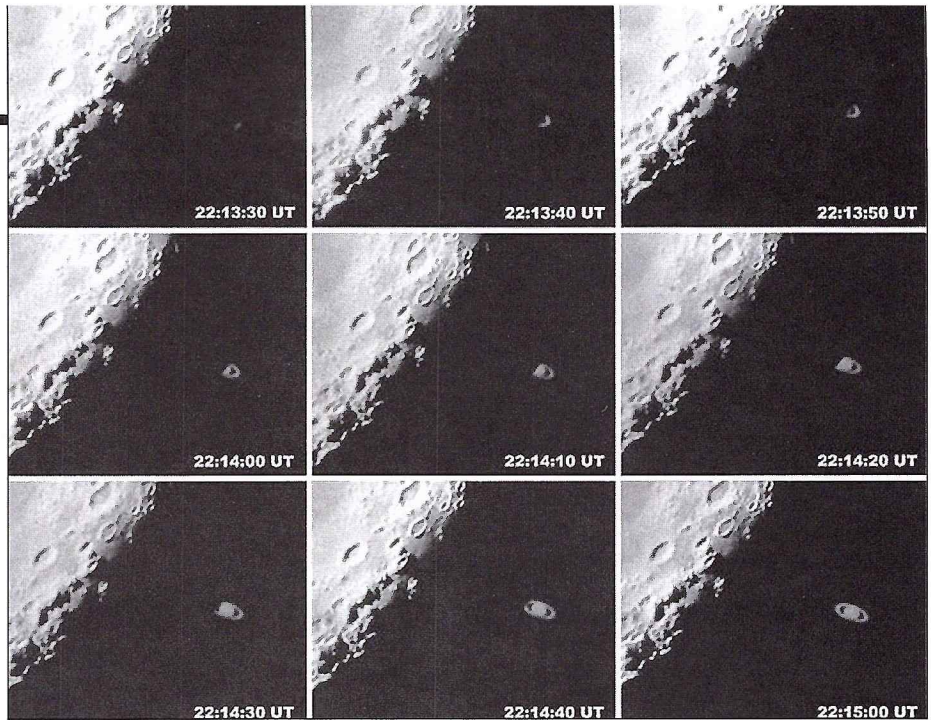


Zákryty planét Mesiacom

Úkaz, pri ktorom pre pozorovateľa na Zemi bližšie a zdanlivo väčšie teleso zakryje iné menšie a vzdialenejšie, nazývame zákryt. Ak je vzdialenejšie teleso na oblohe väčšie ako teleso bližšie, úkaz nazývame prechod. Pri počutí slova zákryt si obyčajne predstavíme zákryty hviezd Mesiacom. Mesiac ale, hoci menej často, zakryva aj planéty. Iné typy zákrytov sú napr. zákryty hviezd planétkami, vzájomné zákryty mesiacov Jupitera, zákryty hviezd planétami a veľmi výnimočné vzájomné zákryty alebo prechody planét. Známe sú aj zákrytové premenné hviezdy, kde pozorujeme vzájomné zákryty hviezd v dvojitých či viacnásobných hviezdnych systémoch.

O zákrytoch

Vo všeobecnosti má (alebo aspoň donedávna malo) pozorovanie zákrytov veľmi veľký význam. Pozorovaním zákrytov hviezd Mesiacom je možné spresňovať pohyb Mesiaca a sledovať zmeny v rotácii Zeme. Ukazmi Galileiho mesiacov Jupitera je možné sledovať poruchy v ich obehu. Zákryty hviezd planétkami poskytujú jedinečnú príležitosť (okrem nákladného priameho výskumu kozmickými sondami) určovať veľkosť a tvar týchto veľmi málo preskúmaných telies. Pomocou zákrytu hviezdy Uránom boli v roku 1977 objavené prstence planéty. Pozorovanie zákrytových premenných hviezd prináša jedinečnú informáciu o rozmeroch, fyzikál-



Časový priebeh zákrytu Saturna Mesiacom dňa 3. novembra 2001.

Foto: P. Rapavý

ných vlastnostiach a hmotnostiach jednotlivých zložiek. Pozorovanie zákrytov je teda veľmi užitočné, ale práve pozorovanie zákrytov planét Mesiacom, o ktorom budeme písať, neprináša z odborného pohľadu žiadny význam. Dané je to najmä tým, že pri bežných zákrytoch nastávajú presne definované zmeny jasností prakticky bodových zdrojov svetla, meraním ktorých je možné veľmi presne stanoviť čas a časové údaje potom uplatniť pri výpočte požadovaných pozíčných hodnôt. Planéty však majú na oblohe nezanedbateľný uhlový rozmer, a tak ich zákryt nastáva postupne. Časy prvého a posledného dotyku planéty a okraja Mesiaca nazývame kontakty. Počas vstupu za okraj Mesiaca nastáva 1. a 2. kontakt, neskôr, keď sa planéta dostáva spoza okraja Mesiaca, teda nastáva jej výstup, označujeme jej kontakty ako 3. a 4. Časy kontaktov nemožno presne určiť, lebo obraz planéty ani vo veľkých ďalekohľadoch nie je dostatočne kvalitný na to, aby bolo možné s požadovanou presnosťou určiť čas, kedy z planéty Mesiac začne alebo prestane „odkrajovať“. Odhad časov kontaktov je tak oveľa horší ako presnosť predpovede. Takéto merania by nepriniesli nové poznatky v pohybe Mesiaca či planét. Pozorovanie zákrytov planét Mesiacom sa však teší mimoriadnemu záujmu astronómov pre výnimočný pozorovateľský zážitok, ktorý je ešte umocnený zriedkavosťou tohto úkazu.

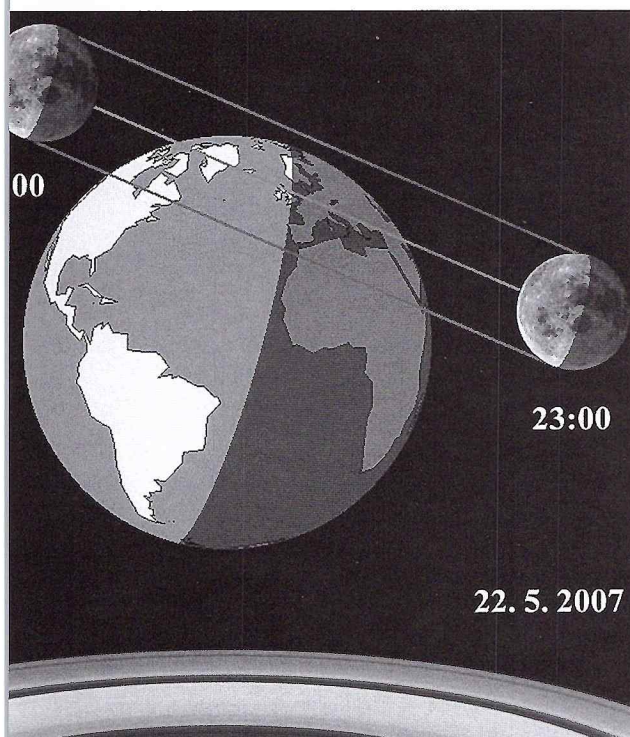
Zákryty planét Mesiacom nepatria k často sa vyskytujúcim javom, a preto sa rok 2007 javí v tomto smere ako výnimočný. Nastanú až štyri zákryty, a navyše všetky budú mať dobré podmienky na pozorovanie. Prvý z nich bude zákryt Saturna 2. marca v období asi od 3:37 do 4:16

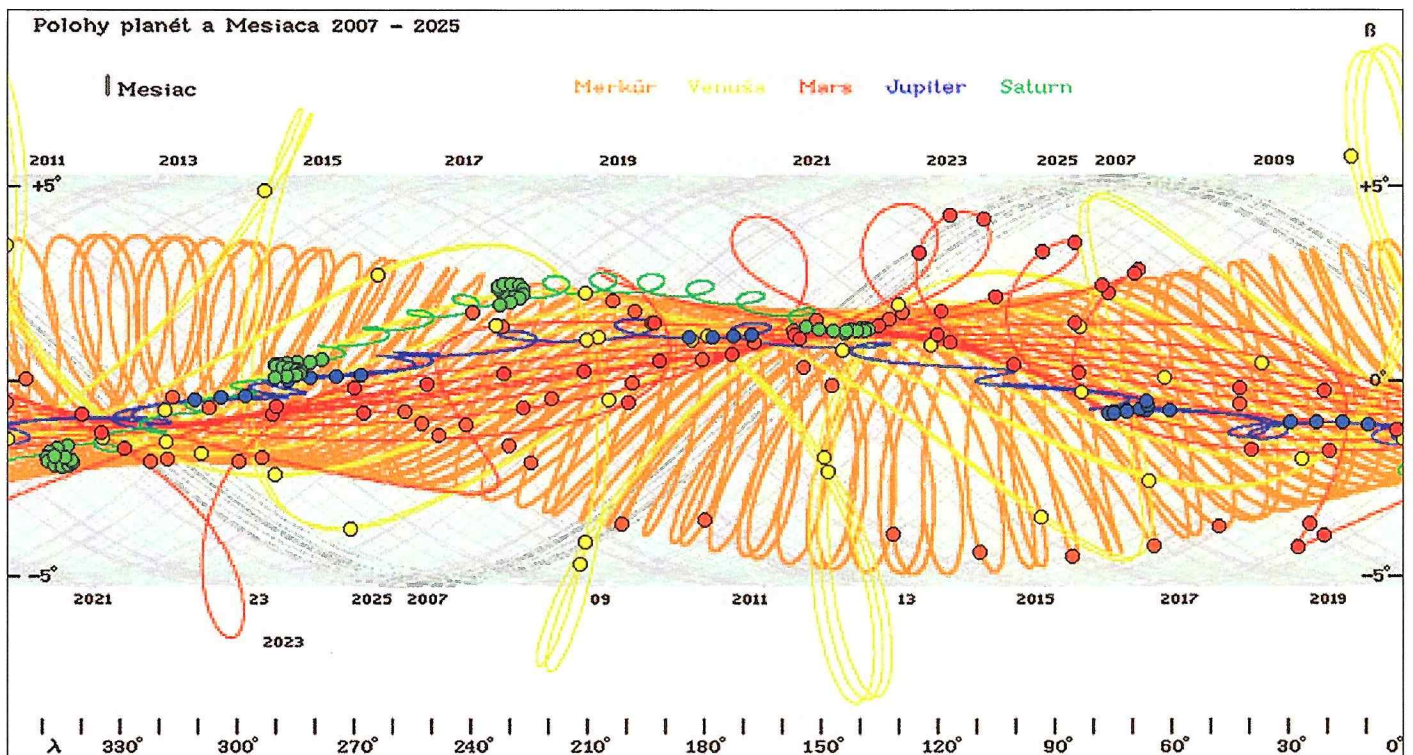
Pohľad na Zem zo Saturna v čase zákrytu tejto planéty Mesiacom.

SEČ. Nasledovať bude zákryt Saturna 22. mája (20:30 – 21:34), potom Venuše 18. júna (15:33 – 16:54) a úspešný rok zakončí „vianočný“ zákryt Marsu 24. decembra od 4:50 do 5:16 SEČ. Zákryty s výnimkou úkazu Venuše nastanú počas noci. Venuša bude v čase zákrytu dostatočne vzdialená od Slnka na to, aby jej zákryt bol pozorovateľný aj počas dňa.

Ako prebiehajú zákryty planét?

Samotný priebeh zákrytov v prevažnej miere udáva Mesiac, lebo jeho pohyb na oblohe je dominantný. V dôsledku obehu okolo Zeme prejde na oblohe v smere zo západu na východ priemerne asi 13° za jeden deň. O svoj uhlový rozmer ($0,5^\circ$) sa tak oproti hviezdnejmu pozadiu posunie asi za 55 minút. Teda, ak hviezda alebo planéta počas zákrytu prejde stredom kotúča Mesiaca, nebude približne hodinu pozorovateľná. Ak zakrývaný objekt prechádza okrajom Mesiaca, úkaz trvá kratšie. Skutočná dĺžka úkazu závisí od momentálnej vzdialenosti Mesiaca od perigea, lebo tento údaj významne ovplyvňuje zdanlivú veľkosť Mesiaca a aj jeho denný pohyb. Svoju úlohu zohráva aj neustále sa meniaci rozmer a paralaktický posun Mesiaca, vyplývajúci zo zmeny polohy pozorovateľa v dôsledku rotácie Zeme. Vlastný časový priebeh vstupu alebo výstupu planéty je daný momentálnou uhlovou veľkosťou danej planéty. Najväčší uhlový rozmer vstup aj výstup trvať aj vyše minúty a pri prechode poza okrajové časti disku Mesiaca ešte dlhšie. Úmerne vzrastajúcej vzdialenosti od Zeme sa zmenšuje uhlový rozmer planét a tým sa aj skracuje doba ich vstupu, či výstupu. Vnútorne planéty je najlepšie pozorovať v najväčšej elongácii od Slnka. Najhoršie podmienky na pozorovanie zákrytov má Merkúr. Pre svoju malú vzdialenosť od Slnka je väčšinu obdobia nepozorovateľný, a tak je nepozorovateľná aj väč-





Polohy planét a Mesiaca v okolí ekliptiky v rokoch 2007 až 2025.

šina jeho zákrytov. Samozrejme, vyskytujú sa aj zákryty ostatných planét no tieto úkazy neprinášajú ani estetický zážitok. Aj vo veľkých ďalekohľadoch sa javia slabšie, ako ostatné planéty. Nastávajú aj zákryty „bývalej planéty“ Pluto, no tie sú prakticky nepozorovateľné.

Zákryty jednotlivých planét majú určité zvláštnosti. Merkúr a Venušu väčšinou pozorujeme vo fáze, a preto vidíme len priebeh zákrytu osvetlenej časti planéty. Pri Jupiteri pozorujeme vždy jeho štyri najjasnejšie mesiace, a tak dochádza aj k ich zákrytom. Tieto vnímame ako bodové zdroje, ich zákryty nastávajú okamžite, a preto meranie časov nie je celkom bezvýznamné. Hádám najpôsobilivejšie sú zákryty Saturna s jeho prstencami.

Dôležitým faktorom je fáza Mesiaca. V období okolo novu nie je možné pozorovať, lebo úkazy nastávajú na dennej oblohe, a navyše veľmi blízko pri Slnku. V okolí splnov zase

vstupy aj výstupy nastávajú pri osvetlenom okraji Mesiaca, čo pozorovanie významne zhoršuje. Najlepšie pozorovateľné sú zákryty, ktoré nastanú okolo 1. štvrti. Vtedy dobre pozorujeme vstupy a úkazy nastávajú večer. V období okolo poslednej štvrti pozorujeme dobre výstupy, no úkazy nastávajú v menej príjemných ranných hodinách.

Zákryty planét Mesiacom môžeme väčšinou pozorovať aj voľným okom, no neprináša to očakávaný pozorovateľský zážitok. Aj jasné planéty sa v blízkosti Mesiaca, najmä ak je vo väčšej fáze, javia veľmi nevýrazné. Spôsobuje to v ovzduší rozptýlené mesačné svetlo a tiež znížená citlivosť oka vyvolaná prítomnosťou veľmi jasného Mesiaca.

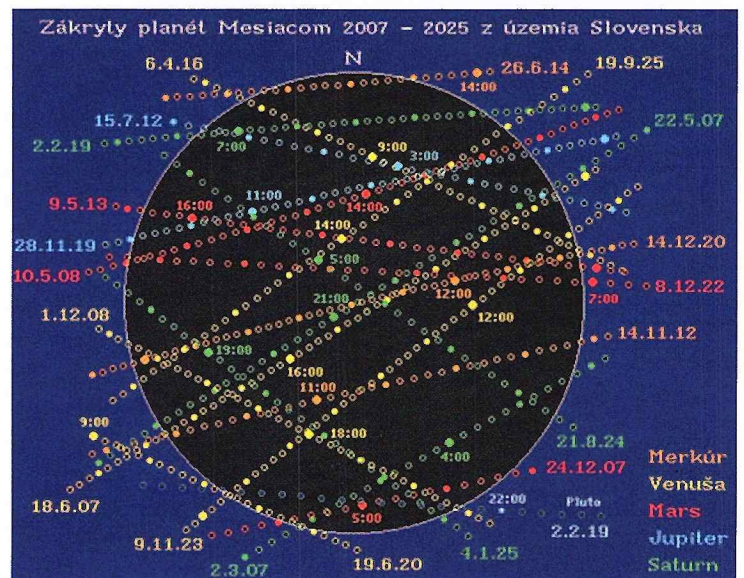
Očakávaný zážitok prinesie pozorovanie ďalekohľadom dosahujúcim zväčšenie umožňujúce dostatočne dobre vidieť planétu v jej plnej kráse.

Ako sa stretávajú planéty a Mesiac na oblohe?

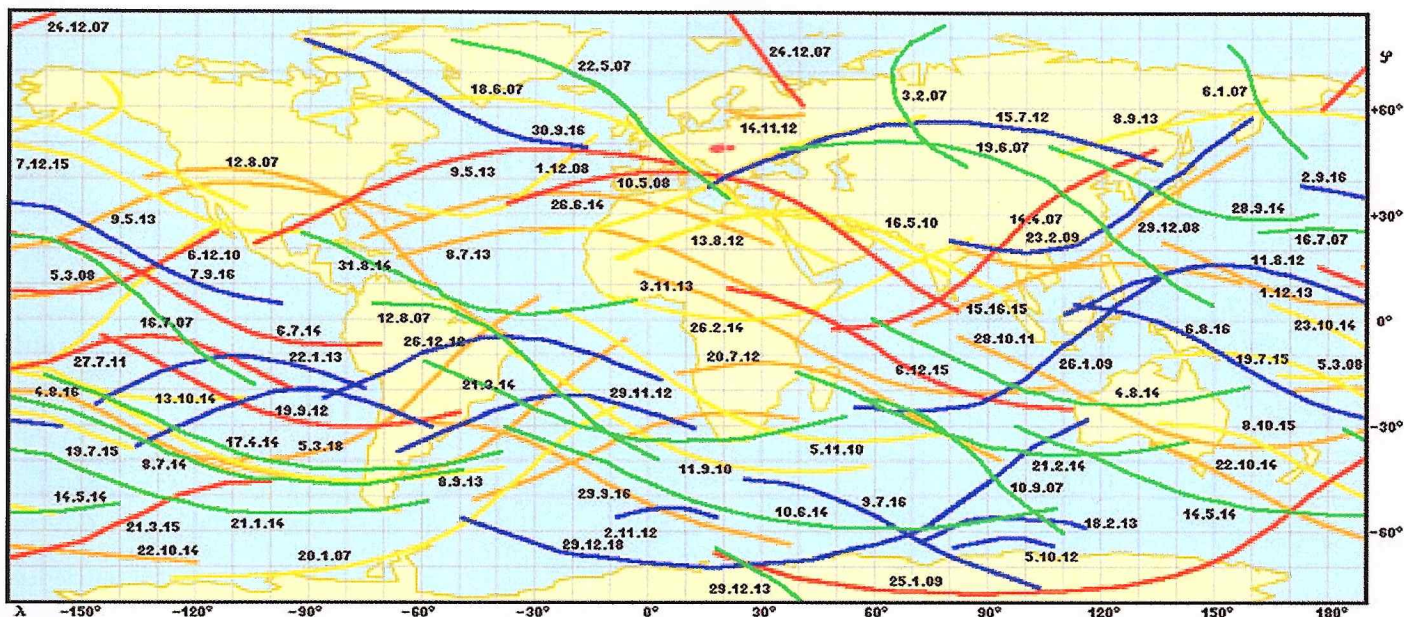
Sklon mesačnej dráhy k rovine ekliptiky je asi $5,1^\circ$ a preto sa Mesiac striedavo dostáva o túto hodnotu nad a pod ekliptiku. Za svoju siderickú obežnú dobu (27,3 dňa) prejde po celej oblohe a opíše okolo ekliptiky krivku podobnú sínusoide. No mesačná dráha nie je stála, jej uzly sa natáčajú s periódou asi 18,6 roka. Jednotlivé sínusové krivky pohybu Mesiaca okolo ekliptiky sa preto pomaly presúvajú z východu na západ, a tak sa Mesiac môže postupom času dostať do ľubovoľnej časti oblohy od ekliptiky vzdalenej menej ako $5,1^\circ$.

Pri pozorovaní z rôznych oblastí povrchu Zeme sa v dôsledku paralaktického posunu Mesiaca pás ešte rozširuje. Nakoniec aj rozmer mesačného kotúča prispieva k šírke pásu o hodnotu $0,5^\circ$. Celkove tak pre pozorovateľa zo Zeme

Dátum	čas	planéta	h°	poznámka
2. 3. 2007	03:37	Saturn	18	2 dni pred splnom
22. 5. 2007	20:29	Saturn	34	1 deň pred 1. štvrtou
18. 6. 2007	15:33	Venuša	58	1 deň po nove, denný
24. 12. 2007	04:49	Mars	26	spln
10. 5. 2008	13:19	Mars	49	denný, asi nepozorovateľný
1. 12. 2008	17:23	Venuša	4	denný
15. 7. 2012	02:33	Jupiter	22	3 dni po poslednej štvrti
14. 11. 2012	10:38	Merkúr	20	krátko po nove, nepozorovateľný
9. 5. 2013	15:51	Mars	22	krátko pred novom, nepozorovateľný
26. 6. 2014	13:24	Merkúr	47	krátko pred novom, nepozorovateľný
6. 4. 2016	08:36	Venuša	38	1 deň pred novom, asi nepozorovateľný
2. 2. 2019	06:51	Saturn	10	2 dni pred novom, občiansky súmrak
28. 11. 2019	10:39	Jupiter	12	1 deň po nove, denný
19. 6. 2020	09:18	Venuša	60	1 deň pred novom, denný
14. 12. 2020	10:57	Merkúr	17	krátko pred novom, nepozorovateľný
8. 12. 2022	06:06	Mars	9	spln, nautický súmrak
9. 11. 2023	11:05	Venuša	30	3 dni pred novom, denný
21. 8. 2024	04:37	Saturn	12	2 dni po splne, denný
4. 1. 2025	18:44	Saturn	20	2 dni pred 1. štvrtou
19. 9. 2025	13:20	Venuša	25	3 dni po nove, denný



Vzájomné polohy Mesiaca planét počas zákrytov pozorovateľných z nášho územia v rokoch 2007 až 2025.



Pozorovateľnosť zákrytov z povrchu Zeme v roku 2007 až 2025.

môžu nastať zákryty objektov majúcich ekliptikálne šírky v rozmedzí asi $\pm 6,3^\circ$.

V oblasti oblohy, kde sa môže dostať Mesiac sa pohybujú aj planéty. *Obrázok na predchádzajúcej strane hore* predstavuje okolie ekliptiky, ktorá prechádza vodorovne stredom obrázka. Ekliptikálna šírka Mesiaca a planét je 10-násobne zväčšená oproti ekliptikálnej dĺžke. V obrázku sú vynesené ich polohy v období od začiatku roka 2007 do konca roka 2025. Za toto obdobie poloha Mesiaca postupne vyplní celý pás. V obrázku sú čiarami podané stredy mesačného kotúča. Aby bolo možné odhadnúť jeho polohu v čase, počas párných rokov sú vynesené iným odtieňom ako v nepárnych. Približný tvar a veľkosť mesačného kotúča skresleného neproporcionálnou mierkou mapky je *na tom istom obrázku vľavo hore*. Za sledované obdobie prejde Merkúr celou ekliptikou asi 77-krát, Venuša 30-krát, Mars takmer 10 ráz, Jupiter asi 1,5-krát a Saturn zatiaľ prejde len niečo vyše polovice svojej dráhy okolo Slnka. Planéty sú okrem malých výnimiek celý čas v oblasti, kde sa pohybuje Mesiac. Z pásu von sa dostáva Venuša v obdobiach dolných konjunkcií so Slnkom. Malá vzdialenosť od Zeme spolu so sklonom dráhy spôsobuje, že sa na oblohe dostáva ďaleko od ekliptiky. Z oblasti občas vychádza aj Mars v období niektorých opozícií so Slnkom. Stretnutie Mesiaca a planét je tak viac-menej náhodné. V neceločíselných obežných dobách Mesiaca aj planét nie je možné nájsť periodické opakovanie vzájomných polôh. Vzdialenejšie planéty, teda Jupiter, a najmä Saturn, majú vlastný pohyb na oblohe taký malý, že sa začínajú z pohľadu zákrytov správať ako hviezdy. Keďže polohu na oblohe menia pomaly, Mesiac sa po uplynutí 27,3 dňa k nim opäť vracia. Môže sa vyskytnúť niekoľko opakovaných zákrytov, teda tzv. zákrytová kampaň danej planéty. Veľmi dobrá situácia nastáva v okolí opozície Saturna, a to najmä v období jeho retrográdneho pohybu. Vtedy sa Saturn pohybuje z východu na západ, a tak nejaké obdobie sleduje postupný posun dráhy Mesiaca spôsobený natáčaním sa uzlov jeho dráhy.

Na spomínanom obrázku *na predchádzajúcej strane hore* sú krúžkami vyznačené polohy všetkých zákrytov, ktoré v danom období môžeme

pozorovať zo Zeme. Za sledované obdobie nastane celkom 189 zákrytov planét, z toho je 37 zákrytov Merkúra, 35 Venuše, 42 Marsu, 25 Jupitera a 50 Saturna. Veľký počet zákrytov Saturna je daný jeho pohybom v slučke. Je možné predpokladať, že približne podobný počet zákrytov nastane v každom 19,6 roka trvajúcim období. Okrem toho nastane aj značný počet zákrytov Uránu a Neptúna. Pluto sa odlišuje od planét aj z pohľadu zákrytov. Veľký sklon jeho dráhy spôsobuje, že väčšinu času sa nachádza mimo pásu, v ktorom sa pohybuje Mesiac. Práve zanedlho nastane obdobie, keď sa Mesiac s Plutom začnú stretávať. Pluto do oblasti vstúpi v roku 2010 a opustí ju v roku 2030. Ďalší, asi 20-ročný prechod oblasťou sa začne až v roku 2190. Jeden zo zákrytov Pluta nastane 2. februára 2019 večer. V tento deň zhodou okolností nastane ráno zákryt Saturna.

Zákryty planét u nás

Z pomerne veľkého počtu zákrytov nastávajúcich počas uvedeného obdobia je len malá časť pozorovateľná z jedného miesta povrchu Zeme. Pri pozorovaní zo Slovenska za dané obdobie nastane len 20 úkazov, z ktorých nie všetky budú pozorovateľné. Základné informácie o jednotlivých zákrytoch sú uvedené *v tabuľke na predchádzajúcej strane*.

V tabuľke je uvedený čas začiatku zákrytu pre Banskú Bystricu a v rámci územia Slovenska sa táto hodnota môže odlišovať až o niekoľko minút. Ako h je označená výška úkazu nad obzorom. Vzájomné polohy planét a Mesiaca a tiež časové priebehy možno odčítať *z obrázku na predchádzajúcej strane dole*. Polohy planét sú vynesené s časovým krokom 2 minúty a desiatky minút aj celé hodiny sú zvýraznené. Obrázok nemá pre jednotlivé úkazy jednotnú mierku. Tá je prispôbovaná zmenám zdanlivej veľkosti Mesiaca, aby jeho okraj a polohy planét zodpovedali všetkým zákrytom.

Zákryty planét z celého povrchu Zeme

Ako je to s pozorovaním zákrytov planét z ostatného povrchu Zeme? Ak si chceme predstaviť oblasť pozorovateľnosti daného zákrytu, najlepšie je sledovať situáciu zo zakrývanej

planéty. *Na obrázku na prvej strane tohto článku* je pohľad na Zem zo Saturna dňa 22. mája 2007. Mesiac by sa z planéty javil asi 3,66-krát menší ako Zem. Jeho fáza bude opačná ako pri pozorovaní zo Zeme. Zem bude vykazovať takú istú fázu ako Mesiac. Mesiac prejde popred Zem asi za 3 hodiny. Pozorovateľ zo Saturna by pozoroval prechod Mesiaca popred disk Zeme. Pre nás je ale dôležité, že oblasť Zeme v danom čase prekrytá Mesiacom je práve oblasť pozorovateľnosti zákrytu zo Zeme. Táto plocha je prienikom guľovej plochy povrchu Zeme a valcového tieňa s priemerom asi 3400 km. Posun Mesiaca a tiež rotácia Zeme spôsobí, že tieň Mesiaca sa po povrchu Zeme presúva a oblasť pozorovateľnosti zákrytu sa rozťahne na veľké územie. Ak sa obmedzíme na oblasti Zeme, v ktorých nastáva centrálny zákryt, do mapky môžeme zakresliť krivky, ktoré tieto miesta pre jednotlivé zákryty popisujú. Tieto čiary sú *na obrázku na tejto strane*. Úkazy jednotlivých planét sú rozlíšené tým istým farebným kľúčom, ako *na obrázkoch na predchádzajúcej strane*. Čiary majú tvary aj dĺžky podobné pásmom totality počas slnečných zatmení. Je to preto, že vnikajú v podstate rovnakým spôsobom. Rozdiel je len v tom, že pásy totality predstavujú oblasti úplného tieňa Mesiaca a tu opisujú len stred tieň Mesiaca, ktorý sa rozkladá v tisíce kilometrov širokom okolí. Na zemskom povrchu by sme našli aj oblasti polotieňa, no tie sú pomerne úzke a sú to miesta povrchu Zeme, kde by sa dal zákryt pozorovať ako dotyčnicový, a teda planéta by poza Mesiac prešla iba svojou časťou.

Do obrázku by bolo možné zobrazíť aj južné a severné hranice tieňa, no stal by sa tak veľmi neprehľadný. Pre mnohé zákryty oblasť pozorovateľnosti centrálného zákrytu nastáva mimo povrchu Zeme. Takéto zákryty nie sú v mapke vyznačené. Jedným z nich je aj zákryt Saturna 2. marca 2007.

Možnosť pozorovania zákrytov planét mesiacom z jedného miesta na Zemi nie je teda veľa. Bývajú aj niekoľkoročné obdobia, keď sa takáto možnosť nevyskytne. Rok 2007 je z pohľadu zákrytov planét Mesiacom skutočne výnimočný. Napokon ale o všetkom rozhodne počasie. Tak nech je ku nám priaznivé!

PETER ZIMNIKOVAL