

Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity
Katedra fyziky

Malá tělesa sluneční soustavy

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

České Budějovice 2006

Knihovna JU - PF



3 1 1 5 1 7 2 5 2 1

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
PEDAGOGICKÁ FAKULTA
KATEDRA FYZIKY

- 48 -

28.4.2006 Bydloň

Prohlášení

Použito

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem veškerou použitou literaturu uvedl v seznamu použité literatury.

V Českých Budějovicích 24. dubna 2006



.....
Pavel Čech

Obsah

1 Úvod	1
2 Teorie soustavy sluneční soustavy	2
2.1 Slunce	2
2.2 Vnitřní planety	3
2.3 Vnější planety	3
2.4 Malé tělesa	3
2.5 Sluneční vítr	3
3 Poděkování	4
4 Děkuji Mgr. P. Jelínkovi za předané rady a zkušenosti v průběhu zpracovávání bakalářské práce.	4
5 Vnitřní planety	5
5.1 Merkury	5
5.2 Venuše	5
5.3 Země	5
5.4 Mars	5
6 Vnější planety	6
6.1 Jupiter	6
6.2 Saturn	6
6.3 Uran	6
6.4 Neptun	6
7 Malé tělesa sluneční soustavy	7
7.1 Asteroidy	7
7.2 Komety	7
7.3 Pluto	7
8 Sluneční vítr	8
8.1 Sluneční vítr	8
8.2 Sluneční větr	8
8.3 Sluneční větr	8
8.4 Sluneční větr	8
8.5 Sluneční větr	8
8.6 Sluneční větr	8
8.7 Sluneční větr	8
8.8 Sluneční větr	8
8.9 Sluneční větr	8
8.10 Sluneční větr	8
8.11 Sluneční větr	8
8.12 Sluneční větr	8
8.13 Sluneční větr	8
8.14 Sluneční větr	8
8.15 Sluneční větr	8
8.16 Sluneční větr	8
8.17 Sluneční větr	8
8.18 Sluneční větr	8
8.19 Sluneční větr	8
8.20 Sluneční větr	8
8.21 Sluneční větr	8
8.22 Sluneční větr	8
8.23 Sluneční větr	8
8.24 Sluneční větr	8
8.25 Sluneční větr	8
8.26 Sluneční větr	8
8.27 Sluneční větr	8
8.28 Sluneční větr	8
8.29 Sluneční větr	8
8.30 Sluneční větr	8
8.31 Sluneční větr	8
8.32 Sluneční větr	8
8.33 Sluneční větr	8
8.34 Sluneční větr	8
8.35 Sluneční větr	8
8.36 Sluneční větr	8
8.37 Sluneční větr	8
8.38 Sluneční větr	8
8.39 Sluneční větr	8
8.40 Sluneční větr	8
8.41 Sluneční větr	8
8.42 Sluneční větr	8
8.43 Sluneční větr	8
8.44 Sluneční větr	8
8.45 Sluneční větr	8
8.46 Sluneční větr	8
8.47 Sluneční větr	8
8.48 Sluneční větr	8
8.49 Sluneční větr	8
8.50 Sluneční větr	8
8.51 Sluneční větr	8
8.52 Sluneční větr	8
8.53 Sluneční větr	8
8.54 Sluneční větr	8
8.55 Sluneční větr	8
8.56 Sluneční větr	8
8.57 Sluneční větr	8
8.58 Sluneční větr	8
8.59 Sluneční větr	8
8.60 Sluneční větr	8
8.61 Sluneční větr	8
8.62 Sluneční větr	8
8.63 Sluneční větr	8
8.64 Sluneční větr	8
8.65 Sluneční větr	8
8.66 Sluneční větr	8
8.67 Sluneční větr	8
8.68 Sluneční větr	8
8.69 Sluneční větr	8
8.70 Sluneční větr	8
8.71 Sluneční větr	8
8.72 Sluneční větr	8
8.73 Sluneční větr	8
8.74 Sluneční větr	8
8.75 Sluneční větr	8
8.76 Sluneční větr	8
8.77 Sluneční větr	8
8.78 Sluneční větr	8
8.79 Sluneční větr	8
8.80 Sluneční větr	8
8.81 Sluneční větr	8
8.82 Sluneční větr	8
8.83 Sluneční větr	8
8.84 Sluneční větr	8
8.85 Sluneční větr	8
8.86 Sluneční větr	8
8.87 Sluneční větr	8
8.88 Sluneční větr	8
8.89 Sluneční větr	8
8.90 Sluneční větr	8
8.91 Sluneční větr	8
8.92 Sluneční větr	8
8.93 Sluneční větr	8
8.94 Sluneční větr	8
8.95 Sluneční větr	8
8.96 Sluneční větr	8
8.97 Sluneční větr	8
8.98 Sluneční větr	8
8.99 Sluneční větr	8
8.100 Sluneční větr	8

Obsah

1. Úvod.....	6
2. Tělesa sluneční soustavy.....	7
2.1. Slunce.....	8
2.2. Konstelace planet	10
2.3. Planety sluneční soustavy.....	11
2.3.1. Vnitřní planety.....	11
2.3.1.1. Merkur.....	11
2.3.1.2. Venuše.....	12
2.3.2. Země.....	13
2.3.3. Vnější planety.....	14
2.3.3.1. Mars.....	14
2.3.3.2. Jupiter.....	16
2.3.3.3. Saturn.....	17
2.3.3.4. Uran.....	19
2.3.3.5. Neptun.....	20
2.3.4. Pluto	22
2.4. Malá tělesa sluneční soustavy.....	23
2.4.1. Planetky.....	23
2.4.2. Komety.....	24
2.4.3. Meteorická tělesa.....	25
3. O planetkách trochu více.....	27
3.1. Vznik planetek.....	27
3.2. Pozorování planetek.....	27
3.2.1. První pozorování planetek.....	27
3.2.2. Objevování planetek.....	29
3.3. Rozdělení planetek.....	31
3.4. Blízkozemní planetky.....	31
3.4.1. Planetka (433) Eros.....	32
3.4.2. Planetka (1862) Apollo.....	33
3.4.3. Planetka (1221) Amor.....	34
3.4.4. Planetka (2062) Aten.....	34
3.4.5. Projekty zaměřené na NEOs.....	34
3.5. Planety hlavního pásu.....	35
3.5.1. Planetka (1) Ceres	37
3.5.2. Planetka (243) Ida.....	38
3.5.3. Planetka (87) Sylvia.....	38
3.6. Kentauři.....	39
3.6.1. (2060) Chiron.....	40
3.7. Tělesa rozptýleného disku.....	41
3.7.1. Těleso 2003 UB313.....	41
3.8. Transneptunická tělesa.....	42
3.8.1. Planetka (50000) Quaoar.....	43
3.8.2. Planetka (90377) Sedna.....	44
3.7.3. Zase Pluto.....	45
3.8. Trojané.....	45
3.8.1. Lagrangerovy body.....	46
4. Komety.....	47
4.1. Vznik komet.....	48
4.1.1. Oortovo mračno	48

4.1.2. Kuiperův pás.....	48
4.2. Druhy komet.....	49
4.3. Výzkum komet.....	50
4.3.1. Historie pozorování komet.....	50
4.3.2. Značení komet.....	50
4.4. Výběr komet.....	51
4.4.1. Kometa Halleyova.....	51
4.4.2. Kometa Shoemaker-Levy 9.....	52
4.4.3. Kometa Tempel 1	53
4.4.4. Kometa Hale-Bopp.....	54
4.4.5. Kometa Hyakutake.....	55
5. Sondy pro výzkum planetek a komet	56
5.1. Sonda NEAR Shoemaker	56
5.2. Sonda Hayabusa.....	56
5.3. Sonda Galileo.....	57
5.4. Rekordní SOHO.....	58
5.5. Evropská Rosetta.....	59
5.6. Velká událost „Deep Impact“	60
5.7. Projekt Don Quijote	61
6. Pozorování komet a planetek na území ČR.....	63
6.1. Observatoř Klet'.....	63
6.2. Observatoř Ondřejov.....	63
7. Dalekohled „Oko do vesmíru“	65
7.1. Druhy dalekohledů.....	65
7.2. Technika pořizování záznamu v astronomii.....	67
8. Závěr.....	68
9. Seznam obrázků, tabulek a použité literatury.....	69
10. Seznam obrázků	70
11. Seznam tabulek.....	72

1. Úvod

Tato bakalářská práce si klade za cíl seznámit čtenáře s povahou a tělesy sluneční soustavy. Hlavní důraz je ovšem kladen na tělesa, která jsou charakterizována jako malá, tj. tělesa která mají řádově menší rozměry ve srovnání s rozměry planet ve sluneční soustavě. Práce je rozdělena do čtyř tématických částí.

První část této práce je zaměřena na seznámení se sluneční soustavou a dále je popsáno základní rozdělení těles, nacházejících se v ní. Jsou zde podrobněji popsány planety sluneční soustavy s centrální hvězdou, kterou je Slunce. Zvláštní kapitolu zde zaujímá „planeta“ Pluto, která je zmiňována i v následující části této práce. Její obojetné zařazení, tj. planetka nebo planeta, je problémem, který ještě není zcela uspokojivě vyřešen.

Druhá část práce je věnována planetkám. V této části jsou planetky rozděleny podle skupin, které jsou užívány jako oficiální pro třídění v tak velkém množství dosud známých planetek. V dnešní době se toto číslo blíží ke 121 000.

K malým tělesům sluneční soustavy jsou počítány i komety a ty jsou obsahem třetí části této práce. Komety jsou snad po Měsíci nejstaršími zaznamenanými tělesy, které kdy byly pozorovány na noční obloze. I přes skutečnost, že historie pozorování komet je tak dlouhá, byla příčina a vzhled komety jednou velkou neznámou. Až díky nápadu použít sondy pro bližší prozkoumání komet dnes víme, jak vypadá např. jádro komety, z jakého materiálu je kometa složena a známe procesy způsobující charakteristický ohon.

V poslední části jsme se zaměřili na techniku, kterou při pozorování malých těles na noční obloze můžeme využít. Jsou zde zmíněny i sondy, které byly velkým přínosem pro další poznání nám ještě ne úplně známých těles. V této kapitole jsou zmíněny i observatoře na území ČR, které se výzkumem malých těles sluneční soustavy zabývají a přispívají tak k poznávání povahy sluneční soustavy v celosvětovém měřítku.

2. Tělesa sluneční soustavy

Sluneční soustava je systém tvořený centrálním tělesem Sluncem a ostatními tělesy, která obíhají na svých oběžných drahách kolem Slunce. Právě mateřská hvězda Slunce soustřeďuje převážnou část hmotnosti celé soustavy (99,85 %) a váže tak svou gravitací velké množství těles (planet, planetek, komet a meteoroidů).

Další objekty sluneční soustavy jsou planety, které obíhají kolem Slunce téměř v jedné rovině. Celkově je ve sluneční soustavě devět planet. Ty se dále dělí na terestrické planety^a (Merkur, Venuše, Země a Mars) a plynné planety^b (Jupiter, Saturn, Uran a Neptun). Devátá planeta Pluto se do základního dělení moc nehodí. Pro velkou výstřednost a sklon dráhy, ale i pro malou hmotnost se Pluto někdy mezi planety nepočítá. Planetární soustava sahá do vzdálenosti 50 AU a je v ní soustředěna jedna tisícina celkové hmotnosti sluneční soustavy.

Velice početná skupina těles sluneční soustavy jsou planetky, komety a meteoroidy. Taková tělesa je možné pozorovat napříč celou sluneční soustavou. Celá sluneční soustava se rozprostírá do vzdálenosti asi 120 000 AU. Vnější část soustavy tvoří tzv. Oortův oblak, který je velkou zásobárnou komet. Na konci tohoto oblaku se už začínají projevovat gravitační síly blízkých hvězd. V těchto místech končí sluneční soustava a plynule přechází do mezihvězdného prostoru.

Pozorováním dějů ve vzdáleném vesmíru lze usoudit, že počáteční fáze utváření hvězdné soustavy je mlhovina. V našem případě ji můžeme nazývat sluneční mlhovina. Toto mračno prachu a plynu vodíku se vlastní gravitací začalo zhušťovat a tím i zahřívat. Tento proces trval tisíce let. Jádru „praslunce“ se nepřestalo zhušťovat a tím odčerpávat materiál ze svého okolí. V konečné fázi zrození našeho Slunce teplota dosáhla úrovně pro zažehnutí termonukleární reakce. Doprovodným efektem bylo „odfouknutí“ okolního zbylého materiálu na samotnou hranici sluneční soustavy.

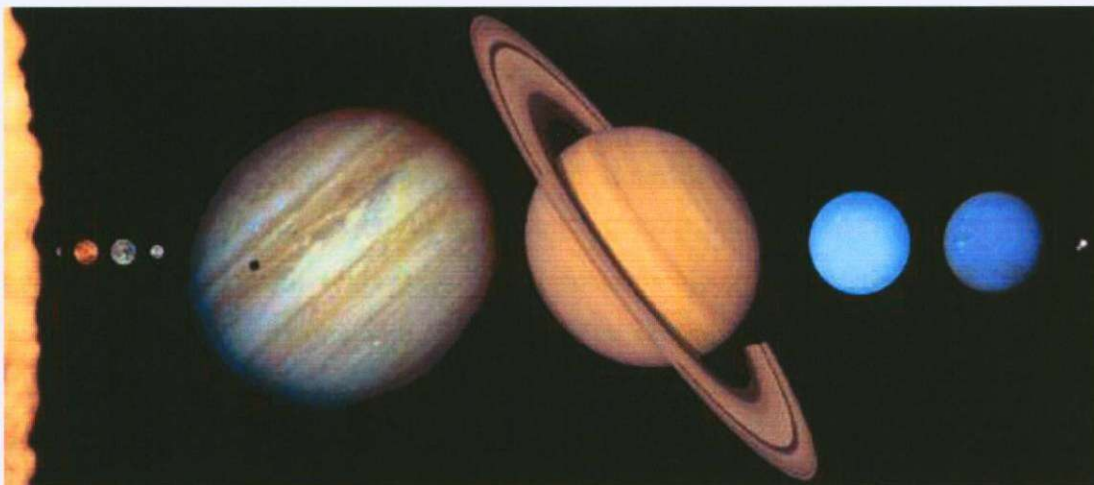
Zbytek hmotnějších částí, který nebyl „odfouknut“, posloužil jako materiál pro utváření planet nově vznikající sluneční soustavy. Jejich gravitace se začaly navzájem ovlivňovat se Sluncem a vznikla oběžná dráha. Po těchto oběžných drahách se pohybovaly s rychlou rotací. Srážkou s menším tělesem se stávalo těleso hmotnějším. Od výbuchu „praslunce“ trvalo utváření planetárního systému 100 milionů let.

Tato představa vzniku sluneční soustavy není jediná, ale je nejvíce přijímána za pravděpodobnou. Zbývá jen dodat, že stáří sluneční soustavy je stejné jako samotné mateřské

a) **Terestrické planety** - jde o planety mající pevný povrch složený z hornin. Jsou obaleny tenkou vrstvou plynů - atmosférou. Tato atmosféra vznikla odplyněním nitra tělesa.

b) **Plynné planety** - (též obří planety nebo plynní obří) jde o planety o mnoho hmotnější než je naše Země. Jsou tvořeny převážně z lehkých plynů (vodík a helium).

hvězdy a je odhadováno na 4,6 miliard let.



Obrázek 1: Tělesa sluneční soustavy

2.1. Slunce

Hvězda je plynná koule, která díky termonukleárním reakcím (hlavně slučováním jader vodíku za vzniku helia) vyzařuje do prostoru velké množství energie. Teploty a zářivé výkony hvězd jsou dány jejich hmotnostmi. Nejhmotnější hvězdy jsou až stokrát větší než naše Slunce. Velké hvězdy se jeví jako modré (díky velkým teplotám a velikému zářivému výkonu). Hvězdy střední velikosti (naše Slunce) se jeví jako žluté. Malé hvězdy jsou zbarvené doruda. Nejmenší hvězdy mají hmotnost menší než jedna pětina Slunce. U takové hvězdy už je teplota nedostatečná na probíhání termonukleárních reakcí a nazýváme je hnědými trpaslíky.

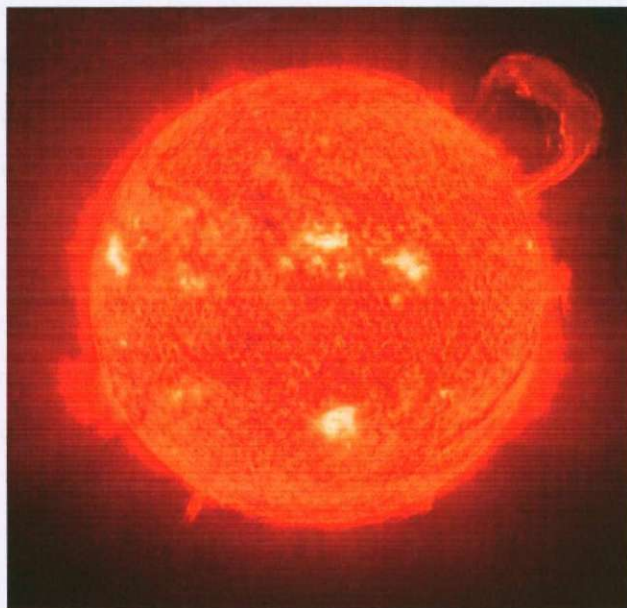
Dělení hvězd probíhá dle spektrálních tříd:

- **hvězda spektrální třídy A** – mají ve svém spektru vysokou intenzitu absorpčních čar vodíku. Jejich teplota se pohybuje od 7 500 K do 9 900 K a hmotnost je 1,8 až 3,2 násobek hmotnosti Slunce, např. Sirius, Vega, Altair, Deneb
- **hvězda spektrální třídy B** – v jejich spektru je charakteristický výskyt absorpčních čar neutrálního helia a přítomnost čar vodíku. Jejich teplota se pohybuje od 10 500 K do 28000 K a hmotnost je 3,2 až 17 násobek hmotnosti Slunce, např. Achernar, Regulus, Rigel, Spica
- **hvězda spektrální třídy F** – mají ve svém spektru slabší čáry vodíku, silnější vápníku a jiných kovů. Jejich teplota se pohybuje od 6 100 K do 7 400 K a hmotnost je 1,2 až 1,7 násobek hmotnosti Slunce, např. Canopus, Procyon
- **hvězda spektrální třídy G** – mají ve svém spektru tlusté čáry ionizovaného vápníku,

slabé čáry vodíku a objevují se čáry železa. Jejich teplota se pohybuje od 5 600 K do 6 000 K a hmotnost je 0,8 až 1,1 násobek hmotnosti Slunce, např. Slunce, Capella, α Centauri

- **hvězda spektrální třídy K** – v jejich spektru se objevují tlusté čáry kovů, dále se objevují se molekulární pásy CN a CH a velmi tenké čáry vodíku. Jejich teplota se pohybuje od 3 500 K do 4 900 K a hmotnost největších z nich je 0,8 násobku hmotnosti Slunce, např. Pollux, Arcturus, ϵ Eridani
- **hvězda spektrální třídy M** – jejich spektrum je charakteristické absorpčními pásy molekul oxidu titaničitého. Jejich teplota se pohybuje od 2 500 K do 3 500 K a hmotnost je v intervalu od 0,08 až 0,5 hmotnosti Slunce, např. Betelgeuse, Mira
- **hvězda spektrální třídy O** – jejich spektrum je charakteristické pro čáry ionizovaného helia. Jejich teplota se pohybuje od 30 000 K do 50 000 K a hmotnost je 20 až 50 násobek hmotnosti Slunce, např. ζ Puppis, δ Orionis, ζ Orionis

Slunce tedy patří do hvězdné kategorie žlutých trpaslíků spektrální třídy G, tato skupina hvězd je velice běžná, jen v Mléčné dráze se jich nachází miliardy. Tedy ve srovnání s ostatním nám známým vesmírem není naše hvězda ničím výjimečná. Avšak pro nás není ve vesmíru nic jiného, co by mělo větší význam. Ze Slunce pochází skoro všechna životně důležitá energie. Energetický výkon tohoto „termonukleárního reaktoru“ se v průběhu staletí nemění o více jak desetinu procenta.



Obrázek 2: *Slunce*

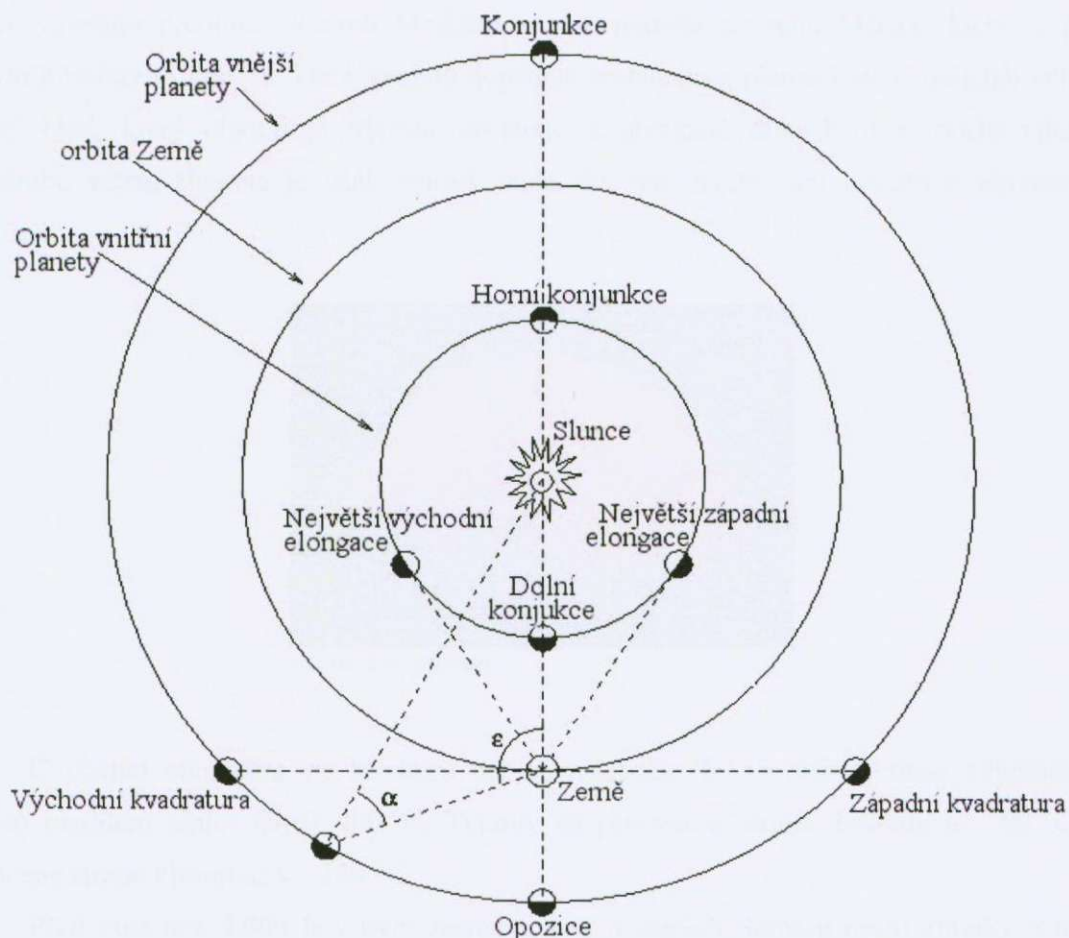
Velikost Slunce (přes své označení žlutého trpaslíka) je tak obrovská, že by se do ní mohlo naskládat až milion Zemí. Hustota naší hvězdy je tak velká, že sluneční paprsky, které v tuto dobu pozorujeme, vyrazily ze středu Slunce před více jak 100 000 lety. Cesta k fotosféře paprskům trvala sta tisíce let, aby mohly vzdálenost od zářící fotosféry k naší Zemi urazit za pouhých osm minut. Stáří Slunce je odhadováno na 4,6 miliardy let a dá se říci, že je v polovině svého životního cyklu.

Celé Slunce je tvořeno plynem a to ze 70% vodíkem, 28% tvoří helium (jako odpadní produkt termonukleárních reakcí), zbývající 2% tvoří těžší prvky. Vnější viditelná vrstva je označována jako fotosféra. Ve skutečnosti atmosféra Slunce zasahuje až za naší Zemi, přičemž se postupně ztenčuje.

2.2. *Konstelace planet*

Tento termín označuje rozestavení těles sluneční soustavy. Význačná poloha se nazývá aspekt (konjunkce, opozice, kvadratura a elongace). Tyto pojmy se převážně využívají v astrologii, ale je možné se s pojmy setkat i v astronomii.

- Konjunkce – nastává v okamžiku, kdy se Země a další planeta dostává do jedné přímky se Sluncem. U vnitřních planet můžeme rozlišovat dolní a horní konjunkci. Konjunkce Měsíce se Sluncem se nazývá nov. Během konjunkce dochází k zaměnění, zákrytu nebo přechodu.
- Elongace – úhel, který svírá Slunce, Země a jiná planeta. Měří-li se od Slunce na západ hovoříme o západní elongaci (na obloze vycházejí ráno - jitřenka) a při měření od Slunce na východ hovoříme o východní elongaci (na obloze jsou pozorovatelné po západu Slunce - večernice). Největší odchylka od Slunce je nazývána největší elongací.
- Opozice – tato situace může nastat jen u vnějších planet. Je to postavení Slunce, Země a jiného tělesa na ekliptice ve stejné přímce. Jinak řečeno je těleso na protilehlém konci než Slunce. U Měsíce v tomto okamžiku hovoříme, že je v úplňku. Opozice je nejpříznivější okamžik k pozorování daného tělesa, protože je v té době Zemi nejbliže.
- Kvadratura – nemůže nastat u vnitřních planet. Vzájemná poloha Slunce, Země a jiného tělesa, při níž je úhel pravý (90°). Měsíc je v kvadratuře se Sluncem v první nebo poslední čtvrti.



Obrázek 3: *Aspekty planet*

2.3. Planety sluneční soustavy

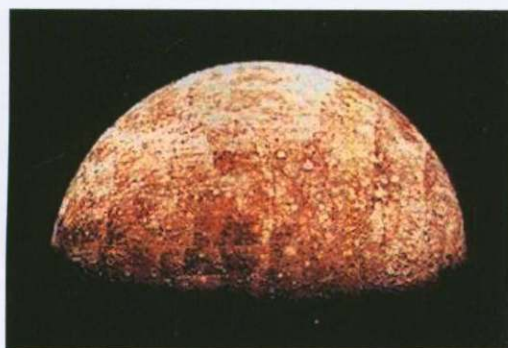
2.3.1. Vnitřní planety

Planety obíhající Slunce v menší vzdálenosti než Země se řadí mezi vnitřní planety. Planety v této skupině můžeme pozorovat kolem Slunce, ale není možné je pozorovat na noční obloze přímo nad naší hlavou. Putování těchto planet na noční obloze vykresluje obloučky, planeta putuje směrem od Slunce, potom výrazně zpomaluje a obrací směr na směr ke Slunci. Při dosažení nejvzdálenějšího bodu od Slunce se hovoří o maximální elongaci planety. Mezi vnitřní planety patří Merkur a Venuše.

2.3.1.1. Merkur

Planeta obíhající nejbližce ke Slunci se nazývá Merkur. Merkur obíhá Slunce na eliptické dráze se střední vzdáleností $57,9 \cdot 10^6$ km (0,387 AU) a oběh trvá 88 dní. Průměr planety dosahuje 4 880 km a to jí řadí do pořadí druhé nejmenší planety sluneční soustavy. Díky své poloze planeta musí odolávat neustálému přívalu nabitých částic (sluneční vítr), putujících od

Slunce vysokou rychlostí. Povrch Merkuru se tak podobá povrchu Měsíce, který je posetý velkým množstvím kráterů, které vznikly dopadem meteoritů a planetek nejrůznějších velikostí. Plynný obal, který obklopuje Merkur obsahuje z převážné části helium, pocházejícím ze slunečního větru. Hustota je však natolik malá, že není možné ani hovořit o atmosféře na Merkur.



Obrázek 4: Merkur

Chybějící atmosféra na Merkur má za následek, že se planeta musí vypořádávat s velkým rozdílem teplot téměř $700\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teploty na přivrácené straně dosahují až $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ a na odvrácené straně klesají až k $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$.

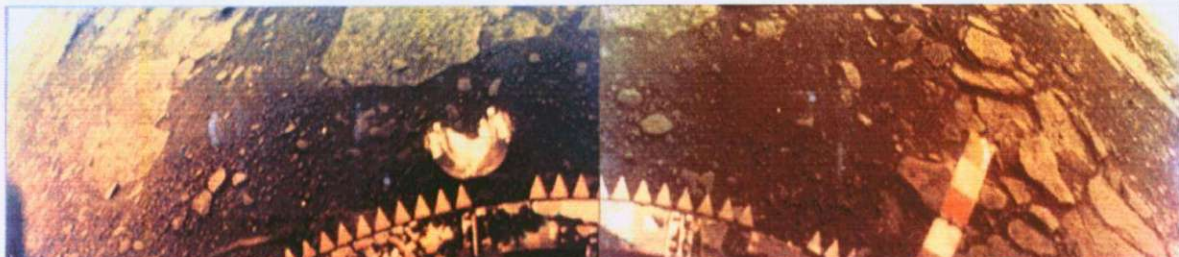
Před více než 5 000 lety byly zaznamenány u starých Sumerů první zmínky o planetě Merkur. Tato planeta se dá spatřit večer nad západním obzorem a nebo ráno nízko nad východním obzorem. Jelikož se nachází velice nízko nad obzorem bude obraz v dalekohledu nekvalitní. Prý i velmi slavný astronom Mikuláš Koperník na smrtelném loži litoval, že nikdy nespátřil planetu Merkur, která se stále schovává ve slunečních paprscích. Díky své blízkosti ke Slunci je Merkur ze Země dost obtížně pozorovatelný. Velkým přínosem v pozorování planety byla americká sonda Mariner 10, která v letech 1974 až 1975 zmapovala velkou část povrchu. Další sonda, která byla vyslána k planetě v srpnu 2004, se jmenuje Messenger. Tato sonda bude uvedena na oběžnou dráhu Merkuru v roce 2011.

2.3.1.2. Venuše

Druhou planetou v pořadí od Slunce je Venuše. Střední vzdálenost od Slunce je $108 \cdot 10^6\text{ km}$ ($0,723\text{ AU}$) a její oběh trvá 225 dní. Její zvláštností je retrográdní rotace^c s periodou 243 dní. I když Venuše je vzdáleností blíže než naše planeta, Slunce z Venuše není pozorovatelné. Její silná vrstva mraků obsahuje kapičky kyseliny sírové dále je tvořena z převážné části oxidem uhličitým a takto ji dokonale uzavírá do neprůhledného obalu. Stejně jako předchozí planeta Merkur i Venuše nemá žádnou přirozenou oběžnici.

c) **Retrográdní rotace** – je rotace v obráceném smyslu než rotace Slunce nebo Země

Atmosféra je složená z 96% oxidu uhličitého a 3% dusíku, se stopami dalších prvků (helium, argon, neon a krypton). Velká hustota atmosféry vytváří na Venuši silný skleníkový efekt. Teploty na povrchu dosahují až 490 °C a tlak je 90 krát vyšší než pozemský. V různých výškách jsou vrstvy par kyseliny sírové, oxidu sírového a vodních par. Ultrafialové záření ze Slunce rozkládá část oxidu uhličitého na oxid uhelnatý a kyslík.



Obrázek 5: Povrch planety Venuše

Pozornost Venuše přitahovala svou jasností (po Měsíci je to nejjasnější objekt na noční obloze). Venuši je možné pozorovat ráno nebo večer, díky tomu ji starověcí astronomové nazývali Jitřenkou nebo Večerkou. V roce 1610 Galileo Galilei poprvé pozoroval fáze Venuše. Dalším velkým milníkem pro pozorování Venuše, bylo v roce 1961 radarové určování polohy. Ve stejném roce odstartovala první sonda Veněra 1 k Venuši, ale mise nebyla úspěšná. První větší úspěch byl až roku 1967, kdy Veněra 4 vysílala přímé měření z atmosféry.

2.3.2. Země

Třetí planetou naší sluneční soustavy, počítanou od Slunce, je planeta Země. Vzdálenost od mateřské hvězdy je $149,6 \cdot 10^6$ km (1 AU) a její oběh trvá 365,256 dne. Země je z našeho pohledu nejdůležitější planetou vůbec. V porovnání všech terestrických planet je naše planeta největší. Průměr Země je 12 756 kilometrů, což je pouze o několik kilometrů více, než je průměr Venuše.

Při pohledu na Zemi z kosmu převládá modrá barva oceánů a na pólech jsou pozorovatelné bílé polární čepičky. Planeta je jedinou planetou ve sluneční soustavě, která má tekoucí vodu a bohatou biosféru. Země sestává z těchto vrstev: jádro, plášť, kůra, troposféra, stratosféra, mezosféra, termosféra. Plášť a kůra jsou odděleny tzv. Mohorovičovým rozhraním. Kůra se posouvá na polotekutém plášti.

Atmosféra planety se skládá z dusíku (78%), z kyslíku (21%) a ostatních plynů (1%). Díky přítomnosti kyslíku v atmosféře je Země ve sluneční soustavě jedinečná. Ozonosféra, která brání pronikání nebezpečného kosmického záření, je 5 km silná. Atmosféra nás také chrání před dopady meteoritů, které v ní většinou shoří.



Obrázek 6: Země



Obrázek 7: Noční pohled na Zemi

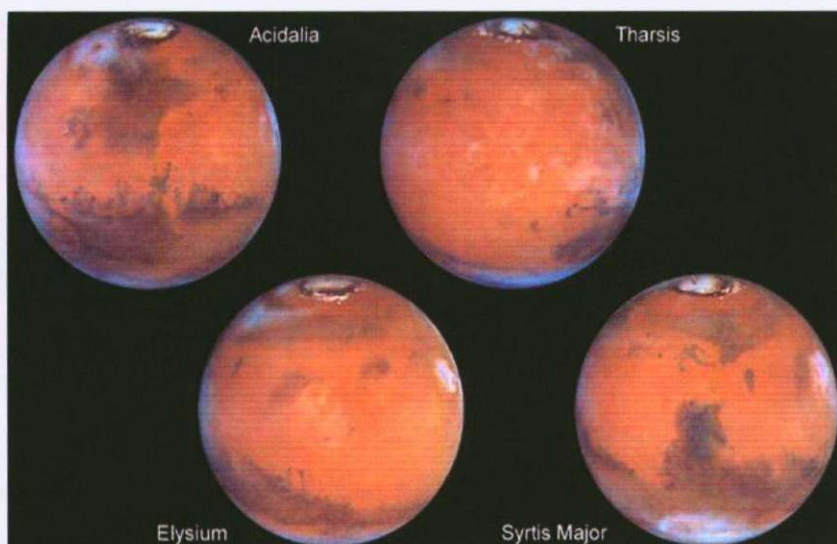
Země má jedinou přirozenou družici a tou je Měsíc. Doposud je to jediné vesmírné těleso, které navštívil člověk. Vznik Měsíce je vysvětlován jako produkt srážky velkého hmotného tělesa se Zemí. Měsíc má vázanou rotaci a tak ze Země vidíme vždy tutéž polovinu tělesa. Při oběhu kolem mateřské planety vytváří na noční obloze fáze. Když je Měsíc v dolní konjunkci se Sluncem, tak je v novu a při opozici se Sluncem je Měsíc v úplňku.

2.3.3. Vnější planety

Planety obíhající Slunce ve větší vzdálenosti než Země se řadí mezi vnější planety. Planety v této skupině je možné pozorovat na opačné straně než je Slunce. Tyto planety je možné vidět v opozici. Putování těchto planet vytváří na obloze oblouček s kličkou, planeta putuje na noční obloze jedním směrem, potom zpomalí a změní směr, ale za několik nocí se opět otočí a pokračuje původním směrem. Tento jev je způsoben tím, že Země danou planetu předbíhá. Mezi vnější planety patří Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun a Pluto.

2.3.3.1. Mars

Planeta Mars, byla velkým kandidátem na nositelku mimozemského života a i dnes není jednoznačně domněnka života na Marsu vyvrácena. V pořadí čtvrtá planeta od Slunce je od své mateřské hvězdy vzdálena $227,94 \cdot 10^6$ km (1,524 AU). Doba trvání jednoho roku na Marsu je 686,98 dní. Typickým rysem pro tuto planetu je rudé zbarvení, které je způsobeno vysokým obsahem oxidu železa v povrchových horninách. Planeta má dvě přirozené oběžnice a to Phobos a Deimos, ale co do velikosti nejde o žádné obry. Měsíc Phobos o průměru 11 km obíhá ve vzdálenosti pouhých 9 500 km a tak za jediný den na Marsu oběhne planetu třikrát. Druhý měsíc Deimos o průměru 6 km obíhá planetu ve vzdálenosti 23 000 km. Zbývá dodat, že oba měsíce Marsu objevil roku 1877 americký astronom Asaph Hall.

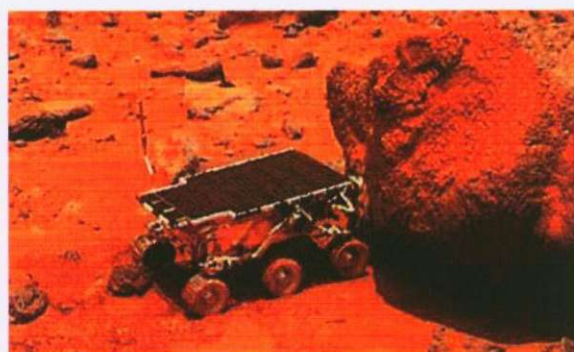


Obrázek 8: Čtyři tváře Marsu

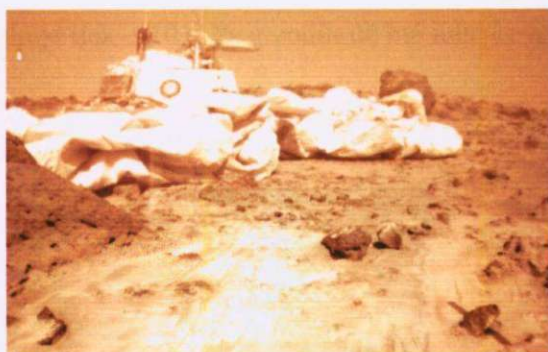
Mars má velmi tenkou vrstvu atmosféry složené většinou z malého množství zbývajícího oxidu uhličitého (95,3%), dusíku (2,7%), argonu (1,6%), malého množství kyslíku (0,15%) a vodních par (0,03%). Atmosférický tlak na povrchu se pohybuje kolem jedné setiny tlaku na Zemi. Voda se na Marsu nachází v pevném skupenství ve formě ledu. Největší množství ledu pak je možné pozorovat na pólech planety (polární ledové čepičky).

Nejvhodnější okamžik pro pozorování planety je, když Mars je v opozici a to nastává vždy po 16-ti letech. Prvním větším pozorovatelským úspěchem bylo objevení polárních čepiček na Marsu roku 1666. Tento objev si připsal G. D. Cassini, který dále určil dobu rotace planety. Když vynecháme pozorování starých civilizací a středověkých astronomů, tak nejvíce se zasloužil o popularitu této planety Giovanni Shiaparelli. Tento astronom si roku 1877 na hvězdárně Brera všiml na povrchu Marsu tenkých tmavých linií a nazval je kanály. Tento astronom na základě dlouholetého pozorování sestavil podobnou mapu Marsu.

První sonda vyslaná směrem k Marsu se jmenovala příznačným názvem Mars 1. Bohužel tato mise nebyla úspěšná pro ztrátu rádiového spojení se sondou. Větším úspěchem byla sonda Mariner 4, která 14. července 1965 prolétla ve vzdálenosti 10 000 km od planety a odvěsila 21 snímků povrchu. Další velký mezník v dobývání Marsu byl rok 1997 kdy na povrchu Marsu přistála sonda Pathfinder a na povrchu začalo pracovat vozítko Sojourner. Výsledkem bylo dokonalé zmapování povrchu planety a výzkum atmosféry.



Obrázek 9: Vozítko Sojourner



Obrázek 10: Pohled na přistávací modul

2.3.3.2. Jupiter

Největší planeta sluneční soustavy má název Jupiter. Planeta Jupiter je na noční obloze pozorovatelná pouhým okem, ale až Galileo Galilei pozoroval svým dalekohledem čtyři největší měsíce této planety (Io, Europa, Ganymedes a Calisto). Tyto čtyři měsíce se též nazývají Galileovy měsíce a svou velikostí předstihují i ostatní menší planety sluneční soustavy. Dnes už víme, že okolo Jupitera obíhá velký počet měsíců, který k 28. dubnu 2005 dosahuje počtu 63. Jako další co lze pozorovat dalekohledem jsou pásy na povrchu Jupiteru a také typická rudá skvrna^d. Jeho střední vzdálenost od Slunce $778,2 \cdot 10^6$ km (5,2 AU) a doba jednoho oběhu trvá 11,86 roku.

Název měsíce	Rozměr (km)	Oběžná doba (dny)	albedo
Io (JI)	3 632,36	1,77	0,62
Europa (JII)	3 138,48	3,55	0,68
Ganymed (JIII)	5 262,15	7,16	0,44
Callisto (JIV)	4 806,15	16,69	0,19

Tabulka 1: Největší měsíce planety Jupiter

Atmosféra Jupiteru je tvořena z několika vrstev. Svrchní část obsahuje převážně vodík (až 90%) a helium. Teplota ve svrchní části dosahuje 125 K a tlak 0,05 MPa. Ve spodních vrstvách už se nachází i amoniak, acetylén, metan, voda, oxid uhličitý, hydrid germania, fosfor atd. Právě složení atmosféry dává Jupiteru tak pestré zbarvení. Za zmínku stojí velká rudá skvrna, která spočívá na jižním pásu. Její rudé zbarvení je nejspíše způsobeno fosforem, který prostupuje z nižších vrstev atmosféry. Teplota a tlak rychle narůstají při klesání do spodních vrstev atmosféry. V hloubce kolem 1 000 m už má vodík kapalně skupenství a teplota dosahuje

d) **Rudá skvrna** - je obrovský oblačný vír, který je pozorovatelný už několik století. Má eliptický tvar o velikosti kolem 50 000 km.

kolem 1 000 K. Při hloubce kolem 25 000 km dosahuje tlak $3 \cdot 10^{11}$ Pa a vodík už má tuhé kovové skupenství.



Obrázek 12: Jupiter s měsícem Ganymed



Obrázek 11: Galileovy měsíce v porovnání s Velkou rudou skvrnou

Velkým přínosem při poznávání této planety bylo vyslání automatických sond. První sonda, která letěla kolem Jupitera 1. prosince 1973, byla Pioneer 10. Sonda prolétla ve vzdálenosti 132 250 km od planety a pořídila přes 500 snímků Jupitera a jeho měsíců. Další sonda s názvem Pioneer 11 proletěla kolem Jupitera o rok později 1. prosince 1974. Při tomto průletu sonda pořídila lepší obrázky a změřila proud nabitých částic a magnetické pole. Asi největší přínos měla sonda Galileo vyslaná k Jupiteru 8. října 1989. Jelikož se tato sonda setkala s planetkou (951) Gaspra a planetkou (243) Ida, bude sondě věnována kapitola 5.3. *Sonda Galileo*. Posledním ze zástupců významných pozorovatelů by mohl být Hubbleův kosmický dalekohled, kterému se v červenci 1994 podařilo pořídít snímky zachycující srážku komety Shoemaker - Levy 9 s Jupiterem.

2.3.3.3. Saturn

Planeta Saturn je druhou největší planetou naší sluneční soustavy. Tato planeta je pozorovatelná pouhým okem, ale při pohledu dalekohledem spatříme Saturn s prstenci. Prstence Saturnu je možné vidět i malým hvězdářským dalekohledem. Od Slunce je Saturn vzdálen v průměru $142,94 \cdot 10^7$ km (9,54 AU) a doba jednoho oběhu okolo Slunce trvá 29,46 roku. Saturn má hned po Jupiterovi nejvíce přirozených družic. K 25. květnu 2005 bylo známo 8 větších měsíců, 26 menších a 13 měsíců nově objevených. Z těchto měsíců je nejzajímavější měsíc Titan, který jako jediný měsíc ve sluneční soustavě má vlastní atmosféru. Zbývá dodat, že Titan

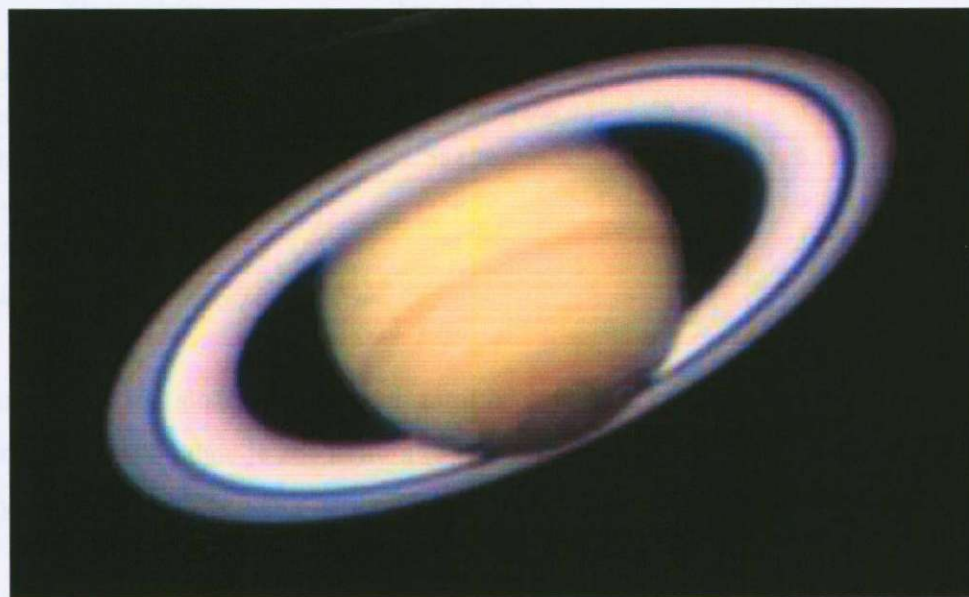
byl jedním z hlavních cílů úspěšné mise Cassini-Huygens.

Název měsíce	Rozměr (km)	Oběžná doba (dny)	albedo
Mimas (SI)	209 x 196 x 191	0,94	0,50
Enceladus (SII)	256 x 247 x 245	1,37	1,00
Tethys (SIII)	536 x 528 x 526	1,89	0,90
Dione (SIV)	560,00	2,74	0,70
Rhea (SV)	764,00	4,52	0,70
Titan (SVI)	2 575,00	15,95	0,22
Hyperion (SVII)	185 x 140 x 113	21,28	0,30
Iapetus (SVIII)	718,00	79,33	?

Tabulka 2: Největší měsíce planety Saturn

Atmosféra je z převážné části tvořena z vodíku (75%) s příměsí hélia (25%). Jako další složky jsou obsaženy methan, ethan, acetylén a čpavek.

Saturn je nejvíce charakteristický svými prstenci. Prstence tvoří vrstva částic od mikročástic po tělesa o rozměrech několika metrů. Vrstva leží v rovině Saturnova rovníku. Při pozorování ze Země se zdá, že prstence jsou velmi homogenní, ale sonda Voyager 2 prokázala, že jde o velice tenké prstence, kterých se počítá na tisíce. Prstence pocházejí z dob utváření této planety.



Obrázek 13: Saturn

Historii pozorování Saturnu začal psát roku 1610 Galileo Galilei, který jako první pozoroval neobvyklou planetu a mylně se domníval, že jde o trojplanetu. Na opravení tohoto omylu musela planeta počkat do roku 1659, kdy Christian Huygens dospěl k závěru, že jde o prstenec, který celou planetu obepíná. Po těchto objevech přišel roku 1671 G. D. Cassini, který objevil první měsíc Iapetus a pak nedlouho na to si připsal další tři objevy měsíců. Ze sond jako první navštívila planetu sonda Pioneer 11, která roku 1979 se přiblížila k Saturnu a objevila prstenec F, další měsíc Saturnu a prokázala magnetické pole planety. Dalšími návštěvníky byly sondy Voyager 1 a 2, obě sondy pořídily spoustu obrázků samotného Saturnu, jeho prstenců a měsíců. Posledním návštěvníkem se stala sonda Cassini, která nesla v sobě přistávací modul Huygens na podrobné prozkoumání měsíce Titan.

2.3.3.4. Uran

Uran je sedmou planetou od Slunce a rozměrem je třetí největší. Uran patří do skupiny plyných obrů. Jelikož je na samé hranici viditelnosti pouhým okem, tak nebyla dlouho zpozorována. První pozorování planety zaznamenal až roku 1781 William Herschel při mapování noční oblohy. Uran obíhá Slunce na eliptické dráze se střední vzdáleností $2,87 \cdot 10^9$ km (19,19 AU) a oběh trvá 84 roků. Zvláštností této planety je extrémní vychýlení osy k rovině oběhu, její pohyb je v praxi spíše „koulením“ po své dráze. Také Uran má velké množství přirozených družic, kterých je k datu 31. ledna 2005 známo 27.

Název měsíce	Rozměr (km)	Oběžná doba (dny)	albedo
Miranda (UV)	240,00 x 236,20 x 232,90	1,41	0,27
Ariel (UI)	581,10 x 577,90 x 577,70	2,52	0,35
Umbriel (UII)	584,70	4,15	0,19
Titania (UIII)	788,90	8,71	0,28
Oberon (UIV)	761,40	13,46	0,25

Tabulka 3: Největší měsíce planety Uran

Atmosféra má složení podobné ostatním plyným obrům. Tak jako u jiných je nejvíce zastoupen vodík (83%) dále je zde helium (15%) a metan (2%). Díky metanu ve vyšších vrstvách atmosféry je pohlcována červená barva a tak Uran získává svou charakteristickou modrozelenou barvu.

Pozorování planety Uran se datuje od 13. března 1781, kdy William Herschel jako první pozoroval objekt na noční obloze jako planetu. Před tímto datem byla planeta pokládána za hvězdu a to dokonce první zaznamenané pozorování je z r.1690, když planetu John Flamsteed

zkatalogizoval jako hvězdu 34 Tauri. Dalším podrobnějším pozorováním se roku 1986 zaobírala sonda Voyager 2, která přispěla k potvrzení existence prstenců a objevení deseti měsíců. Ač je tato sonda jedinou, která navštívila planetu Uran, tak díky vyvíjející se pozorovací technice můžeme stále objevovat nové poznatky o této vzdálené planetě. Velkým přínosem je pozorování pomocí Hubbleova vesmírného dalekohledu.



Obrázek 14: Uran



Obrázek 15: Snímek Uranu a jeho měsíců

2.3.3.5. Neptun

Neptun je osmá planeta od Slunce a podle velikosti je čtvrtá největší planeta sluneční soustavy. Planeta je tedy menší než Uran, ale na druhou stranu je tato planeta hmotnější. Neptun obíhá Slunce na eliptické dráze se střední vzdáleností $4,49 \cdot 10^9$ km (30,07 AU) a oběh trvá 164,89 roků. Stejně jako ostatní obří planety i Neptun vlastní velký počet měsíců a je obklopen prstenci. Do 1. října 2004 bylo známo 13 měsíců. Nejzajímavější z nich je Triton, který nejspíše byl původně tělesem Kuiperova pásu, ale později byl přivlastněn Neptunem a obíhá planetu retrográdním pohybem. Prstence Neptunu jsou velmi slabé a málo výrazné. Jejich existenci potvrdila až sonda Voyager 2, která pořídila jejich snímky. Tyto prstence obsahují 100x více prachu než prstence ostatních planet.

Název měsíce	Rozměr (km)	Oběžná doba (dny)	albedo
Naiad (NIII)	48,00 x 30,00 x 26,00	0,29	0,07
Thalassa (NIV)	54,00 x 50,00 x 26,00	0,31	0,09
Despina (NV)	90,00 x 74,00 x 64,00	0,33	0,09
Galatea (NVI)	102,00 x 92,00 x 72,00	0,43	0,08
Larissa (NVII)	108,00 x 102,00 x 84,00	0,56	0,09
Proteus (NVIII)	220,00 x 208,00 x 202,00	1,12	0,11
Triton (NI)	2 706,59	5,88	0,76
Nereid (NII)	170,42	360,13	0,16

Tabulka 4: Největší měsíce planety Neptun

Atmosféra v horních vrstvách je tvořená z převážné části molekulárním vodíkem (85%), dále je helium (15%). Modré zbarvení planety je způsobeno výskytem metanu, který silně pohlcuje červené světlo. Patrné jsou tmavé skvrny připomínající hurikány, které je možné pozorovat na Jupiteru. Největší je nazvána „Velká tmavá skvrna“ a vešla by se do ní celá Země. Velká tmavá skvrna se pohybuje rychlostí 1 200 km . h⁻¹. Zatím není zcela jasně vysvětlena.

K objevení Neptunu ukazoval fakt, že dráha Uranu není v souladu s Newtonovými pohybovými zákony a to vedlo k domněnce planety za dráhou Uranu. Dalším krokem k objevení nové planety bylo spočítání polohy neznámé planety o tento krok se postarali angličan John Couch Adams a francouz Urbain Jean Joseph Leverrier, kteří nezávisle na sobě spočítali přibližnou polohu neznámé planety. Z těchto poznatků pak astronom Johann Gottfried Galle 23. října 1846 jako první pozoroval planetu Neptun. V té době to byl triumf rozvíjející se nebeské mechaniky.



Obrázek 16: Neptun

Planetu Neptun doposud navštívila jediná sonda Voyager 2. Sonda mimo jiné umožnila pozorovat polární záře v Neptunově atmosféře. Výkon polárních září na Neptunu jsou řádově menší než je tomu na Zemi. Dalším přínosem v pozorování planety jsou snímky z pozemních pozorování a snímky pořízené pomocí Hubbleova vesmírného dalekohledu.

2.3.4. Pluto

Pluto je v pořadí devátou planetou naší sluneční soustavy. Oběh kolem Slunce, na eliptické dráze se střední vzdáleností $5,91 \cdot 10^9$ km (39,48 AU), trvá 248,09 roku. Planeta je po většinu doby svého oběhu kolem Slunce nejvzdálenější planetou sluneční soustavy. Díky vysoké excentricitě dráhy planety zasahuje do nitra dráhy Neptunu (dochází k tomu, že Pluto je blíže Slunci než Neptun). Naposledy se tato výměna pořadí planet stala v letech 1979 až 1999. Rezonance 3:2 oběžných drah těchto dvou planet jim nedovoluje se přiblížit na kolizní vzdálenost. Pluto je i nejmenší planetou sluneční soustavy, je dokonce menší než největší měsíce (Měsíc, Io, Europa, Ganymed, Callisto, Titan a Triton). Pro tyto parametry není většinou za planetu považováno a je řazeno do skupiny transneptunických těles.

Atmosféra Pluta je pravděpodobně složena z dusíku, oxidu uhelnatého a metanu. Na povrchu je velmi malý atmosférický tlak a teplota při povrchu se pohybuje kolem -230 °C. Získání přesných poznatků o složení atmosféry je úkol sondy New Horizons^e. Start je naplánován na leden 2006. Plánované dosažení cíle se předpokládá v červenci 2015, kdy sonda prolétne kolem Pluta a Charona. Sonda vedla Pluta a Charonu bude zkoumat nejméně jedno těleso Kuiperova pásu.

Objevení Pluta předcházel dohad, co způsobuje nepravidelnosti v pohybu planety Neptun. Možné vysvětlení byla další, mnohem hmotnější planeta. V závislosti na tomto závěru vypočítal Percival Lowell přibližnou pozici neznámé planety. Objevitelem se však stal Clyde William Tombaugh, který na fotografické desce zaznamenal planetu na předpokládané pozici. Oficiálně byl objev oznámen 13. března 1930, asi měsíc po skutečném objevení. Později se ukázalo, že planeta není tak hmotná aby mohla způsobovat poruchy pohybu planety Neptun. Někteří astronomové se dokonce domnívají, že Pluto je dávným měsícem planety Neptun, který srážkou s jiným kosmickým tělesem byl odmrštěn mezi tělesa Kuiperova pásu.

Pluto je zatím jediná planeta sluneční soustavy, kterou nezkoumala zblízka žádná sonda. Upřesnění dat o této planetě umožnil objev jejího měsíce Charona, k němuž došlo v roce 1978. Z křivek jasnosti, bylo možno určit průměry obou těles a sestavit mapu oblastí na povrchu. Charon představuje kolem 12% hmotnosti Pluta (jde relativně o největší měsíc ve sluneční soustavě). V souvislosti s tímto faktem lze také hovořit o dvojplanetě. Dále má Charon synchronní rotaci a

e) Dřívější označení Pluto-Kuiper Express

oběžnou dráhu. Z toho důvodu bychom z planety viděli jenom jednu stranu měsíce a byl by na stále stejném místě.

S dalším překvapujícím objevem přišel Hubbleův kosmický dalekohled, který poměrně nedávno objevil dva nové měsíce patřící k Plutu. Počet přirozených satelitů Pluta tak stoupl na tři. Předběžná označení těchto měsíců jsou S/2005 P1 a S/2005 P2 a obíhají mateřskou planetu ve vzdálenosti 44 000 a 53 000 kilometrů.



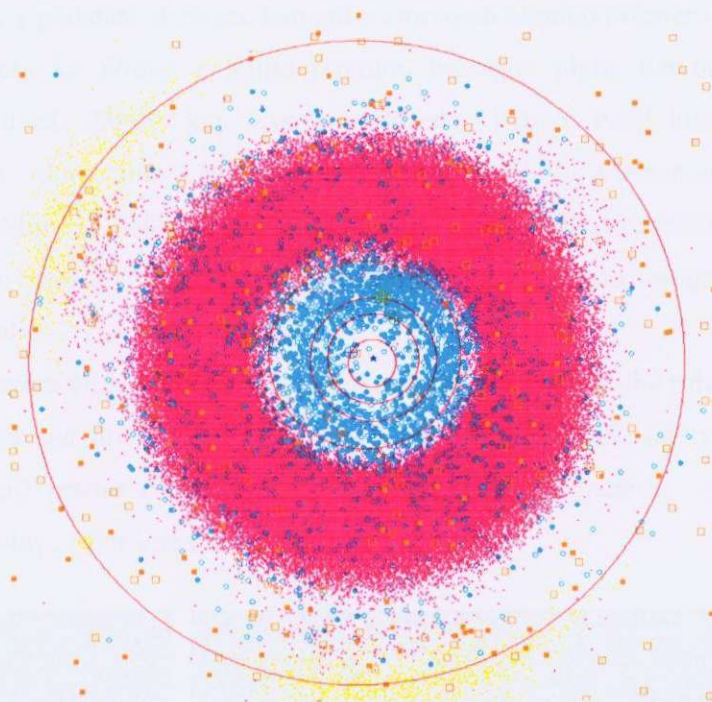
Obrázek 17: Snímek Pluta a jeho měsíců

Ještě bych se vrátil ke sporu o určení statutu planety. Můj názor se přiklání k učení Pluta jako zástupce transneptunických těles z Kuiperova pásu. Tento názor je po objevu transneptunického tělesa 2003UB313, kdy se hovoří dokonce o desáté planetě, více jeví jako správný. Jediné co stojí v cestě ke (z mého pohledu) správnému kroku je to, že lidé by škrtnutí Pluta ze seznamu planet nepřijali.

2.4. Malá tělesa sluneční soustavy

2.4.1. Planetky

Vesmírná tělesa podstatně menších rozměrů než planety se nazývají planetky. Jde o tělesa, ve většině případech, nepravidelného tvaru. Pokud průměr planetky nedosahuje průměru 200 km, pak její gravitace je moc slabá, aby její tvar nabyl pravidelných rozměrů. Závisí tedy na poměru gravitační síly a vnitřní soudržnosti materiálu. Planetek, které mají průměr větší než 200 km, je známo 28. U těchto planetek se začíná uplatňovat gravitační síla na vytvoření přibližného sférického tvaru. Není zdaleka tak pravidelný jako to bývá u planet, ale jejich tvar už bývá dost podobný.



Obrázek 18: *Uspořádání planetek*

První výzkum ukazoval na planetky obíhající mezi Jupiterem a Marsem. Dalším objevováním planetek se ukázalo, že planetky se liší od sebe svou dráhou a je možno dělit do skupin podle své dráhy. V současnosti známe několik skupin planetek a některé dokonce kříží dráhu Země.

2.4.2. Komety

Komety s velkými chvosty jsou velice poutavou podívanou na noční obloze. V minulosti příchod každé větší komety byl brán jako předzvěst špatné události. V dnešní době už není objevení komety na noční obloze nic překvapivého a naopak je přímo vyhledávána pro svou krásu na noční obloze.



Obrázek 19: *Kometa Kohoutek*

Komety jsou v podstatě slepenec kamení a zmrzlých plynů o průměru několika kilometrů. Při přiblížení komety ke Slunci z jejího povrchu unikající plyny vytvoří tzv. komu, která dosahuje v průměru až 100 000 km. Koma společně s jádrem tvoří hlavu komety. Vlivem slunečního záření a slunečního větru jsou jednotlivé molekuly a prachové částice hnány od komety směrem od Slunce. Takto vzniká ohon komety, který může dosahovat až stovek milionů kilometrů. Při každé cestě ke Slunci komety zanechají v meziplanetárním prostoru zhruba jednu tisícinu své hmotnosti.

Dalším projevem činnosti komet na noční obloze jsou meteorické roje. Tyto roje vznikají, když naše planeta protne dráhu nějaké komety a nebo dráhy s pozůstatky rozpadlých komet. Meteorické roje mají jméno podle souhvězdí odkud všechny meteory vylétají. Známe tedy např. Leonidy, Perseidy, Andromedidy, apod.



Obrázek 20: Leonidy



Obrázek 21: Leonidy nad Torre de la Guaita

2.4.3. Meteorická tělesa

Ve sluneční soustavě jsou další skupinou meteorická tělesa. Meteorická tělesa jsou objekty od drobných prachových tělísek po tělesa o rozměrech desítek metrů. Původ těchto těles můžeme hledat v materiálu vyvrženém do prostoru po velkém impaktu, srážkou planetek, materiálem uvolněným z komet a konečně to může být pozůstatek po utváření sluneční soustavy.

Meteorická tělesa též nazýváme meteoroidy. Ve vesmírném prostoru se pohybují vysokou rychlostí (řádově desítky km/s). Pro Zemi ale tyto tělesa nejsou velkým nebezpečím. Při dopadu na Zemi nejdříve prochází atmosférou. V atmosféře díky své veliké rychlosti většinou shoří. Pro nás jako pozorovatele je tento optický úkaz nazýván meteorem. Tento meteor je vyvoláván průchodem meteoroidu atmosférou. Při průchodu tělesa atmosférou dochází k ionizaci atomů plynů v atmosféře, ty jsou vybuzeny na vyšší energetickou hladinu a následně na to dochází k jejich rekombinaci. Přitom se uvolňují fotony, které nám umožňují sledovat světelnou stopu meteorického tělesa.

Na základě světelné stopy meteoru by bylo možno určit i místo dopadu, ale to je dost

těžká práce a do současné doby se to povedlo v málo případech. První nález se podařil roku 1959 u Příbrami. Další až v roce 2000 tento meteorit má název Morávka. Na světě jich bylo objeveno jenom velice málo. Díky této skutečnosti je naše republika na předním místě.

Meteority dělíme podle složení materiálu na:

- kamenné meteority (chondrity, achondrity)
- železné meteority (siderity)
- železo-kamenné (siderolity)

Zvláštní skupinu tvoří tektity, které vznikly po dopadu velkého tělesa. Po tak velkém impaktu byl materiál vyvržen do okolí. Takové pozůstatky můžeme najít i u nás. Vltavíny jsou pozůstatkem po dopadu velkého tělesa před asi dvanácti miliony lety.



Obrázek 22: Meteorit Morávka – tři z pěti nalezených kusů



Obrázek 23: Vltavín

3. O planetkách trochu více

3.1. Vznik planetek

Na vznik planetek bylo vypracováno několik hypotéz. První byla, že planetky jsou pozůstatkem po rozpadu velké mateřské planety. Tento názor zastával Heinrich Wilhelm Matthias Olbers (objevitel Pallasu a později i Vesty). Roku 1802, před objevením již zmiňované Vesty, Olbers uvažoval o možnosti že Ceres a Pallas kdysi tvořily jediné těleso. Díky této hypotéze nachází jeho přítel Karl Harding planetku Juno a o tři roky později Olbers nachází Vestu. Dalším důkazem bylo Titiovo-Bodeovo pravidlo, které po objevení Uranu roku 1781 bylo stále platné.

Další hypotéza vycházela z možnosti že planetky jsou jádra vyhaslých komet. Tato hypotéza se opírá o fakt, že planetky jsou ze zcela odlišných materiálů. Tyto planetky jiných materiálů by mohly být pozůstatkem po srážce komety s planetkou. Tuto možnost z části potvrzoval i novým objevem roku 1918 Kiyotsugu Hirayama z Tokijské observatoře. Hirayama si povšiml, že určité skupiny planetek mají velmi podobnou dráhu. Protože věřil, že planetky těchto skupin mají společný původ, nazval tyto skupiny „rodinami“. Ukázalo se, že tento předpoklad byl správný a jde skutečně o pozůstatek rozbitého velkého tělesa. Rozlišitelná rodina vznikne, když energie srážky je dostatečná k rozbití mateřského tělesa, ale zároveň není tak velká, aby došlo k přílišnému rozptýlení jednotlivých částí.

Posledním možným původem planetek je prostě přímo vznik sluneční soustavy. Planety Jupiter, Saturn a další rostou rychleji než v oblasti hlavního pásu. Jupiter svým gravitačním působením zvyšuje rychlost už existujících planetek a tím i zabraňuje dalšímu spojování těchto těles. Při dalších srážkách už nedochází ke spojování, ale naopak dochází k jejich roztržení. Tato hypotéza se ukazuje jako nejpravděpodobnější.

3.2. Pozorování planetek

3.2.1. První pozorování planetek

První planetkou objevenou na obloze byla planetka s názvem Ceres. Jejím objevením se odstartovalo nové hledání objektů, které nedosahují velikostí planet, ale jejich velikost není nijak zanedbatelná.

V době objevu se hledala osmá planeta sluneční soustavy. Na popud F. X. von Zacha byla uspořádána snad první astronomická kampaň pro nalezení chybějící planety mezi Marsem a Jupiterem. Tato kampaň vycházela z Titius-Bodeova zákona podle něhož planety, ale i měsíce planet na svých oběžných drahách splňují podmínky určité matematické řady.

Johannes Daniel Titius v roce 1766 publikoval empirický zákon vyjadřující vzdálenost planet od Slunce. Tento zákon byl široce propagován tehdejšími ředitelem berlínské hvězdárny

Johannem Bodem a je z nám jako Titiova-Bodeova řada. Když budeme vycházet ze vzorce $r = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n$, kde n je pořadí planety. Z toho to vzorce lze srovnat vzdálenosti vypočítané se skutečnými v tabulce 5.

Planeta	n	a (AU)	r (AU)
Merkur	$-\infty$	0,39	0,40
Venuše	0	0,72	0,70
Země	1	1,00	1,00
Mars	2	1,52	1,60
?????	3	2,80	2,80
Jupiter	4	5,20	5,20
Saturn	5	9,56	10,00
Uran	6	19,30	19,60
Neptun	7	30,30	38,80
Pluto	8	39,60	77,20

Tabulka 5: Porovnání počítaných hodnot se skutečnými vzdálenostmi

Z předchozí tabulky vyplývá, že výsledky nemůžou být náhodné a chybějící planeta existuje, jen dosud čeká na své objevení. V tabulce jsou ještě napsány planety, které v době zveřejnění Titius-Bodeova zákona teprve čekaly na objevení. U planety Pluto je odchylka dost velká, ale i to nemusí znamenat chybu. I v dnešní době není planeta Pluto plně považovaná za plnohodnotnou planetu. Neznámá planeta se podle Titius-Bodeova zákona měla nacházet ve vzdálenosti 2,8 AU od Slunce. Řada astronomů se tak začala soustředit na vzdálenost, kde se očekávala možná planeta.

Franz Xaver von Zach při svém hledání údajné planety sestavoval podrobnou mapu. Po několika letech práce si uvědomil jak velkého rozsahu tato práce je a proto uspořádal velké tažení na tuto dosud neobjevenou planetu. V září roku 1800 se sešlo 6 astronomů na hvězdárně Johanna Schroettera. Rozdělili oblast zvěřníku na 24 dílů a rozeslali dopisy astronomům schopným takové práce s nabídkou na spolupráci. Skupina se označovala jako „nebeská policie“ a tak i Giuseppe Piazzi usiloval o nalezení chybějící planety mezi Marsem a Jupiterem.

Dne 1. ledna 1801 Giuseppe Piazzi na astronomické observatoři v Palermu objevil těleso, které při prověřování hvězdné mapy nebylo zaznamenáno. Hvězdě o 8 mag dal jméno Ceres Ferdinandu. Ceres byla římská bohyně sklizně a patronka Sicílie. Ferdinandu po králi obojí Sicílie v té době. Z politických důvodů bylo později druhé pojmenování vypuštěno a zůstalo pojmenování Ceres. Piazzi později napsal: „Oznámil jsem, že jsem našel kometu, ale postupně se ukazovalo, že to je něco lepšího než kometa“. Další sledování Ceres bylo zkomplikováno

Piazziho nemocí. Zpráva o objevení Ceres se dostala k astronomické komunitě koncem března a v té době byla Ceres v blízkosti slunce nepozorovatelná.

V hledání nové planety vznikl nový problém. Jak najít Ceres po konjukci se Sluncem? Do řešení nastalého problému se vložil matematik Karl Friedrich Gauss. Gauss ve své práci popsal metodu chyb měření a díky níž lze vypočítat budoucí polohu tělesa, pomocí jen několika pozorování. V teorii postačovala pro výpočet pouhá tři měření. Za pomoci této metody mohl Franz Xaver von Zach v prosinci 1801 Ceres opět nalézt.

Ve skutečnosti tedy Giuseppe Piazzi našel první planetku. V té době ještě byla považována za osmou planetu, i když o tom dost lidí včetně Piazziho pochybovalo. Ceres byla na planetu dost malá, ale její vzdálenost tak dobře zapadala do Titius-Bodeova zákona. Tři měsíce po znovuobjevení Ceres, objevil amatérský astronom Heinrich Wilhelm Matthias Olbers další planetku Pallas. Tento objev narušil dobře zapadající Titius-Bodeho zákon. Vyvstal další důvod proč si nemyslet, že jde o planetu. Olbers začal uvažovat, jestli Ceres a Pallas netvořily kdysi jediné velké těleso. Při této domněnce se spojil Karlem Hardingem a společně pátrají po dalších zbytcích „velké planety“. Začínají tedy hledat v souhvězdích Ryby a Panna, kde se dráhy Ceres a Pallas přibližují. Toto pátrání bylo završeno 1. září 1804 kdy Harding nachází planetku později pojmenovanou Juno.

Tyto planety byly v dalekohledu tak podobné hvězdám, že je Herschel začal označovat jako asteroidy. Tím byly tyto tělesa vytěsněna ze společenství planet. Olbers však neustává v hledání dalších zbytcích „velké planety“ a dne 29. března 1807 nachází Olbers svůj druhý asteroid se jménem Vesta. Roku 1816 Olbers po devítiletém neúspěšném hledání dalších asteroidů usuzuje, že Ceres, Pallas, Juno a Vesta tvoří úplné společenství těles mezi Marsem a Jupiterem.

V roce 1845 Ludwig Henke objevuje další asteroid se jménem Astraea a v roce 1847 asteroid se jménem Hebe. Od tohoto objevu začínalo být jasné, že těles mezi Marsem a Jupiterem bude daleko více. Roku 1850 bylo zaznamenáno už 13 asteroidů. Díky tolika objevům se upustilo od grafických symbolů jako u planet. Současně se zavádí pojmenování objektů planety (z anglického minor planet). Do současné doby se můžeme setkat s názvem asteroid, ale porozumění to vůbec neškodí.

3.2.2. Objevování planetek

V dnešní době je třeba k objevení nové planety vynaložit stále více energie. Neznámé objekty jsou buď velice vzdálené nebo prostě tak malé, že pouhým amatérským dalekohledem není skoro možné najít neznámou planetku. Planety při přímém pozorování dalekohledem jsou zaměnitelné s hvězdami. Dřívější pozorování bylo prováděno neustálým porovnáváním noční

oblohy s hvězdnou mapou. Průlomem v objevování planetek bylo využití fotografie.

Fotografie umožnila odhalit pomalu se pohybující objekty na noční obloze. První, kdo pomocí fotografie objevoval planetky byl Max von Wolf. Fotografickou desku exponoval hodinu a potom druhou exponoval stejnou dobu. Tímto procesem získal snímky stejného zorného pole v odlišném čase. Následným porovnáním desek mohl objevovat planetky až do jasnosti 12,6 magnitudy. Touto metodou objevil Max von Wolf 226 nových planetek. V dnešní době se tato metoda již nepoužívá a stále více se prosazují CCD detektory.

Když tedy máme to štěstí zaznamenat neznámou planetku, není ještě zdaleka vyhráno. Planetka musí být pozorována nejméně ve dvou nocích. Když je potvrzeno pozorováním v dalších nocích, nahlásí se tento objev do Minor Planet Centra. Po nahlášení je planetce přiřazeno předběžné označení, které se skládá z roku objevu, dvou velkých písmen abecedy a popřípadě dalších čísel.

Od okamžiku kdy je přiděleno předběžné označení se planetka porovnává s planetkami mající předběžné označení. Najde-li se stejná planetka je možné porovnat obě měření a dopočítat tak přesnou dráhu této planetky. Označení planetky se přejímá od dříve nalezené, toto označení je považováno za základní označení. V případě, že planetka není nikdy předtím pozorována, tak je zapotřebí provést další pozorování této neznámé planetky pro spočítání přesnější dráhy. Přesnější dráha poslouží ke opětovnému srovnání s dříve pozorovaných. Pokud se ani tak nenalezne, je zapotřebí počkat do dalšího možného pozorování planetky.

Trvalé pořadové číslo nové planetky je možné přidělit až po odpozorování čtyř opozic nové planetky. Objevitelem nové planetky je považován první pozorovatel a má možnost navrhnout její jméno.

Při udělení jména planetce musí napsat důvody, proč takové pojmenování zvolil. Pravidla pro udělení jména planetky:

- > pokud je to možné má být jednoslovné
- > délka jména má maximálně 16 znaků
- > musí mít smysl
- > nesmí se jednat o slovo hanlivé
- > nemělo by se příliš podobat jménu, které se už používá k pojmenování planet, satelitů a jiných těles.
- > nemělo by se jednat o jméno domácího zvířete

Když je jméno schváleno, stává se oficiálním v okamžiku jeho publikování prostřednictvím *Minor Planet Circulars*.

3.3. Rozdělení planetek

Od objevu první planetky Ceres uplynulo přes 200 let. Za další zmínku stojí i to, že k roku 2000 se prolomila magická hranice 20 000 katalogizovaných planetek. Tento počet neustále narůstá, především díky novým technologiím zkoumání noční oblohy, k dnešní době se jich počítá na 121 000 katalogizovaných planetek. Při tak vysokém počtu není možné mluvit o planetkách jako o jedné skupině nebo jen o pár základních skupinách planetek. Z tohoto důvodu je dobré napsat pár vět ke třídění planetek.

Planetky se dělí do skupin podle svých drah. Počty planetek ve skupinách se neustále mění a vzájemným porovnáním se ukazuje jak skupiny jsou od sebe odlišné. Nejvíce se asi veřejnost zajímá o první skupinu zvanou blízkozemní planetky. Planetka tohoto typu mohla být příčinou vyhynutí dinosaurů a tím i postavení savců na vrchol živočišné říše. Bohužel tato planetka nebyla ve skupině nebezpečných křížičů jediná a tak ta samá skupina planetek může být příčinou zániku i naší civilizace. Rozdělením podle umístění v planetární soustavě se budeme zaobírat podrobněji v dalších kapitolách.

Další možností je rozdělení podle chemického složení planetek do tzv. tříd planetek. U tohoto třídění jsou tři hlavní třídy planetek a skupina nezatříděných planetek. Z hlediska složení mineralogického složení planetek, je známo ještě jemnější dělení na třídy: S, C, M, D, F, P, V, G, E, B, A. Zde si uvedeme jenom hlavní klasifikaci planetek.

- Třída C – (carbonaceous - uhlíkaté) sem patří až 75% všech známých planetek. Takovéto planetky jsou velice tmavé, s albedem 0,05. Jsou podobné uhlíkatým chondritům, (např. (253) Mathilde).
- Třída S – (stony – kamenný) sem patří až 17% všech známých planetek. Tyto planetky jsou jasnější jejich albedo se pohybuje v rozmezí 0,10 až 0,25. Složení je ze směsi niklového železa a křemičitanů železa nebo hořčíku, (např. (951) Gaspra, (433) Eros, (243) Ida).
- Třída M – (metallic – kovový) do této třídy se řadí většina ze zbývajících počtu známých planetek. Tyto planetky jsou jasné, jejich albedo je od 0,1 do 0,18. Hlavní složkou je čisté niklové železo, (např. (16) Psyche).
- Třída U – (unclassified – nezatříděný) tato skupina je zbytek známých planetek, které nebylo možné zařadit do žádné z předchozích tříd.

3.4. Blízkozemní planetky

Planetky, které se na své cestě míjejí nebo míjejí dráhu Země nazýváme: „Blízkozemní planetky“ se zkratkou NEOs^f. Mezi NEOs zařazujeme objekty, které mají velkou poloosu menší

f) NEOs - Near Earth Objects

než 1,3 AU. Je to poměrně nesourodá skupina objektů vymrštěných z hlavního pásu gravitačním působením planet. Část těles jsou vyhasnutá jádra komet. Prvním objeveným v roce 1898 byl Eros s katalogovým číslem 433. Planetka Eros byla pozorována roku 1931 jak se přiblížila k Zemi. Díky tomu se veřejnost dozvěděla o existenci takových planetek. Těchto planetek (tzv. křížičů) je známo kolem 2 600. Tyto planetky se dělí do tří hlavních skupin:

- Planetky typu Aten mají dráhu ležící z větší části uvnitř dráhy Země. Do této skupiny se počítá přibližně 308 objektů. Pojmenování je podle planetky (2062) Aten.
- Planetky typu Apollo mají dráhu, která také kříží dráhu Země, ale většinou se pohybují za ní. Do této skupiny počítáme asi 1812 objektů. Pojmenování této skupiny má po planetce (1862) Apollo.
- Planetky typu Amor sice dráhu Země nekříží, ale k dráze se přibližují. Na své pouti kolem Slunce kříží dráhu planety Mars. Z této skupiny planetek je nejnámější (433) Eros, ale pojmenování této skupiny je po planetce (1221) Amor. Do této skupiny řadíme s již zmíněným Erosem dalších 1602 objektů.

Někdy se můžeme u blízkozemních planetek setkat s označením typu AAA. Tato skupina planetek má ve svých řadách i potenciálně nebezpečné asteroidy značené zkratkou PHAs^g. Do této podskupiny patří tělesa o průměru větším než 150 m a jejich dráha se křížuje s dráhou Země ve vzdálenosti menší než 7,5 milionu km.

3.4.1. Planetka (433) Eros

Planetku Eros objevili nezávisle na sobě dva astronomové dne 13. srpna 1898. Gustav Witt učinil objev v Berlíně a Auguste Charlois v Nice. Tato planetka byla první, u které bylo při výpočtu dráhy zjištěno, že planetka se přibližuje Zemi na vzdálenost 0,133 AU. Od té doby už bylo jasné, že rozmístění hlavního pásu planetek není tak jednoznačné.

Rozměry planetky jsou 33 x 13 x 13 km a doba rotace 5,27 hodin. Hustota planetky je srovnatelná s hustotou zemské kůry. Na povrchu planetky jsou pozorovatelné velké krátery, největší z nich má průměr 5,5 km. Malé krátery se na povrchu nevyskytují. Příčinou jsou pravděpodobně seizmické otřesy, které způsobují srážky planetky s malými meteoroidy a planetkami na kolizní dráze. Povrch je pokryt regolitem, vrstvou menších kamenů a prachu.

Podrobný průzkum potvrdil, že planetka je pravděpodobně roztříštěným monolitem, který byl rozbit velkými srážkami a pohromadě pak drží gravitační silou. K tomuto závěru vede pozorování velkých rýh na povrchu planetky. Zkoumání zda je možné velkým impaktem docílit rozbití planetky až k jádru, je dost důležité pro případné řešení u planetek na kolizní dráze se Zemí.

g) PHAs – Potentially Hazardous Asteroids

K této planetce NASA vyslala sondu NEAR-Shoemaker. Mise této sondy byla velmi úspěšná. Za dobu svého působení u planetky Eros odeslala na Zemi přes 103 000 snímků a vykonala rozsáhlé měření povrchu a složení planetky. Sonda potvrdila, že Eros je pozůstatkem z doby utváření sluneční soustavy. Více o sondě NEAR-Shoemaker v kapitole 5.1. *Sonda NEAR Shoemaker*.



Obrázek 24: (433) Eros

Velikost planetky (d)	14 x 15 x 40 km	Vzdálenost od Slunce (a)	1,46 AU
Hmotnost (M)	5×10^5 kg	Absolutní hvězdná velikost planetky (H)	11,2 mag
numerická excentricita (e)	0,22	sklon dráhy (i)	10,8°
Třída planetky	S	Doba oběhu (P)	1,76 roku
		Perioda rotace	5,27 hodin

Tabulka 6: (433) Eros

3.4.2. Planetka (1862) Apollo

Planetka, která dala jméno celé skupině planetek typu Apollo, byla prvně pozorována 24. dubna 1932 Karlem Reinmuthem, kdy se přiblížila k Zemi na vzdálenost 0,07 AU. Pro chybné určení její dráhy byla následně ztracena a znovu objevena byla roku 1973. Její spektrum se shoduje se spektrem uhlíkatých chondritů.

Dne 1. listopadu byl i u této planetky objeven měsíc. Svým rozměrem jde spíše o obrovský balvan rozměr je řádově v desítkách metrů. Na své dráze se od mateřského tělesa

vzdálí maximálně na 3 kilometry. Objev učinili astronomové pracující s velkým radioteleskopem v portorickém Arecibu.

Velikost planety (d)	1,6 km	Vzdálenost od Slunce (a)	1,48 AU
Hmotnost (M)	$5,1 \times 10^{12}$ kg	Absolutní hvězdná velikost planety (H)	16,25 mag
numerická excentricita (e)	0,56	sklon dráhy (i)	6,4°
Třída planety	Q	Doba oběhu (P)	1,81 roku
		Perioda rotace	3,06 hodin

Tabulka 7: (1862) Apollo

3.4.3. Planetka (1221) Amor

Planetky typu Amor jsou tělesa křížící dráhu Marsu, ale nedosahují dráhy naší planety Země. Tato skupina je pojmenovaná podle jejich charakteristické planety (1221) Amor.

Velikost planety (d)	0,5 km	Vzdálenost od Slunce (a)	1,92 AU
Hmotnost (M)	$3,5 \times 10^{12}$ kg	Absolutní hvězdná velikost planety (H)	17,7 mag
numerická excentricita (e)	0,44	sklon dráhy (i)	11,9°
Třída planety	C - S	Doba oběhu (P)	2,66 roku
		Perioda rotace	? hodin

Tabulka 8: (1221) Amor

3.4.4. Planetka (2062) Aten

Planetka, která dala jméno celé skupině planetek typu Aten, byla objevena v roce 1976.

Velikost planety (d)	1 km	Vzdálenost od Slunce (a)	0,97 AU
Hmotnost (M)	$7,6 \times 10^{11}$ kg	Absolutní hvězdná velikost planety (H)	16,8 mag
numerická excentricita (e)	0,18	sklon dráhy (i)	18,9°
Třída planety	S	Doba oběhu (P)	0,95 roku
		Perioda rotace	40,78 hodin

Tabulka 9: (20062) Athen

3.4.5. Projekty zaměřené na NEOs

ESA^h představila dne 14. června 2004 šest projektů, které mají za prvořadý úkol výzkum

h) ESA (European Space Agency) – Evropská vesmírná agentura

blízkozemních planetek.

- Earthguard 1 – jednalo by se o malý vesmírný dalekohled přímo určený na objevování blízkozemních planetek, se zvláštním důrazem na planetky typu Aten, které jsou velmi těžko pozorovatelné z pozemských observatoří.
- European Near-Earth Object Survey (EUNEOS) – vesmírný dalekohled určený na vyhledávání blízkozemních planetek.
- NEO Remote Observations (NERO) – opticko-infračervený vesmírný dalekohled určený rovněž na objevování blízkozemních planetek, ale navíc by uměl vyhodnocovat fyzikální vlastnosti.
- Smallsat Intercept Missions to Objects Near Earth (SIMONE) – flotila malých družic určených na práci při cílových planetkách s rozměry od 400 do 1 300 metrů.
- Internal Structure High-resolution Tomography by Asteroid Rendezvous (ISHTAR) – sonda určená pro průzkum vnější a vnitřní struktury planetky. Jednalo by se o blízkozemní planetky typu C a S s velikostí kolem jednoho kilometru.
- Don Quijote – poslední a zároveň i vybraný projekt je složen ze dvou sond. První z nich se bude jmenovat Hidalgo a druhá Sancho. Více informací je napsáno v kapitole 5.7. *Projekt Don Quijote.*

3.5. Planetky hlavního pásu

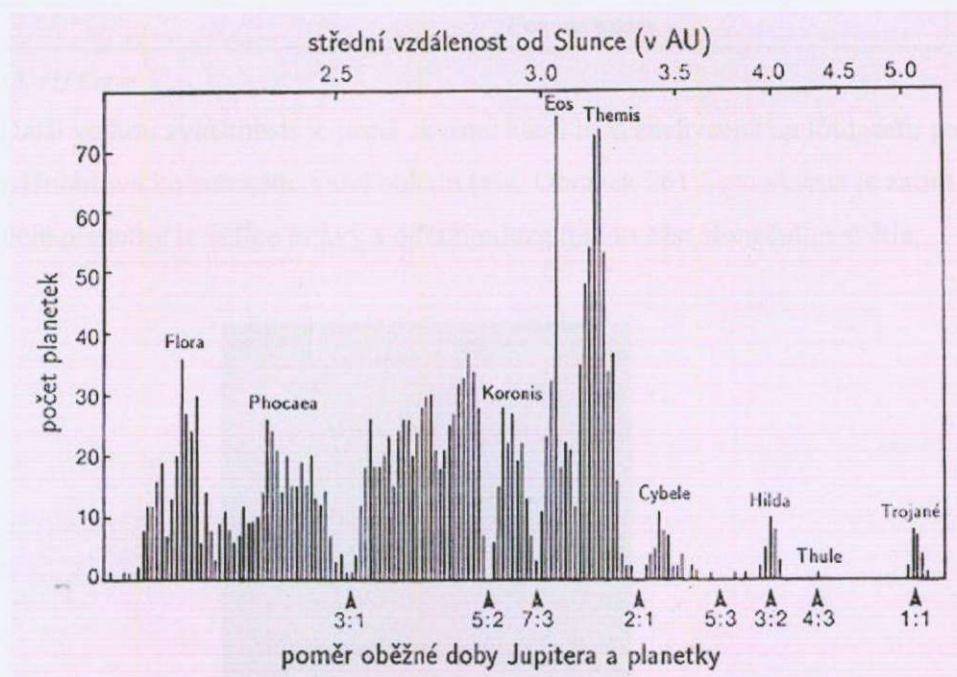
Tato skupina je nejpočetnější a tělesa této skupiny obíhají Slunce mezi dráhami Marsu a Jupiteru. Počet těles v této skupině přesahuje 100 000, ale to není zdaleka vše. Počty, které jsou udávány odpovídají pouze registrovaným k určitému datu. Při možnosti spojení všech těchto těles však dostaneme těleso o průměru asi 1 900 km. Tato velikost je ve srovnání s naším Měsícem skoro poloviční.

I tato skupina se dále dělí do dalších podskupin. První skupinu tvoří planety vniklé gravitačním působením Jupitera (např. Hilda a Trojané).

- Hilda - kolem rezonance 3:2 s Jupiterem (velká poloosa kolem 4,0 AU).
- Trojané - v rezonanci 1:1 s Jupiterem (velká poloosa kolem 5,2 AU), librační body L_4 a L_5 . V těchto bodech se vyrovnává gravitační působení Jupiteru a Slunce. Někteří Trojané mohou mezi oběma body oscilovat.
- Griqua - vzácný typ planetek v rezonanci 2:1 s planetou Jupiter na drahách s velkou excentricitou a velkým sklonem k rovině ekliptiky.
- Cybele - skupina planetek poblíž rezonance 7:4 s planetou Jupiter.

Druhou skupinu tvoří planetky utvořené rozbitím velkého tělesa (tzv. rodiny).

- rodina Nýsa - vnitřnější střed hlavního pásu (kolem 2,45 AU), velmi malé sklony (do 4°).
- rodina Flora - nejvnitřnější část hlavního pásu (velká poloosa kolem 2,2 AU), nevelké sklony (do 11°).
- rodina Koronis - uprostřed vnější části hlavního pásu (kolem 2,85 AU), velmi malé sklony (do 3,5°), malé excentricity (do 0,11).
- zóna Eos - vnější část hlavního pásu (kolem 3,0 AU), střední sklony (mezi 8° a 12°), nevelké excentricity (do 0,13).
- zóna Themis - vnější okraj hlavního pásu (kolem 3,15 AU), velmi malé sklony (do 3°), mírné až středně velké excentricity (mezi 0,09 a 0,22).
- zóna Pallas - střed hlavního pásu (kolem 2,7 AU), vysoké sklony (33° až 38°).
- 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 Nurtgaria - blízko za drahou Marsu izolovaná skupina s velkými sklony (16° až 34°), malé a střední excentricity (do 0,18).
- Hungaria - rodina planetek na málo výstředných drahách s větším sklonem k rovině ekliptiky (obvykle více než 18°) těsně za drahou planety Mars.
- skupina Mars Crossers - kříží dráhu Marsu.



Obrázek 25: Graf četnosti ve skupinách hlavního pásu

3.5.1. Planetka (1) Ceres

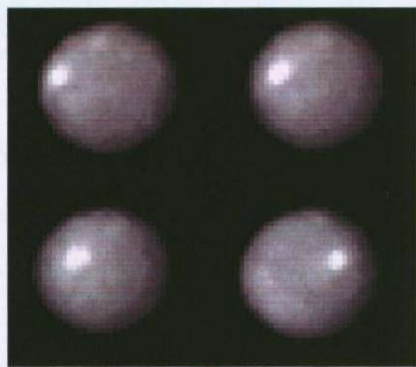
Planetka Ceres je první objevenou planetkou o objev se zasloužil sicilský astronom Giuseppe Piazzi roku 1801. Zároveň je také největší planetkou hlavního pásu planetek, který se nachází na oběžné dráze mezi Marsem a Jupiterem. Planetka má tvar kulového tělesa s průměrem 913 km a při srovnání celkové hmotnosti hlavního pásu planetek tvoří Ceres 25% celkové hmotnosti. V mnoha vlastnostech je srovnatelná se Zemí. Struktura této planetky připomíná strukturu terestrických planet, mohla by tak být považována za nedorostlou planetu. Díky gravitačnímu působení Jupiteru planetka nemohla nabalovat na sebe okolní materiál a tak dorůst do velikosti regulérní planety.

Nitro planetky Ceres tvoří kamenné jádro, kůru pak tvoří lehčí minerály a ta je pokryta prachem. Při pozorování pomocí Hubbleva kosmického dalekohledu byla u této planetky zjištěna existence vodního ledu. Astronomové vycházejí z porovnání hustoty zemské kůry, protože hustota kůry na planetce je nižší než průměrná hustota zemské kůry. Voda by mohla odhadem tvořit až ¼ celkové hmotnosti planetky Ceres. Při takovém odhadu by planetka měla více sladké vody než naše planeta Země (asi $2 \cdot 10^8 \text{ km}^3$ vody).

Velikost planetky (d)	974 km	Vzdálenost od Slunce (a)	2,77 AU
Hmotnost (M)	10^{21} kg	Absolutní hvězdná velikost planetky (H)	3,3 mag
numerická excentricita (e)	0,08	sklon dráhy (i)	10,6°
Třída planetky	G	Doba oběhu (P)	4,6 roku
		Perioda rotace	9,1 hodin

Tabulka 10: (1) Ceres

Další velkou zvláštností je jasná skvrna, která byla zachycena na fotografii pořízené rovněž z Hubbleva kosmického dalekohledu (viz. Obrázek 26). Tato skvrna je zatím záhadou. Povrch celé planetky je velice tmavý a odráží pouze malou část slunečního světla.



Obrázek 26: (1) Ceres

3.5.2. Planetka (243) Ida

Tato planetka hlavního pásu patří do rodiny planetek Koronis. Planetku objevil J. Palisa ve Vídni 29. srpna 1884. Okolo Slunce oběhne jednou za 4,84 let. Při pořízení snímků této planety sondou Galileo 28. srpna 1993, byl objeven měsíc patřící planetce. Tento objev byl vůbec prvním potvrzením, že planetky můžou mít svůj přirozený satelit. Byl pojmenován Daktyl.

Do doby než byl poprvé pozorován tento měsíc byli vysloveny nepřímé důkazy, které vedli k závěrům o velké pravděpodobnosti existence těchto malých měsíců. Prvním byl fakt, že každý sedmý impaktní kráter na Zemi je dvojitý, takové krátery jsou pozorovány i na Měsíci a Marsu. Dalším důkazem směřujícím ke stejnému závěru bylo sledování zákrytů hvězd planetkami. Při takovém zákrytu je možné pozorovat zřetelné zeslabení jasnosti hvězdy, někdy se však stalo že před nebo zákrytu pozorovanou planetkou nastala další změna jasnosti. Tyto domněnky zcela potvrdila až sonda Galileo, která vyfotografovala měsíc Daktyl. Měří přibližně 1,6 x 1,2 km a vznikl nejspíše vymrštěním vlastního materiálu planetky při kolizi s jiným tělesem.

Velikost planetky (d)	58 x 23 km	Vzdálenost od Slunce (a)	2,862 AU
Hmotnost (M)	10^{17} kg	Absolutní hvězdná velikost planetky (H)	9,9 mag
numerická excentricita (e)	0,04	sklon dráhy (i)	2°
Třída planetky	S	Doba oběhu (P)	4,84 roku
		Perioda rotace	4,78 hodin

Tabulka 11: (243) Ida



Obrázek 27: (243) Ida a Daktyl

3.5.3. Planetka (87) Sylvia

Planetku objevil astronom Norman R. Pogon 16. května 1866. Tato planetka se nachází v hlavním pásu planetek, který se rozprostírá mezi drahami Marsu a Jupiteru. Její tvar je nepravidelný o velikosti 380 x 260 x 230 km.

Zvláštnost této planetky spočívá v objevu „malého planetkového systému“. K objevu prvního měsíce došlo roku 2001, v této chvíli by se jednalo o jednoduchou dvojplanetku. Zjistili

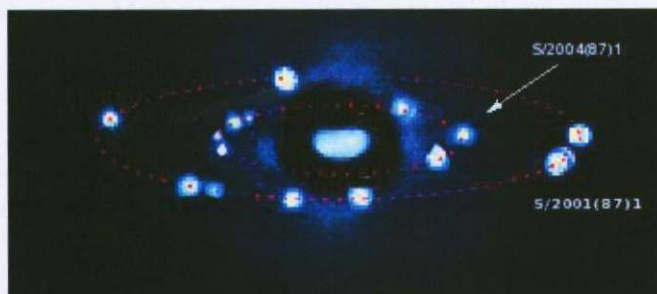
to Mike Brown a Jean-Luc Margot během pozorování Keckovým dalekohledem. Při vyhodnocování pořízených snímků však objevili ještě jeden přirozený satelit planетки. Planetka Sylvia tak je první objevenou trojplanetkou. Jména měsíců byla zvolena podle mytologie Romulus a Remus, jelikož Rhea Sylvia byla matkou těchto bratrů.

Díky měsícům planетки bylo astronomům umožněno vypočítat hmotnost a hustotu mateřského tělesa. Sylvia má tedy hustotu o 20% vyšší než je hustota vody, lze se domnívat, že planetka je tvořena vodním ledem a úlomky kamenů. Toto zjištění vede k domněnce, že „planetkový systém“ vznikl po srážce dvou a více planetek. Planetka pak byla zformována seskupením jednotlivých úlomků. Měsíce pak byly zachyceny gravitací nově vzniklé planетки a obíhají planetku ve vzdálenostech 710 km (oběh trvá 33 hodin) a 1 360 km (oběh trvá 88 hodin).

Je skoro jisté, že podobný „planetkový systém“ může být objeven i u jiných planetek, nejen u těles hlavního pásu.

Velikost planетки (d)	384 x 264 x 232 km	Vzdálenost od Slunce (a)	3,49 AU
Hmotnost (M)	$1,48 \cdot 10^{19}$ kg	Absolutní hvězdná velikost planетки (H)	6,94 mag
numerická excentricita (e)	0,08	sklon dráhy (i)	10,85°
Třída planетки	X	Doba oběhu (P)	6,52 roku
		Perioda rotace	5,18 hodin

Tabulka 12: (87) Sylvia



Obrázek 28: (87) Sylvia a její měsíce

3.6. Kentauři

Kentauři jsou tělesa s výstřednou drahou mezi Jupiterem a Neptunem. Někteří Kentauři v blízkosti perihelia vytvářejí komu. Skupina byla nazvána právě pro jejich dvojakou povahu, stejně jako v mytologii jde o na půl planetku a napůl kometu.

Kentauři jsou na svojí dráze ovlivňováni gravitačním působením plynných obrů. V prvním případě se dostávají na své excentrické dráze do gravitačního pole Neptunu a Uranu. V

i) Kentauři byli v mytologii vyobrazováni jako dvojtvaré obludy, půl člověka, půl koně, jsou potomky Ixióna a bohyně Nefely. Nejstarší a nejmoudřejší z Kentaurů byl Chiron.

druhé fázi se dostávají v perihelu do oblasti planet Jupiteru a Saturnu. Tyto obří planety můžou svojí gravitací změnit dráhu samotné planety. Výsledkem může v některých případech být „odpálení“ planety ven ze sluneční soustavy nebo přivlastnění jako jeden ze svých měsíců. Z této možnosti vyplývá i úvaha nad původem měsíce Saturnu s názvem Phoebe. Phoebe by mohl být Kentaur přivlastněný planetou Saturn.

Kentaury jsou převážně tvořeni z různých kusů ledu a někdy při přiblížení k perihelu vytvářejí sublimací (oxidu uhličitého) komu kolem planety. Pro svou zdánlivou kometární aktivitu se můžeme setkat s pojmem „spící komety“. Prvním objeveným představitelem této skupiny těles je (2060) Chiron, objevený r. 1977. Je typickým představitelem Kentaurů. Velikost těchto dosud pozorovaných planetek se pohybuje v rozmezí 100 až 300 kilometrů.

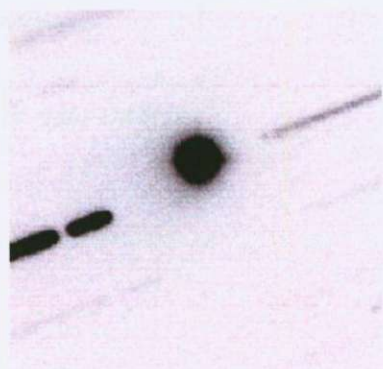
3.6.1. (2060) Chiron

Tato planetka byla objevena 1. listopadu 1977 Charlesem Kowalem. Už prvotní řazení mezi planety bylo předmětem sporu. Tato planetka při dosažení perihelu vykazuje slabou kometární aktivitu. Spor byl ukončen dvojím označením této planety, tak je možné se v některých publikacích setkat s označením 95/P Kowal – (2060) Chiron.

Chiron má v průměru 180 km a obíhá Slunce mezi drahami Saturnu a Uranu. Jeden oběh kolem Slunce trvá planetce 50 let. Složení povrchu je nejspíše z uhlíkatých chondritů pokrytých ledem. Vytváření komy kterou vytváří i při nízkých teplotách nasvědčuje tomu, že jádro je z velice těkavých látek (např. Methan, oxid uhličitý a molekulový dusík).

Velikost planety (d)	180 km	Vzdálenost od Slunce (a)	13,6 AU
Hmotnost (M)	4×10^{18} kg	Absolutní hvězdná velikost planety (H)	6,5 mag
numerická excentricita (e)	0,38	sklon dráhy (i)	6,9°
Třída planety	B	Doba oběhu (P)	50,2 roku
		Perioda rotace	5,9 hodin

Tabulka 13: (2060) Chiron



Obrázek 29: Snímek Chironu



Obrázek 30: Dráha Chironu

3.7. Tělesa rozptýleného disku

Scattered-disc objects (tělesa rozptýleného disku), tělesa s výstřednou drahou a mnohdy s větším sklonem k rovině ekliptiky. Ke Slunci se přibližují do vzdáleností 30 až 40 AU a vzdalují se dále za dráhu Pluta (až několik set AU). Prvním a přímo vzorovým představitelem je 1996 TL66, které se v přísluní přibližuje až na 35 AU a v odsuní se vzdaluje na 135 AU. Tělesa patřící do této skupiny mohou mít svůj původ v hlavním pásu planetek, ale byla nejspíše gravitačním působením rozptýlena ven z pásu.

Chování těles ve skupině objektů rozptýleného disku a Kentaurů je velice podobné. Z tohoto důvodu jsou v *Minor Planet Center* řazeny do jedné skupiny a je jich známo 158.

3.7.1. Těleso 2003 UB313

Planetka, která má doposud jen předběžné označení, byla zaznamenána 21. října 2003 na observatoři Mt. Palomar v Kalifornii za použití 1,2 m dalekohledu vybaveného CCD kamerou. Objeviteli se stali astronomové Michael E. Brown, Chadwick A. Trujillo a David L. Rabinowitz. Objev byl oznámen po stanovení přesné dráhy tělesa 29. července 2005. Skutečnému pojmenování brání fakt, že se stále neví zda půjde o planetu nebo transneptunické těleso. Dalším pozorováním tělesa byla totiž odhadnuta velikost na 2 400 - 5 000 km.

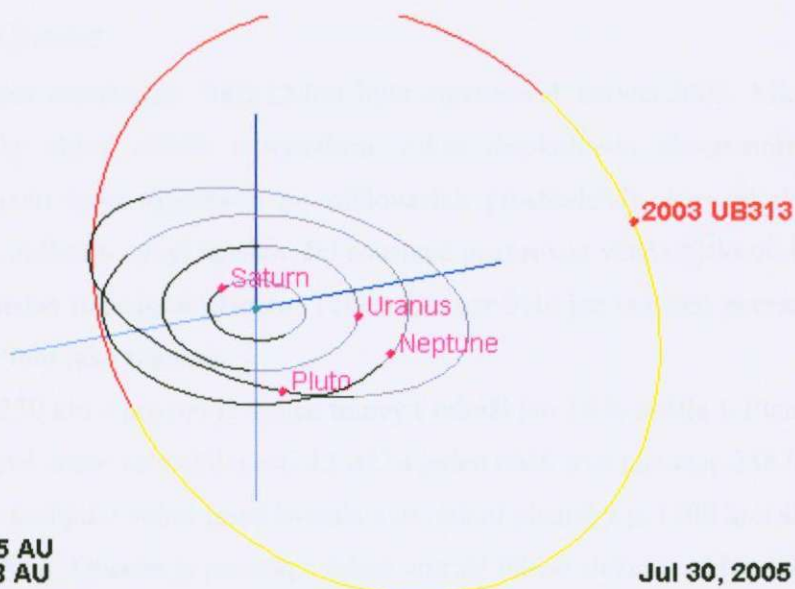
Vzdálenost od Slunce se pohybuje od 38 AU do 98 AU a jeden oběh trvá 557 let. Prvotní pozorování naznačuje, že na povrchu je zmrzlý metan, což je podobné jako u Pluta. Pokračující pozorování pomocí dalekohledu Keck II odhalilo, že těleso 2003 UB313 má vlastní satelit s průměrem 250 km. Díky objevu satelitu bude možné určit hmotnost mateřského tělesa.

Oficiální pojmenování obou nově nalezených těles naráží na spor, zda je těleso planetka nebo planeta. V obou případech je nasnadě přehodnocení statutu planety pro Pluto.

Velikost planetky (d)	2500 až 3000 km	Vzdálenost od Slunce (a)	67,67 AU
Hmotnost (M)	? kg	Absolutní hvězdná velikost planetky (H)	6,5 mag
numerická excentricita (e)	0,44	sklon dráhy (i)	44,2°
Třída planetky	?	Doba oběhu (P)	557 let
		Perioda rotace	? hodin

Tabulka 14: 2003 UB313

2003 UB313



Earth Distance: 96.665 AU
Sun Distance : 96.938 AU

Obrázek 31: Pozice planety 2003UB₃₁₃ 30. července 2005

3.8. Transneptunická tělesa

Tělesa obíhající za dráhou planety Neptun tvoří zřejmě největší skupinu planetek ve sluneční soustavě. Tato skupina se dále dělí na dvě hlavní skupiny Plutinos a Cubewanos. Dále existují i další, menší skupiny těles rezonantních s Neptunem, například v rezonancích 4:3 nebo 2:1. V dnešní době je známo 1 083 transneptunických těles, ale celkový počet se předpokládá až na desítky milionů.

- Plutinos – objekty mají velmi výstředné dráhy a mají větší sklony. V orbitální rezonanci s Neptunem jsou 3:2^l. Jejich dráhy jsou výstřednější než u klasických transneptunických těles, s velkou poloosou cca 39 – 40 AU, největším známým členem této kategorie by mohlo být samotné Pluto.
- Tělesa v dalších rezonancích s Neptunem např. 2:1, 4:3, 5:3.
- Cubewanos – objekty této skupiny se pohybují po poměrně kruhových drahách. Jde přímo o klasická transneptunická tělesa s poloosou dráhy od 40 AU do 47 AU. Název je odvozen od prvního objeveného tělesa 1992 QB1.

Skupina transneptunických těles by mohla být definována jako skupina ledových obrů. Rozměry těchto planetek se pohybují od několika kilometrů do dvou tisíc kilometrů. Právě objevení této skupiny planetek je jedním z příčin proč Pluto má nejisté postavení jako planeta. Obíhají Slunce po drahách za dráhou Neptuna a jejich složení je zhruba podobné kometám.

j) **Rezonance 3:2** - znamená, že oběhnou dvakrát Slunce za stejnou dobu, za jakou Neptun oběhne Slunce třikrát.

3.8.1. Planetka (50000) Quaoar

Planetka s předběžným označením 2002 LM60 byla objevena 4. června 2002. Michael Brown a Chadwick Trujillo objev učinili s využitím 1,2 m dalekohledu observatoře na Mt. Palomar. Krátce po objevu bylo oznámeno ve sdělovacích prostředcích objevení desáté planety ve sluneční soustavě. Ačkoliv nebyl ve sluneční soustavě pozorován větší objekt od doby objevení Pluta, přesto se nejedná o desátou planetu. Těleso Quaoar bylo jen největší planetkou, pokud budeme stále počítat Pluto jako planetu.

Průměr Quaoaru je 1250 km a povrch je velice tmavý (odráží jen 10 % světla). Planetka obíhá Slunce po téměř kruhové dráze ve vzdálenosti 42 AU a jeden oběh trvá planetce 288 let. Z takové vzdálenosti se Slunce jeví jako velmi jasná hvězda a osvětlení planetky je 1500 krát slabší než osvětlení zemského povrchu. Quaoar je pravděpodobně zmrzlé těleso složené z křemičitanů a obalené prachem, který zamrzl při vzniku sluneční soustavy. Povrch také obsahuje překrytalizovaný led, což by mohlo naznačovat že se povrch planetky na delší dobu zahřál na teplotu $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$, přičemž na povrchu planetky trvale panují teploty $-220\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zvýšení teploty mohlo být způsobeno ohřátím povrchu četnými impakty nebo vnitřní aktivitou planetky.

Velikost planetky (d)	1250 km	Vzdálenost od Slunce (a)	42 AU
Hmotnost (M)	? kg	Absolutní hvězdná velikost planetky (H)	2,6 mag
numerická excentricita (e)	0,04	sklon dráhy (i)	8°
Třída planetky	?	Doba oběhu (P)	288 let
		Perioda rotace	? hodin

Tabulka 15: (50000) Quaoar



Obrázek 32: (50000) Quaoar

3.8.2. Planetka (90377) Sedna

Planetka Sedna byla objevena 14. listopadu 2003 trojicí astronomů Mikem Brownem, Chadem Trujillem a Davidem Rabowitzem. Při objevu planetky byla vzdálena od Slunce 90 AU. S touto vzdáleností se Sedna stala nejvzdálenějším pozorovaným objektem sluneční soustavy.

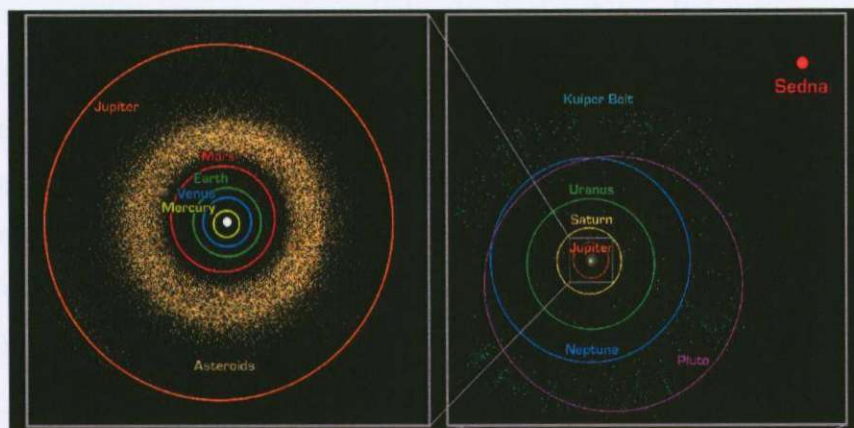
Průměr planetky dosahuje asi 1 500 km. Sedna obíhá Slunce po velmi protáhlé eliptické oběžné dráze. Nejvzdálenější bod je vzdálen skoro 950 AU a nejbliže ke Slunci je vzdálena 80 AU. Jeden oběh kolem Slunce zabere planetce 10 500 let. S uvedenými parametry je Sedna velice zvláštní těleso, ale v současné době už je známo nejméně jedno další těleso se stejnými parametry.

Objevení této planetky vytvořilo spoustu nezodpovězených otázek. První byla její pomalá rotace. Ta se vysvětlovala možným měsícem, který by mohl brzdit rotaci. Přesnějším pozorováním však tento předpoklad byl vyvrácen. Z pozorování byla odhadnuta rotační perioda na 10 hodin a žádný měsíc rotaci planetky nezpomaluje.

Další otázkou je původ a velikost oběžné dráhy Sedny. Jedna odpověď počítá se zachycením planetky z procházejícího hvězdného systému v blízkosti našeho Slunce. Druhá nastoluje spekulace o planetě ve vzdálenosti 400 až 1 000 AU. V rozmezí těchto vzdáleností, lze opravdu předpokládat objev několika těles velikosti Pluta. Vzhledem k velké vzdálenosti těchto potenciálních těles podobných Sedně, se hovoří o potřebě nové skupiny planetek.

Velikost planetky (d)	1500 km	Vzdálenost od Slunce (a)	489 AU
Hmotnost (M)	? kg	Absolutní hvězdná velikost planetky (H)	1,6 mag
numerická excentricita (e)	0,84	sklon dráhy (i)	11,9°
Třída planetky	?	Doba oběhu (P)	10500 let
		Perioda rotace	? hodin

Tabulka 16: (90377) Sedna



Obrázek 33: (90377) Sedna

3.7.3. Zase Pluto

Předchozí kapitoly pojednávaly o objevech nových transneptunických těles a po každém takovém objevu v médiích proběhla zpráva o objevu desáté planety. Při následné diskusi však tyto zprávy byly dementovány a vše zůstalo při starém rozdělení. Jediné, co nezůstalo při starém je společný názor na statut Pluta jako planety.

Rozdělení těles ve sluneční soustavě je:

- Planety terestrické – (Merkur, Venuše, Země a Mars)
- Hlavní pás planetek – (mezi Marsem a Jupiterem)
- Obří planety – (Jupiter, Saturn, Uran, Neptun)
- Kuiperův pás
- Oortův oblak

Předchozí rozdělení je ale moc jednoduché. Po objevech nových transneptunických těles je patrné, že s tak jednoduchým rozdělením nevystačíme. Příkladem za všechny může být Sedna se svou velice protáhlou oběžnou drahou. Právě transneptunická tělesa jsou velice rozvíjejícím se oborem těles.

Při ponechání Pluta jako planety je zapotřebí vysvětlit proč ostatní transneptunická tělesa nejsou planety. Již zmíněný Quaoar sice nemá velikost Pluta, ale jeho dráha je téměř kruhová. Při svém oběhu kolem Slunce si nemění pořadí planet s Neptunem. Dále těleso 2003 UB313, které svou velikostí předčí Pluto. Je velice jasné, že kdyby bylo Pluto objeveno dnes jistě by bylo zařazeno mezi transneptunická tělesa kam patří.

3.8. Trojané

Trochu zvláštní skupinu planetek tvoří Trojané. Jsou to planetky, pohybující se kolem libračních bodů L_4 a L_5 na oběžné dráze planety Jupiter. První objevenou planetkou byla (558) Achilles roku 1906. Většina těchto planetek byla pak pojmenována podle hrdinů z trojské války. Můžeme se setkat s pojmenováním Řekové a Trojané^k, kde Řekové jsou v libračním bodu L_4 a Trojané v libračním bodu L_5 . Po objevení prvního Trojana v libračním bodě systému Slunce-Mars bylo zřejmé, že Trojany mají ve svých libračních bodech i jiné planety.

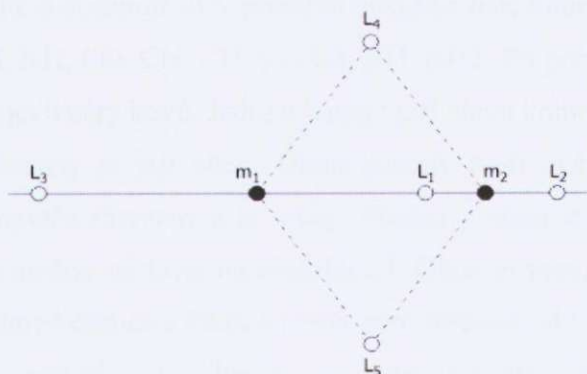
Bezesporu největší skupina známých Trojanů je v systému Slunce-Jupiter. Další známé jsou v systému Slunce-Mars a Slunce-Neptun. Ty však se nepočítají ani na desítky. První objevenou planetkou systému Slunce-Jupiter byla již zmíněná (558) Achilles. Planetka má sklon dráhy 11° , výstřednost 0,14 a hvězdná velikost 8,6 mag. Počty známých trojanů Jupitera jsou

k) Patroklova skupina (L_5) a Achillova skupina (L_4) je též možné rozdělení. Jména hrdinů však neodpovídají postavení planetek v libračních bodech.

1113 v bodu L_4 a 725 v bodu L_5 . Při své oscilaci kolem libračního bodu dochází k dalším srážkám a tak počet Trojanů se časem mění.

3.8.1. Lagrangerovy body

Vlastnosti libračních bodů odvodil v roce 1772 Joseph-Louis de Lagrange při řešení problému tří těles. Lagrange našel v soustavě dvou těles (m_1, m_2) pět bodů, kde je celkové silové působení na další těleso v tomto bodě rovno nule. Tyto body se nazývají body libračními a označují se L_1 až L_5 . Librační body L_1, L_2 a L_3 leží na spojnici obou těles, body L_4 a L_5 leží v rovině oběžné dráhy a tvoří s tělesy rovnostranné trojúhelníky.



Obrázek 34: Librační body

Silové účinky obou těles (m_1, m_2) na jiné podstatně menší těleso umístěné v jednom libračním bodě jsou v rovnováze. Malé těleso v blízkosti libračního bodu okolo osciluje a polohu vůči tělesům mění málo a periodicky. Kolem libračního bodu malé těleso opisuje „kličky“.

4. Komety

Komety jsou malá, křehká a nepravidelně zformovaná tělesa, která jsou složena z pevných zrn (hornin) a zmrzlých plynů. Většina z miliard komet sluneční soustavy se nachází v jejich nejvzdálenějších oblastech, ale některé se na svých drahách přibližují ke Slunci. Mají velmi protáhlé eliptické oběžné dráhy, které komety nesou velmi blízko ke Slunci a následně odnáší hluboko do prostoru sluneční soustavy, nezářídka za oběžnou dráhu Pluta.

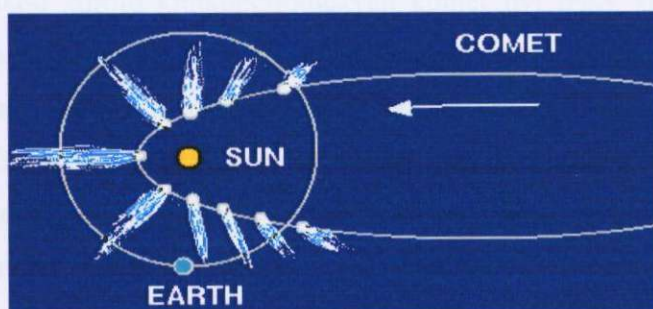
Struktura komet je velice proměnná a to zejména při průchodu teplejších částí sluneční soustavy. Při putování komet směrem ke Slunci se zmrzlé plyny začínají odpařovat. Tyto uvolněné plyny vytváří kolem jádra komety tzv. koma. Koma je složena z uvolněných radikálů rozložených sloučenin a dosahuje až v průměru několika tisíc kilometrů. Vyskytují se v něm tyto chemické látky: OH, NH, CO, CN, CH, C₂, C₃, NH₂. Při přiblížení více ke Slunci můžeme ve spektru komet objevit čáry kovů. Jádro a koma tvoří hlavu komety.

Další část komety je její ohon. Ohon komety tvoří dvě části prachový a plazmový. Plazmový ohon je modře zbarvený a je rovný. Prachový ohon je od komety zakřivený. Rozdíl těchto dvou částí je možné sledovat na obrázku 23. Ohon je vytvořen pomocí slunečního větru, který vytlačuje prachové částice a částice plynů pryč směrem od Slunce. Při větším přiblížení se začíná projevovat přitažlivost Slunce a ohon komety směřuje směrem ke Slunci (tzv. protichovost).

Když to shrneme tak jádro komety má průměr několik kilometrů. Její ohon je však o mnoho delší a může dosahovat až stovek miliónů kilometrů.



Obrázek 35: Kometa Hale-Bopp



Obrázek 36: Dráha komety

4.1. Vznik komet

4.1.1. Oortovo mračno

Prvním kdo vyslovil hypotézu velkého oblaku komet byl estonský astronom Ernst Julius Öpik. V roce 1950 Jan Hendrik Oort hypotézu, že na hranici sluneční soustavy se nachází velké množství komet, více propracoval. Tyto komety jsou pozůstatkem z časů utváření sluneční soustavy a vedly ho k tomuto závěru tyto indicie:

- Doposud nebyla pozorovaná kometa, která by k nám přicházela z mezihvězdného prostředí (po hyperbolické dráze). Jenom několik komet se dostalo na hyperbolickou dráhu působením velkých planet.
- Většina dlouhoperiodických komet k nám přichází na drahách s aféliem okolo 50 000 AU.
- Neexistuje dominantní směr, ze kterého by dlouhoperiodické komety přilétaly. Z toho vyplývá, že tento mrak musí mít kruhový tvar, obepínající sluneční soustavu.

U většiny krátkoperiodických komet se dá dopočítat jejich původní dráha a ukazuje se jejich původ v Oortově oblaku, ale působením velkých planet byly zachyceny mezi krátkoperiodické komety. Statisticky se předpokládá, že v Oortově oblaku se nachází kolem bilionu komet, ale součet jejich hmotností je jenom 50-ti násobkem hmotnosti Země.

Nejvzdálenější objekty Oortova oblaku jsou už na začátku mezihvězdného prostoru, kde se začíná projevovat gravitační působení nejbližších hvězd. Prostor Oortova oblaku sahá do vzdálenosti 100 000 AU a je vlastně ukončením sluneční soustavy.

4.1.2. Kuiperův pás

Prvním kdo se zabýval myšlenkou zdroje krátkoperiodických komet byl irský vědec Kenneth Essex Edgeworth. Této hypotéze však v té době nikdo nevěnoval velkou pozornost. Vyslovil hypotézu, že za dráhou planety Neptun se nachází disk menších těles. O dva roky později Gerard Peter Kuiper popsal oblast ležící za dráhou Neptuna, sahající do vzdálenosti až 1 000 AU. Tuto oblast považoval za zdroj komet s krátkou dobou oběhu. Edgerworthově a Kuiperově hypotéze dlouho nikdo nevěnoval velkou pozornost.

Roku 1980 Julia A. Fernández po provedení řady počítačových simulací dospěl k závěru, že zdrojem krátkoperiodických komet jsou tělesa z pásu za dráhou Neptunu. Tento pás dostal jméno Edgerworthův-Kuiperův pás. V dnešní době se převážně setkáváme s termínem Kuiperův pás.

Do této skupiny lze řadit Kentaury a krátkoperiodické komety. Objekty které lze v kuiperovu pásmu pozorovat přímo mají v průměru více než 100 km. Celkový počet větších těles se odhaduje na 35 000.

Vznik Kuiperova pásu zůstává nadále nejasný. Pro vznik v oblasti kde se nachází, by prostředí muselo být až stokrát hustší.

4.2. Druhy komet

Pro velké množství komet, ať existujících nebo nebo již neexistujících není lehké vyčíst celkový počet známých komet. Komety můžeme nhrubo dělit na krátkoperiodické a dlouhoperiodické. Další dělení je do tzv. rodin, podle oběžných drah komet.

Mezi krátkoperiodické komety zařazujeme ty, které mají oběžnou dobu menší než 200 roků a jejich dráhy jsou přibližně v rovině ekliptiky. Většina krátkoperiodických komet má afel v blízkosti dráhy Jupitera. Vzniká nám tak Jupiterova rodina komet s dobou oběhu nižší než 20 roků. Doposud je známo víc než 200 komet patřících do této rodiny, ale z nich několik už zaniklo.

Další skupinou jsou dlouhoperiodické komety, které mají oběžnou dobu nad 200 roků. Jejich dráhy mají vůči ekliptice libovolný sklon od 0° do 180° . Na svých drahách se dostávají až do vzdáleností 100 000 AU. U dlouhoperiodických komet je nejznámější Kreutzova rodina komet, tyto komety se přibližují do těsné blízkosti Slunce a to má často za následek zánik komety v koruně Slunce. Vedle dělení komet na krátkoperiodické a dlouhoperiodické se můžeme setkat s dělením do tzv. rodin.

Jako první je možné uvést Kreutzovu rodinu komet, jejíž členové se na svých drahách dostávají do těsné blízkosti Slunce. Tato rodina byla pojmenována po Heinrichu Kreutzovi, který se jako první začal zabývat o případy „sebevražedných“ komet. (Většina těchto komet se totiž přiblížením ke Slunci vypaří). Heinrich Kreutz došel k názoru, že tyto komety vznikly rozpadem jedné obrovské komety. Komety této rodiny obíhají Slunce po protáhlých elipsách s oběžnou dobou několika století.

Dalším zástupcem by mohla být Jupiterova rodina komet. Jedná se o skupinu krátkoperiodických komet, které na své dráze v afelu zasahují až k dráze Jupiteru. Oběžná doba těchto komet se pohybuje od 4 do 20 let. Planeta Jupiter může svým gravitačním působením přitáhnout kometu do své rodiny nebo naopak ji svým působením odchýlit.

Tyto dvě skupiny jsou nejpočetnější, dále se můžeme setkat s rodinou Marsdenovou, Krachtovou a Meyerovou. Uvedené rodiny jsou pojmenovány po objevitelích, kteří první pozorovali shodné dráhy komet.

4.3. Výzkum komet

4.3.1. Historie pozorování komet

Snad nejvíce pozornosti v historii pozorování noční oblohy bylo věnováno kometám. Komety vytvářely na obloze úchvatnou podívanou a lidé různých národů jim přisuzovali různé možné předzvěsti. Jejich původ se dlouhou dobu nepodařilo jasně vysvětlit.

Pozorováním komet se v historii zabývalo mnoho národů, ale žádný z nich se více nezajímal o jejich pravý původ. Ve většině případů byla kometa zvěstováním špatné události. Snad nejvíce pozorování a tím nejvíce objevů komet zaznamenali ve staré Číně. Číňané od roku asi 1400 př. n. l. do roku 1000 n. l. zaznamenali kolem 338 jednotlivých objevů komet. Na tak dávno dobu si tato civilizace vedla pozorovací deníky komet. Z těchto deníků se dalo vyčíst datum objevu, doba trvání, barva a souhvězdí kde byla objevena. Ale ani Číňané dále nezkoumali pravou podstatu komet. Novou éru pozorování komet odstartoval roku 1577 Tycho Brahe, který z měření svých a Tadeáše Hájka dokázal, že komety jsou dále než Měsíc.

V roce 1682 Edmund Halley z drah komet pozorovaných 1531, 1607 a 1682 zjistil, že jde o jediné těleso, které se pohybuje po protáhlé eliptické dráze. Její návrat předpověděl na rok 1758, ale potvrzení svých výpočtů už se nedočkal. Návrat Halleyovy komety pozoroval 25. prosince 1758 Johann Palitzsch a v lednu 1759 Charles Messier. Do konce 18. století bylo pozorováno kolem 150 přiblížení komet ke Slunci.

Velkým přínosem pro výzkum komet byl vynález fotografie. Tak jako u planetek, byl i u komet zaznamenán nárůst počtu nově objevených. Fotografie přispěla k odhalení slunečního větru L. Biermannem, který ovlivňuje tvar chvostu komety.

Komety lze tedy pozorovat vizuálně nebo fotograficky

- Vizuálně - je na to potřeba dalekohled spíše s malým zvětšením a velkým zorným polem.
- Fotograficky – v dnešní době se už více využívá CCD detektorů. Nevýhodou CCD detektorů může být menší plocha, ale to vyváží velikou citlivostí. Fotografické desky mají větší plochu, ale tato výhoda nemůže vyvážit menší citlivost a náročnější pořízení snímků.

4.3.2. Značení komet

Komety mají své specifické označování, které se řídí určeným formátem. Tento formát byl začátkem roku 1995 změněn a tak se můžeme setkat s odlišným značením komet.

Do konce roku 1994 se komety značily takto:

➤ **Značení předběžné**

rok a pořadí objevu (1993a, 1993b,)

➤ **Definitivní:**

podle pořadí průchodu přísluním (1993 I, 1993 II,). Periodické komety měly před jménem označení P/ (např. P/Halley). Když stejný pozorovatel objevil více komet, uvádělo se za jeho jménem číslo, o kolikátou objevenou kometu šlo.

Od roku 1995 bylo zavedeno nové značení podle kódu xxxT/rrrrZy-Q.

- **xxx** je definitivní číslo tělesa,
- **T** je typ – P krátkoperiodická kometa, C...dlouhoperiodická kometa, D...ztracená kometa, X...kometa s neurčitelnou drahou),
- **rrrr** rok objevu,
- **Z** půlměsíc objevu (AB leden, CD únor, EF březen, GH duben, JK květen, LM červen, NO červenec, PQ srpen, RS září, TU říjen, VW listopad, XY prosinec). I a Z je vynecháno,
- **y** pořadové číslo objevu v půlměsíci,
- **Q** značí složku komety (pokud se rozpadla).

4.4. Výběr komet

4.4.1. Kometa Halleyova

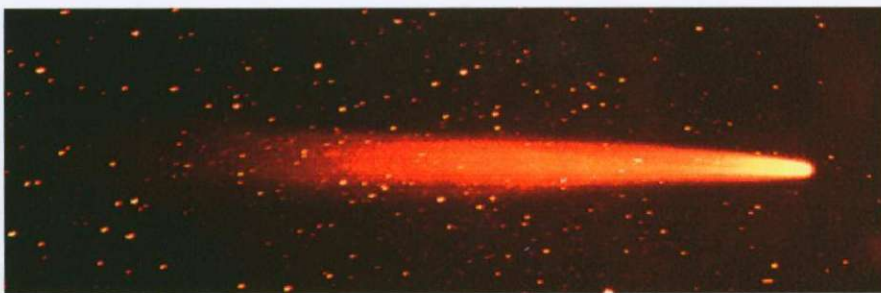
Naše snad nejznámější Halleyova kometa je krátkoperiodická kometa s dobou oběhu kolem 76 roků. Nejblíže ke Slunci se pohybuje mezi dráhou Merkuru a Venuše, nejdelší bod má za oběžnou dráhou Neptunu. Kometa vykonává retrográdní pohyb, což u ostatních komet není tak obvyklé, se sklonem 162° vůči ekliptice.

Pojmenování této komety je zvoleno po člověku, který sice kometu neobjevil, ale předpověděl její příchod. Edmond Halley pomocí Newtonových zákonů usoudil, že kometa pozorovaná v letech 1531, 1607 a 1682 je stejné těleso a další příchod bude možné pozorovat v roce 1758. Příchodu se bohužel nedočkal jelikož roku 1742 Edmond Halley zemřel. Poslední návrat komety byl roku 1986. My se můžeme těšit na nejbližší návrat v roce 2061.

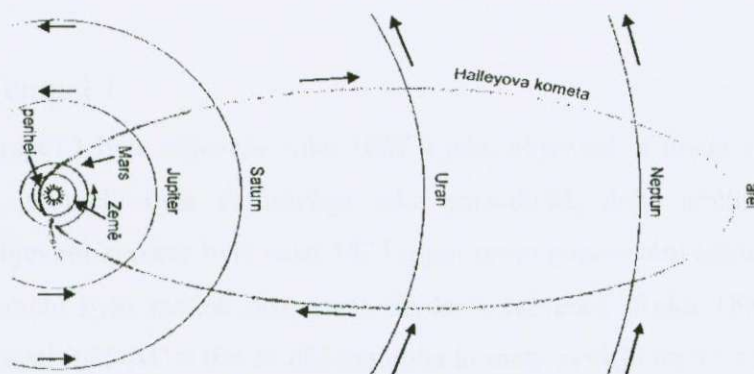
Výpočet návratu komety není až tak přesný, jelikož dochází k gravitačnímu ovlivňování Jupiterem a Saturnem. Dochází tedy k odchýlkám periody. Nejmenší perioda byla zaznamenána roku 1986 (76 roků) a největší byla zaznamenána roku 451 a 1066 (79,6 let).

Jádro komety je nepravidelné, protáhlého tvaru a tmavé. Díky tmavému jádru odráží jen 3% dopadajícího světla.

Halleyova kometa neušla ani pozornosti sond, ke kometě bylo vypraveno celkově pět sond (Vega 1, Vega 2, Sagikake, Suisei a Giotto). Bylo to v rámci mezinárodního projektu International Halley Watch.



Obrázek 37: *Halleyova kometa*

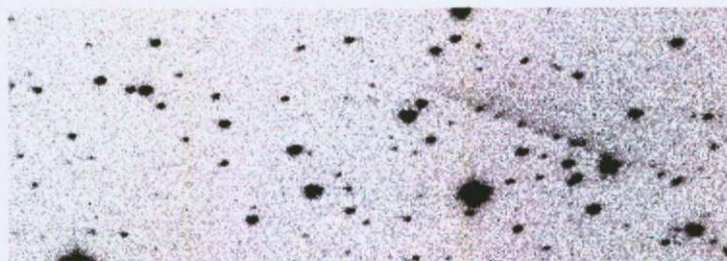


Obrázek 38: *Retrográdní pohyb Halleyovy komety*

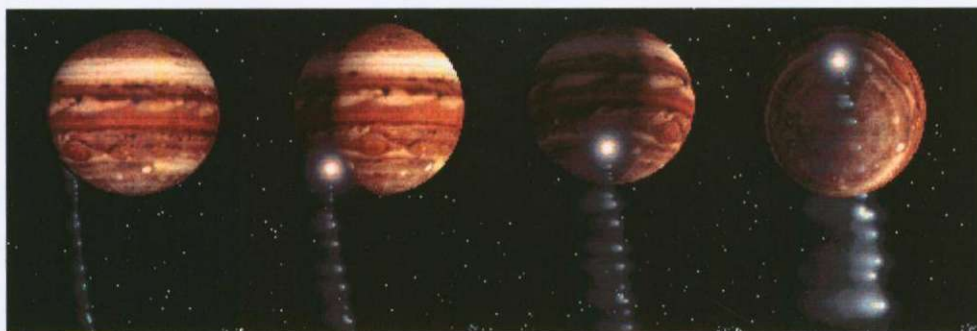
4.4.2. Kometa Shoemaker-Levy 9

Kometa Shoemaker – Levy 9 byla objevena 24. března 1993 na observatoři Mount Palomar. O tento objev, který byl desátý v pořadí se zasloužili manželé David a Carolyn Schoemakerovi a David Levy. Oběh okolo Slunce kometě trval 18 let.

Dne 16. července roku 1994 se naskytla astronomům velkolepá podívaná. Kometa P/Shoemaker-Levy 9 byla zachycena gravitací Jupitera a došlo ke srážce. Tato srážka byla vůbec první srážkou komety, která mohla být pozorována. Působením slapových sil Jupitera byla kometa před dopadem roztrhána na 21 rozeznatelných úlomků, které byly pohlceny v atmosféře Jupiteru.



Obrázek 39: *Snímek komety Shomaker-Levy 9 pořízený na Kleti*



Obrázek 40: Rozpad komety Shoemaker-Levy 9

4.4.3. Kometa Tempel 1

Kometa Tempel 1 byla objevená roku 1867 a jeho objevitel se jmenoval Ernest Wilhem Liebrecht Tempel. Kometa byla definována jako periodická, doba oběhu této komety je 5,68 roku. Znovuobjevení komety bylo roku 1873 a její první pozorování uskutečnil 4. dubna E. J. M. Stephan, kometu bylo možné pozorovat až do 1. července. Roku 1881 prolétla kolem Jupitera ve vzdálenosti 0,55 AU a tím se oběžná doba komety zvýšila na 6,5 roků. Oběžná doba komety se ještě jednou změnila v roce 1953.

Tato kometa byla vybrána jako cíl mise Deep Impact. Proč byla vybrána právě tato kometa? Tato kometa byla vybrána pro její příhodnou dráhu. Už středně silná raketa je schopná vyslat sondu na kolizní dráhu s kometou. V době kolize se kometa nacházela v perihéliu a byla dobře pozorovatelná ze Země. V době plánování mise se vůbec nevědělo jak na projektil bude kometa reagovat. Vědělo se velmi málo o křehkosti a pevnosti kometárních jader. Pro cíl Impaktoru se musela volit kometa, která není moc malá, aby byl zásah možný (Tempel 1 má asi 6 km v průměru). Otázka zásahu byla dost ožehavá do poslední chvíle a experti vytvářeli možné varianty (jednou z nich bylo i samotné minutí komety).



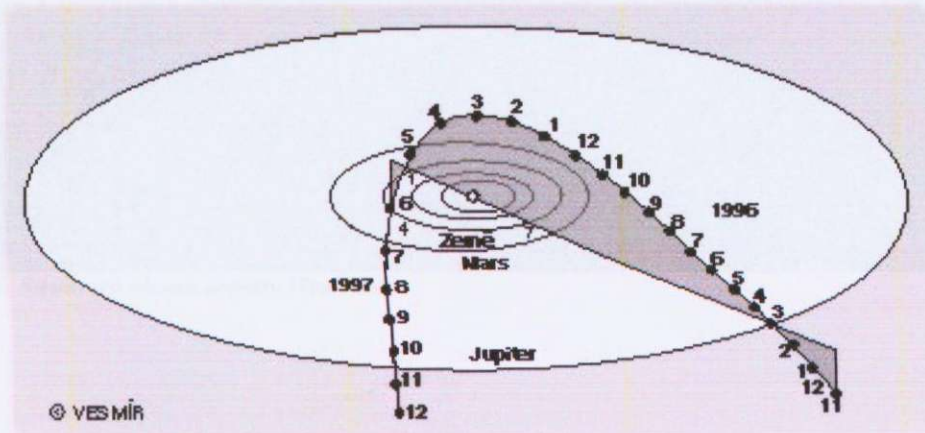
Obrázek 41: Kometa Tempel 1, zasažená 372 kilogramovým Impaktorem

4.4.4. Kometa Hale-Bopp

Jedna z nejjasnějších komet minulého století má jméno C/1995 O1 Hale-Bopp. Kometu objevili 23. července 1995 nezávisle na sobě astronomové Allan Hale a Tom Bopp. V době objevu byla ve vzdálenosti kolem 1 miliardy kilometrů a byla 200x jasnější než Halleyova kometa ve stejné vzdálenosti. Na noční obloze byla pozorovatelná od prosince 1997 do ledna 1998.

Kometa byla dlouhodobě pozorována ve spektru viditelného, ultrafialového, rentgenového a infračerveného záření. Délka ohonu dosahovala téměř 100 milionů kilometrů. Výrazně byl pozorován dvojitý ohon (prachový a plazmový), ve spektru infračerveném byl prachový ohon dokonce delší než v spektru viditelného záření. Jádro má průměr 40 km

Hale-Bopp prošla perihelem 1. dubna 1997 ve vzdálenosti 0,91 AU. Předcházející průchod perihelem byl před 4200 lety a další průchod by se mohl očekávat za 2380 let



Obrázek 42: Dráha komety C/1995 O1 Hale-Bopp



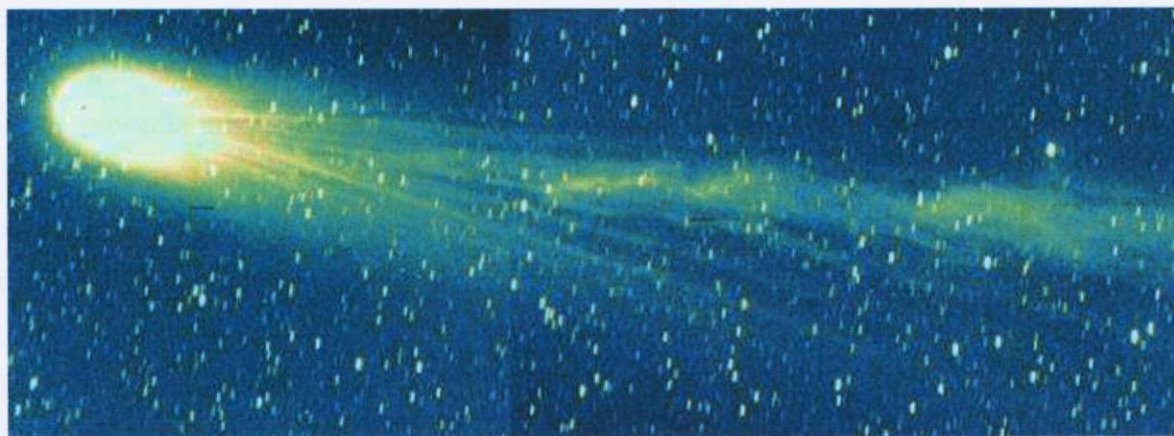
Obrázek 43: C/1995 O1 Hale-Bopp

4.4.5. Kometa Hyakutake

Kometu s celým názvem C/1996 B2 Hyakutake objevil 30. ledna 1996 japonský astronom amatér Yuji Hyakutake. Zemi míjela 25. března 1996 ve vzdálenosti 15 milionů kilometrů.

Jádro komety má podle radarových měření průměr 3 km a perioda rotace jádra je 7 hodin. U této komety bylo poprvé objeveno měkké rentgenové záření vycházející z jádra komety, které později bylo detekováno i u jiných komet. Dále bylo možné sledovat v ohonu této komety propletená plazmová vlákna.

Hyakutake prošla periheliem 1. května 1996 ve vzdálenosti 0,23 AU. Přiblížení k Zemi změnilo její dráhu z 8 000 na 14 000 let.



Obrázek 44: *Struktura ohonu komety Hyakutake*

5. Sondy pro výzkum planetek a komet

5.1. Sonda NEAR Shoemaker

Velice úspěšná sonda v průzkumu planetek je sonda NEAR Shoemaker (Near Earth Asteroid Rendezvous). Sonda byla vynesena 17. února 1996 pomocí rakety Delta 2. Vybavení sondy obsahovalo magnetometr, spektrometry, laserový hloubkoměr a multispektrální kameru.

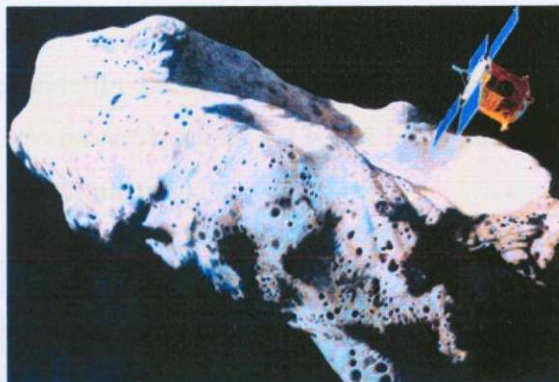
Prvním cílem této sondy byla planetka (253) Mathilde. Kolem této planetky proletěla 27. června 1997. Během průletu kolem této planetky pořídila na 1 100 snímků v oboru viditelného i infračerveného spektra.

Druhým cílem byla planetka (433) Eros, která jako první poukázala na existenci blízkozemních planetek. Přílet k této planetce se musel z důvodu nečekaných komplikací odložit. Díky těmto nečekaným komplikacím se sonda na oběžnou dráhu Erosu dostala 3. února 2000. Sonda provedla mnoho měření. Posledním manévrem sondy bylo přistání na samotné planetce. Původně tento manévr nebyl plánován, ale výsledek byl velkým triumfem. Sonda na povrch planetky přistála a stále vysílala údaje. Bylo to přistání na nejmenším tělese v dějinách kosmonautiky.

NEAR Shoemaker v průběhu mise pořídila na 16 000 fotografií a získala velmi cenné údaje o složení planetky.



Obrázek 45: Povrch planetky Eros



Obrázek 46: Přistání sondy na Erosu

5.2. Sonda Hayabusa

Sonda určená k průzkumu planetky (25143) Itokawa odstartovala 9. května 2003. V době startu nesla tato sonda název MUSEC-C, ale krátce po startu byla přejmenována na Hayabusa (v překladu Sokol). Původním cílem sondy byla planetka (4660) Nereus, ale nehoda prvního stupně nosné rakety M-5 znemožnila plánovaný start celé mise v červenci 2002. Odklad startu byl příčinou změny cíle mise a nakonec byla vybrána planetka Itokawa.

K hlavním cílům mise sondy Hayabusa patří odebrání vzorků hornin planety a dopravit je zpátky na Zemi. Jako pohon sondy slouží iontový motor. Sonda je vybavená kamerami pro fotografování a přístroji na určení rotace, velikosti a složení planety. K dalšímu vybavení sondy patří modul o hmotnosti 1,2 kg. Modul má za úkol přistát na povrchu planety a odebrat vzorky z povrchu. Po přistání modulu sonda vyšle proti povrchu planety miniaturní projektil o hmotnosti 5 g a rychlosti 83 km/h. Vyvržený materiál po dopadu bude zachycovat speciální trychtýř přistávacího modulu. Po odběru vzorků přistávací modul zažehne motory a vznese se nad povrch tento postup bude třikrát opakovat na jiných místech. Vzorky se budou ukládat separovaně. Návrat sondy se vzorky je plánován na červen 2007.

Provozovatelem sondy Hayabusa je japonská organizace ISAS. Prvotně se na projektu podílela NASA, která později od projektu odstoupila.

Planetka (25143) Itokawa má velikost asi 300 metrů a patří do skupiny tzv. zemských křížičů. Sonda pořídila snímky ukazující na chybějící krátery, které jsou běžné u planetek tohoto typu.

5.3. Sonda Galileo

Americká sonda Galileo byla určená pro výzkumu Jupiteru a jeho měsíců. Jelikož při své cestě prolétla kolem planety (951) Gaspra a (243) Ida, byla sonda připravená na snímkování a měření těchto planetek. Tato sonda se tak 29. října 1991 stala první, která na zem poslala snímky planety pořízené z blízka.

Za dobu průletu kolem planety se podařilo pořídit snímky 60% povrchu Gaspary s rozlišením až 50 metrů. Na snímcích bylo těleso o rozměrech 19 x 12 x 11 km. Planetka Gaspra byla roku 1916 objevena ruským astronomem Neujminem.



Obrázek 47: (951) Gaspra

Další planetkou v cestě sondy byla Ida. K této planetce se sonda dostala 28. srpna 1993 a tento den byl velkým překvapením pro všechny pracovníky projektu Galileo. Při přiblížení k planetce na vzdálenost 2 400 kilometrů zahájila sonda snímkování povrchu. Velikost planety byla upřesněna podle snímků na 56 x 24 x 21 kilometrů. Snímky byly pořízené s rozlišením až na 24 metrů. Ovšem největší objev nebyl učiněn na povrchu zmíněné planety, ale sto kilometrů od ní. Objevení měsíčku planety, který byl pojmenován Daktyl byl opravdovým unikátem. Vzhledem k relativně malé hmotnosti planety nikdo nečekal, že by systém planety s měsícem mohl existovat. Tímto objevem se výzkum malých těles uzavíral a zbývalo už jen plnění primárního poslání a to průzkum Jupitera a jeho měsíců.

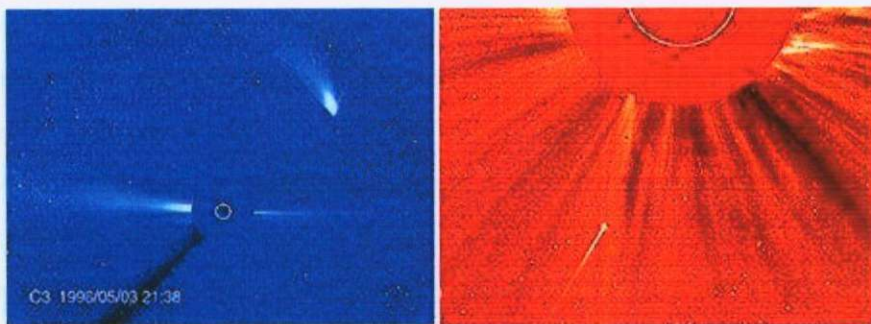
Neplánovaným pozorováním sondy byla srážka komety Shoemaker–Levy 9 s Jupiterem. V době srážky byla sonda od Jupiteru ještě vzdálena 238 milionů kilometrů. I přes tak velkou vzdálenost sonda pořídila velmi zdařilé snímky.

Dá se říci, že sonda za dobu své působnosti pořídila velice cenná data, které odeslala na Zemi. Samozřejmě i průzkum Jupiterových měsíců a samotného Jupiteru probíhal v přinejmenším se stejným úspěchem, jako průzkum planetek. Avšak z důvodů obavy kontaminace pozemskými organismy, byla sonda Galileo záměrně nasměrována do atmosféry Jupiteru. Misi tedy ukončila dne 21. září 2003.

5.4. Rekordní SOHO

Evropsko-americká sonda SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) byla vynesena pomocí nosné rakety Atlas-Centaur 2. prosince 1995. Umístění této sondy je v libračním bodě L_1 , který se nachází 1,5 milionu kilometrů od Země. Hlavním posláním sondy je výzkum Slunce a sluneční aktivity, ale mimoděk při pozorování sluneční aktivity je možné zaznamenat i jiné sluneční návštěvníky.

Původně se nepočítalo, že by sonda SOHO mohla být použita pro výzkum komet. Výsledky této nepočítané činnosti sondy jsou přímo zářející. Počet komet, které tato sonda umožnila objevit je už čtyřmístným číslem. Je to vlastně největší objevitel komet, ale velkou zásluhu na tom mají amatérští astronomové, kteří prohlížejí snímky pořízené sondou. Případný nález komety je pak připisán sondě SOHO.



Obrázek 48: Záběry z koronografů na observatoři SOHO

Jelikož pro objevení komety sondou SOHO je třeba, aby kometa se přiblížila Slunci, na dosah zorného pole koronografů. Většina takto objevených komet záhy zanikne po několika hodinách v žáru Slunce. Zajímavostí také je, že některé komety svými rozměry jsou nejmenšími objekty, které jsou pozorovány ve sluneční soustavě, jejich rozměry jsou řádově několik metrů.

Převážná většina komet (kolem 85%), objevených sondou SOHO patří do Kreutzovy rodiny. Díky sondě se podařilo objevit další tři skupiny komet, které se nebezpečně přibližují Slunci. Jedná se o Marsdenovu (21 členů), Krachtovu (24 členů) a Meyerovu (55 členů). U těchto skupin se jedná o pozůstatky po větším tělese, které se rozpadlo na své dráze ke Slunci.

Na závěr této kapitoly by se mohlo napsat, že sonda SOHO už několikrát prodloužila svou životnost. Přes drobné problémy už byl třikrát prodloužen její provoz.

5.5. Evropská Rosetta

Evropským projektem na průzkum povrchu komet je sonda Rosetta. Původním cílem sondy byla určena kometa 46/P Wirtanen, se kterou se měla setkat v listopadu 2011. Tento cíl musel být změněn. Po havárii nosné rakety Ariane 5 byl start odložen sondy odložen o rok. S novým startem byl vybrán i nový cíl a to kometa 67/P Churyumov-Gerasimenko. Druhý pokus o start byl úspěšný a sonda byla vynesena do vesmírného prostoru 2. března 2004.

Sonda při své cestě využije gravitační síly několika planet. Manévry kolem planet ušetří palivo, které by bylo potřebné na dlouhé putování sluneční soustavou. Při cestě ke kometě má sonda naplánované přiblížení k planetce (2867) Steins do vzdálenosti 1 700 km a kolem planetky (21) Lutetia sonda proletí ve vzdálenosti 3 000 km. Ke svému hlavnímu cíli by se sonda měla dostat v srpnu 2014.

Dne 30. dubna 2004 mohla sonda vyzkoušet přístroje, které sebou nese ke vzdálené kometě. Sonda pořídila snímky komety C/2002 T7 dále pořídila spektrum komy a jejího ohonu v různých vlnových délkách. Měření bylo provedena ve vzdálenosti 95 milionů kilometrů od komety. Sonda Rosetta zatím obstála na výbornou, avšak k hlavnímu cíli zbývá ještě dlouhá cesta.

V první fázi přiblížení ke kometě sonda provede přesná měření rotace a gravitačních poměrů. V druhé fázi pak bude sonda navedena na oběžnou dráhu komety. Součástí sondy je přistávací modul s názvem Philae. Tento přistávací modul bude naveden na přistání a následně ukotvení k povrchu komety. Po tomto manévru zahájí podrobný průzkum povrchu a výsledky bude odesílat přes orbitální část sondy na Zemi. Místo pro přistávací modul bude vyhodnocováno během předběžného zmapování sondou. Na výsledky měření si budeme muset počkat, ale o kometě už něco víme.

Kometa 67P/Churyumov-Gerasimenko byla objevena v roce 1969, při snímkování komety 32P/Comas-Solá. Nová kometa se shodou okolností nacházela pouhé 2° od právě pozorované Comas-Solá. O objev komety se zasloužili astronomové Klim Ivanovic Churyumov a Světlana Ivanovna Gerasimenková. Od objevu byla kometa pozorovaná při šesti přiblíženích ke Slunci. Její hvězdná velikost dosahuje 12 magnitudy. V březnu 2003 kometu pozoroval HST pomocí kamery WFPC2¹ a bylo pořízeno 61 snímků. Velikost jádra komety byla odhadnuta na 3 x 5 km a její rotace na 12 hodin.

5.6. Velká událost „Deep Impact“

Dne 4. července 2005 dorazil modul Deep Impact ke kometě Tempel 1, tato mise měla za úkol prozkoumat kometu nejen na jejím povrchu, ale i co skrývá pod povrchem. K tomuto účelu byla sonda vybavena „impaktorem“, který se srazil s kometou. Mise má podhalit trochu z historie vývoje sluneční soustavy. Komety jsou totiž schránky putující meziplanetárním prostorem. Tyto schránky obsahují kromě ledu a plynů, také kousky z trosk pocházejících z nejvzdálenějších oblastí sluneční soustavy, které jsou pozůstatkem po utváření sluneční soustavy.

Sonda Deep Impact odstartovala ze Země roku 1999. Sonda obsahovala spoustu měřících a pozorovacích přístrojů, ale obsahovala navíc ještě menší sondu tzv. „Impaktor“, která byla určena na srážku s kometou. Po dvou letech testování ve vesmíru, se v prosinci 2004 tato dvojité sonda vydala ke kometě Tempel 1. Jejím posláním bylo zkrřížit dráhu komety a 24 hodin před plánovanou srážkou nasměrovat Impaktor na kometu a po vystřelení se vzdálit do bezpečné vzdálenosti. Impaktor byl nasměrovaný tak, aby dopadl na přivrácenou stranu komety ke Slunci. I samotný Impaktor mohl korigovat dráhu letu pro dosažení požadované srážky. Napájení Impaktoru bylo na zabezpečení korekcí a neustálého snímání komety až těsně do srážky s kometou. Srážka byla relativně jemná, která nezmění nějak viditelně dráhu komety.

Přeletová část sondy s ostatním vybavením přešla na trajektorii, aby dopad mohla snímat a sledovat z bezpečné vzdálenosti asi 500 km. Sonda mimo jiné vykonávala měření za účelem zjišťování složení materiálu vyvrženého z komety. Tato sonda prolétla také přes ohon komety, po

1) Wide Field Planetary Camera 2

dobu přeletu přes ohon byla chráněná štítem. Přeletová sonda tak získala informace z druhé strany jádra komety.



Obrázek 49: Představa zásahu komety

5.7. Projekt Don Quijote

Projekt ESA zaměřený na výzkum planetek, které potenciálně ohrožují naši planetu Zemi, je založen na dvou sondách Hidalgo a Sancho. Tento projekt je ve fázích příprav a datum startu zatím není určeno. Přesto, podle plánovaného scénáře průběhu mise sond, jde o velice zajímavý počín ve výzkumu blízkozemních planetek.

Jedná se tedy o dvě sondy, které budou vypuštěny na oddělené meziplanetární dráhy. K cílovému objektu dorazí jako první sonda Sancho, která začne zkoumat vybranou planetku z její oběžné dráhy. O několik měsíců později bude navedena druhá sonda na kolizní dráhu s planetkou, sonda Hidalgo. Sonda Sancho tak bude moci pozorovat přímo následky impaktu.

Záměrem je nejen studium možností vychýlení dráhy planetky, ale i možnost studia složení planetky a příležitost nahlédnout pod povrch tělesa.

Cíle projektu jsou:

- zjistit vnitřní strukturu planetky
- zjištění mechanických vlastností materiálu planetky
- určení změn dráhy planety způsobené impaktem
- určení hmotnosti planetky, momentu setrvačnosti

- tvar planety před a po srážce
- rotaci planety před a po impaktu
- rozptyl rotace ve vedlejších osách po srážce
- mineralogické složení a struktura

Jako možné cíle byla vybrána tělesa 2002 AT4 a 1989 ML s průměrem 400 metrů a 500 metrů. Který z nich nakonec bude cílem vesmírných sond Sancho a Hidalgo, se rozhodne v roce 2007. Mise Don Quijote by se mohla uskutečnit v roce 2011.



6. Pozorování komet a planetek na území ČR

V objevování nových planetek a komet nezůstává pozadu ani české zastoupení. Mezi nejúspěšnější pracoviště v oboru planetek a to i na světové úrovni patří bezesporu observatoře Klet' a Ondřejov.

6.1. Observatoř Klet'

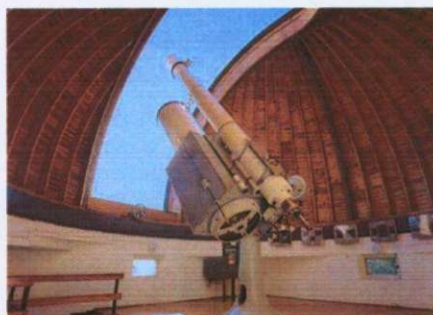
Observatoř na Kleti se začala budovat v roce 1957 jako pobočka hvězdárny v Českých Budějovicích. Místo bylo vybráno pro výborné klimatické podmínky a které bylo využíváno pro pozorování noční oblohy již dříve. Díky nadmořské výšce 1 070 metrů jde o nejvýše položenou observatoř u nás.

Hlavní činností observatoře je výzkum planetek a komet. V této činnosti dosahuje vynikajících výsledků. V počtu nově objevených planetek je na 15. místě v pomyslném žebříčku observatoří na světě. Observatoř se ve spolupráci s Mezinárodní astronomickou unií podílí na měření přesných poloh planetek skupiny NEOs a ověřování nových objevů komet.

Nejznámějším přístrojem na observatoři Klet' je teleskop KLENOT[™] o průměru hlavního zrcadla 102 cm, který byl uveden do provozu roku 2002. Teleskop je vybaven CCD kamerou Photometrics S300. Teleskop je nejmodernější a druhý největší v ČR. Dalším přístrojem je zrcadlový dalekohled o průměru hlavního zrcadla 57 cm, který je vybaven CCD kamerou SBIG ST-8 a byl uveden do provozu roku 1993.



Obrázek 50: Teleskop KLENOT 102 cm



Obrázek 51: Dalekohled 57 cm

6.2. Observatoř Ondřejov

Observatoř u obce Ondřejov byla vybudována za velkého přispění továrníka Josefa Friče, který zde 21. ledna 1898 zakoupil pozemky pro stavbu soukromé hvězdárny. Už v této době si Frič uvědomoval problém „světelného znečištění“ ve městech. Proto vybral místo vzdálené od Prahy s příhodným terénem a v nadmořské výšce 528 m. Roku 1928 tuto soukromou hvězdárnu věnoval státu.

m) KLENOT - **K**let' Observatory **N**ear Earth and Other unusual objects observations **T**eam and Telescope. (klet'ský dalekohled pro sledování blízkozemních asteroidů a dalších planetek a komet s neobvyklými drahami)

V dnešní době je Ondřejovská observatoř pobočkou AV ČR. V Ondřejově se nachází více specializovaných oddělení:

- Sluneční oddělení - zabývá se výzkumem Slunce, především se věnuje studiu slunečních erupcí.
- Stelární oddělení - je zaměřeno na multispektrální (optický, ultrafialový, rentgenový a gama obor) studium galaktických a extragalaktických objektů.
- Oddělení meziplanetární hmoty – zabývá se interakcí meziplanetární hmoty s atmosférou Země, asteroidy a kometami.
- Oddělení galaxií a planetárních systémů - studuje dynamické vlastnosti vybraných přirozených těles sluneční soustavy a galaxií.
- Dynamika pohybů satelitů - zabývá se dráhovou dynamikou umělých družic Země.

Objevování planetek je sice spíše vedlejším produktem při fotometrickém studiu blízkozemních asteroidů, ale přesto se v počtu nově objevených planetek ocitá na 24. místě v pomyslném žebříčku observatoří na světě.

K vybavení patří dalekohled o průměru 65 cm vybavený CCD kamerou, která snímá planetky přibližující se Zemi.



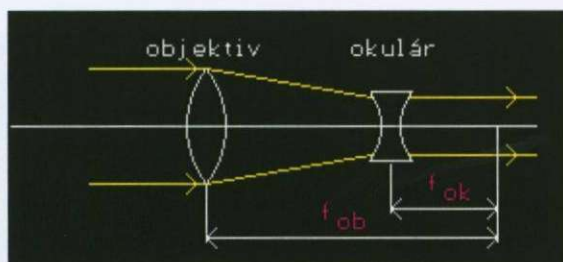
Obrázek 52: Kopule s 65 cm dalekohledem na Ondřejovské observatoři

7. Dalekohled „Oko do vesmíru“

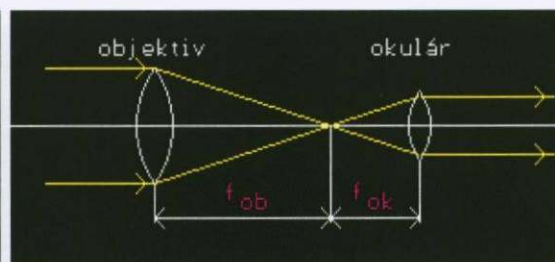
Mezi nejdůležitější astronomické přístroje patří dalekohled. Pod tímto pojmem si představíme přístroj soustředující záření přicházející od vzdáleného objektu, z kterého pak vytvoří zvětšený obraz pozorovaného objektu. Základní rozdělení dalekohledů je na čočkové (refraktory), zrcadlové (reflektory) a smíšené (katadioptrické).

7.1. Druhy dalekohledů

➤ Čočkové dalekohledy – patří mezi historicky nejstarší druhy dalekohledů. Oficiálním vynálezcem dalekohledu je Hans Lippershey, který 2. října 1608 přihlásil svůj vynález v Haagu. Skutečný objev dalekohledu může být datován již dříve. Již dříve několik optiků přišlo na to, že vhodnou kombinací čoček a rozptylek získáme přiblížený obraz vzdálených objektů. Po vzoru holandských optiků sestrojil i Galileo Galilei svůj první dalekohled a namířil směrem k noční obloze. Díky dalekohledu mohl pozorovat krátery na Měsíci, zpozoroval také měsíce Jupitera apod. Galilei tímto činem otevřel astronomii nové možnosti. S dalším zdokonalením čočkového dalekohledu přišel Johannes Kepler, který místo rozptylky dal do okuláru spojnu čočku. Díky této inovaci je výstupní pupila dále za okulárem a pozorování je tak pohodlnější. Keplerův systém čoček se používá s menšími obměnami dodnes.

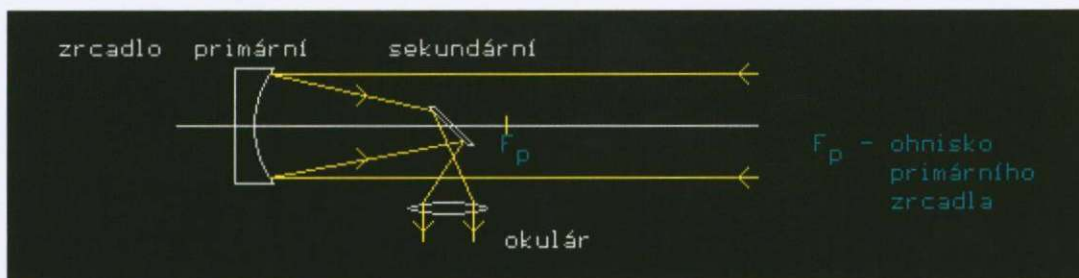


Obrázek 53: Galileův dalekohled (1609)



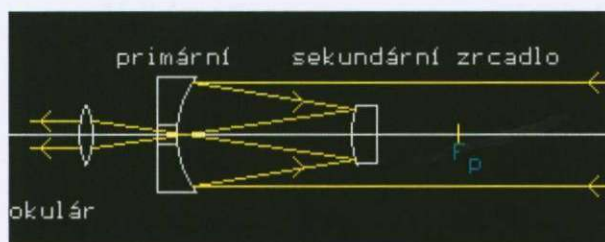
Obrázek 54: Keplerův dalekohled (1611)

➤ Zrcadlové dalekohledy – u dalekohledu je dost problematické zkonstruování velké čočky pro objektiv, platí totiž že dalekohled je kvalitní tím, kolik světla je schopen pojmout. Další problémem byla barevná vada čočkového dalekohledu. S vylepšením, kde odpadla čočka objektivu, přišel Isaac Newton roku 1668. Zrcadlový dalekohled tvoří parabolické zrcadlo umístěné na spodní straně tubusu a rovné zrcadlo směřující obraz do okuláru, který tvoří spojnu čočka. Obraz je sice převrácený, ale při pozorování noční oblohy je to nepodstatné.

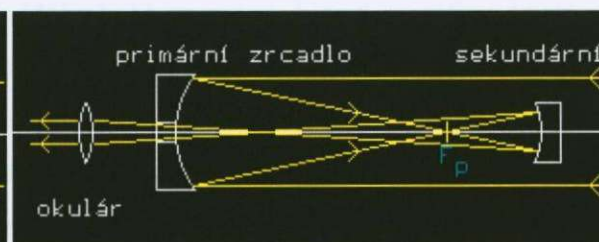


Obrázek 55: Newtonův dalekohled (1668)

- Cassegrainův dalekohled zkonstruoval francouzský fyzik Guillaume Cassegrain roku 1672. Má primární parabolické zrcadlo, které je ve středu opatřeno otvorem. Paprsky dopadající na primární zrcadlo jsou odraženy směrem k sekundárnímu vypouklému zrcadlu. Sekundární zrcadlo, které je posazeno před primární ohnisko, paprsky soustřeďuje do otvoru umístěném na středu primárního zrcadla. Toto provedení dalekohledu umožňuje konstrukci dalekohledu s krátkým tubusem.
- Gregoryho dalekohled zkonstruoval skotský matematik James Gregory roku 1670. Byl prvním kdo primární zrcadlo opatřil otvorem. Sekundární zrcadlo je posazeno za primární ohnisko. Z tohoto důvodu musí být tubus proveden dlouhý, a proto se dává přednost Cassegrainovu dalekohledu.



Obrázek 56: Cassegrainův dalekohled (1672)

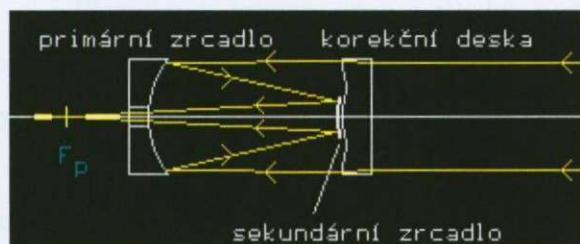


Obrázek 57: Gregoryho dalekohled (1670)

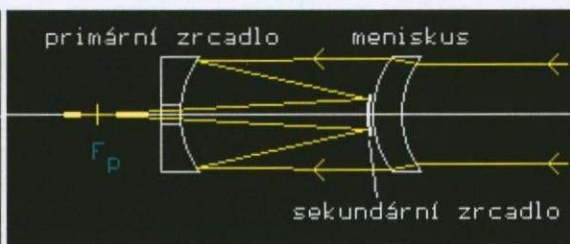
➤ Smíšené dalekohledy – kombinací obou systémů dostáváme smíšené dalekohledy. Správnou kombinací čoček a zrcadel se kompenzují nevýhody obou systémů. Příkladem může být Schmidtův dalekohled.

- Schmidtův dalekohled zkonstruoval estonský astronom a optik Bernhard Schmidt roku 1930. Tento dalekohled je určen pro fotografování. Běžné dalekohledy jsou pro potřeby fotografování nevhodné, jelikož zorné pole dalekohledu je malé a na okrajích má vady obrazu. Právě kulová vada obrazu je řešena vložením korekční desky blízko poloměru křivosti zrcadla. Obraz, který je snímán vzniká na kulové ploše a proto se fotografický materiál musí prohýbat ve tvaru kulového zrcadla.

- Maksutovův dalekohled zkonstruoval ruský optik D. D. Maksutovov roku 1944. Jako korekční deska je zde využit hluboký meniskus s podobnými poloměry křivosti. Zrcadlo i korekční člen jsou kulové proto je výroba menších průměrů velmi snadná. Pro použití větších průměrů je výroba silných těžkých menisků nevýhodná. Pro svoji nenáročnost je velmi oblíbený mezi amatéry.



Obrázek 58: Schmidtův dalekohled (1930)



Obrázek 59: Maksutovův dalekohled (1944)

Při návštěvě nějaké observatoře se můžeme též setkat s pojmem coudé ohnisko. Je to montáž dalekohledu, ve které paprsek vystupuje podél polární osy. Směr svazku paprsků je sveden pomocí zrcadel do pevně umístěného ohniska v polární ose montáže dalekohledu. Využívá se pro studium světla spektrografy, které jsou pevně nastaveny v coudé ohnisku.

7.2. Technika pořizování záznamu v astronomii

Velkým přínosem pro pozorování noční oblohy byl bezesporu objev fotografie a nasazení do astronomického pozorování. Fotografie se stala jednou ze základních metod moderní astronomie. Její nespornou výhodou je sčítání účinku osvětlení a tím i možnost pozorovat slabší objekty, které pouhým vizuálním pozorováním není možné zaznamenat. Další výhodou fotografie je možnost uchování snímku pro pozdější analýzu a pro porovnání pozice objektu v odlišném čase.

Nevýhodou je však doba potřebná pro zpracování a tím i znemožnění okamžitého porovnání. Další nevýhoda je schopnost pojmout pouhé jedno procento dopadajících fotonů. Pro zachycení jiného záření je zapotřebí vhodně zvolit fotografickou emulzi.

Nástupcem fotografie v dnešní době je CCDⁿ čidla. Jde o elektronické čidlo citlivé nejen na viditelné záření, ale i na infračervené, ultrafialové a rentgenové záření. Oproti fotografické emulzi je CCD schopno pojmout 75% dopadajících fotonů. Výsledek je možné okamžitě zpracovávat počítačem a posílat na jiné pracoviště.

n) CCD – Charge Coupled Device

8. Závěr

Astronomie je dynamicky se rozvíjející vědní obor. Tento fakt je dán neustálým zdokonalováním pozemských dalekohledů, vybavení observatoří, kosmických sond a v neposlední řadě i výpočetního vybavení. Avšak i přes dlouho trvající výzkum nejsou zcela zodpovězeny otázky vzniku sluneční soustavy a všech v ní probíhajících dějů.

Planetky a komety jsou poslední nositelé původního materiálu z utváření sluneční soustavy. V dnešní době jsme svědky úspěšných misí vykonaných právě na těchto tělesech. Na vyhodnocení výsledků si zatím musíme počkat.

Práce byla zaměřena právě na seznámení s tělesy, které svou velikostí jsou spíše kameny putující sluneční soustavou. Prvořadým úkolem bylo rozdělení těles do skupin a podrobnější popis vybraných zástupců. Vysvětlení rozdílů v určení komet a planetek. Jako poslední bod bych zmínil i možnosti pozorování těchto těles. V tomto ohledu je práce zpracována tak, aby seznámení bylo úplné.

Při mapování těchto těles bylo zapotřebí i napravit mylné určování nově objevených těles a jejich následné prezentování v médiích. V tomto ohledu byla u transneptunických těles vybrána tělesa, která média mylně označila názvem „desátá planeta“.

9. Seznam použité literatury

- [1] Josip Kleczek: *Velká encyklopedie vesmíru*, Academia, Praha, 2002
- [2] Vratislav Nechuta: *Výkladový astronomický slovník*, Jota, Brno, 1996
- [3] Rudolf Kippenhahn: *Odhalená tajemství Slunce*, Mladá fronta, Praha, 1999
- [4] Martin Macháček: *Fyzika pro Gymnázia – Astrofyzika*, Prometheus, Praha, 1998
- [5] Anderle, P.: *Základy nebeské mechaniky*, Academia, Praha, 1971
- [6] Vanýsek, V.: *Základy astronomie a astrofyziky*, Academia, Praha, 1980
- [7] Hlad, O., Pavloušek, J.: *Přehled astronomie*, SNTL, 1984
- [8] Grygar, J., Pokorný, Z., Dušek, J.: *Náš vesmír (fotografický atlas)*, Aventium, 2000
- [9] <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/>
- [10] <http://rosetta.esa.int>
- [11] <http://www.planetky.cz>
- [12] <http://www.kometry.cz>
- [13] <http://cfa-www.harvard.edu/iau/>
- [14] <http://www.vesmirweb.net/>
- [15] <http://sirrah.troja.mff.cuni.cz/>
- [16] <http://www.esa.int/>
- [17] <http://alumnus.caltech.edu/~marcsulf/asteroid/asteroid.html>
- [18] <http://www.astro.cz>
- [19] http://www.nearearthobjects.co.uk/report/resources_task_intro.cfm
- [20] <http://asteroid.lowell.edu>

10. Seznam obrázků

Obrázek 1: Tělesa sluneční soustavy.....	8
Obrázek 2: Slunce.....	9
Obrázek 3: Aspekty planet.....	11
Obrázek 4: Merkur.....	12
Obrázek 5: Povrch planety Venuše.....	13
Obrázek 6: Země.....	14
Obrázek 7: Noční pohled na Zemi.....	14
Obrázek 8: Čtyři tváře Marsu.....	15
Obrázek 9: Vozítko Sojourner.....	16
Obrázek 10: Pohled na přistávací modul.....	16
Obrázek 11: Galileovy měsíce v porovnání s Velkou rudou skvrnou.....	17
Obrázek 12: Jupiter s měsícem Ganymed.....	17
Obrázek 13: Saturn.....	18
Obrázek 14: Uran.....	20
Obrázek 15: Snímek Uranu a jeho měsíců.....	20
Obrázek 16: Neptun.....	21
Obrázek 17: Snímek Pluta a jeho měsíců.....	23
Obrázek 18: Uspořádání planetek.....	24
Obrázek 19: Kometa Kohoutek.....	24
Obrázek 20: Leonidy.....	25
Obrázek 21: Leonidy nad Torre de la Guaita.....	25
Obrázek 22: Meteorit Morávka – tři z pěti nalezených kusů.....	26
Obrázek 23: Vltavín.....	26
Obrázek 24: (433) Eros.....	33
Obrázek 25: Graf četnosti ve skupinách hlavního pásu.....	36
Obrázek 26: (1) Ceres.....	37
Obrázek 27: (243) Ida a Daktyl.....	38
Obrázek 28: (87) Sylvia a její měsíce.....	39
Obrázek 29: Snímek Chironu.....	40
Obrázek 30: Dráha Chironu.....	40
Obrázek 31: Pozice planety 2003UB313 30. července 2005.....	42
Obrázek 32: (50000) Quaoar.....	43
Obrázek 33: (90377) Sedna.....	44
Obrázek 34: Librační body.....	46
Obrázek 35: Kometa Hale-Bopp.....	47
Obrázek 36: Dráha komety.....	47
Obrázek 37: Halleyova kometa.....	52
Obrázek 38: Retrográdní pohyb Halleyovy komety.....	52
Obrázek 39: Snímek komety Shoemaker-Levy 9 pořízený na Kletí.....	52
Obrázek 40: Rozpad komety Shoemaker-Levy 9.....	53
Obrázek 41: Kometa Tempel 1, zasažená 372 kilogramovým Impaktorem.....	53
Obrázek 42: Dráha komety C/1995 O1 Hale-Bopp.....	54
Obrázek 43: C/1995 O1 Hale-Bopp.....	54
Obrázek 44: Struktura ohonu komety Hyakutake.....	55
Obrázek 45: Povrch planety Eros.....	56
Obrázek 46: Přistání sondy na Erosu.....	56
Obrázek 47: (951) Gaspra.....	57
Obrázek 48: Záběry z koronografů na observatoři SOHO.....	59
Obrázek 49: Představa zásahu komety.....	61

Obrázek 50: Teleskop KLENOT 102 cm.....	63
Obrázek 51: Dalekohled 57 cm.....	63
Obrázek 52: Kopule s 65 cm dalekohledem na Onřejovské observatoři.....	64
Obrázek 53: Galileův dalekohled (1609).....	65
Obrázek 54: Keplerův dalekohled (1611).....	65
Obrázek 55: Newtonův dalekohled (1668).....	66
Obrázek 56: Cassegrainův dalekohled (1672).....	66
Obrázek 57: Gregoryho dalekohled (1670).....	66
Obrázek 58: Schmidtův dalekohled (1930).....	67
Obrázek 59: Maksutovův dalekohled (1944).....	67

11. Seznam tabulek

Tabulka 1: Největší měsíce planety Jupiter.....	16
Tabulka 2: Největší měsíce planety Saturn.....	18
Tabulka 3: Největší měsíce planety Uran.....	19
Tabulka 4: Největší měsíce planety Neptun.....	21
Tabulka 5: Porovnání spočítaných hodnot se skutečnými vzdálenostmi.....	28
Tabulka 6: (433) Eros.....	33
Tabulka 7: (1862) Apollo.....	34
Tabulka 8: (1221) Amor.....	34
Tabulka 9: (20062) Athen.....	34
Tabulka 10: (1) Ceres.....	37
Tabulka 11: (243) Ida.....	38
Tabulka 12: (87) Sylvia.....	39
Tabulka 13: (2006) Chiron.....	40
Tabulka 14: 2003 UB313.....	41
Tabulka 15: (50000) Quaoar.....	43
Tabulka 16: (90377) Sedna.....	44