonský astronóm Kiyotsugu Hirayama (1874 – 1943) ukázal, že naozaj existujú zoskupenia (tzv. klastre) asteroidov – *rodiny*. Identifikoval tri: Themis (22 členov), Eos (21 členov) a Koronis (13 členov). Hirayama usudzoval, že každá z týchto troch rodín je pozostatkom väčšieho asteroidu, ktorý bol zrážkovou kolíziou zničený. Táto myšlienka bola znovuzrodením teórií Thomasa Wrighta a Wilhelma Olbersa (18. až 19. storočie), ktorí verili, že kedysi existovala planéta medzi dráhami Marsu a Jupitera, ale bola zničená. V súčasnosti je akceptovaná teória, ktorá tvrdí, že asteroidy sa formovali simultánne s veľkým planétami. Prvé asteroidy medzi Marsom a Jupiterom boli obrovské, no kvôli rastúcemu bombardovaniu menšími asteroidmi a gravitačnému vplyvu Jupitera sa nikdy nesformovali do väčšej planéty, ale napriek tomu si zachovali charakteristické zoskupenie v rodinách.

Dnes existuje až takmer 100 Hirayamových rodín. Okrem troch vyššie spomenutých, medzi najznámejšie a početné patria aj Hungaria, Flora a Hilda (pomenované podľa najväčšieho asteroidu v rodine, obrázok 8).



Obrázok 8: Distribúcia excentricít a sklonu dráhy asteroidov vzhľadom na ich strednú vzdialenosť od Slnka. Zobrazenie sa týka priestoru od dráhy Zeme po dráhu Jupitera. Zreteľne sú viditeľné rodiny asteroidov.

Veľkosti a tvary

Veľkosti asteroidov zaberajú obrovský interval. Spodná hranica sa pohybuje v rádoch metrov, kde asteroidy plynule veľkosťou prechádzajú k rozmerom meteoroidov (veľkých prachových kozmických častíc). Horná hranica sa pohybuje rádovo v niekoľkých stovkách kilometrov a susedí s veľkosťami trpasličích planét (Ceres, Pluto, Eris, Makemake, Haumea).

Najväčšie a veľké asteroidy sa nachádzajú v hlavnom páse. Dnes už trpasličia planéta (1) Ceres viedla s veľkosťou 952 km, takže teraz veľkosťou medzi asteroidmi vedie (2) Pallas s 532 km. Len tri asteroidy sú väčšie než 400 km a len tri s veľkosťami medzi 400 a 300 km. V nasledujúcej tabuľke uvádzame deväť najväčších spolu s Ceresou.

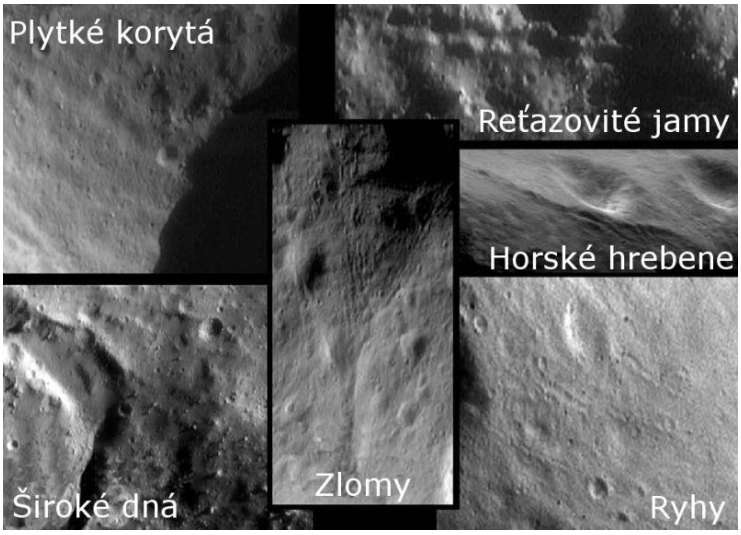
asteroid	priemer (km)	stredná vzdialenosť od Slnka (AU)	asteroid	priemer (km)	stredná vzdialenosť od Slnka (AU)
(1) Ceres	952	2,77	(704) Interamnia	317	3,06
(2) Pallas	532	2,77	(52) Europa	302	3,09
(4) Vesta	530	2,36	(87) Sylvia	261	3,49
(10) Hygiea	407	3,14	(31) Euphrosyne	256	3,15
(511) Davida	326	3,17	(15) Eunomia	255	2,64

Tabuľka 2: Zoznam deviatich najväčších objavených asteroidov. V zozname je aj trpasličia planéta (1) Ceres. Zdroj: JPL Small-Body Database Search Engine zo dňa 1. októbra 2008.

Prečo tak málo veľkých asteroidov sa nachádza v slnečnej sústave? Pôvodne ich počet bol niekoľkonásobne vyšší, no so vzrastajúcim bombardovaním menšími asteroidmi dochádzalo k čoraz výraznejšej fragmentácii veľkých telies. Dnes je situácia taká, že pozorujeme prakticky fragmenty kolízií z minulosti. Počet asteroidov vzrastá exponenciálne s ich klesajúcou veľkosťou. Toto je možné dobre dokumentovať aj početnosťou rôznych veľkostí kráterov na Mesiaci, Marse a mesiacoch Jupitera a Saturna.

Prevláda názor, že pomocou dnešnej vysokocitlivej záznamovej CCD technológie sme v hlavnom páse asteroidov identifikovali všetky objekty väčšie než 20 km a v blízkom okolí Zeme väčšie než 4 km. No stále je ešte obrovské množstvo neobjavených menších objektov predovšetkým v blízkom okolí Zeme, ktoré by mohli v blízkej alebo ďalekej budúcnosti ohroziť život na Zemi.

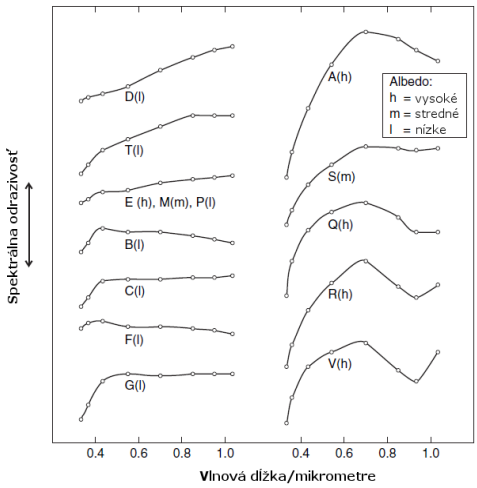
Pretože drvivá väčšina asteroidov je produktom vzájomných kolízií v minulosti, nie je prekvapujúce, že ich tvary nie sú sférické (guľové). Predovšetkým optické (pomocou veľkých ďalekohľadov a Hubbleovho vesmírneho ďalekohľadu) a radarové pozorovania to jednoznačne dokazujú. Definovať ich tvar nie je jednoduché. Povrch je často poznačený impaktnými krátermi, zlomami, ryhami, pohoriami, atď. (obrázok 9). Často sa ich tvar zjednodušuje modelom trojosého elipsoidu, pomocou ktorého je možné tvar definovať tromi hlavnými polosami.



Obrázok 9: Povrchové štruktúry na asteroide (433) Eros. Zdroj: NEAR/JHUAPL.

Zloženie a taxonómia

Naše poznanie zloženia asteroidov stojí na dvoch pilieroch: (i) na detailnom štúdiu mineralogického zloženia meteoritov a jeho porovnávania s pozemskými minerálmi a (ii) na pozemských pozorovaniach vo viditeľnej a blízkej infračervenej oblasti spektra. Meteority síce poskytujú neoceniteľné informácie, ale ich vzorka je veľmi obmedzená. Na druhej strane, pozemské pozorovania ponúkajú množstvo informácií o zložení povrchu, veľkosti, tvare, alebo rotácii, no nie priamo. Najlepším zdrojom ako zistiť zloženie povrchu asteroidov je metóda spektroskopie odrazeného slnečného svetla za pomoci pozemských alebo kozmických ďalekohľadov. Základom metódy je analýza *farby* povrchu asteroidov na intervale vlnových dĺžok 0,2 – 3,6 μm (obrázok 10). No okrem analýzy spektier dôležité informácie nám poskytuje aj samotná základná odrazivosť povrchu asteroidov vo viditeľnej a blízkej infračervenej oblasti spektra, tzv. albedo. Porovnávaním prijatého a vyžiareného svetla v rôznych fázových uhloch (v rôznych geometrických postaveniach asteroidu, Zeme a Slnka) sa dá zistiť viac o kvalite povrchu (zrnitosti a kompaktnosti povrchového materiálu) – *regolitu*.

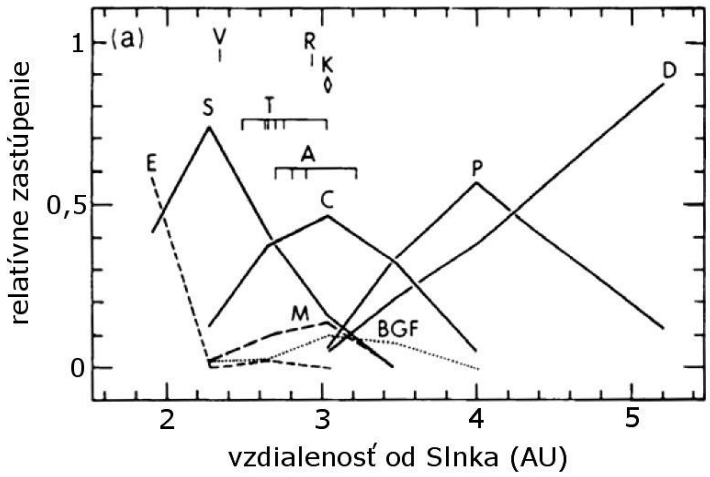


Obrázok 10: Ukážky spektier niektorých hlavných a vedľajších taxonomických tried astroidov.

V roku 1975 zaviedol Chapman a kol. tri taxonomické triedy: C (tmavý povrch, uhlíkatý materiál), S (svetlý povrch, kremičitano-železitý povrch) a U (objekty, ktoré sa nedali zaradiť do predchádzajúcich dvoch). S postupom času sa z množstva napozorovaného materiálu dalo klasifikovať asteroidy do viacerých taxonomických tried. Najvýznamnejšie sú:

- **S trieda** – asteroidy z vnútornej časti hlavného pásu (2-3,5 AU), ktoré tvoria asi jednu šestinu známych. Na ich povrchoch dominuje zmes kremičitanov bohatých na železo alebo horčík, spolu s čistým železom a niklom. Prevláda tiež nízke relatívne zastúpenie prchavých látok. Javia sa mierne načervenalo a majú stredne veľké albedo (0,1-0,2).
- **M trieda** – asteroidy prednostne vo vnútornej časti hlavného pásu (2-3,5 AU). Povrchy sú bohaté na kovy (železo a nikel), preto sa javia viac načervenalo než S asteroidy. Albedo je na úrovni od 0,10 do 0,18.
- **C trieda** – asteroidy patriace do tejto triedy tvoria až tri štvrtiny všetkých známych. Pohybujú sa najmä vo vzdialenosti približne 3 AU od Slnka, no nachádzame ich prakticky v celom hlavnom páse. Sú veľmi tmavé, albedo neprekračuje hodnotu 0,07. Materiál na povrchu je bohatý na uhlíkaté zložky. Asi dve tretiny tejto triedy asteroidov obsahujú značné zastúpenie prchavých látok, konkrétne vody.
- **P trieda** – asteroidy tejto triedy sú sústredené do vonkajšej časti hlavného pásu (3-5 AU). Majú slabo načervenalý vzhľad a nízke albedo (0,02-0,06). Na ich povrchoch sa nachádza značné relatívne zastúpenie prastarých organických zložiek, ktoré sú prítomné takisto v kométach.
- **D trieda** – podobajú sa na P triedu s výnimkou toho, že sú ešte viac načervenalé a sú ďalej od Slnka. Do tejto triedy patria Trójania a niektoré malé mesiačiky Jupitera.

Ukazuje sa, že rozdiely v povrchových vlastnostiach asteroidov súvisia s ich vzdialenosťou od Slnka (obrázok 11). Odráža sa v nich história tvorby slnečnej sústavy. V oblastiach, kde bolo žiarenie Slnka intenzívnejšie a teplota vyššia, kremičité materiály rýchlejšie kondenzovali, no voda a organické zložky vyprchali. Vo vzdialenejších oblastiach sa ich prítomnosť však čoraz viac preukazuje. Veľmi málo ale vieme o zložení vzdialenejších asteroidov (alebo komét?) za dráhou Jupitera, pretože sú málo jasné, a kvôli ich nízkej teplote vyžarujú maximum žiarenia na vlnových dĺžkach okolo 60 μm. No toto žiarenie na Zemi nemôžeme registrovať. Otázka povrchového zloženia vzdialených asteroidov ostáva otvorená.



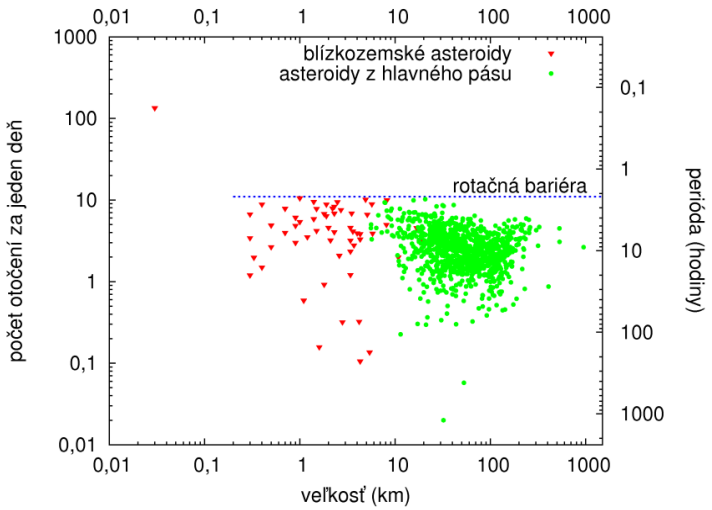
Obrázok 11: Distribúcia taxonomických tried so vzdialenosťou od Slnka. Zdroj: Bell, Davis, Hartmann a Gaffey, 1989, Asteroids II, Univ. Arizona Press, Tucson, p. 925.

Hustota asteroidov, porozita, rýchlosti rotácie a hmotnosti

Základnou fyzikálnou vlastnosťou asteroidov je ich hustota. Podobne, ako pri určení povrchového zloženia, aj tu sa vychádza z porovnania hustôt s meteoritmi, o ktorých sa predpokladá, že pochádzajú z asteroidov. Ukazuje sa ale pomerne signifikantný rozdiel medzi nimi na základe priamych meraní hustôt asteroidov. Vo všeobecnosti sa dá povedať, že hustota asteroidov je oveľa nižšia než hustoty meteoritických analógov. Kým typické hustoty meteoritov sú v intervale od 3600 do 7200 kg m^{-3}, hustoty asteroidov len v intervale od 2000 do 3500 kg m^{-3}.

Primárnym dôvodom nízkej celkovej hustoty je porozita. Často môže byť tak obsiahla, že až 50 percent vnútra veľkého niekoľkokilometrového asteroidu tvorí prázdny priestor. Pozorované zastúpenie veľkostí asteroidov a štúdie dynamiky vzájomných kolízií v hlavnom páse potvrdzujú intenzívnu zrážkovú históriu, pričom tiež potvrdzujú fakt, že len najväčšie asteroidy (cca nad 300 km) si zachovali pôvodné hmotnosti a tvary. Mnohé veľké kusy sa po rozbití znovu zliepali (akreovali, formovali) vlastnou gravitáciou do akýchsi zlepencov (angl. rubble piles), pričom medzi jednotlivými blokmi vznikali nevyplnené priestory.

Pochopiteľne, dôkazy o zlepencovej štruktúre existujú. Jedným z nich je napr. asteroid (253) Mathilde, ktorého hustota je len polovica hustoty typického meteoritického materiálu. Na svojom povrchu má 6 impaktných kráterov, ktoré sú natoľko veľké, že teleso, ktoré ich spôsobilo, by muselo zákonite tento asteroid rozbiť. Avšak asteroid stále existuje vďaka porozite, ktorá efektívne tlmila energiu opakovaných impaktov. No nielen Mathilde je toho dôkazom, aj niekoľko ďalších asteroidov, ktoré boli zblízka pozorované kozmickými sondami, túto skutočnosť potvrdzuje. Okrem toho, o porozite a hustotách asteroidov nám informácie poskytujú aj štúdie rýchlosti ich rotácie. Pre objekty, ktoré neboli postihnuté kolíziami, rýchlosť rotácie zostala prakticky tá istá ako v čase formovania slnečnej sústavy, t.j. relatívne pomalá (asi 1 otočenie za deň). Pozorované rýchlosti rotácie menších, fragmentovaných asteroidov sú podstatne väčšie (viac ako 5 otočení za deň), čo je dôsledkom zmeny uhlového momentu počas zrážky. Čím je rýchlosť rotácie vyššia, odstredivé zrýchlenie na povrchu asteroidu viac prevláda nad gravitačným zrýchlením, a dochádza tak k uvoľňovaniu materiálu a až rozpadu na jednotlivé fragmenty. Toto potom vedie ku skutočnosti, že rýchlo rotujúce asteroidy nie sú tvorené zlepenými fragmentami, ale jedným monolitom, ktorý môže mať veľkosť maximálne 200 metrov (obr. 8). To znamená, že existuje akási bariéra rotačných rýchlostí (maximálne asi 11 otočení za deň, resp. perióda rotácie nie menej ako 2,1 hodiny pre asteroidy nad 200 metrov). Pozorované najrýchlejšie rotujúce monolitické asteroidy majú periódy okolo 1 minúty (viac ako 1000 otočení za deň!). Naopak, pár asteroidov má periódy dlhšie než 1 mesiac.



Obrázok 12: Graf zobrazuje fakt, že asteroidy s veľkosťami nad 200 metrov dosahujú frekvenciu otáčania okolo vlastnej osi maximálne na úrovni 11 otočení za deň. Rýchlejšie môžu rotovať už len menšie asteroidy, ktoré sú tvorené len jedným monolitickým fragmentom. Zdroj : JPL Small-Body Database Search Engine zo dňa 1. októbra 2008.

Najhmotnejší *ex*-asteroid Ceres má hmotnosť približne $1{,}2 \times 10^{21}$ kg. Celková hmotnosť všetkých ďalších asteroidov okrem Ceresy je len 80% hmotnosti Ceresy – menej ako dvadsatina hmotnosti nášho Mesiaca.

Pomenovávanie asteroidov

Stanovenie presného, konkrétneho mena pre konkrétny asteroid je už koncom dlhého procesu, ktorý môže trvať aj niekoľko desaťročí. Začína sa objavom asteroidu, ktorý nesmie byť identifikovaný s nejakým už známym. Ak sú dostupné pozorovania nového objektu aspoň z dvoch nocí, sú poslané do Centra pre malé planéty (Minor Planet Center, čo je nezisková organizácia, pôsobiaca pri Smithsonianskom astrofyzikálnom observatóriu pod záštitou 20. komisie Medzinárodnej astronomickej únie IAU), kde sa objektu pridelí dočasné označenie. Medzi dočasným a trvalým označením prebieha ešte identifikácia s ostatnými objektami. Až po ďalších pozorovaniach, po štyroch a viac opozíciách dostáva trvalé označenie – číslo a meno. Výhradné právo navrhnúť meno pre daný asteroid má jej objaviteľ. Objaviteľ k návrhu mena priloží aj krátku citáciu v angličtine, v ktorej vysvetlí dôvody pomenovania. Mená sú schvaľované 13-člennou komisiou pre pomenovávanie malých planét v slnečnej sústave (Committee for Small-Body Nomenclature) pri Medzinárodnej astronomickej únii (International Astronomical Union, IAU), pozostávajúcej z profesionálnych astronómov zaoberajúcich sa výskumom asteroidov a komét.

Navrhované meno asteroidu musí spĺňať nasledujúce podmienky:

- dĺžka maximálne 16 znakov (vrátane medzier a interpunkcie),
- preferované sú jednoslovné pomenovania (výnimku tvoria geografické názvy),
- musí byť vysloviteľné (v niektorom jazyku),
- nesmie byť urážajúce,
- nesmie byť príliš podobné už existujúcemu pomenovaniu iného asteroidu alebo mesiaca,
- mená domácich zvierat sú neprípustné,
- mená osôb známych z ich vojenských a politických aktivít sú akceptovateľné až po 100 rokoch od ich smrti, rovnako sa to týka aj vojensko-politických udalostí.

Schválené mená sa stávajú oficiálnymi až po ich publikovaní s príslušnou citáciou v cirkulároch Centra pre malé planéty (MPC).
Príklad citácie:

(5231) Verne = 1988 JV

Discovered 1988 May 9 by C. S. Shoemaker, E. M. Shoemaker and H. E. Holt at Palomar.

Named for Jules Verne (1828-1905), French novelist and playwright. One of the founding fathers of modern science fiction, he was also the author of numerous works of mainstream adventure fiction. His best-known tales include *From the Earth to the Moon* (1865), *Twenty Thousand Leagues under the Sea* (1870) and *Around the World in Eighty Days* (1873). The discoverers are great fans of Verne's work, as is M. M. Dworetsky, who suggested the name and prepared the citation.

(Všimnite si, že(5231) Verne je trvalé označenie a 1988 JV je dočasné)

Číslo	Meno	Dátum objavu	Objaviteľ	Observatórium	Označenie
999	Zachia	1923 08 09	K. Reinmuth	Heidelberg	1923 NW
1259	Ógyalla	1933 01 29	K. Reinmuth	Heidelberg	1933 BT
1445	Konkolya	1938 01 06	G. Kulin	Konkoly	1938 AF
1807	Slovakia	1971 08 20	M. Antal	Skalnaté Pleso	1971 QA
1849	Kresák	1942 01 14	K. Reinmuth	Heidelberg	1942 AB
1849	Kresák	1942 01 14	K. Reinmuth	Heidelberg	1942 AB
1963	Bezovec	1975 02 09	L. Kohoutek	Bergedorf	1975 CB
1989	Tatry	1955 03 20	A. Paroubek	Skalnaté Pleso	1955 FG
2315	Czechoslovakia	1980 02 19	Z. Vávrová	Kleť	1980 DZ
2522	Triglav	1980 08 06	Z. Vávrová	Kleť	1980 PP
2619	Skalnaté Pleso	1979 06 25	E. F. Helin, S. J. Bus	Siding Spring	1979 MZ3
3003	Konček	1983 12 28	A. Mrkos	Kleť	1983 YH
3017	Petrovič	1981 10 25	A. Mrkos	Kleť	1981 UL
3168	Lomnický Štít	1980 12 01	A. Mrkos	Kleť	1980 XM
3393	Štúr	1984 11 28	M. Antal	Piszkéstető	1984 WY1
3571	Milanštefánik	1982 03 15	A. Mrkos	Kleť	1982 EJ
3636	Pajdušáková	1982 10 17	A. Mrkos	Kleť	1982 UJ2
3645	Fabini	1981 08 28	A. Mrkos	Kleť	1981 QZ
3715	Štohl	1980 02 19	A. Mrkos	Kleť	1980 DS
3716	Petzval	1980 10 02	A. Mrkos	Kleť	1980 TG
3727	Maxhell	1981 08 07	A. Mrkos	Kleť	1981 PQ
3730	Hurban	1983 12 04	M. Antal	Piszkéstető	1983 XM1
3980	Hviezdoslav	1983 12 04	A. Mrkos	Kleť	1983 XU
3981	Stodola	1984 01 26	A. Mrkos	Kleť	1984 BL
4018	Bratislava	1980 12 30	A. Mrkos	Kleť	1980 YM
4567	Bečvář	1982 09 17	M. Mahrová	Kleť	1982 SO1
4573	Piešťany	1986 10 05	M. Antal	Piwnice	1986 TP6
4781	Sládkovič	1980 10 03	Z. Vávrová	Kleť	1980 TP
5768	Pittich	1986 10 04	E. Bowell	Anderson Mesa	1986 TN1
6311	Porubčan	1990 09 15	H. E. Holt	Palomar	1990 RQ2
6717	Antal	1990 10 10	F. Borngen, L. D. Schmadel	Tautenburg	1990 TU10
9543	Nitra	1983 12 04	M. Antal	Piszkéstető	1983 XN1
9821	Gitakresáková	1971 03 26	C. J. van Houten, I. van Houten-Groeneveld, T. Gehrels	Palomar	4033 T-1
9822	Hajduková	1971 03 26	C. J. van Houten, I. van Houten-Groeneveld, T. Gehrels	Palomar	4114 T-1
9823	Annantalová	1971 03 26	C. J. van Houten, I. van Houten-Groeneveld, T. Gehrels	Palomar	4271 T-1
10207	Comeniana	1997 08 16	L. Kornoš, P. Kolény	Modra	1997 QA

10293	Pribina	1986 10 05	M. Antal	Piwnice	1986 TU6
11014	Svätopluk	1982 08 23	M. Antal	Piszkéstető	1982 QY1
11118	Modra	1996 08 09	A. Galád, D. Kalmančok	Modra	1996 PK
11614	Istropolitana	1996 01 14	A. Galád, A. Pravda	Modra	1996 AD2
11636	Pezinok	1996 12 27	A. Galád, A. Pravda	Modra	1996 YH1
11657	Antonhajduk	1997 03 05	A. Galád, A. Pravda	Modra	1997 EN7
12482	Pajka	1997 03 23	A. Galád, A. Pravda	Modra	1997 FG1
13121	Tisza	1994 02 07	E. W. Elst	La Silla	1994 CN9
13154	Petermrva	1995 09 07	A. Galád, A. Pravda	Modra	1995 RC
13370	Júliusbreza	1998 11 07	P. Kolény, L. Kornoš	Modra	1998 VF
13916	Bernolák	1982 08 23	M. Antal	Piszkéstető	1982 QA2
14040	Andrejka	1995 08 23	A. Galád, A. Pravda	Modra	1995 QD2
14098	Šimek	1997 08 24	A. Galád, A. Pravda	Modra	1997 QS
14509	Lučenec	1996 03 09	A. Galád, A. Pravda	Modra	1996 ER2
14968	Kubáček	1997 08 23	A. Galád, A. Pravda	Modra	1997 QG
15053	Bochníček	1998 12 17	P. Pravec, U. Babiaková	Ondřejov	1998 YY2
15376	Marták	1997 02 01	P. Kolény, L. Kornoš	Modra	1997 CT1
15860	Siráň	1996 04 20	A. Galád, D. Kalmančok	Modra	1996 HO
15897	Beňačková	1997 08 10	P. Pravec	Ondřejov	1997 PD3
15946	Satinský	1998 01 08	A. Galád, A. Pravda	Modra	1998 AP7
16435	Fándly	1988 11 07	M. Antal	Piwnice	1988 VE7
16869	Košinár	1998 01 10	A. Galád, A. Pravda	Modra	1998 AV8
18182	Wiener	2000 08 27	P. Pravec, P. Kušnirák	Ondřejov	2000 QC35
19955	Hollý	1984 11 28	M. Antal	Piszkéstető	1984 WZ1
20187	Janapittichová	1997 01 14	M. Tichý	Kleť	1997 AN17
20495	Rimavská Sobota	1999 08 15	P. Pravec, P. Kušnirák	Ondřejov	1999 PW4
20991	Jánkollár	1984 11 28	M. Antal	Piszkéstető	1984 WX1
21802	Svoreň	1999 10 06	L. Kornoš, J. Tóth	Modra	1999 TE6
22185	Štiavnica	2000 12 29	P. Kušnirák, U. Babiaková	Ondřejov	2000 YV28
22558	Mladen	1998 04 22	P. Kolény, L. Kornoš	Modra	1998 HH3
22644	Matejbel	1998 07 27	P. Pravec, U. Babiaková	Ondřejov	1998 OZ4
22901	Ivanbella	1999 10 12	P. Kušnirák, P. Pravec	Ondřejov	1999 TY15
23444	Kukučín	1986 10 05	M. Antal	Piwnice	1986 TV6
24194	Paľuš	1999 12 08	A. Galád, D. Kalmančok	Modra	1999 XU35
24260	Kriváň	1999 12 13	P. Kušnirák	Ondřejov	1999 XW127
24862	Hromec	1996 02 27	P. Kolény, L. Kornoš	Modra	1996 DC3
24974	Macúch	1998 04 21	P. Kolény, L. Kornoš	Modra	1998 HG3
25384	Partizánske	1999 10 18	P. Kušnirák	Ondřejov	1999 UW1
25778	Csere	2000 02 04	P. Kušnirák	Ondřejov	2000 CQ34
25864	Banič	2000 04 08	P. Kušnirák	Ondřejov	2000 GR82
26376	Roborosa	1999 03 11	P. Pravec	Ondřejov	1999 EB3
26390	Rušin	1999 10 19	P. Kušnirák	Ondřejov	1999 UX2
26401	Sobotište	1999 11 19	P. Kušnirák	Ondřejov	1999 WX
26639	Murgaš	2000 05 05	P. Kušnirák	Ondřejov	2000 JB7
26640	Bahýľ	2000 05 09	P. Kušnirák	Ondřejov	2000 JV10
26661	Kempelen	2000 11 27	P. Kušnirák	Ondřejov	2000 WY67
26963	Palorapavý	1997 08 13	P. Pravec	Ondřejov	1997 PM4
27525	Vartovka	2000 04 29	P. Pravec, P. Kušnirák	Ondřejov	2000 HZ34
28019	Warchal	1998 01 14	L. Šarounová	Ondřejov	1998 AW8
28878	Segner	2000 05 26	P. Kušnirák	Ondřejov	2000 KL41
29456	Evakrchová	1997 09 24	L. Šarounová	Ondřejov	1997 SN2
29650	Toldy	1998 11 23	A. Galád, P. Kolény	Modra	1998 WR6
29824	Kalmančok	1999 02 23	L. Kornoš, J. Tóth	Modra	1999 DU3
30252	Textorisová	2000 04 30	P. Kušnirák	Ondřejov	2000 HE24
32294	Zajonc	2000 08 26	P. Kušnirák, P. Pravec	Ondřejov	2000 QN9

42849	Podjavorinská	1999 09 15	A. Galád, P. Kolény	Modra	1999 RK44
48171	Juza	2001 04 23	P. Pravec, P. Kušnirák	Ondřejov	2001 HZ15
51895	Biblialexa	2001 08 19	P. Pravec, P. Kušnirák	Ondřejov	2001 QX33
53910	Jánfischer	2000 04 06	L. Kornoš, D. Kalmančok	Modra	2000 GF4
59419	Prešov	1999 04 09	L. Kornoš, Š. Gajdoš	Modra	1999 GE2

Tabuľka 3: Zoznam asteroidov, ktoré majú súvis so Slovenskom.

Vesmírne misie k asteroidom

Hoci pozemské pozorovania asteroidov majú veľkú hodnotu, nevedia presne zodpovedať otázky súvisiace so zložením, štruktúrou a povrchovými procesmi. Tu sa musíme spoliehať na vesmírne misie, ktoré svojimi preletmi, stretnutiami alebo dokonca zberom vzoriek poskytnú neoceniteľné detaily. V nasledujúcom zozname sú všetky misie, ktoré priamo alebo nepriamo skúmali niektoré asteroidy.

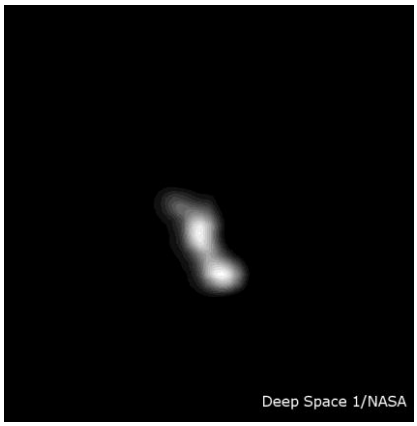
1. **Galileo** – misia skúmajúca Jupiter a jeho mesiace
   - (*951*) *Gaspra*
     - 29. októbra 1991 prelet vo vzdialenosti 1600 km, taxonomická trieda S, veľkosť 18,2 × 10,5 × 8,9 km
   - (*243*) *Ida*
     - 28. augusta 1993 prelet vo vzdialenosti 2391 km, taxonomická trieda S, veľkosť 56 × 24 × 21 km, objav aj malého mesiačika Dactyl s veľkosťou 1,6 × 1,4 × 1,2 km

Obrázok 13: Vľavo asteroid Gaspra, vpravo Ida s mesiačikom Dactyl.

2. **NEAR Shoemaker** – misia priamo zameraná na štúdium asteroidu Eros
   - (*253*) *Mathilde*
     - 27. júna 1997 prelet vo vzdialenosti 1212 km, taxonomická trieda C, veľkosť 60 km
   - (*433*) *Eros*
     - 23. decembra 1999 prílet k asteroidu, zosadnutie na povrch 12. februára 2001, taxonomická trieda S, veľkosť 33 × 13 × 13 km

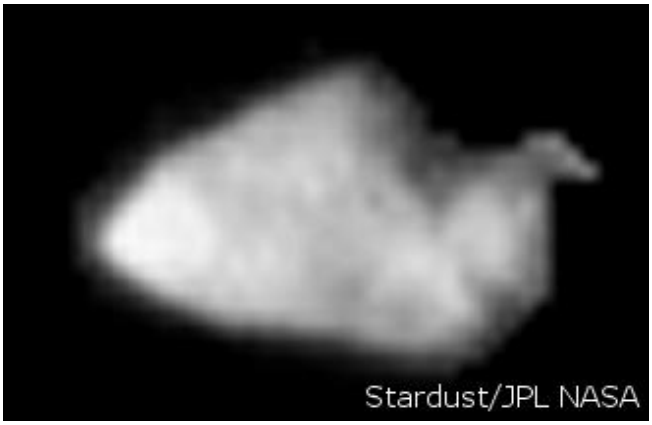
Obrázok 14: Vľavo asteroid Mathilde, vpravo Eros.

3. **Deep Space 1** – snímky kométy 19P/Borrelly
   - (*9986*) *Braille*
     - 29. júla 1999 prelet vo vzdialenosti 13500 km, taxonomická trieda V, veľkosť 2,1 × 1 × 1 km



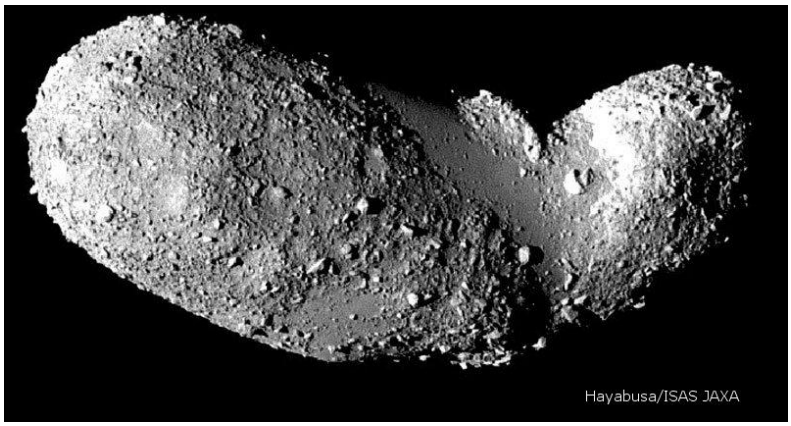
Obrázok 15: Asteroid Braille.

4. **Stardust** – cieľom misie bolo priniesť vzorky z komy kométy Wild 2 a ďalšieho prachu medzihviezdneho a medziplanetárneho pôvodu
   - (*5535*) *Annefrank*
     - 2. novembra 2002 prelet vo vzdialenosti 3100 km, taxonomická trieda S, veľkosť 6,6 × 5,0 × 3,4 km



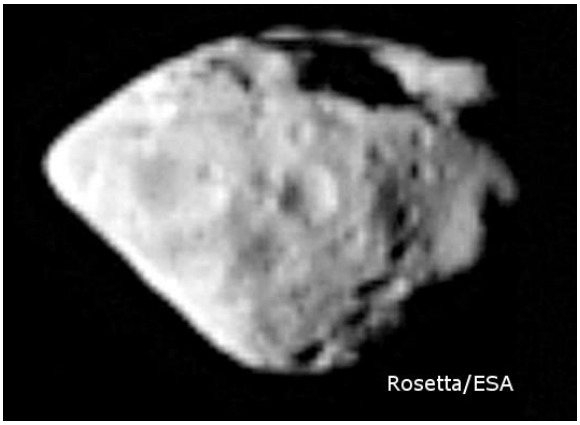
Obrázok 16: Asteroid Annefrank.

5. **Hayabusa** – priame štúdium asteroidu spojené s odberom vzoriek
   - (*25143*) *Itokawa*
     - prílet 12. novembra 2005, taxonomická trieda S, veľkosť 540 × 180 m



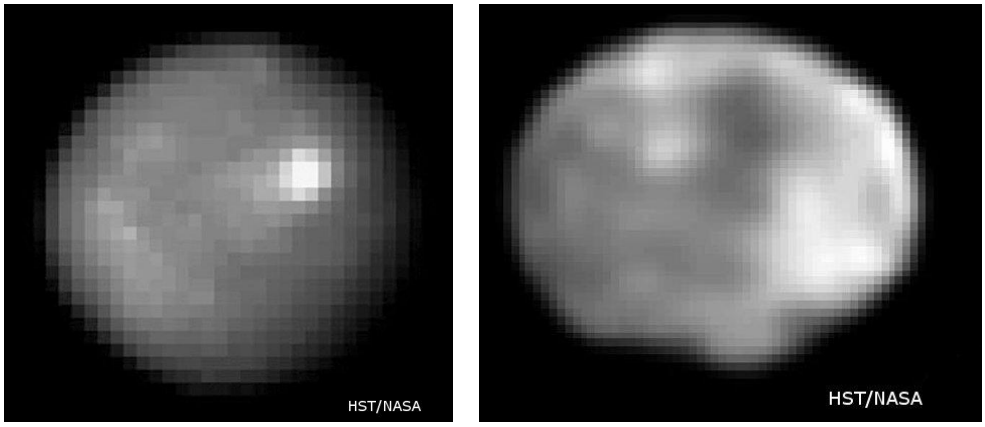
Obrázok 17: Asteroid Itokawa.

6. **Rosetta** – výskum kométy 67P/Churyumov-Gerasimenko
   - (*2867*) *Steins*
     - 5. septembra 2008 prelet vo vzdialenosti 800 km, taxonomická trieda E, veľkosť 4,6 km
   - (*21*) *Lutetia*
     - 10. júla 2010 prelet vo vzdialenosti asi 3000 km, taxonomická trieda C, veľkosť 95 km



Obrázok 18: Asteroid Steins.

7. **Dawn** – misia určená na výskum dvoch najväčších objektov hlavného pásu
   - (*1*) *Ceres*
     - február 2015 prílet k Cerese
   - (*4*) *Vesta*
     - september 2011 prílet k Veste



Obrázok 2: Vľavo asteroid Ceres, vpravo Vesta.

8. **New Horizons** – misia určená na štúdium trpasličej planéty Pluto a jej troch mesiacov
   - predpokladá sa, že k Plutu by mala doraziť v roku 2015 a po ceste by mala preletieť aspoň okolo jedného objektu za dráhou Neptúna.

Záver

Aj keď sa vo výskume asteroidov za posledné desaťročia uskutočnili významné kroky, pochopenie ich evolúcie a existencie nie je jednoduché. Najmä blízkozemské asteroidy skrývajú v sebe veľký potenciál pre vedu. No nielen pre vedu, ale aj pre bežný život ľudí. I keď sa to možno nezdá, stále sú tou najväčšou hrozbou pre existenciu ľudstva a akéhokoľvek života na Zemi. A možno niekedy v budúcnosti sa stanú bohatým zdrojom nerastných súrovín a odrazovým mostíkom pri spoznávaní vesmíru.