

Okresná ľudová hviezdáreň Humenné

M E S I A C A M E S I A C E P L A N É T

Metodický materiál pre astronomické krúžky vo Východoslovenskom kraji.

## MESIAC A MESIACE PLANÉT

Sedem z deviatich planét slnečnej sústavy doprevádzajú na ich ceste okolo Slnka mesiace. Medzi nimi práve mesiac našej planéty patrí k najdominantnejším kozmickým telesám. Sprevádza našu Zem bezmála od jej vzniku. Na objav iných satelitov musel človek čakať dlhé veky. Ich počet a naše poznatky o nich sa neustále rozrastajú. Nemálo k tomu prispel rozvoj astronómie a výskum vzdialených častí slnečnej sústavy pomocou medziplanetárnych sond.

### MESIAC

Obr.č. 3

Bol pravdepodobne prvým nebeským telesom, ktorému sa venovala sústavnejšia pozornosť. S ním boli neskôr spájané i prvé primitívne náboženské predstavy. Význam, ktorý bol Mesiacu pripisovaný spočíva v jeho rozmeroch porovnateľných na oblohe so Slnkom. Pri dlhšom pozorovaní zisťujeme neustály pohyb Mesiaca po oblohe a ustavičnú zmenu jeho vzhľadu. Preto už i najstaršie národy videli v Mesiaci symbol večnosti.

S prastarými mesačnými kultami súvisí pravdepodobne i pradávne spojovanie Mesiaca s rohatými zvieratami. K tomuto spojeniu došlo pravdepodobne niekde v kultúrach južných národov. Tam býva mesačný srpek na oblohe orientovaný podstatne inak než u nás a skôr môže, zvlášť keď sa nachádza nízko nad obzorom, vzbudiť predstavu zvieracích rohov.

Mesiac bol spočiatku pre človeka len jedným zo známych, aj keď zaujímavých úkazov. S rozvojom ľudskej psychiky vstupuje neskôr do jeho vedomia ako božstvo. Rozvoj ľudskej

civilizácie v priebehu tisícročí mení aj myslenie a názory na našu prirodzenú obežnicu. Mesiac zostupuje zo svojho božského piedestálu a stáva sa opäť nebeským telesom.

### Vznik Mesiaca

Prvé predstavy o pôvode Mesiaca vychádzali z domnienky o jeho odtrhnutí sa od Zeme. Predpokladalo sa, že hmota, ktorá sa oddelila od Zeme a vytvorila Mesiac pochádza z častí zemskej kôry s malou špecifickou hustotou, čo by vysvetľovalo malú priemernú hustotu Mesiaca. Pickering začiatkom tohto storočia vyslovil hypotézu, podľa ktorej došlo k oddeleniu Mesiaca od Zeme približne v miestach dnešného Tichého oceánu, teda v tej rozsiahlej oblasti povrchu našej planéty zjavenej dnes takmer celého najvrchnejšieho obalu - Sialu. Neskôr bola táto domnienka podporená katastrofickými teoriami o zrážke Zeme s kozmickým telesom, pri ktorej mohlo dôjsť k odtrhnutiu Mesiaca od Zeme.

Novodobá veda popisuje vznik Mesiaca ako samostatného kozmického telesa z pretehviezdného mračna. V určitom štádiu formovania sa Zeme, obklopoval ju okolozemský zhluk-roj telies. Mesiac začal vznikať pravdepodobne o 100 000 000 rokov neskôr než naša Zem v najhustejších častiach okolozemského roja vo vzdialenosti 32 000 až 64 000 km. Pri formovaní sa tohto dvojplanetárneho systému sa menila hmotnosť oboch telies, ich vzájomné gravitačné pôsobenie a vzdialenosť. Stredná vzdialenosť Mesiaca od Zeme sa dnes rovná asi 60. zemským polomerom čo činí 384 400 km.

### Charakteristiky Mesiaca

- Vzdialenosť Mesiaca od Zeme sa periodicky mení. Tvar jeho dráhy je málo odlišný od kružnice. Výstrednosť  $e = 0,0549$ .

Najbližšie je k nám Mesiac v perigeu - prízemí vo vzdialenosti 356 400 km, najďalej v apogeu - odzemí vo vzdialenosti 406 700 km.

- Stredný zdánlivý priemer mesačného kotúča je  $0,5^\circ$ . Následkom ustavičných zmien vzdialenosti Mesiaca od Zeme zdánlivý priemer Mesiaca na oblohe kolíše medzi 33,3 a 29,2 oblúkovej minúty. Tento nepatrný rozdiel sa pri pozorovaní Mesiaca voľným okom či slabozväčšujúcim ďalekohľadom výrazne neprejavuje. No pri pozorovaní Mesiaca nad horizontom pri východe či západe a porovnaní jeho veľkosti v kulminácii t.j. v jeho najvyššej polohe nad horizontom sú viditeľné rozdiely. Pri pozorovaní Mesiaca nízko nad obzorom sa nám jeho kotúč zdá byť väčším. Tento zaujímavý úkaz trápil už Aristotela, Ptolemaia a ešte v 19. storočí ho učenci nedokázali prijateľne vysvetliť.

#### Obr.č. 4

Pri pohľade na oblohu z voľného priestranstva sa nám zdá, že obloha nemá tvar poglobule, ale akejsi sploštenej klenby. Týmto zdánlivým sploštením nebeskej klenby si vysvetľujeme i zdánlivé zväčšenie priemeru Mesiaca najmä, keď sa nachádza nízko nad obzorom.

Na obr.č. 4 krúžky A1, A2, A3 a A4 znázorňujú Mesiac v rôznych výškach od obzoru. Ak by nebeská klenba nebola sploštená, jednotlivé "Mesiace" by boli, podobne ako na obrázku rovnako veľké a rovnako vzdialené.

Pozorovateľovi sa však v skutočnosti obraz Mesiaca premieta na sploštenú klenbu, čím vidí mesačný kotúč ako a1, a2, a3 a a4, ktoré sú od seba rovnako vzdialené a ich priemer sa mení.

- Stredný priemer Mesiaca je 3 476 km, hmotnosť  $7,35 \cdot 10^{22}$  kg, hustota  $3 340 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Okolo Zeme sa Mesiac pohybuje strednou rýchlosťou  $1,02 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ . Gravitačné zrýchlenie na povrchu Mesiaca je  $1,62 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  a úniková rýchlosť z jeho povrchu je  $2,38 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ .

## Pohyb Mesiaca

V zdánlivom pohybe Mesiaca na oblohe sa premieta jeho pohyb od východu na západ, čo spôsobuje rotácia Zeme a pohyb vzhľadom na hviezdy s priemernou hodnotou  $13^\circ$  denne západovýchodným smerom spôsobeným vlastným pohybom Mesiaca okolo Zeme.

Dráha Mesiaca okolo Zeme má tvár málo výstrednej elipsy sklonenej k ekliptike o  $5,1^\circ$ . Mesiac má viazanú rotáciu t.j. doba obehu sa rovná dobe rotácie, Mesiac privracia k Zemi tú istú polovicu svojho povrchu /privrátená strana Mesiaca/.

### Obr.č. 5

Pri obehu Mesiaca okolo Zeme sa neustále mení uhol, ktorý spolu zvierajú spojnice Zem - Mesiac, Zem - Slnko. Následkom toho nám Mesiac v rozličných polohách na svojej dráhe ukazuje rôzne veľkú časť svojej Slnkom práve osvetlenej pologule.

### Obr.č. 6

Dobu úplného mesačného obehu okolo Zeme nazývame siderický mesiac. Trvá 27 dní 7 hodín, 43 minút 11,5 sekúnd. Mesiac sa pri tomto obehu vráti do rovnakej polohy voči hviezdám a jeho obeh zodpovedá  $360^\circ$ .

Lunáciou rozumieme priebeh všetkých fáz Mesiaca, alebo čas za ktorý sa Mesiac vráti do tej istej polohy vzhľadom na Zem a Slnko. Počíta sa od novu k novu.

Pri obehu Mesiaca okolo Zeme, zároveň aj tá vykonáva svoj obeh voči Slnku. Za 27 dní sa Slnko zdánlivo posunie na východ o  $27^\circ$ . Aby sa Mesiac voči Slnku vrátil do svojej polohy /t.j. do rovnakej mesačnej fázy/ musí v obehu okolo Zeme pokračovať. Za jeden deň urazí  $13^\circ$ , takže Slnko dobehne o 2 dni. Dobu medzi dvoma po sebe nasledujúcimi rovnakými mesačnými fázami nazývame synodický mesiac. Mesiac pri tomto obehu vykonáva okolo Zeme dráhu dlhú  $386^\circ$  za 29 dní 12 hodín, 44 minút a 3 sekúndy.

Aj keď má Mesiac viazanú rotáciu jeho nepatrné pohyby a eliptickosť dráhy spôsobujú, že na dlhšie obdobie môžeme pozorovať až 59 % jeho povrchu. Tento jav nazývame libráciou Mesiaca.

Fyzická, alebo skutočná librácia vzniká tým, že Mesiac nemá presne guľový tvar, ale trochu oválny. Zem svojou gravitačnou silou neustále priťahuje dlhšiu mesačnú os k sebe, čím vzniká akýsi kyvadlový pohyb Mesiaca a pozorovateľ má možnosť pozorovať pravý-západný alebo ľavý-východný okraj Mesiaca. Toto kývanie Mesiaca je však veľmi nepatrné a jeho zistenie si vyžaduje veľmi presné merania. Najväčší podiel na pozorovaní väčšej časti povrchu Mesiaca má librácia optická, ktorá na rozdiel od librácie fyzickej je libráciou zdánlivou.

Obr.č. 7

Optická librácia je spôsobená tým, že rýchlosť rotácie Mesiaca sa časom nemení a zostáva rovnomerná. Rýchlosť obehu Mesiaca okolo Zeme sa však neustále mení. V oblasti perigea-prízemia sa Mesiac pohybuje najrýchlejšie, v oblasti apogea-odzemia sa pohybuje najpomalšie. Pozorovateľ vidí v určitej dobe väčšiu časť povrchu praveho, inokedy ľavého okraja Mesiaca. Na obr.č. 7 poloha 1 odpovedá prízemiu-perigeu, poloha 3 zodpovedá odzemi-u-apogeu. V polohe 2 a 4 má Mesiac priemernú obežnú rýchlosť. Rýchlosť v úseku dráhy medzi polohami 4 a 2 je väčšia než rotácia, v úseku dráhy medzi polohami 2 a 4 menšia než rotácia. Na obr. sa nachádza v polohe 1 uprostred mesačného kotúča bod A, ktorý sa nachádza na spojnici stredov Mesiaca a Zeme. Keďže v úseku dráhy medzi polohami 1 a 2 je obežná rýchlosť väčšia než rýchlosť rotácie, oneskeruje sa otáčavý pohyb spojnice bodu A so stredom Mesiaca voči otáčavému pohybu spojnice mesačného stredu a Zeme, takže v polohe 2 sa bod A pre pozorovateľa na Zemi nachádza už v strede mesačného kotúča, ale trochu naľavo-na východ. Pozorovateľ vidí teda viacej z mesačného povrchu na pravej strane-západnú časť než inokedy /západná librácia/.

Z polohy 2 do polohy 3 obežná rýchlosť Mesiaca opäť klesá a bod A sa prebytkom rotačnej rýchlosti v apogeu /poloha 3/ dostáva znova do stredu Mesiaca. Z polohy 3 do polohy 4 je obežná rýchlosť stále ešte menšia než rýchlosť rotačná, preto sa bod A dostáva napravo od stredu Mesiaca /poloha 4/. Pozorovateľ na Zemi vidí tentokrát viac z mesačného povrchu na východnom okraji Mesiaca /východná librácia/.

Optická librácia v šírke je spôsobená nemenným sklonom mesačnej osi, okolo ktorej sa Mesiac otáča k rovine mesačnej dráhy okolo Zeme. Nemenný sklon spôsobuje, že Mesiac pri svojom obehu prikláňa k Zemi striedavo severný a južný pól. Pozorovateľ na Zemi vidí preto viac raz zo severnej oblasti povrchu Mesiaca, inokedy z južnej. V praxi sa oba druhy optickej librácie navzájom neustále kombinujú, takže pozorovateľ vlastne sleduje kolísanie Mesiaca zhora nadol a zo strany na stranu. Všetky librácie umožňujú pozemskému pozorovateľovi sledovať postupne až 59 % mesačného povrchu. 41 % povrchu zostáva trvale neviditeľných, 18 % povrchu je striedavo viditeľných a neviditeľných.

Obr.č. 8

### Mesačné a slnečné zatmenia.

Okrem synodického a siderického mesiaca je definovaný aj drakonický mesiac, ktorý je dôležitý v súvislosti s mesačnými a slnečnými zatmeniami.

Drakonický mesiac je časový interval medzi dvoma po sebe nasledujúcimi prechodmi Mesiaca uzlami /t.j. bodmi, v ktorých jeho obežná dráha pretína ekliptiku/ a rovná sa 27 dňom, 5 hodinám, 5 minútam a 35,8 sekundám. Pri svojom pohybe môže Mesiac prechádzať zostupným a výstupným uzlom.

Obr.č. 9

Z princípu zatmení je zrejmé, že zatmenie Slnka nastáva, keď je Mesiac v nove a vrhá na zemský povrch tieň. Pretože priemer tieňa Mesiaca je menší ako priemer Zeme, tento dopadá len na časť zemského povrchu a zatmenie Slnka je vždy pozorovateľné len z určitých miest na Zemi.

Obr.č. 10

Ak Mesiac vstúpi na svojej dráhe okolo Zeme /t.j. pri splne/ do kužeľovitého tieňa, ktorý vrhá Zem do priestoru, vidíme jeho /čiastočné alebo úplné/ zatmenie, ktoré je viditeľné na všetkých miestach Zeme, kde je Mesiac nad obzorom. Je zrejmé, že to, či ku ktorémukoľvek z oboch typov zatmení dôjde, závisí na polohe mesačných uzlov voči ekliptike. Pretože uzly mesačnej dráhy menia neustále svoju polohu nemôžeme pri každom solne a nove Mesiaca pozorovať slnečné a mesačné zatmenia.

Ľahko sa presvedčíme, že 223 synodických mesiacov sa takmer rovná 242 drakonickým mesiacom /rozdiel medzi obidvoma násobkami je iba 51 minút a 41,2 sekúnd/ a preto by polohy Mesiaca vzhľadom k uzlu jeho obežnej dráhy mali byť rovnaké vždy po 6585 dňoch alebo 18 rokoch a 10-11 dňoch /záleží od toho, či uvedený interval zahrňa 4 alebo 5 priestupných rokov/. Znamená to, že ak dôjde určitého dňa k zatmeniu Mesiaca alebo Slnka, malo by sa toto zatmenie zopakovať /na tom istom mieste/ po 6585 dňoch čo je perióda, ktorú poznali už Chaldejci pred dvoma a pol tisícami rokov a Gréci ju nazvali Sares.

Ešte lepšia zhoda je medzi 716 synodickými a 777 drakonickými mesiacmi, medzi ktorými je rozdiel iba 9 minút a 46,1 sekúnd. Zatmenia sa na tom istom mieste opakujú s väčšou presnosťou po 58 rokoch.

Je možné nájsť ešte dlhšie časové intervaly, pre ktoré tento vzťah platí ešte s väčšou presnosťou.



Zatmenia Slnka a Mesiaca boli ľudom známe už od počiatkov ľudskej civilizácie. Mnohé z nich prispeli k ovplyvneniu historických udalostí. Zatmenie Mesiaca z roku 413 pred našim letopočtom /podľa Thukydidu/ spôsobilo paniku v gréckom loďstve pri brehoch Sicílie a tým ovplyvnilo výsledok peloponézskej vojny.

Obr.č. 11

### Slapové účinky Mesiaca na Zem.

Pravidelné zdvíhanie merskej hladiny prejavujúce sa na všetkých merských pobrežiach prílivom a jeho späťvratné klesanie čiže odliv je spôsobované, ako už správne rozpoznal I. Newton /1687/ pôsobením priťažlivej sily Mesiaca a Slnka na ľahko poddajnú vodnú hmotu. Podľa gravitačného zákona pôsobia na seba dve telesá silou, ktorá je priamo úmerná súčinu ich hmotností a nepriamo úmerná druhej mocnine ich vzájomnej vzdialenosti. Gravitačným pôsobením Mesiaca a Slnka dochádza k periodickým stúpaniam a klesaniam vodnej hladiny a zemskej kôry. Na týchto účinkoch nazvaných "slapy" sa okrem Mesiaca podieľa aj Slnko. Jeho vzdialenosť od Zeme je v porovnaní s Mesiacom omnoho väčšia, preto jeho podiel na slapových pôsobeniach na Zem v porovnaní s Mesiacom je omnoho menší. Gravitačné pôsobenie Slnka predstavuje len 46,6 % gravitačného pôsobenia Mesiaca. Vzhľadom na to, že Zem sa otočí okolo svojej osi za jeden deň, prechádza každá časť zemskej povrchu s výnimkou súostrovnej oblasti v priebehu dňa dvakrát miestom zdvihnutia vodnej hladiny. Príliv a odliv sa teda v priebehu dňa opakuje na jednom mieste dvakrát. Veľkosť prílivu a odlivu je ovplyvnená neustálym pohybom Zeme a Mesiaca, trením vody o dno a tvarom pobrežia.

Na otvorenej vodnej ploche stúpa hladina asi o 57 cm. V strede zemenom mori je vzostup hladiny menší než 30 cm. Najväčšie výchylky vodných plôch od normálu boli pozorované vo východo-kanadskom zálive Bay of Fundy, kde stúpala hladina o 16 m. Najmohutnejšie prílivy a odlivy nastávajú v období novu a splnu. Slapové účinky Mesiaca sa spájajú so slnečnými. Vzniká tzv. skečný príliv, ktorý sa opakuje každých 15 dní. Opakom sú tzv. hluché stúpania a klesania vodnej hladiny v období prvej a poslednej štvrti Mesiaca, kedy príliv spôsobovaný Mesiacom je tlmený slnečným odlivom a naopak. V tomto období sú prílivy a odlivy najslabšie. Slapové sily vykonávané Mesiacom spôsobujú nielen periodické klesanie vodných hladín, ale aj poklesy a vzostupy pevnej zemskej kôry a zemskeho ovzdušia. Na rozdiel od morí amplitúda periodických zdvihov a poklesov zemskej kôry dosahuje hodnotu 0,2 až 0,4 m. Ďalšie pohyby zemskej kôry slapového charakteru sú spôsobované nepriamym pôsobením Mesiaca - účinkom vodných slapov. Morský príliv a odliv spôsobujú zmeny v zatažení okrajov pevninských blokov a s tým súvisiace ohyby pevnej zemskej kôry, ktoré sa prejavuje taktiež periodickým stúpaním a klesaním pevného povrchu našej planéty. Slapy v zemskej ovzduší sa prejavujú polodenným, denným alebo mesačným kolísaním tlaku vzduchu najmä v rovníkovej oblasti našej planéty.

### Precesia a nutácia.

Spoločným pôsobením príťažlivosti Mesiaca a Slnka na pevné zemske teleso vzniká kuželový pohyb zemskej osi v priestore - precesia, ktorej perioda je asi 26 000 rokov. Dôsledkom precesie sa neustále mení poloha nebeského rovníka na oblohe a tým aj priesečník nebeského rovníka s ekliptikou - jarný bod.

Pohyb jarného bodu na ekliptike sa deje z východu na západ s ročnou hodnotou  $50,37''$ . V dôsledku precesie sa neustále mení celá nebeská súradnicová sústava včetně polôh svetových pólov.

Svojou príťažlivosťou spôsobuje Mesiac aj tzv. nutáciu - krátkoperiodické kolísanie zemskej osi skladajúcej sa s precesiou v jeden spoločný pohyb. Amplitúda činí  $9,21''$  a perióda  $18,6$  roka. Dôsledkom vzájomného slapového pôsobenia Mesiaca a Zeme, dochádza k spomaľovaniu rotácie Zeme o  $0,0015$  s za storočie a vzdialovanie sa Mesiaca od Zeme o  $3,2$  cm za rok.

Obr.č. 12

### Libračné centrá - body.

Pohyb nebeských telies, ktoré na seba pôsobia gravitačnou silou podľa Newtonovho gravitačného zákona skúma a rieši špeciálna oblasť astronómie - nebeská mechanika. Najjednoduchšou úlohou nebeskej mechaniky je tzv. problém dvoch telies : rieši pohyb telies pri zjednodušujúcom predpoklade, že ide o sústavu dvoch hmotných bodov. Pritom sa berie do úvahy len vzájomné pôsobenie dvoch telies, ktoré sa pohybujú okolo spoločného ťažiska. V skutočnosti však takmer vždy existuje najmenej jedno ďalšie teleso. Špeciálne riešenie pohybu troch telies uskutočnil už v roku 1772 francúzsky matematik a fyzik Lagrange. V sústave dvoch hmotných telies pohybujúcich sa okolo spoločného ťažiska existuje päť libračných centier - bodov. Sú to body v sústave, ktoré majú tú vlastnosť, že malé tretie teleso v nich sa nachadzajúce nemení, voči hlavným telesám svoju polohu. Telesá pohybujúce sa v blízkosti libračných centier majú periodické dráhy a trvale oscilujú v okolí libračného centra. Svoju polohu voči hlavným telesám menia len málo. Libračné centra  $L_1, L_2, L_3$  ležia na spoj-

nici oboch telies a to L1 medzi nimi, L2 a L3 na ich vonkajších stranách. Vzďalenessi týchto centier od hlavných telies sú dané pomerom hmotností oboch telies. Body L4 a L5 tvoria s hlavnými telesami rovnostranné trojuholníky, ktorých veľkosť sa mení.

Príkladom telies, ktoré sa pohybujú po periodických dráhach v okolí libračných centier je skupina planétok nazývaných Trójania, ktoré sa nachádzajú v centrách L4 a L5 v sústave Slnko-Jupiter. V súčasnom období kozmického výskumu sa libračné centrá sústavy Zem-Mesiace stávajú veľmi dôležitými v úvahach a ďalšom rozvoji kozmonautiky.

### Stavba a zloženie Mesiaca.

Rozsiahly výskum Mesiaca pomocou umelých sond, samouchodných laboratórií, expedíciami Apollo, štúdiom a rozborom dopravených mesačných hornín nám priniesli celý rad informácií o stavbe a zložení Mesiaca. Magnetometrické, gravimetrické a početné seizmické merania nám umožnili získať nové poznatky o vnútre nášho spolupútnika.

Podľa charakteru zmien seizmických vln v závislosti na hĺbke sa mesačné vnútro dá rozdeliť na niekoľko zón: hrubý, pevný vonkajší obal, ktorý siaha približne do polovice polomeru Mesiaca - litosféra a čiastočne roztavená vnútorná oblasť - astenosféra. Hrúbka litosféry je asi 900 km. Rozdeľuje sa na kôru a plášť. Priemerná hustota kôry je asi  $2900 \text{ kg.m}^{-3}$  a siaha do hĺbok asi 60 km. Jej hornú vrstvu tvoria bazalty. Pod kôrou sa nachádza plášť, ktorý nie je homogénny /vrchná zóna do 300 km, stredná zóna do 600 km, prechodná zóna do 900 km/. Hustota plášte je asi  $2900-3430 \text{ kg.m}^{-3}$ . Dokladom toho, že kôra Mesiaca musí byť omnoho tuhšia než kôra zemská je jej schopnosť udržať si maskony /abnormálne zhustenia hmoty/ v malých hĺbkach pod povrchom. Pod litosférou sa na-

chádza astenosféra. Jej hustota je asi  $3430-3490 \text{ kg.m}^{-3}$ . Predpokláda sa, že v centrálnnej zóne existuje železo-sulfidové jadro s polomerom do 400 km.

Obr.č. 13-17

### Povrch Mesiaca.

Na Mesiaci je možné už pri pozorovaní voľným okom rezeznat tmavé a svetlé škvrny, ktorých tvar a sýtosť zafarbenia sa výrazne menia. Zhruba je možné povrchové útvary na Mesiaci rozdeliť na tmavé oblasti tzv. maria /rozsiahle hladké plochy stuhnutej lávy/, krátery, hory a pohoria, brázdy a údolia, svetlé škvrny a pruhy. "Kontinenty" a "maria" sú na povrchu našej družice zasúpené veľmi odlišne. Prevládajúcim typom sú kontinenty, ktoré pokrývajú asi  $2/3$  privrátenej pologule Mesiaca a viac než  $9/10$  jeho odvrátenej strany. Maria naopak ležia takmer výlučne na privrátenej strane Mesiaca a sú zhruba rozložené okolo rovníkovej oblasti. Najcharakteristickejší mesačným útvarom sú krátery. Množstvo týchto útvarov na Mesiaci je skutočne obrovské. Odhaduje sa, že kráterov s priemerom väčším než 1 km je na viditeľnej pologuli Mesiaca viac než 300 000 a na jeho odvrátenej pologuli najmenej milión.

Na Mesiaci je 16 kráterov s priemerom väčším než 200 km, avšak iba 5 z nich sa nachádza na privrátenej strane.

Po dlhú dobu nebol zďaleka jasný pôvod týchto útvarov. Už v ranných dobách teleskopickej astronómie boli vyslovené argumenty v prospech vnútorného - sepečného i vonkajšieho - meteorického pôvodu týchto útvarov. Až návrat prvých kozmonautov a rozbor mesačných hornín ukázal, že tieto pretavené horniny vznikli v dôsledku zrážok s inými kozmickými telesami. Podľa veľkosti a tvaru rozdeľuje sa krátery do štyroch kategórií. Sú to valové roviny, kruhové pohoria, pravé krátery a kráterové janky. Kým valové roviny dosahujú priemer niekoľko sto km, kráterové janky majú priemer od niekoľko sto metrov až po km. Valové roviny sú

charakteristické masívnymi okrajovými valmi s príkrejšími vnútornými svahmi a plochým dnom, ktoré leží hlboko pod úrovňou okolia. /Ptolemaios, Plato, Archimedes/. Kruhové pohoria sa od valových rovín líšia terasovite usporiadaným okrajovým valom s jedným alebo niekoľkými stredovými vrcholkami, /Tycho, Koperník/. Prave krátery majú priemer 5-30 km. Sklon vnútorných a vonkajších svahov je u týchto kráterov väčší než u kruhových pohorí. Kráterové janky sú takmer bez valov. Bývajú zoskupené do nápadných súvislých radov.

Hory a pohoria na Mesiaci sa výrazne odlišujú od pohorí pozemských. Súvisí to zrejme aj s tým, že na Mesiaci nie je voda, ktorá by prispela k tvorbe usadenín a sedimentov. Pásové pohoria na Zemi ako sú Alpy, Karpaty a Himaláje vznikli z uložených vrstiev horských usadenín postranným vyvrásnením. Ich vzhľad neustále modelujú deštruktívne činitele ako je voda, mráz, ľadovec, vietor a zemská priťažlivosť. Niektoré z mesačných pohorí ako je napr. Altaj vznikli pravdepodobne vertikálnymi presunmi mesačného povrchu pozdĺž veľkých, inak neviditeľných zlomov. Iné sú pravdepodobne zbytkami klesnutých starých kráterových útvarov, alebo častí pevnín, ktoré na okolitých miestach poklesli a boli zaliaté lávou, kým na týchto miestach ostali trčať ako tektonicky vzniknuté vyvýšeniny. Z hľadiska vývoja sú pohoria a hory na Mesiaci pozostatkami tektonického pôsobenia hmotných telies na povrch Mesiaca v dávnych, či menej dávnych dobách. Zlom v mesačnej kôre zasa prispeli k poklesom i zdvihom určitých častí mesačného povrchu a tvorbe valov.

Jedným z najznámejších je Priamy val. Tento zaujímavý útvar sa nachádza medzi kráťermi Birt a Thebit. Dosahuje dĺžku 104 km a v ďalekohľade vyzerá ako zdanlivo rovná horská stena, končiaca sa na severe maličkým kráťerom s priemerom asi 5,5 km. Pokles mesačného povrchu pozdĺž tohto zlomu dosahuje 250 m.

Mesačné vysočiny sú veľmi hornaté a čnejú značne vysoko nad svojím okolím. Vyznačujú sa nepravidelným usporiadaním jednotlivých vrcholov. Jedná sa pravdepodobne o zbytky prastarého terénu dávno zahladených valových rovín, kráterov a pohorí.

## Mesačné brázdy a údolia.

Väčšina brázd má tvar pomerne veľmi jemných trhlín najrôznejších tvarov a rozmerov. Ich priemer sa pohybuje od stoviek metrov do niekoľko kilometrov. Dĺžka dosahuje stovky kilometrov.

Niektoré brázdy pripomínajú široké a plytké rozsadliny ako napr. Alpské údolie. Jeho šírka je 6 až 10 km a tiahne sa naprieč horským masívom mesačných Álp do dĺžky 130 km.

## Mesačné moria.

Už pozorovanie Mesiaca voľným okom nám umožňuje sledovať jeho rozmanitý povrch. Zvlášť výrazné sú mesačné moria, pozorovateľné hlavne pri splne Mesiaca kedy sú najkontrašnejšie voči svetlejšiemu okoliu. Aj keď na Mesiaci nikdy neexistovala voda, termín moria /zavedený už Galileom Galileiom/ sa používa dodnes. Na rozdiel od svetlého povrchu, ktorý odráža miestami až 18 % dopadajúceho slnečného žiarenia, odrážajú moria približne len 6 až 7 % dopadajúceho slnečného svetla. Na privrátenej strane Mesiaca tvoria moria jednu tretinu povrchu. Sú rozložené približne okolo rovníka. Na odvrátenej strane Mesiaca pokrývajú len jednu desatinu jej povrchu. Podrobnejšia prehliadka mesačných morí ďalekohľadom ukáže, že povrch morí je pokrytý nespočetným množstvom menších i väčších kráterov, plochými vyvýšeninami, jamami a úložkami kameňov. Izolované časti morí, líšiace sa od ostatnej plochy mora niekedy aj tmavším odtieňom, sa na Mesiaci volajú bažiny, alebo jazerá. Oblúkovité ohraničené výbežky morí sa nazývajú zálivy a svetlé výbežky pevnín do mora mysy. Ploché tiahle vyvýšeniny sa nazývajú žilany, ktoré pravdepodobne vznikli v dôsledku tektonickej činnosti v miestach zlomových línií. Vydutia povrchu morí neprevyšujúce niekoľko sto metrov až s kilometrovými priermi sú tzv. dómy. Jedná sa pravdepodob-

ne o mohutné bubliny, ktoré vznikli vnútorným tlakom plynov a pár nahromadených pod chladným povrchom morí.

### Výskum Mesiaca.

Prvá úspešná "mesačná" družica Luna 1 bola vypustená v Sovietskom zväze. Jej posledný stupeň mal hmotnosť 1472 kg a 4. januára 1959 sa priblížil k mesačnému povrchu na vzdialenosť 6000 km. Aj keď sonda Mesiac minula, za 62 hodín rádiového spojenia so Zemou bol získaný veľký počet informácií o činnosti vedeckej aparatury. Z kozmickej sondy sa stala prvá umelá družica Slnka s obežnou dobou 450 dní.

Prvá americká "mesačná" družica Pioneer 4 sa 4. marca 1959 priblížila k povrchu Mesiaca na 59200 km. Stala sa druhou umelou družicou Slnka s obežnou dobou 392 dní.

Úspešný kozmický let zo Zeme na iné kozmické teleso sa uskutočnil vypustením sovietskej družice Luna 2 dňa 12. septembra 1959. Púzdro s vedeckými prístrojmi o celkovej hmotnosti 390,2 kg 13. septembra 1959 dopadlo na nášho spolupútnika.

Podľa správ v dennej tlači bol dopad púzdra Luny 2 pozorovaný aj vizuálne na hvezdárňach v Maďarsku, Anglicku, Rakúsku a Švédsku. Po týchto úspechoch nasledoval rozsiahly výskum Mesiaca pomocou sovietskych a amerických sond.

Význačnými medzníkmi vo výskume Mesiaca bol let Luny 16, ktorej prustávací modul mäkké pristál na povrchu Mesiaca. Prístroje odobrali 100 gramov mesačnej horniny a dopravili ich na Zem. Ďalší automatický odber hornín uskutočnili aj Luna 20 v roku 1972 a Luna 24 v roku 1976 pomocou vrtnej súpravy z hĺbky 2,6 metra.

10. novembra 1970 nosná raketa Protón dopravila na mesačný povrch Lunu 17, súčasťou ktorej bolo prieskumné automatické vozíčko Lunochod. Hmotnosť činila 756 kg, dĺžka podvozku 2,2 m, rozchod kolies 1,6 m, priemer hermetického prístrojového púzdra



2,15 m. Lunochod sa pohyboval na podvozku s ôsmimi kolesami, z ktorých každé bolo samostatne zavesené a poháňané vlastným elektromotorom. Lunochod bol vybavený dvoma kamerami. Zdroj energie bol v chemických a slnečných batériach. Experimenty boli zamerané na chemické zloženie hornín, mechanické vlastnosti povrchu, snímkovanie terénu a pod. Namiesto plánovaných troch mesiacov činnosti bol Lunochod v prevádzke takmer 11 mesiacov. Po mesačnom povrchu najazdil 10.540 m, zhotovil 200 panoramatických a 20.000 televíznych snímok, celý rád meraní a rozborov mesačných hornín. Vozidlo Lunochod 2 bolo na mesačný povrch dopravené 16. januára 1973. Vedecké vybavenie bolo obdobné ako na Lunochode 1. Vyslal 86 panoramatických a 80.000 televíznych snímok. Po mesačnom povrchu najazdil 37 kilometrov.

Obr.č. 18 Americká kozmická raketa Saturn I B.

Výskum nášho spolupútnika vyvrcholil programom Apollo. Vtedajší americký prezident John Kennedy povýšil pristátie američanov na Mesiaci na národný cieľ. Otázku dostatočne silnej rakety pre projekt Apollo vyriešil Werner von Braun. Celý priebeh letu prebehol podľa návrhu Johna Houzelta. Spočíval v tom, že z obežnej dráhy Mesiaca sa spustí dvojmiestny modul, ktorý po pristátí na povrchu sa po určitom čase opäť vráti k veliteľskej lodi, obiehajúcej okolo Mesiaca. Spolahlivosť a testovanie nosnej rakety, kozmickej lode i technických zariadení sa uskutočnili na kozmických lodiach Apollo 1 až 10.

Obr.č. 19 Apollo 11.

Prvý kontakt pozemšťanov s najbližším kozmickým telesom sa uskutočnil pomocou kozmickej lode Apollo 11, 20. júla 1969 v oblasti mora Pekoja. Lunárny modul Orel a servisná

sekcia pristáli • 21,17 hod. SEČ. Ako prvý človek vstúpil na mesačný povrch Neil Armstrong 21. júla 1969 • 3 hod. 56 min. SEČ. Druhý pozemšťan Aldrin ho nasledoval • 18 minút neskôr. Tretí člen posádky veliteľ Collins obľetoval Mesiac vo veliteľskej časti lode Collumbia. Prvá vychádzka na Mesiaci trvala 2 hod. 15 minút a celkový pobyt 21 hod. 36 minút. Astronauti odobrali 22 kg vzoriek mesačných hornín a inštalovali vedecké prístroje. Priebeh činnosti kozmonautov prenášali televízne kamery. Štart lunárneho modulu z Mesiacu sa uskutočnili 21. júla 1969 • 18,54 hod. SEČ. Po úspešnom manévri sa spojil s veliteľskou sekciou a 24. júla • 17,51 hod. SEČ pristáli v Tichom oceáne. Potom nasledovali lety ďalších posádok kozmických lodí Apollo. Celkovo navštívilo Mesiac 12 pozorovateľov pozemšťanov.

Obr.č. 20 Mesačné vozidlo Rover.

Posádky kozmických lodí Apollo 15 až 17 využívali vozidlo Rover, ktoré umožňovalo astronautom väčšiu mobilnosť a zbierku vzoriek z väčšej oblasti povrchu Mesiacu. Pomocou týchto mesačných vozidiel bolo na povrchu Mesiacu najjazdených 119 km. Televízne kamery na uvedených vozidlách snímali štart lunárnych modulov z povrchu Mesiacu.

Výskumom Mesiacu pomocou sovietskych lunárnych sond a americkými výpravami projektu Apollo boli získané informácie nielen o zložení mesačnej kôry ale tiež aj o typoch minerálov, ktoré ju tvoria.

Obr.č. 21 Mesačné vzorky.

Z dovezených asi 380 kg mesačných hornín vyše 90 % vzoriek sú čadiče, čo svedčí o ich sopečnom pôvode. Asi 2 % tvoria meteorické častice, zvyšok je zmes veľmi rozmanitého materiálu.

Obr.č. 22 Mars.

### Marsove mesiace Fobos a Deimos.

Planéta Mars je nasvojej ceste okolo Slnka sprevádzaná dvomi prirodzenými družicami. Objavil ich americký astronóm Asaph Hall roku 1877 na Námornom observatóriu vo Washingtone. Pomenoval ich Fobos /Strach/ a Deimos /Hrôza/ podľa mytologických koní v záprahu boha vojny - Marsa.

Pokiaľ boli pozemské ďalekohľady jediným prostriedkom získavania informácií o Marse a o telesách, ktoré ho sprevádzajú, neboli získané podrobnejšie informácie o ich veľkosti, či hmotnosti. Až kozmický výskum pomocou medziplanetárnych sond rozšíril naše poznatky o samotnej planéte a jej satelitech. Oba mesiace majú približne tvar trojosého elipsoidu, ktorého najdlhšia os smeruje k planéte.

Obr.č. 23 Fobos.

Snímky Fobosa získané americkou sondou Mariner 9 odhalili na jeho povrchu množstvo kráterov vytvorených pri zrážkach a dopadoch iných kozmických telies. Najväčší kráter má priemer takmer 10 km. Hmotnosť Fobosa sa odhaduje na  $10^{16}$  kg a jeho rozmery asi na 20 x 23 x 28 km. Okolo Marsu obieha v priemernej vzdialenosti 9379 km a obežná doba je 7 hod. 39 min. Povrch Fobosa je pokrytý väčším množstvom rovnobežných brázd s dĺžkou až 30 km.

Obr.č. 24 Deimos.

Rozmery menšieho mesiaca Deimosa neprevyšujú 15 km. Jeho hmotnosť je približne  $2 \cdot 10^{15}$  kg. Okolo Marsu obieha vo vzdialenosti 23.459 km za 30 hodín a 17 minút. Práemerná

hustota oboch marsových mesiacov je asi  $2000 \text{ kg.m}^{-3}$ . Je to menšia hustota než hustota pozemských žúl a omnoho menšia než priemerná hustota nášho Mesiaca. Oba mesiace sú pravdepodobne zložené z veľmi ľahkého materiálu s obmedzenou súdržnosťou. Spektrálne pozorovania oboch mesiacov nasvedčujú tomu, že ich povrch je veľmi ťmavý. Svojimi rozmermi i tvarom pripomínajú marsové mesiace asteroiidy. Predpokladá sa, že boli v minulosti zachytené planétou Mars pri jej vzniku. Túto teóriu by mohli potvrdiť podrobné analýzy zloženia povrchových hornín, údaje o vnútornej štruktúre mesiacov, ako aj presné parametre ich obežných dráh. Ak v dávnej minulosti tieto telesá zachytil Mars svojou príťažlivosťou, potom je pravdepodobný ich pôvod vo vonkajšom páse asteroiidov. Výskum marsových mesiacov by teda poprvýkrát umožnil skúmať asteroiidy priamymi metódami. Prenikanie ľudstva do Vesmíru je v poslednom čase spájané s planétou Mars. O lete k tejto planéte snívajú už generácie priekopníkov kozmonautiky. Súčasné technické prostriedky kozmonautiky túto expedíciu umožňujú. V prvej fáze prípravy sú potrebné nepilotované lety k Marsu, ktoré by doplnili znalosti získané sondami Mariner, Mars a Viking.

#### Obr.č. 25 Projekt Fobos.

Dvojica sovietskych sond Fobos s medzinárodnou účasťou včetně Československa, ktoré odštartovali v júli r. 1968 určite prinesú nové poznatky o povrchu Marsu a charakteristické údaje o jeho väčšom mesiaci. Projekt Fobos je mnohostranná široko koncipovaná expedícia. Hlavným cieľom projektu je nízky prelet sondy nad mesiacom. Po prvýkrát v celej histórii planetárnych výskumov sa má uskutočniť rozbor povrchových hornín kozmického telesa aktívnym diaľkovým prieskumom povrchu pomocou laserového lúča a prúdu urýchlených iónov. Tradičné

metódy výskumu budú realizované aj videospektrometrickým komplexom, ktorý pozostáva z troch televíznych kamier, spektrometra a pamäťového zariadenia. V programe diaľkového prieskumu Fobosa sú zahrnuté experimenty na meranie neutrónového toku z mesiaca a spektrometrických výskumov gama žiarenia povrchu Fobosa. Priame merania sa uskutočnia pomocou dvojice pristávacích častí sondy. Jedna zo staníc s pracovným označením DAS by sa mala po harpunovaní mesiaca pritiahnuť k jeho povrchu pružným oceľovým lankom a pripútať sa. Činnosť počas jedného roka na povrchu Fobosa majú zabezpečiť rozvinuté slnečné batérie. Výsledky celého radu vedeckých experimentov sa budú vysielat' priamo na Zem. Druhá stanica mesiaca bude slúžiť ako pohyblivé zariadenie. Po pristátí na povrchu Fobosa a nastavení do pracovnej polohy sa stanica bude po povrchu mesiaca pohybovať asi 20 metrovými skokmi. Jej výskum bude zameraný na skúmanie chemického zloženia, fyzikálno-mechanických a magnetických charakteristík povrchu Fobosa.

Koncom minulého roka sa v tlači objavila stručná správa, že spojenie s kozmickou sondou Fobos 1 sa náhle prerušilo. Prvého septembra sonda Fobos 1 nenadviazala spojenie so Zemou a neodpovedala na opakované výzvy. Preto sa reanalyzoval sled povelení, ktoré vyslala skupina riadenia letu na kozmickú sondu v predvečer osudného dňa. Ukázalo sa, že v jednom z povelení vyslaných na sondu bol vynechaný jeden jediný znak a v dôsledku toho sa sformoval chybný príkaz na vypnutie sústavy, zabezpečujúcej orientáciu sondy.

Tá začala rýchlo strácať orientáciu a panely slnečných batérií dostávali stále menej energie, až nakoniec zásoby energie poklesli natoľko, že stanica nebola schopná reagovať na žiadne, ani najsilnejšie povely zo Zeme. Nádeje na splnenie projektu Fobos závisia teda už len od sondy Fobos 2. Sú na nej všetky vedecké prístroje, určené na výskum Marsu a jeho mesiaca Fobos, vrátane dvoch aparátov, určených na pristátie na Fobose.

Obr.č. 26 Pohľad na Mars z Fobosa /kresba/.

Obr.č. 27 Planéta Jupiter.

### Jupiterova rodina mesiacov.

7. januára 1610 pozoroval Galileo Galilei v bezprostrednej blízkosti planéty Jupiter tri hviezdy. Na druhý deň s prekvapením zistil, že tieto hviezdy doprevádzajú Jupiter na jeho ceste Vesmírom. 13. januára objavil tesne pri planéte štvrtú hviezdu. V Galileom objavenej sústave Jupiterových družíc, tvoriacich akúsi miniatúrnu planetárnu sústavu, sa už začiatkom 17. storočia práve videla mocná opera Kopernikoveho heliocentrizmu. Podľa J. H. Johnsona a P. Paginiho /1954/ je možné považovať za isté, že Jupiterove mesiace pozoroval už o mesiac skôr Simon Marini, astronóm gréfa brandenburského. Svoj objav však neinterpretoval správne a nepochopil, že pozoruje Jupiterove mesiace. Galileom objavené družice Io, Európa, Ganymedes a Kalisto sú najväčšími z Jupiterových družíc. Sú dobre pozorovateľné už malými ďalekohľadmi. Rozvoj optickej astronómie umožnil pozorovať až 12 členov Jupiterovej rodiny mesiacov.

Kozmický výskum pomocou medziplanetárnych sond nám neustále rozširuje obzor informácií o vzdialených planétach a ich mesiacoch. Aj napriek tomu, že planétu Jupiter, už ako prvé, zblízka fotografovali sondy Pioneer 10 a 11, detailnejšie snímky tejto obrej planéty a jej mesiacov vyslali sondy Voyager 1 a 2. Okrem snímkovania nám sondy Voyager umožnili podrobné zmapovanie magnetosféry Jupitera. Veľkým prekvapením bol objav prstenca planéty. Spodný okraj prstenca je vo výške asi 8500 km nad povrchom planéty, jeho hrúbka sa odhaduje na 30 km.

Na snímkach Voyagerov boli objavené ďalšie tri nové mesiačky s označením /1979 J1, J2, J3/.

Mesiačik 1979 J3 s názvom Metis obieha okolo planéty vo vzdialenosti približne 128.000 km za 0,29479 dňa. Jeho priemer je asi 40 km.

Mesiacik 1979 J1 s názvom Adrastea obieha okolo planéty vo vzdialenosti približne 128.900 km za 0,29792 dňa. Má tvar trojosého elipseidu s najväčšími rozmermi približne 30 x 25 x 20 km.

Mesiacik Amaltea svojím nepravidelným tvarom pripomína zložitý mnohosten. Jeho priemer je asi 420 km. Okolo planéty obieha za 0,489 dňa vo vzdialenosti približne 182.000 km. Na snímkach z Voyagerov má tmavý a veľmi červený povrch. Je pravdepodobne najčervenejším objektom v slnečnej sústave. Jeho povrch je pokrytý množstvom brázd a kráterov. Najväčší z nich "Pan" má priemer asi 90 km. Záhadné sú zatiaľ početné svetlé škvrny mierne nazelenalej farby, ktoré majú priemer 10-50 km.

Mesiacik 1979 J2 s názvom Tésa obieha okolo planéty za 0,67455 dňa vo vzdialenosti približne 221.905 km. Jeho priemer je asi 80 km.

Obr.č. 28 Jupiterov mesiac Io.

Galileov mesiac Io sa po výskume sondami Voyager stal mesiacom úplne nezvyčajným. Už prvé snímky ukázali jeho zvláštne čierne-žlté a biele sfarbenie. Veľkým prekvapením bol objav sopečnej činnosti na jeho povrchu. Mesiac Io je približne taký veľký ako náš Mesiac, na ktorom sopečná činnosť vyhasla pred niekoľkými miliardami rokov. Pôvod búrlivých javov tohoto podoivného mesiaca vyvolal celý rad otázok. Vznik mohutnej erupčnej činnosti bol spočiatku dávany do súvislosti s interakciou Io s magnetickým poľom Jupitera. Dnes sa predpokladá, že zdrojom sopečnej činnosti na Io sú mesiace Európa a Ganymedes, ktoré svojím slapovým pôsobením vyvolávajú vo vnútri Io dostatočné množstvo tepla.

Najpočetnejšími povrchovými sústavami sú sopečné kaldery, zväčša čiernej farby. Sú väčšie ako na Zemi a dosahujú priemery od desiatok do stovák kilometrov. Väčšinou majú nepravidelný tvar.

Veľká časť Io je hladká, tvoria ju rozľahlé medzikráterové roviny občas narušené stupňovitými zlomami. Prevýšenie sopiek nad rovinami dosahuje len desiatky až stovky metrov. V polárnych oblastiach sa vyskytujú pohoria vysoké až 10 km. Povrch mesiaca musí byť veľmi mladý. Ani na snímkach s hranicou rozlíšenia 1 km nebol objavený jediný inaktný kráter. Mesiáčik Io obieha planétu vo vzdialenosti 421.605 km za 1,76914 dňa. Jeho priemer je 3630 km.

Obr.č. 29 Jupiterov mesiac Európa.

Mesiac Európa je svojim povrchom unikátny v celej slnečnej sústave. Snímky Voyagerov ukázali rozsiahle hladké pláne bez kráterov, pohorí, údolí či sopiek. Je len o niečo menší než mesiac Io. Povrch Európy tvorí ľadový pancier hrubý 80-120 km. Popraskaním ľadovej kôry vznikli trhliny, do ktorých prenikla spod kôry voda obsahujúca viac prímiesí. Jej zmrznutím vznikli pravdepodobne početné tmavé pásy, ktoré sa na povrchu Európy tiahnu do vzdialenosti vyše 1000 km. Sú široké až niekoľko desiatok kilometrov s malým výškovým prevýšením. Doteraz boli objavené len tri krátery s priemerom asi 20 km. Európa má priemer 3138 km. Okolo Jupitera obieha za 3,55118 dňa vo vzdialenosti približne 671.000 km.

Obr.č. 30 Jupiterov mesiac Ganymedes.

Mesiac Ganymedes je pravdepodobne najväčším mesiacom slnečnej sústavy s priemerom 5262 km. Okolo planéty obieha za 7,15455 dňa vo vzdialenosti 1.069.970 km. Jeho povrch je pokrytý oveľa hrubšou vrstvou ľadu než povrch Európy. Siahá do hĺbok až niekoľko sto kilometrov. Jeho povrch je taktiež tmavší a rozmanitejší ako povrch Európy. Tmavé oblasti sú posiate



impaktnými krátermi, ktoré majú prevážne svetlé dno. Viaceré krátery o priemeroch 50-150 km majú sústavu radiálnych svetlých lúčov, ktoré siahajú až do vzdialenosti 1000 km. Výškové rozdiely na povrchu mesiaca nepresahujú 1 km. V tmavých oblastiach sa vyskytujú brázdny hĺbké až 100 m, široké 10 km s dĺžkou až niekoľko sto km. Svetlý terén je pokrytý sústavami rovnobežných brázd. Jednotlivé sústavy sa navzájom zložite pretínajú a prekrývajú. Zaujímavými sústavami sú dómy - veľké kopce s plochým vrcholom /zatiaľ boli objavené dva/. Jeden z nich má priemer základne 260 km a výšku 2200 m s priemerom plochého vrcholu 60 km. Ich vznik sa nevylučuje novým geologickým procesom - ľadovým vulkanizmom.

Obr.č. 31 Jupiterov mesiac Kalisto.

Mesiac Kalisto má zo všetkých galileovských mesiacov najmenšiu strednú hustotu, obsahuje teda najviac ľadu. Ľadový prikrov je dvakrát hrubší ako u Ganymedesa. Jeho povrch je pomerne tmavý, posiaty množstvom kráterov. Najväčšie krátery majú priemer niekoľko desiatok kilometrov. Krátery so sústavou lúčov sa vyskytujú len výnimočne. Výraznými útvarmi jeho povrchu sú tri obrovské prstencové štruktúry s centrálnym palimpsestom /svetelným kruhovým útvarom, pozostatkom po kráteri, ktorého dno sa postupne zdvihlo na úroveň okolitého terénu/. Najznámejší je systém Valhalla, ktorého svetlý centrálny palimpsest má priemer 600 km. Obklopuje ho 24 prstencov vzdialených od seba asi 70 km, rozprestierajúcich sa do vzdialenosti 2000 km od stredu. Kalisto má priemer 4800 km. Okolo Jupitera obieha za 16,68902 dňa vo vzdialenosti 1.879.980 km.

Obr.č. 32 Pohľad na Jupiter z mesiaca Amaltea /kresba/.

Ďalšie Jupiterove mesiace : Léda, Himália, Elara, Lyzitea,

Sinopa, Ananka, Karma, Pasiphae sú malými kozmickými telesami. Priemer najväčšieho z nich Himálie dosahuje 160 km, naopak priemer najmenšieho mesiáčka Lédy dosahuje iba 14 km. Najvzdialenejší Jupiterov mesiac Sinopa obieha planétu vo vzdialenosti 23.780.000 km raz za 758 dní.

Obr.č. 33 Saturn.

### Saturn a jeho mesiace.

Druhá najväčšia planéta slnečnej sústavy, Saturn, by určite nebola taká populárna keby nebola obklopená prstencami. Do výskumu planéty medziplanetárnymi sondami bolo známych celkovo deväť mesiacov, z ktorých päť najväčších je možné pozorovať aj menšími ďalekohľadmi. Výskum sonocou medziplanetárnych sond Pioneer 11, Voyager 1 a 2 značne rozšíril naše informácie o tejto planéte, jej známych mesiacoch a potvrdil objav nových mesiacov. Za zónou prstencov obieha okolo Saturna asi 22 mesiacov, z ktorých 13 obieha takmer presne v rovine planéty.

Obr.č. 34 Saturnov mesiac Titan.

Najväčší Saturnov mesiac Titan má priemer 5120 km a obieha planétu vo vzdialenosti 1.222.200 km. Jeho povrch sa skrýva pod hustou vrstvou mrakov. Atmosféru tvorí 99 % dusík a 1 % pripadá na metán. Hustota mesiaca je väčšia ako hustota Jupiterových mesiacov Ganymedesa a Kalista. Predpokladá sa, že veľkú časť materiálu, z ktorého sa Titan skladá tvoria skalnaté horniny a nie ľad.

Obr.č. 35 Saturnov mesiac Japetus.

Mesiac Japetus patrí svojím priemerom 1440 km k veľkým mesiacom Saturna. Svoju planétu obieha vo vzdialenosti 3.558.000 km. Má viazanú rotáciu. Zadná pologuľa mesiaca je 4 až 5 krát jasnej-

šia než pologuľa v smere pohybu. Na rozhraní oboch pologulí sa nachádza asi 200 km kráter impaktného pôvodu.

Obr.č. 36 Mesiac Japetus /kresba/.

Obr.č. 37 Saturnov mesiac Tetyda.

Mesiac Tetyda má priemer 1050 km a obieha okolo Saturna vo vzdialenosti 295.000 km. Jeho povrch je posiaty množstvom kráterov. Má vysoké albedo. Najvýraznejším útvarom na jeho povrchu je údolie široké asi 50 km a dlhé 750 km.

Obr.č. 38 Saturnov mesiac Diona.

Mesiac Diona je taktiež posiaty množstvom kráterov. Najväčší z nich má priemer takmer 100 km so stredovým vrcholom. Svetlé pruhy a brázdy pripomínajú korytá riek. Sú to však pravdepodobne zlomy v zľadovatelej kôre tohto mesiaca. Diona má veľkú hustotu. Asi 50 % jej materiálu tvoria skalnaté horniny. Okolo Saturna obieha vo vzdialenosti 376.800 km. Jeho priemer dosahuje 1120 km.

Obr.č. 39 Saturnov mesiac Rea.

Mesiac Rea svojím povrchom pripomína nášho spoločníka. Jeho priemer je 1510 km a planétu Saturn obieha vo vzdialenosti 526.800 km.

Obr.č. 40 Saturnov mesiac Mimas.

Mesiac Mimas je zaujímavý svojím obrovským kráterom. Na telese s priemerom 390 km dominuje kráter s priemerom vyše 100 km a hĺbkou 9 km.

Obr.č. 41 Saturnov mesiac Enceladus.

Obr.č. 42 Saturnov mesiac Hyperión.

Obr.č. 43 Saturnov mesiac Féba.

Z ďalších Saturnových mesiacov Enceladus, Hyperión, Féba, Jánus, Epimetus, Telesto, Kalypso a Atlas má najmenší priemer mesiačik Telesto, 50 km. Najbližší mesiačik Atlas obieha planétu za 0,597 dňa, najvzdialenejší Féba za 550,4 dňa.

Obr.č. 44 Pohľad na Saturn z mesiaca Rea /kresba/.

Obr.č. 45 Urán.

#### Urán a jeho mesiace.

Samotná planéta bola objavená 13. marca 1781 anglickým astronómom W. Herschelom, ktorý vychádzajúc z väčšieho počtu mesiacov u Jupitera a Saturna srovnane predpokladal výskyt mesiacov aj u Urána. Po šesťmesačnom usilovnom pozorovaní planéty sa mu podarilo r. 1787 objaviť dva mesiace, ktoré neskôr dostali pomenovanie Titánia a Oberón. Pri ďalších pozorovaniach dospel k názoru, že r. 1790, 1794 a 1801 pozoroval ďalšie dva Uránove mesiace. Neskoršie rozbory jeho pozorovaní dokázali, že i ďalšie dva mesiace Umriel a Ariel objavil už Herschel. Ale objav týchto dvoch mesiacov bol priznaný Lassellovi a Mertenovi, ktorí ich určite pozorovali až v roku 1851. Posledný z teleskopicky objavených Uránových mesiacov Miranda s objaven v r. 1948 bol priznaný Kuiperovi.

Obr.č. 46 Prelet sondy Voyager okolo Urána /kresba/.

Výsledky získané prieskumom systému Urána sondou Voyager 2 opäť predstihli naše očakávania. Snímkovanie prstenca planéty s objaven nových deviatich mesiačikov podstatne obohatili naše ve-

domosti. Napriek tomu, že osvetlenie telies v systéme Urána je 370-krát slabšie ako pri Zemi, sonda vyslala asi 7000 snímok výbernej kvality.

Obr.č. 49 Uránov mesiac Oberón.

Mesiac Oberón je najvzdialenejším mesiacom Urána. Obieha vo vzdialenosti 585.980 km. Má starý povrch posiaty množstvom kráterov. Niektoré majú dná pokryté tmavším materiálom. Na okraji mesiaca bol zaregistrovaný kopec, ktorého výška presahuje 20 km. Pravdepodobne ide o vrch krátera o priemer niekoľko stov kilometrov. Náznaky trhlín svedčia o tektonickej činnosti v minulosti mesiaca. Priemer mesiaca je 1670 km.

Obr.č. 50 Uránov mesiac Titánia.

Najväčší Uránov mesiac Titania je o niečo väčší ako Oberón. Jeho priemer je 1690 km a planétu obieha vo vzdialenosti 437.900 km. Pôvodný povrch mesiaca bol značne pretvorený a väčšinu povrchu pokrývajú krátery. Ich priemer nepresahujú 50 km. Na povrchu sa nachádza sieť údolí v dĺžke niekoľko stov km. Ich šírka je 20-50 km a hĺbka 2-5 km. Najmladšími útvarmi na povrchu mesiaca sú krátery so svetlými lúčmi.

Obr.č. 46 Uránov mesiac Umbriel.

Mesiac Umbriel je najtmavším a najjednoduchším z piatich veľkých mesiacov. Jeho povrch je taktiež posiaty krátermi. Zatiaľ nie je známe zloženie tmavej prímеси v ľade na povrchu. Zaujímavý je svetlý prstenec na dne krátera o vnútornom priemere 20 km a vonkajšom 80 km. Mesiac má priemer 1160 km a okolo planéty obieha vo vzdialenosti 266.950 km.

Obr.č. 47 Uránov mesiac Ariel.

Mesiace Ariel má mladý povrch a je zo všetkých Uránových mesiacov najsvetlejší. Aj na jeho povrchu sú krátery, z ktorých najväčší má priemer 60 km. Celý povrch je posiaty systémom trhlín, zlomov a obrevských údolí. Najmladšími útvarmi sú svetlé krátery s lúčmi. Jeho priemer je 1410 km a obieha planétu vo vzdialenosti 192.020 km.

Obr.č. 51 Uránov mesiac Miranda.

Mesiace Miranda aj napráek svojmu malému priemeru, 650 km, patrí medzi najzaujímavejšie mesiace Slnecnej sústavy. Jeho povrch tvorí starý aj nový terén posiaty krátermi. Je pokrytý svetlými a tmavými pásmi bez výraznejšieho reliéfu, inde zase brázdami a horskými hrebeňmi dlhými až 300 km.

Obr.č. 52 Uránov mesiac Puck.

Z novobjavených mesiacikov má najväčší priemer 15-ty v poradí od planéty mesiacik 1985 U1 nazvaný Puck 170 km, na povrchu ktorého bol zistený najväčší kráter s priemerom 45 km. Rozmery ostatných mesiacikov neprevyšujú 100 km. Najmenší z nich šiesty v poradí 1986 U7 nazvaný Cordelia má priemer 25 km.

Obr.č. 53 Urán a obežné dráhy jeho piatich mesiacov.

Obr.č. 54 Pohľad na Urán z mesiaca Ariel /kresba/.

Obr.č. 55 Neptún.

### Neptún a jeho mesiace.

Neptún ako ôsma planéta slnecnej sústavy bol objavený najprv matematickým výpočtom a až neskôr na oblohe. Planétu

objavil J. G. Galle r. 1846 iba 1° od miesta, ktoré odvedil V. I. Leverrier z porúch dráhy planéty Urán. Jeho mesiac Tritón objavil r. 1846 W. Lassell a mesiac Nereidu r. 1949 G. P. Kuiper.

Obr.č. 56 Plánovaný prelet Voyagera okolo Neptúna /kresba/.

Mesiac Tritón svojím priemerom 3500 km patrí k najväčším mesiacom slnecnej sústavy. Planétu obieha vo vzdialenosti jej 14,3 polomerov za 5,877 dňa po kruhovej dráhe s retrogradným pohybom.

Obr.č. 57 Pohľad na Neptún z mesiaca Nereida. /kresba/.

Mesiac Nereida obieha vo vzdialenosti 225 polomerov planéty za 359,4 dňa po veľmi výstrednej dráhe. Jej priemer sa odhaduje na 600 km.

Obr.č. 58 Pohľad na Neptún z neobjaveného mesiaca /kresba/.

Tretí mesiac Neptúna bol objavený r. 1981 pracovníkmi univerzity v Arizóne pri pozorovaní zákrytu. Jeho priemer sa odhaduje na 100 km. Planétu obieha vo vzdialenosti približne 50.000 km. Jeho predbežné označenie je 1981 N1. Zatiaľ tento objav nebol potvrdený.

Obr.č. 59 Pluto s mesiacom Cháron.

### Pluto - Cháron.

Už r. 1834 pred objavením Neptúna vyslovil P. A. Hansen myšlienku, že za dráhou Urána sa musia pohybovať ešte dve planéty. Dosiaľ posledná planéta Pluto bola objavená W. Tombaughom r. 1930. Jeho mesiac Cháron bol objavený r. 1986 J. Christym.

Dlhoočakávané zákryty a zatmenia v sústave Pluto - Cháron pri-  
niesli v r. 1986 potvrdenia o existencii mesiaca poslednej pla-  
néty. Podľa pozorovaní má planéta Pluto priemer 3200 km a me-  
siac Cháron 1600 km. Priemerná hustota sústavy oboch telies  
je asi  $1820 \text{ kg.m}^{-3}$ . Znamená to, že vnútro oboch členov dvoj-  
planéty obsahuje okrem ľadových zmesí aj značné množstvo ka-  
menného materiálu.

Obr.č. 60 Pohľad na Pluto z mesiaca Cháron /kresba/.



Použitá literatúra:

- I. Saidl: Planety  
I. Saidl: Měsíc  
J. Kleczek: Vesmír kolem nás  
Z. Kopal: Vemírní sousede naší planety  
Kolektív autorov: Encyklopédia astronómie  
V. Pohánka: Stretnutie so Saturnom /Kozmos 3/81/  
V. Pohánka: Nový pohľad na Jupiterov systém /Kozmos 1/82/  
M. Grün: Cesta na Mars - impulz k spolupráci, Projekt  
Fobos - nová expedícia k Marsu /Kozmos 1/88/  
V. Pohánka: Urán /Kozmos 4/88/

Mesiace a mesiace planét

metodický materiál a text k diafilmu.

Vydala: Okresná ľudová hviezdáreň v Humennom  
v spolupráci s KHaP Prešov

Autor: Michal Maturkanič

Odborný posudek: RNDr. Juraj Zverko, CSc.

Zodpovedný: Michal Havriľák, riaditeľ OĽH Humenné

Náklad: 1000 ks.

Pevelil: ONV - odbor kultúry Humenné č. Kult. 216/89

Nepredajné!