

Astronomický proseminář II

Malá tělesa Sluneční soustavy

malá tělesa Sluneční soustavy

planetky

- Mezi dráhou Marsu a Jupitera se nachází hlavní pás planetek. Planetek se známou dráhou je již více než 700 000, ale jejich skutečný počet se odhaduje na cca 1 milion. Planetky nejsou úlomky nějaké rozpadlé planety, ale jsou zřejmě složeny z původního materiálu, ze kterého se formovala Sluneční soustava.

komety

- Asi nejnáročněji lze popsat kometární jádro jako „špinavou sněhovou kouli“, která se pohybuje sluneční soustavou po velmi protáhlé dráze. V řadě případů se jedná o dráhu parabolickou. Pokud se kometa přiblíží ke Slunci, těkavé látky se uvolní a vytvoří velmi rozsáhlý, ale řídký ohon. Zásobárnou komet je tzv. Oortův oblak, kulově symetrická oblast ve vzdálenosti 0,5 až 1,0 světelného roku od Slunce. Tam se nachází pravděpodobně asi bilion kometárních jader. Jen některá z nich se důsledkem gravitační poruchy vydají na velmi dlouhou pouť do centrálních oblastí Sluneční soustavy.

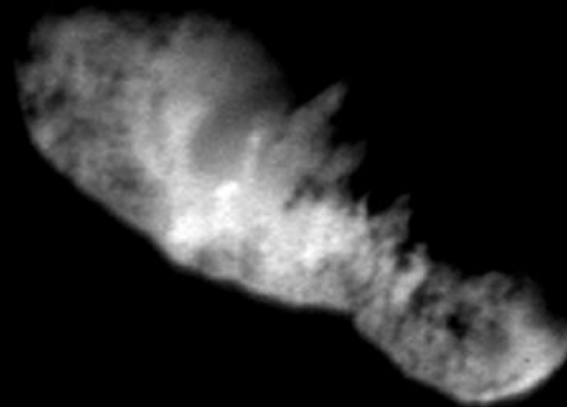
další meziplanetární hmota

- Sluneční soustavou se pohybuje také velké množství balvanů, úlomků a prachových částic. Pokud se Země s takovými tělísky srazí, můžeme pozorovat jev zvaný meteor. Většinou se tělísko průletem atmosférou natolik zahřeje, že se zcela vypaří. Pokud se jedná o několikátunový balvan, pak zbytek – meteorit – dopadá na povrch.

planetka Gaspra



jádro komety Borrelly



planetky

Historie

- ▣ V 18. století formuloval Johannes Daniel Tietz, zvaný Titius, empirický vzorec pro vzdálenost planet od Slunce:

- ▣ $a = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n$

Srovnání:

	podle Titia	<u>n</u>	skutečnost
□ Merkur	0,4	-	0,39
□ Venuše	0,7	0	0,72
Země	1,0	1	1,00
Mars	1,6	2	1,52
-	2,8	3	-
Jupiter	5,2	4	5,20
Saturn	10,0	5	9,54
Uran	19,6	6	19,20

Nová "malá planeta" - Ceres, nezůstala dlouho osamocená, půjde o novou třídu těles SS nazvanou planetky nebo asteroidy.

Většina dosud objevených planetek se skutečně nachází v „**hlavním pásu planetek**“, který je dán následným rozpětím dráhových elementů:

a 2,1 - 3,3 au

e 0,0 - 0,35

i 0° - 30°

perihelová vzdálenost 1,6 - 3,3 au

afelová vzdálenost 2,1 - 4,0 au

Velikosti planetek:

20 největších (nejistoty řádově ± 10 km):

název	průměr
(1) Ceres:	913 km
(2) Pallas	523 km
(4) Vesta	501 km
(10) Hygiea	429 km
(511) Davida	337 km
(704) Interamnia	333 km
(52) Europa	312 km
(15) Eunomia	272 km
(87) Sylvia	271 km
(16) Psyche	264 km
(31) Euphrosyne	248 km
(65) Cybele	245 km
(3) Juno	244 km
(324) Bamberga	242 km
(107) Camilla	237 km
(532) Herculina	231 km
(451) Patientia	230 km
(48) Doris	225 km
(29) Amphitrite	219 km
(121) Hermione	217 km

Hustoty planetek

(1) Ceres 2,7 g/cm³

(2) Pallas 2,6 g/cm³

(4) Vesta 3,1 g/cm³

(10) Hygiea 2,0 g/cm³

(243) Ida 2,6 g/cm³

Země 5,5 g/cm³

Mars 3,9 g/cm³

Tvary planetek

- ▣ Největší planetky mají přibližně kulový tvar, pod cca 200 km v průměru jsou tvary často nepravidelné.
- ▣ Závisí na poměru gravitační síly a vnitřní soudržnosti materiálu. Část asteroidů jsou dvojitě systémy nebo mohou mít drobné satelity.
- ▣ Prokázáno:
 - (4769) Castalia je dvojitá planetka,
 - (243) Ida má malý satelit
 - (45) Eugenia, (243) Ida, (3671) Dionysus,

Povrchové charakteristiky planetek

- Kráterovaný povrch, na něm malými dopady formovaný regolit. U velkých planetek podezření na výskyt kondenzovaných těkavých látek u pólů a ve sníženinách.
- Malé planetky - mohou obsahovat těkavé látky těsně pod povrchem a být tak vlastně neaktivními kometami. Barva povrchu je ve viditelném světle většinou načervenalá nebo neutrální (šedá), v závislosti na typu planetky, zejména na jejím složení a zřejmě i stáří.
- Albedo - nejtmaší mají albedo až 0,02, nejsvětější přes 0,4

Složení planetek

- C typ - křemičitanové: hydratované silikáty s příměsí uhlíku nebo organických sloučenin
- D a P typ - křemičitany bohaté na příměsi uhlíku či org. sloučenin, možný výskyt zmrzlé vody
- S typ - křemičitanoželezné: olivín + pyroxen + NiFe

- M typ - železné: NiFe s možnými inkluzemi křemičitanů a enstatitu
- E typ - enstatit, pyroxen nebo jiné nekovové křemičitany
- A typ – olivín
- V a R typ - pyroxen + olivín + možné příměsi

Rotace a teploty planetek

- Rotační periody planetek jsou od 2,5 hodiny do téměř 20 dnů.
- Typická planetka: 1 otočka za 10 hodin.
- Teplota povrchu - závisí na vzdálenosti od Slunce, ale také na orientaci rotační osy, rychlosti rotace, tepelných vlastnostech povrchu.

Vznik a vývoj planetek

- Pravděpodobná hypotéza vzniku planetek a jejich hlavního pásu:
- 1) Na začátku protosolární mlhovina, jejíž hustota se plynule mění s rostoucí vzdáleností od protoslunce.
- 2) Kondenzují a rostou planetesimály, a to jak ve dráhách současných velkých planet, tak i v oblasti hlavního pásu.
- 3) Jupiter, Saturn atd. roste rychleji, než se akumulují (spojují) planetesimály mezi Marsem a Jupiterem.
- 4) Dříve dorostlé velké planety svým gravitačním působením zvětší vzájemnou rychlost již narostlých asteroidů (byly větší, než jsou ty dnešní) a zabrání tím jejich dalšímu nedestruktivnímu spojování do větších těles.
- 5) Planetky získávají průměrnou relativní rychlost vůči sobě kolem 5 km/s. Občasné srážky jsou již katastrofické a dochází při nich k rozbíjení planetek. Kolizní vývoj planetkové populace - od větších k menším tělesům.

- ▣ První čtyři fáze vývoje proběhly za dobu přibližně jednoho milionu roků.
- ▣ Pátá fáze trvá dodnes, tj. cca 4,5 miliardy let.
- ▣ Nejrychlejší byl její průběh na začátku, nyní již je množství planetek v hlavním pásu podstatně nižší a kolizní vývoj je mnohem pomalejší.

„Geologický“ vývoj větších planetek

- Srážky planetek, ale i zahřívání vlastní gravitací i vnitřní radioaktivitou vedlo ke změně složení a stavby planetek.
- Zahřívání radionuklidy s dlouhými poločasy rozpadu:
 ^{40}K , ^{232}Th , ^{235}U , ^{238}U

Skupiny planetek a jejich vznik

- Dynamické skupiny
- Dynamické skupiny většinou vznikly působením gravitačních poruch velkých planet na některé planetky. Ve směru zvětšující se vzdálenosti od Slunce to jsou:
 - - skupina Apollo-Amor-Aten - dráhy v okolí Země
 - - skupina Hungaria - blízko za drahou Marsu, izolovaná skupina s velkými sklony (16° až 34°), malé a střední excentricity (do 0.18).
 - skupina Mars-Crossers - kříží dráhu Marsu

- - skupina Phocaea - ve vnitřní části hlavního pásu izolovaná skupina planetek s vysokými sklony (18° až 32°) a malými excentricitami (do 0.10).
- - skupina Cybele - těsně vně hlavního pásu
- - skupina Hilda - kolem rezonance 3:2 s Jupiterem (velká poloosa kolem 4.0 au)
- - skupina Trojanů - v rezonanci 1:1 s Jupiterem (velká poloosa kolem 5.2 au), librační body L_4 a L_5
- - skupina Kentaurů - za drahou Jupitera
- - skupina transneptunických těles - vně planetární soustavy

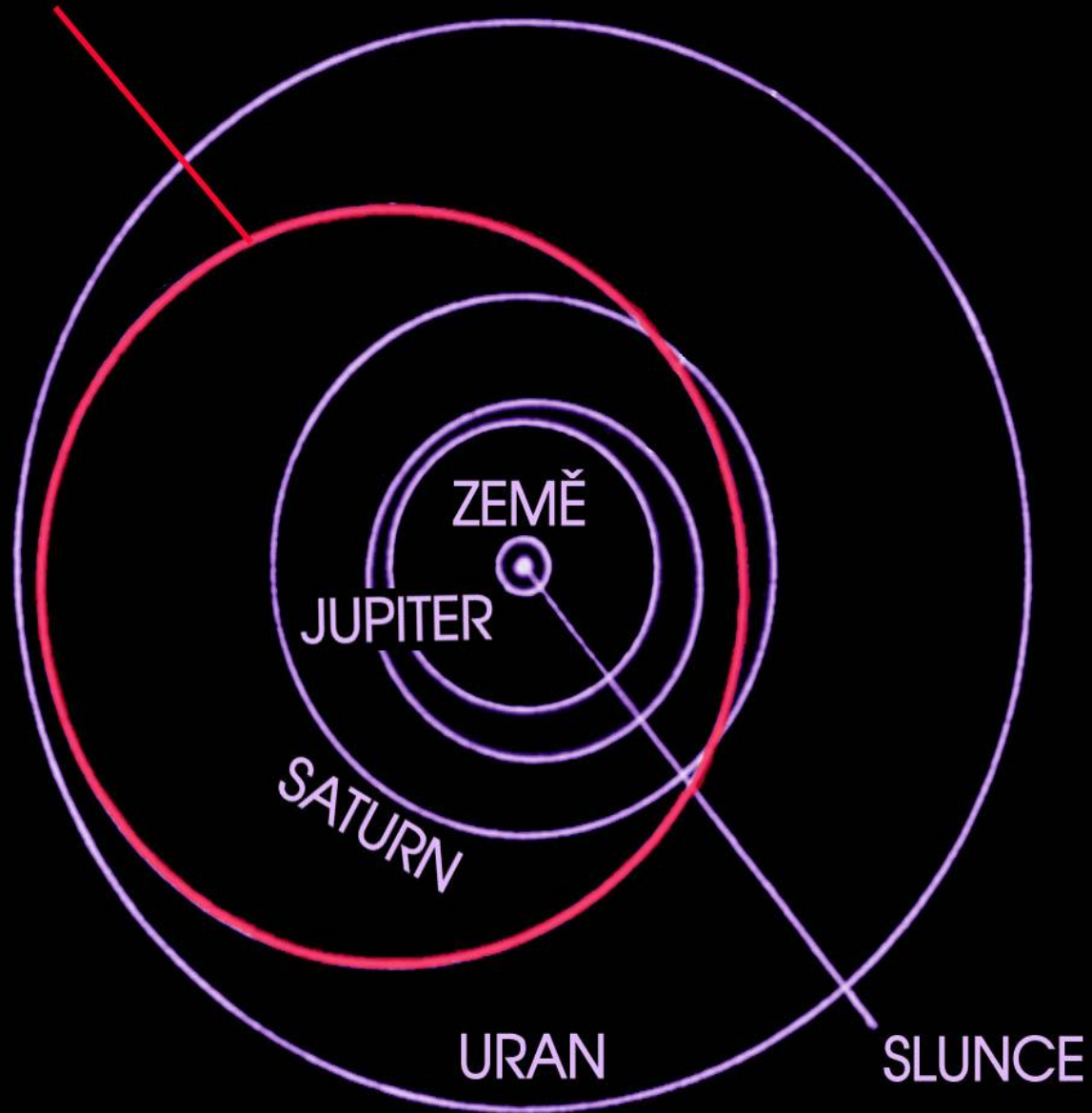
Kolizní rodiny a zóny

- Kolizní rodiny a zóny jsou produktem srážek planetek.
- rodina Flora - nevnitřnější část hlavního pásu (velká poloosa kolem 2,2 au, sklony do 11°)
- rodina Nysa - vnitřnější střed hlavního pásu (asi 2.45 au), velmi malé sklony (do 4.5°)
- zóna Pallas - střed hlavního pásu (kolem 2.7 au), vysoké sklony (33° až 38°)
- zóna Koronis - uprostřed vnější části hlavního pásu (kolem 2.85 au), malé sklony (do 3.5° , e do 0.11)
- zóna Eos - vnější část hlavního pásu (kolem 3.0 au), střední sklony (mezi 8° a 12° excentricity do 0.13)
- zóna Themis - vnější okraj hlavního pásu (kolem 3.15 au), malé sklony (do 3°), excentricity (0.09 až 0.22).

Vztah mezi planetkami a kometami

- Komety vznikly z planetesimál z oblasti kolem Uranu a Neptunu. Liší se tedy složením - voda, těžké látky.
- Ale mezi známými planetkami je velmi pravděpodobně i jistý podíl neaktivních komet. Na jejich přítomnost lze usuzovat podle nepřímých důkazů - kometární charakter drah některých planetek (3552 Don Quixote), proudy meteoroidů poblíž jejich drah (Geminidy kolem dráhy planetky 3200 Phaethon).
- Skupiny, mezi nimiž by se neaktivní komety mohly nacházet, jsou zejména Apollo-Amor-Aten, Mars-Crossers, Trojané, Kentaurové a transneptunické objekty.

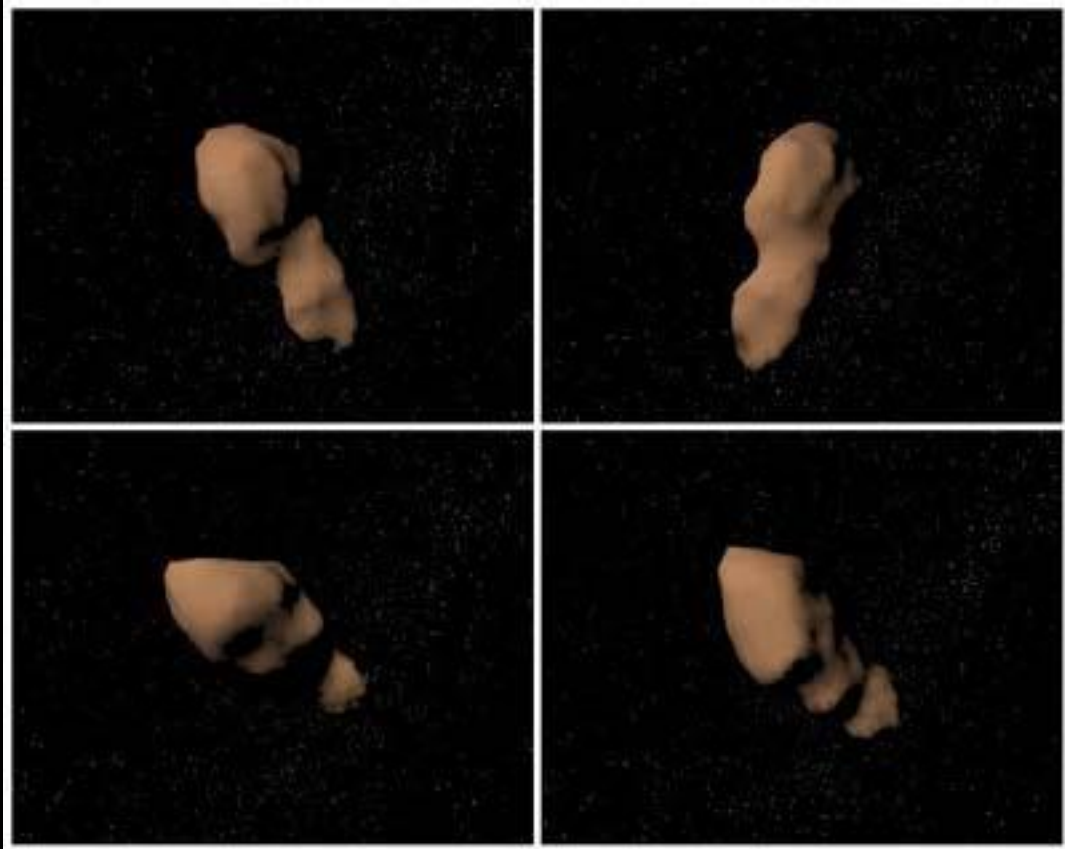
dráha planety Chiron





Srážky planetek s planetami

- Nebezpečí od těles na dráhách křížících dráhy planet.
- Hrubý odhad frekvence dopadů na Zemi:
těleso o průměru
 - 0.1 km asi 1x za 500 let
 - 1 km 100 000 let
 - 10 km řádově 10^6 let
- je to velmi častý prvek „astropolitiky“



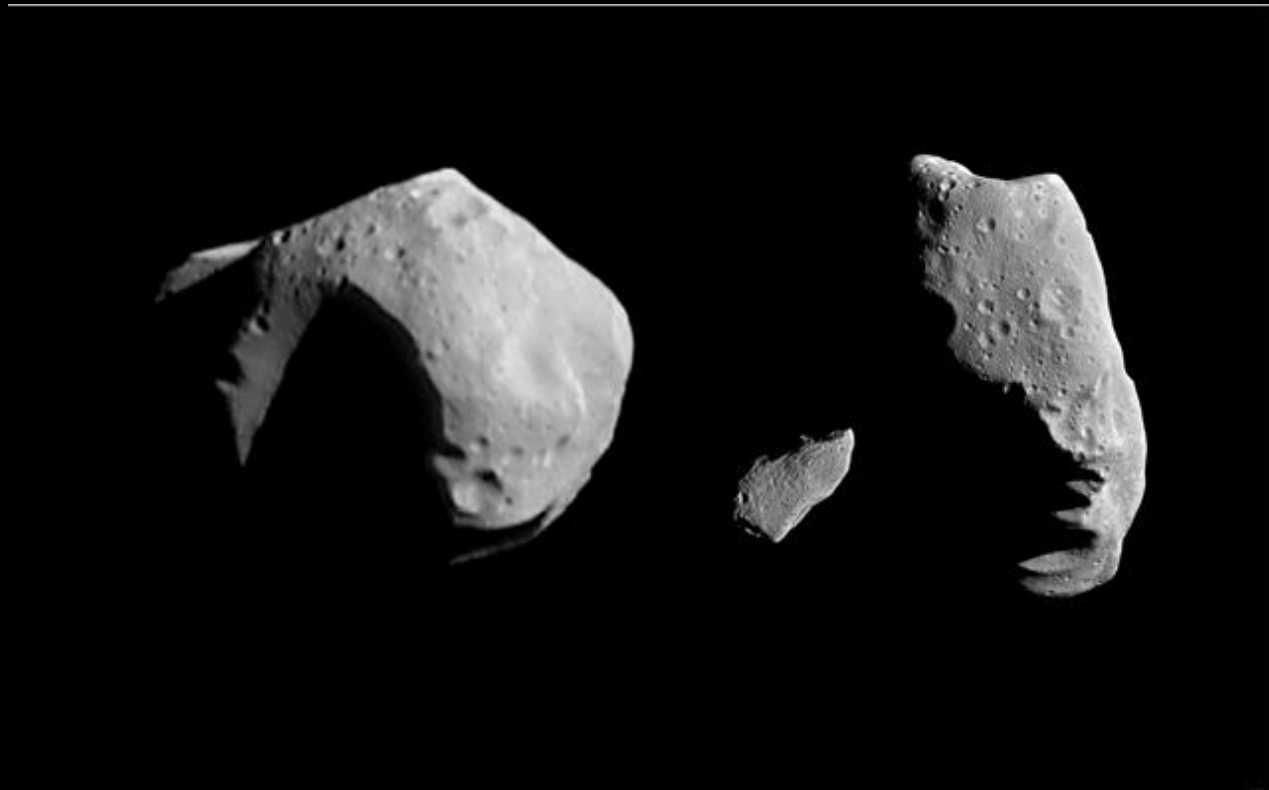
Zajímavosti

- (4769) Castalia je dvojitá
- (243) Ida má satelit Dactyl (sonda Galileo),
- (532) Herculina snad také má satelit
- (4179) pozoruhodná Toutatis (převalování)
- (2060) Chiron - kometární aktivita
- (951) Gaspra - povrchové útvary (sonda Galileo) - kráter Carlsbad
- http://nssdc.gsfc.nasa.gov/photo_gallery/photogallery-asteroids.html
- <http://photojournal.jpl.nasa.gov/mission/Dawn?subselect=Target:Ceres>
- https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_minor_planets_and_comets_visited_by_spacecraft





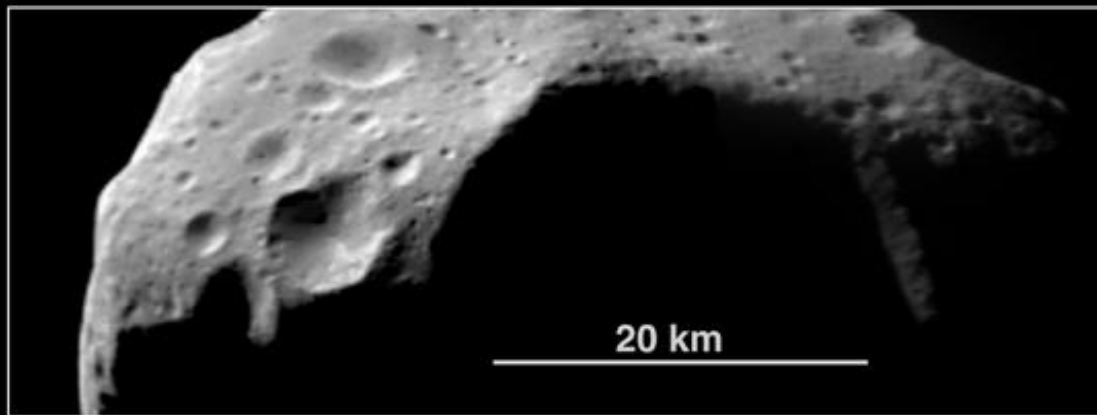




Mathilde

Gaspra

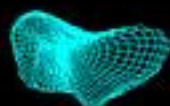
Ida





NEAR Eros Images (23 Dec 1998) and Shape Model

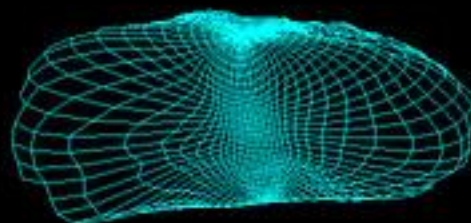
11:14 EST



12:31 EST



13:45 EST



Od Rakouska-Uherska až po ČR

- ▣ Názvosloví planetek
- ▣ v první fázi tzv. "klasická" jména (Řecko, Řím, latina, mytologie) + snaha o vytváření zvláštních znaků
 - neudržitelné už při 30 známých planetkách
- ▣ číslování v závorce před jménem (1) Ceres

- vzniká nutnost předběžného označení
 (letopočet) A....Z, AA,ZZ
 pak letopočet 1.-15.1. A + A,Z, A₁....Z₁ atd.
 16.-31.1. B
 atd.

- o přidělení definitivního čísla rozhodne Minor Planet Center většinou po 2 opozicích,

- jméno se dnes dává jako doplněk, MPC jej akceptuje, je-li jednoslovné, má méně než 16 znaků, není podobné předchozím,

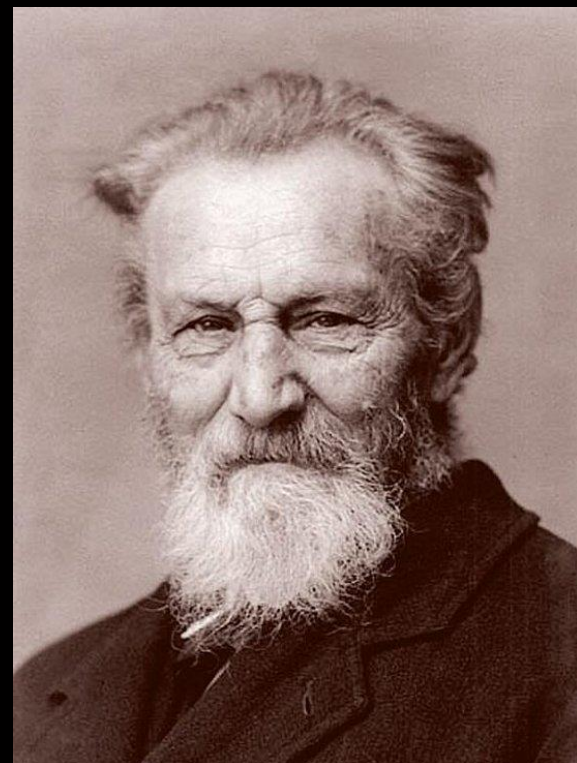
- dřívější konvence:
 jen ženská jména nebo např. čtyřpísmenný název, jestliže má planetka nějaké zvláštnosti - byly odbourány

Pozorování z našeho území nebo astronomy spojenými nějak s naším územím

1. Johann Palisa
2. epizodní etapa věd. práce E. Buchara
3. Luboš Kohoutek v Hamburku
4. Skalnaté Pleso
5. Klet'
6. Ondřejov

Johann Palisa (1848 – 1925)

- ▣ narozen 1848 v Opavě, 1. objev v Pule většinu však ve Vídni
- ▣ Poznámka na okraj: zakladatel Ebicyklu

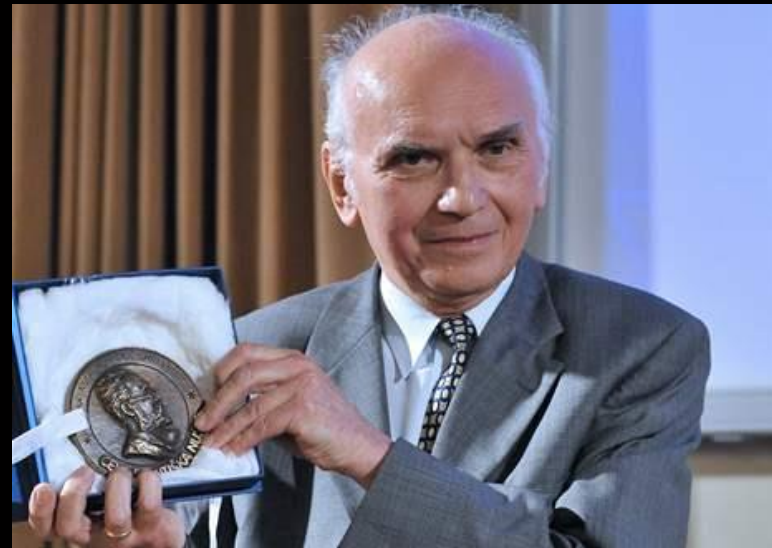


Emil Buchar (1901 – 1979)

- ▣ Emil Buchar objevuje v r. 1925
1. československou planetku
- ▣ dostává jméno (1055) Tynka na počest
objevitelovy matky

Luboš Kohoutek

- ▣ práce Luboše Kohoutka
- ▣ celkem 51 planetek, paradoxně jako vedlejší produkt při hledání zbytků komety Biala



Milan Antal (1935 – 1999)

- ▣ celkem 6 planetek
- ▣ na Skalnatém Plese a později v Maďarsku, v letech 1971 - 1986

Observatoř Klet'

- celkový počet 387 planetek s definit. číslem

- Historie:
 - 1968 - uveden do provozu Cassegrain 1020/3950 + Maksutovova komora 400/500/1030 mm
 - 1. pozorovaná planetka - (1566) Icarus
 - 1. nová planetka - říjen 1977 novou Maksutovovou komorou 630/850/1870, dostala předběžné označení 1977 UA
 - 1. planetka s def. číslem (přiděleno v r. 1980)
(2199) Klet', objevená 6. 6. 1978

- současnost – KLENOT
http://www.hvezdarnacb.cz/3/84/klenot_telescope

- Způsob hledání - na dvojexpozicích vybraných polí hvězdné oblohy pořízených světelnou fot. kamerou. Druhý snímek je posunut v deklinaci o přesně stanovenou hodnotu.
- Na programu se podíleli a podílejí: Brožek, Květoň, Mahrová, Moravec, Mrkos, Petrovičová, Tichá, Tichý, Vávrová.
- mezi nově objevenými je jen malý počet zvláštních planetek: několik „křížičů“ dráhy Země, Trojanů a z rodiny Hilda, nejsou na jejich objevování zaměřeni

AV ČR, observatoř Ondřejov

- Zaměření na fotometrii objektů NEAs, možno odvodit nejen rotační periodu, ale i precesi
- dvojité planetky, z 8 známých se podíleli na 6 objevech
- 1. planetku objevili v roce 1994, dnes je to několik set, mnoho jich již má definitivní číslo (Ondřejov, Dominikhasek, atp.)
- <http://www.asu.cas.cz/~ppravec/neo.htm>

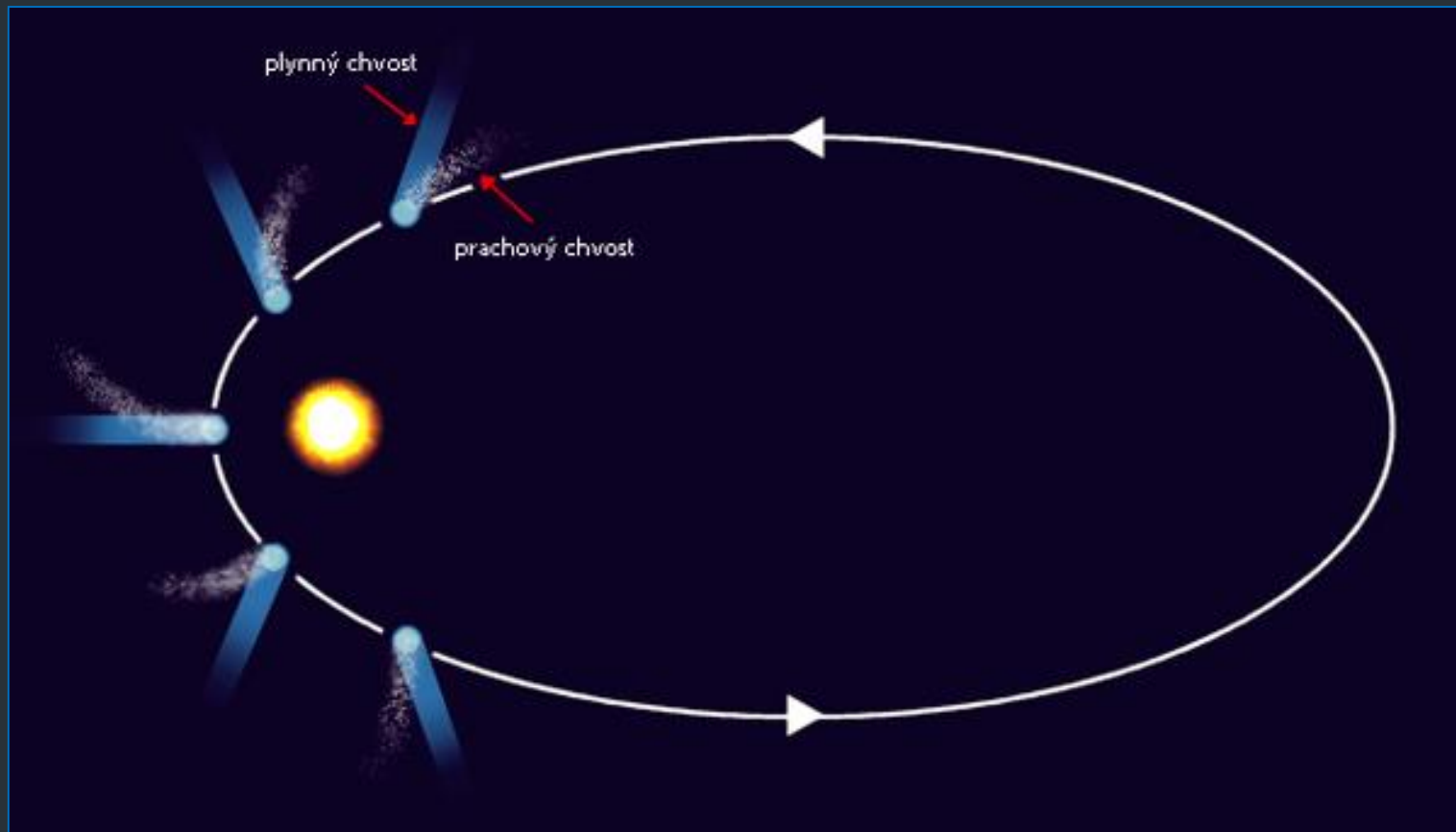
kometry

Definice

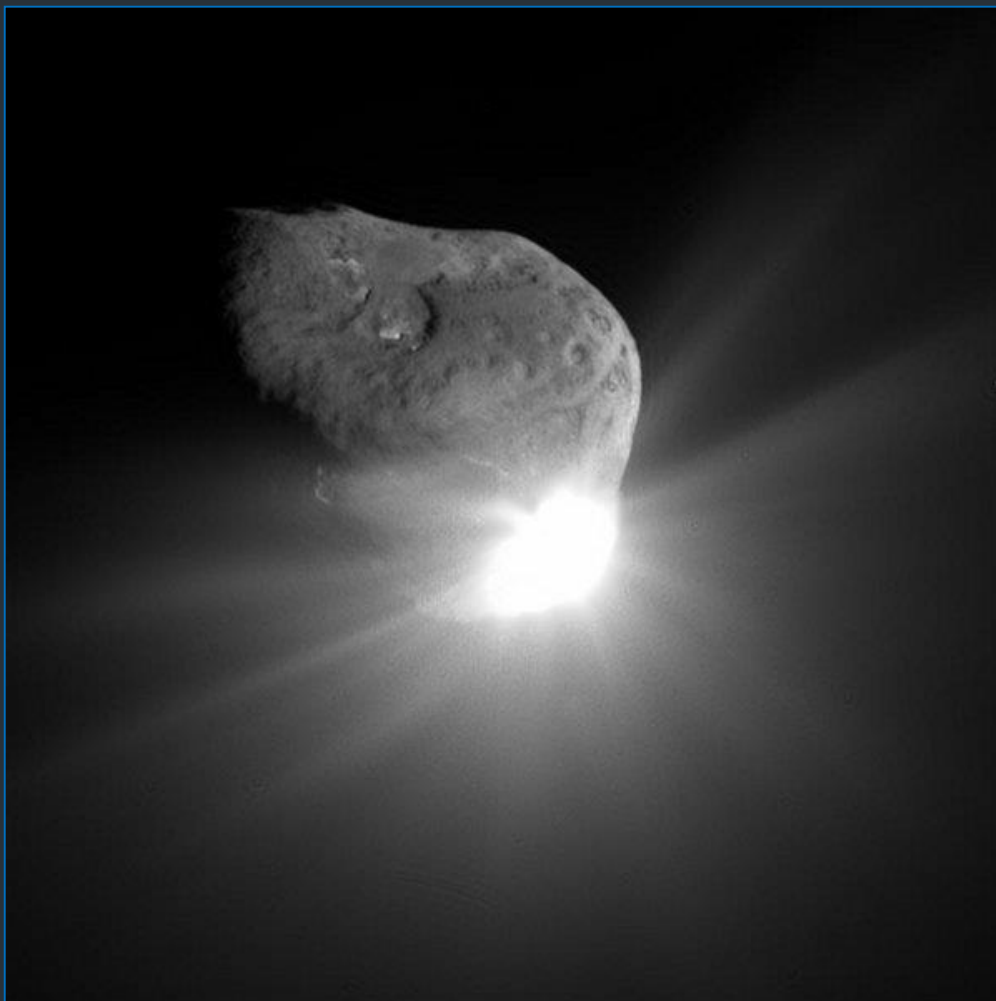
- **Kometa** (vlasatice) je malé astronomické těleso podobné planetce složené především z ledu a prachu
- obíhají většinou po velice excentrické eliptické trajektorii kolem Slunce
- jsou popisované jako „špinavé sněhové koule“ a z velké části je tvoří zmrzlý oxid uhličitý, metan a voda smíchaná s prachem a různými nerostnými látkami
- gravitační interakci komet s planetami se jejich dráha může změnit na hyperbolickou (a opustit SS) nebo na méně výstřednou
- Jupiter mění dráhy komet a zachycuje je na krátkých oběžných dráhách
- existují tak komety, které se ke Slunci vrací pravidelně a často
- například Halleyova kometa, Hale-Bopp nebo Kohoutkova kometa.

Složení

- **Jádro** – pevná část komety o velikosti v řádu kilometrů až desítek kilometrů. Jádro se skládá především z vodního ledu, tuhého oxidu uhličitého, oxidu uhelnatého, dalších zmrzlých plynů a prachu
- **Koma** – kulová obálka kolem jádra, složena především z plynů. Koma obsahuje různé nedisociované i disociované molekuly, radikály a ionty, např. OH-, NH₂-, CO, CO₂, NH₃, CH₄, CN, (CN)₂
- **Ohon** – plyn a prachové částice směřující od Slunce (někdy je též označován jako chvost nebo ocas).







Vlastnosti komet

- kometární jádra patří mezi nejčernější známé objekty va SS
- sonda Giotto - jádro Halleyovy komety odráží jen přibližně 4 % světla
- sonda Deep Space 1 - povrch komety Borrelly jen 2,4 % až 3,0 % dopadajícího světla, (asfalt odráží 7 % dopadajícího světla!!!).
- analýza jádra komety 73P/Schwassmann-Wachmann, které se rozpadlo na několik částí, ukázala, že složení svrchních a vnitřních vrstev komety je prakticky totožné
- v roce 1996 se zjistilo, že komety vyzařují i rentgenové záření
- je generované interakcí komet se slunečním větrem: když vysokoenergetické ionty vletí do atmosféry komety, srážejí se s kometárními atomy a molekulami

Dynamické vlastnosti

- komety jsou klasifikovány podle svých oběžných dob (period).
- *krátkoperiodické komety* mají oběžné doby kratší než 200 let,
- *dlouhoperiodické komety* mají oběžné doby delší, ale stále zůstávají gravitačně závislé na Slunci.
- *jednonávratové komety* mají parabolické či hyperbolické oběžné dráhy, které je vynesou navždy mimo sluneční soustavu po jediném průletu okolo Slunce.
- opačný extrém - Enckeova kometa, má oběžnou dráhu uvnitř oběžné dráhy planety Jupiter.
- místo vzniku krátkoperiodických komet je Kuiperův pás
- dlouhoperiodické komety zřejmě vznikají v Oortově oblaku.

Oběžné dráhy

- z cca 3400 komet, které známe je:
 - 40 % komet na eliptických drahách, z toho:
 - 16 % krátkoperiodických (perioda je menší než 200 let)
 - 24 % dlouhoperiodických (perioda je větší než 200 let),
 - 49 % na parabolických drahách
 - 11 % na hyperbolických drahách
- vysoké procento parabolických drah je zkreslující, neboť se jedná i o komety, u nichž doba pozorování byla příliš krátká na to, aby se rozhodlo, zda se pohybují po hyperbole nebo po elipse
- z komet, které byly pozorovány alespoň 240 dní, jen 3 % má parabolické dráhy.

užitečné odkazy



- <http://www.cometography.com/>
- <http://www.esa.int/spaceinimages/Missions/Rosetta>
- <http://kometry.cz/>

meziplanetární látka

meteory

Názvosloví:

- *meteoroid* – tělísko, které se pohybuje v meziplanetárním prostoru
- *meteor* – světelný jev způsobený rozzářením tělesa a jeho okolí po vniknutí do atmosféry
- *meteorit* – zbytek tělesa, které dopadne na zem

Jak vzniká meteor

- většina pozorovaných meteorů - částice o hmotnosti mg - desítky gramů
- jejich vysoká rychlost (11 - 72 km/s) → vysoká kinetická energie

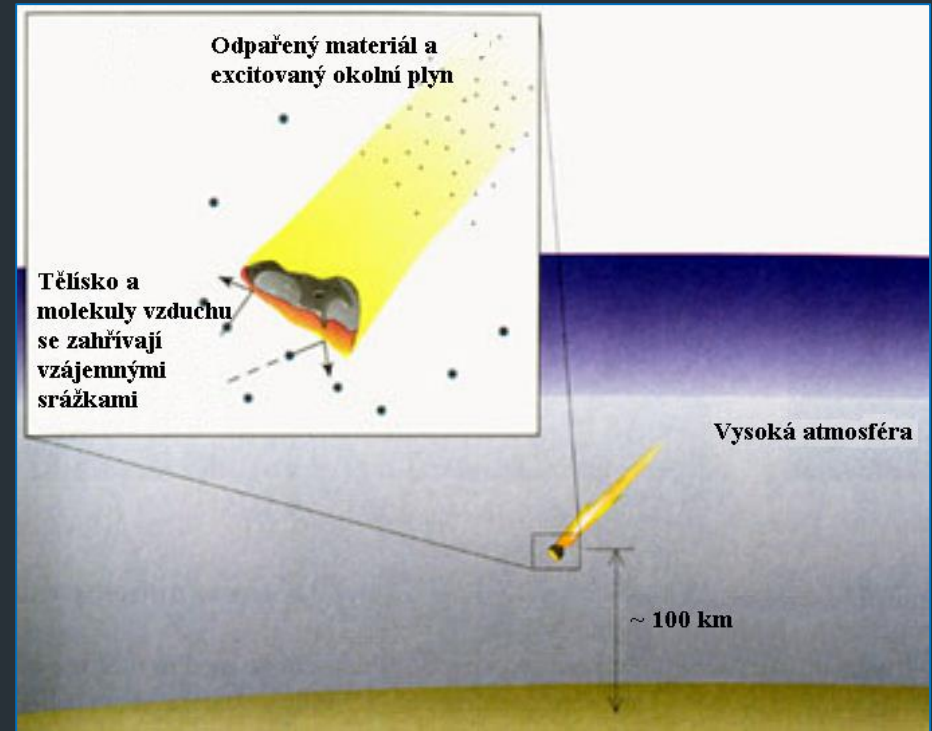
- Příklad: $m = 1 \text{ g} (=0.001 \text{ kg})$, $v = 40 \text{ km/s}$ (letící meteoroid).

$$E = \frac{1}{2} m v^2 = 8 \times 10^5 \text{ J}$$

$m = 1 \text{ t} (=1000 \text{ kg})$, $v = ?$. (automobil o hmotnosti jedné tuny)

$$v^2 = \frac{2E}{m} \rightarrow v = 40 \text{ m/s} = 144 \text{ km/h.}$$

- Ve vysoké atmosféře - zrníčko se sráží s atomy a molekulami vzduchu, odpařování atomů zrníčka a také ionizace a excitace atomů zrníčka i okolního vzduchu
- Rekombinace způsobí záření. Samotné těleso nehoří. Zdrojem záření je prostor okolo meteoru, rozměry jasných meteorů až desítky metrů (průměr svítícího oblaku), zářící stopa za meteorem (rekombinace chvíli trvá).
- Ionizovaná stopa odráží radiové vlny, je možné sledovat radarově



Jak vzniká meteor

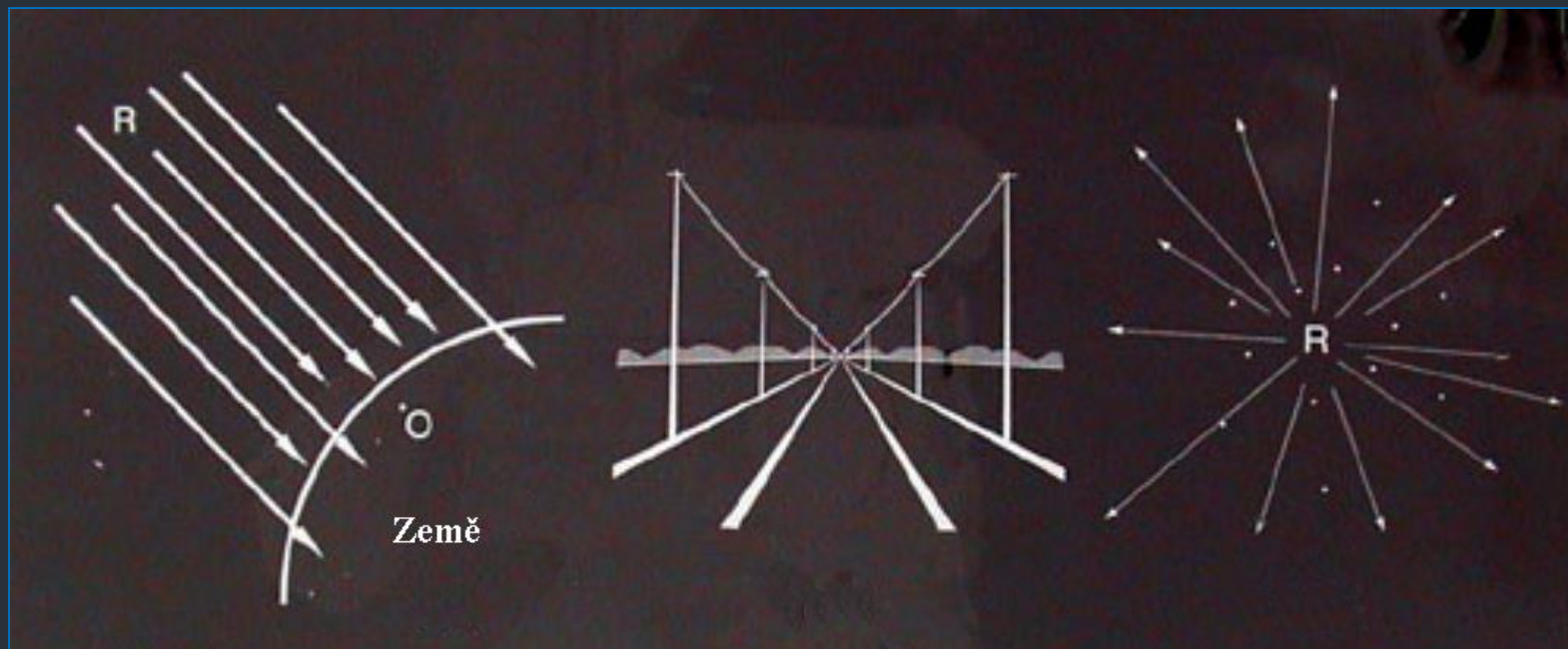
- obvyklé výšky počátků: 70 - 120 km
- výšky konců: až 15 km (u hodně pomalých těles) - pak zřejmě dopadají
- meteory 3 mag: konec asi 10 km pod začátkem
- u jasných meteorů: oddělování (odtavování) drobných kapiček z povrchu → temná kouřová stopa ve dne.
- na viditelné záření se přemění jen cca 1 % kinetické energie.

Původ meteoroidů

- komety - meteorické roje (+ sporadické)
- planetky - sporadické (+ roje)
- meteorický roj:
 - od komety se oddělí prachové částice, které mají po oddělení mírně odlišnou rychlost než kometa
 - každé tělísko je na jiné dráze
 - oblak → vlákno → proud → rozptýlený proud



roj na obloze



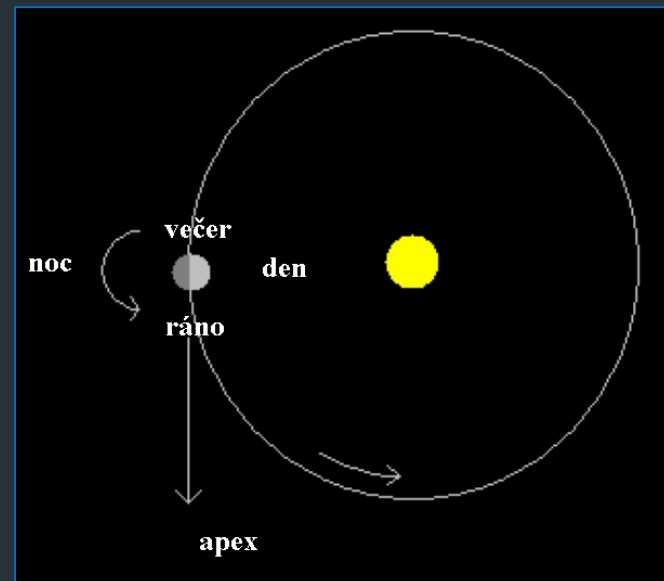
- radiant vzniká vlivem perspektivy, obdobně jako „průsečík“ při pohledu na koleje

sporadické meteory

- nepatří do žádného roje a na obloze září v náhodných časech a směrech.
- vznik:
 - rozptylem rojových meteorů
 - částice s náhodnými drahami
- náhodnost ale není dokonalá - ani v čase ani na obloze

denní a roční variace sporadických meteorů

- meteoroidy obíhají kolem Slunce po eliptických drahách jako všechna ostatní tělesa, převládají dráhy s malým sklonem
- v prostoru kolem Země meteoroidy „stojí“ jen v průměru - stejné množství jich obíhá prográdně, jako retrográdně
- nejvíce meteorů přilétá k Zemi ze směru tzv. apexu - bodu na obloze, k němuž se pohybuje Země při oběhu okolo Slunce
- pro pozorovatele, který má právě ráno, apex kulminuje (je nejvýše nad obzorem) → nejvíce pozorovatelných sporadických meteorů





- Apex se na obloze nachází na ekliptice - ta je ráno nejvýše o podzimní rovnodennosti a nejniže o jarní rovnodennosti → roční variace sporadických meteorů.

Pozorování meteorů

- Motivace, aneb k čemu to je:
 - určování frekvencí rojů a sporadických meteorů
 - určování zastoupení různě hmotných částic
 - podrobná poloha radiantů (a jejich struktura) - jen při teleskopickém pozorování

Pozorování meteorů - luminositní funkce

- Zastoupení různě hmotných částic ~ strmosti luminositní funkce
- Luminositní funkce = závislost počtu meteorů na jejich jasnosti (jasných meteorů je méně než slabých); má mocninný charakter

$$N(< m) \sim m^\alpha$$

- α může být různé pro různé roje, i pro různé části téhož roje → různé rozdělení částic podle hmotností
- Strmost luminositní funkce (populační index): $\kappa = \frac{N(m+1)}{N(m)}$
- Hmotnostní exponent: $s = 1 + 2,5 \log \kappa$ (strmost přírůstku hmotnosti při přidání meteorů o 1 mag slabších.

Pozorování meteorů

- Pozorování meteorů celosvětově organizuje IMO - International Meteor Organization (www.imo.net)
- Pomůcky pro pozorování meteorů:
 - Gnomonický atlas Brno 2000.0 (hlavní kružnice - dráhy meteorů - se v gnomonické projekci zobrazují jako přímky)
 - červené světlo
 - tužka
 - formuláře s připravenými kolonkami
 - tvrdá podložka
 - pravítko pro zakreslování
 - velký improvizovaný úhloměr (s dělením po 5°)

Pozorování meteorů - protokol

- Údaje o pozorování:
 - datum
 - čas začátku pozorování (s udáním SEČ, SELČ, ...)
 - jméno pozorovatele
 - místo pozorování
 - pozorovací podmínky (těsně před začátkem pozorování):
 - oblačnost (v % zakryté oblasti) - nedívat se tam, kde oblačnost nejméně vadí! Při 25% oblačnosti se už nepozoruje!
 - mhv - udává jasnost nejslabší hvězdy, kterou můžeme ještě spolehlivě vidět v blízkosti středu sledované oblasti a v pozorované výšce nad obzorem
 - jas oblohy = 5tídílná stupnice (5 - obloha velmi jasná, 1 - velmi temná)
 - změny pozorovacích podmínek je třeba zaznamenat i během pozorování.

Pozorování meteorů - protokol

- Údaje o každém meteoru:
 - pořadové číslo meteoru
 - čas přeletu (pro IMO na sekundy, u nás na minuty)
 - jasnost (s přesností na 0,5 mag) - má být určována srovnáním s hvězdami o stejné výšce nad obzorem
 - doba trvání stopy za meteorem (v sec.), pro nejkratší trvání vždy 1s (je-li stopa přítomna)
 - ocenění kvality pozorování (buď kvalita zákresu, nebo zápisu):
 - v případě zakreslování:

0-meteor nezakreslen, 1-zakreslen, ale bez jakýchkoli opěrných bodů, 2-podle jednoho opěrného bodu a směru letu, 3-dva spolehlivě zachycené body na jeho dráze
 - v případě zapisování:

1-málo spolehlivý údaj, 2-průměrná kvalita, 3-velmi spolehlivý údaj

Pozorování meteorů - protokol

- Údaje, které lze vyčíst i ze zákresu:
 - rojová příslušnost: prodloužení stopy dozadu musí procházet v těsné blízkosti radiantu. Meteory blízko radiantu jsou pomalé, 90° od radiantu velmi rychlé. Buď zkratka roje, nebo jen pomocí “+” pro rojové a “-” pro sporadické
 - délka světelné dráhy meteoru ve stupních
- Doplňující údaje:
 - rychlost meteoru - v posledních letech dle IMO ve °/s, zaokrouhleno na 5° (důležitý údaj při určování rojové příslušnosti)
 - barva meteoru - slovně
- Zákresy meteorů: podle pravítka, krátkou příčkou začátek letu, šipkou konec, k šipce napsat číslo meteoru (dle protokolu).

Zpracování pozorování

- Stanovení ZHR (hodinová zenitová frekvence) = počet spatřených meteorů za 1h v případě ideálních podmínek a radiantu v zenitu.
- Faktory ovlivňující ZHR:
 - K_m - poměr počtu spatřených meteorů při pozorované hodnotě m_h vůči std. hodnotě $M=6.5$: $K_m = \kappa^{m-M}$, κ je strmost luminostiní funkce (pro Perseidy $\kappa=2,6$).
 - K_c - vliv oblačnosti: $K_c = \frac{100-c}{100} + k_c \frac{100-c}{10000}$, c je procento oblačnosti, k je korekční faktor: 0,03 (souvislá obl.) - 0,25 (silně potrhaná obl.).
 - K_h - vliv výšky radiantu nad obzorem: $K_h = \sin(h)$, h je výška radiantu nad obzorem.
- E_f - efektivní pozorovací čas: $E_f = I \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_h$, kde I je délka intervalu pozorování. Přesněji: $E_f = (I - t \cdot N) \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_h$, kde t je ztráta pozorovacího času na jeden meteor (jak dlouho nám trvá zápis nebo zákres - vyjádřeno v hodinách!), N je počet meteorů.

$$ZHR = \frac{N}{E_f}$$

meteority

- prezentace MU Brno
- impakty
- kráter Ries



...:: konec ::...