

Pozičné merania



J. Gerboš, Rudina, 22.-23.9.2006

Čo pozorovať

- Zákryty:

- Hviezd Mesiacom
- Totálne
- Dotyčnicové
- Hviezd planétkami
- Planét Mesiacom

- Zatmenia:

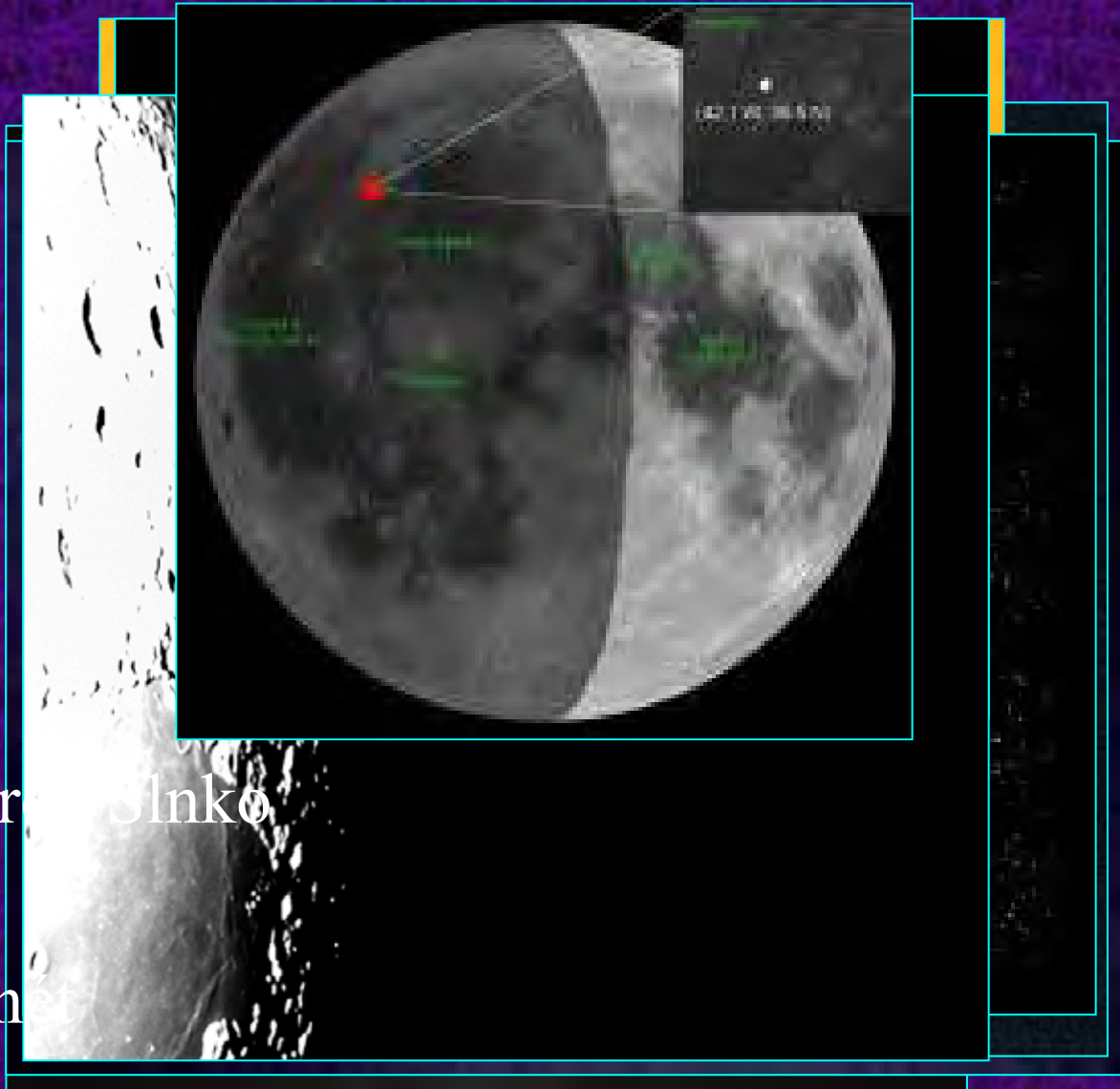
- Slnka
- Mesiaca

- Prechody planét popri Slnku

- Záblesky na Mesiaci

- Úkazy mesiacov planét

a iné



Čo sa dá z pozorovaní určiť

- poloha a dráhové elementy, rozmery a podvojnosti planétok
- presná poloha nebeského rovníka a jarného bodu
- z toho plynúce korekcie pre súradnicové systémy a polohy hviezd
- pohyb Zeme, precesia polárnej osi a sekulárne zmeny sklonu ekliptiky
- meranie mesačnej sekulárnej decelerácie v ekliptikálnej dĺžke
- priemerné vlastné pohyby hviezd
- zákony pohybu Mesiaca a jeho tvaru
- podvojnosti hviezdnych systémov
- mnohé ďalšie

Čo potrebujeme na pozorovanie

- Predpoveď úkazu (miesto, čas, podmienky)
- Presná zemepisná poloha

– Mapa

– GPS

- Presný čas úkazu

– Referenčný čas

– Čas úkazu

– Stopky

– Kamera

- Ďalekohľad

- Dobré počasie

- Šťastie
- TURISTICKÁ MAPA**
WANDERKARTE · HIKING MAP · TURISTATÉR
(praje pripraveným)



Totálne zákryty hviezd Mesiacom

- Pozorovateľné takmer každý deň
- Predpovede pre ľubovoľné stanovište
- Vstupy / výstupy
- Zákryty hviezdokôp



Totálne zákryty - predpovede

Software: Occult – IOTA, LOW, Wokult – ZaA sekce ČAS

ILOC (Japonsko), SZ SAS, Hvezdárne – K. N. Mesto, B. Bystrica, R. Sobota...

```

1I.O.T.A. (PC Version)  TOTAL OCCULTATION PREDICTIONS FOR 2004          PAGE    1          OPTIONS -- 3,0,6,0          ADDRESS CODE AZ113
COORDS., LOCATION, IDENT.-- E 19 09 18.9, +48 43 05.7, +0568M -- BANSKA BYSTRICA, SK -- 178MC+150MR          -- STATION CODE SZ132
DAY TIME-UT P AC OBJECT          0 MAX SP PCT ELG SN MN MN CA PA VA WA LONG LAT A B C HA DECL. RT. ASC.
    H M S D          V MAG SNLT AL AL AZ          LIB LIB M/O M/O S/K O / // O / // H M S
JANUARY          JANUARY          *****          JANUARY
1/15 32 25/D 3 PPM 118060          23 8.8 A5 71+ 115 -6 40 123 27N 7 41 25 4.5 2.3 .1 2.9 1.1 -405354 114502 21508.6
1/15 45 29/D 3 PPM 118067          23 8.8 K5 71+ 115 -8 42 127 23N 4 37 22 4.4 2.2 .2 3.1 1.3 -374048 114805 21522.9
1/15 54 10/G ** PPM 118083          44 8.2 A0 71+ 115 -9 42 129 15S 146 177 164 4.4 2.2 ***** -354057 112242 21605.4
GRAZE NEARBY -- APPROXIMATE S. LIMIT -- LAT. = 48.866 - .951(W. LONG. -340.845), CA= 15S, SEC. RA= 5.378, DEC=41.94.
1/18 08 29/D 2 PPM 118122          14 8.7 G0 72+ 116 53 175 75N 55 58 73 3.9 2.0 -1.4 1.3 .4 -24655 121249 21910.8
1/18 25 43/D 5 PPM 118126          33 9.0 G0 72+ 116 53 182 38S 123 121 141 3.9 2.0 -3.8-3.1-1.1 12822 115937 21933.4
1/22 23 32/D 2 PPM 118193          24 8.5 G0 73+ 118 30 255 67N 48 7 65 3.2 1.7 -.8 .0 1.1 594525 130209 22445.8
    
```

Dátum a čas (r.m.d.+ h.m.s.)

Fáza a obťažnosť zákrytu

Hviezda (označenie, spektrum, jasnosť, súradnice)

Mesiac (osvetlenie, elongácia, výška, azimut, librácie)

Poloha hviezdy voči Mesiacu (rohový, pozičný, zenitový a Wattsov uhol)

Prepočtové koeficienty A,B,C

Radiálna rýchlosť a dotykový uhol

Blízke dotyčnicové zákryty



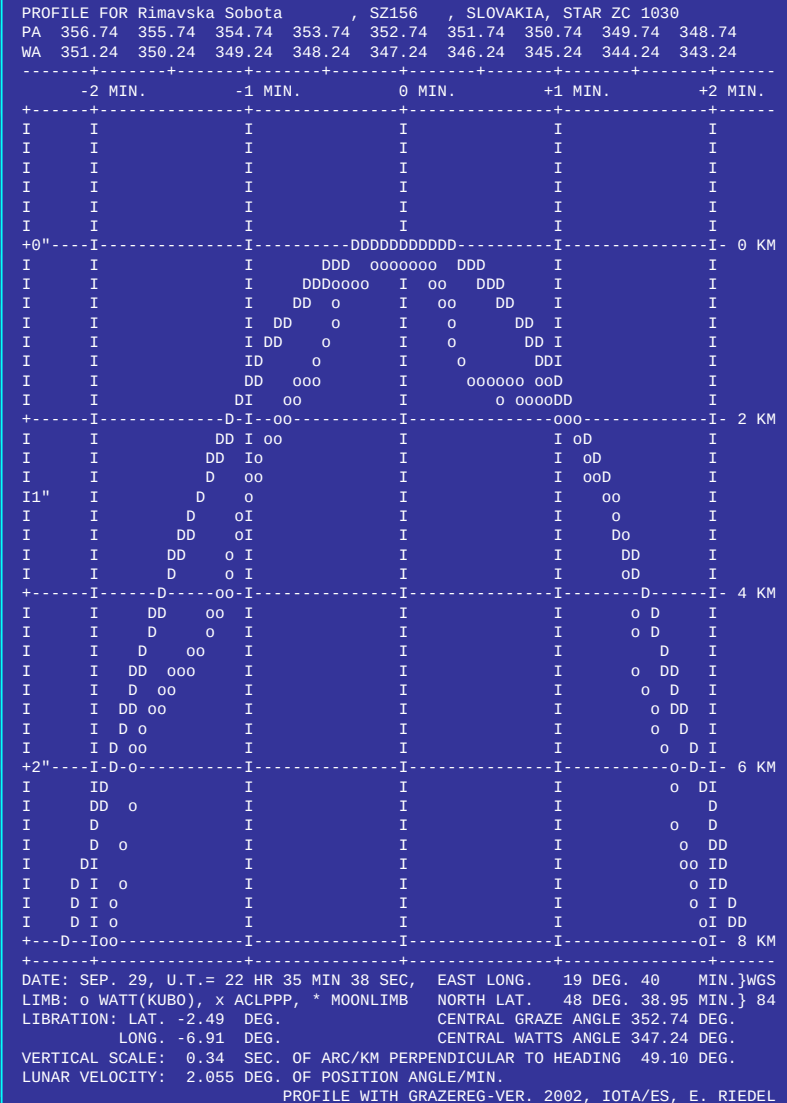
Dotyčnicové zákryty - predpoved'

- Vymedzený pás hranice tieňa
- Prenosné ďalekohľady + Mesiac v zornom poli = pozorovateľné len jasnejšie hviezdy
- Viac kontaktov – vhodné sú kamery
- Spravidla väčší počet pozorovateľov, potrebná príprava stanovišť pred pozorovaním

PREDICTION FOR Rimavska Sobota , SZ156 , SLOVAKIA, TRAVEL RADIUS 282 KM
DISTANCE TO CLOSEST POINT ON AUG. 29 AT U.T.= 23 HR 48 MIN 56 SEC IS 22 KM

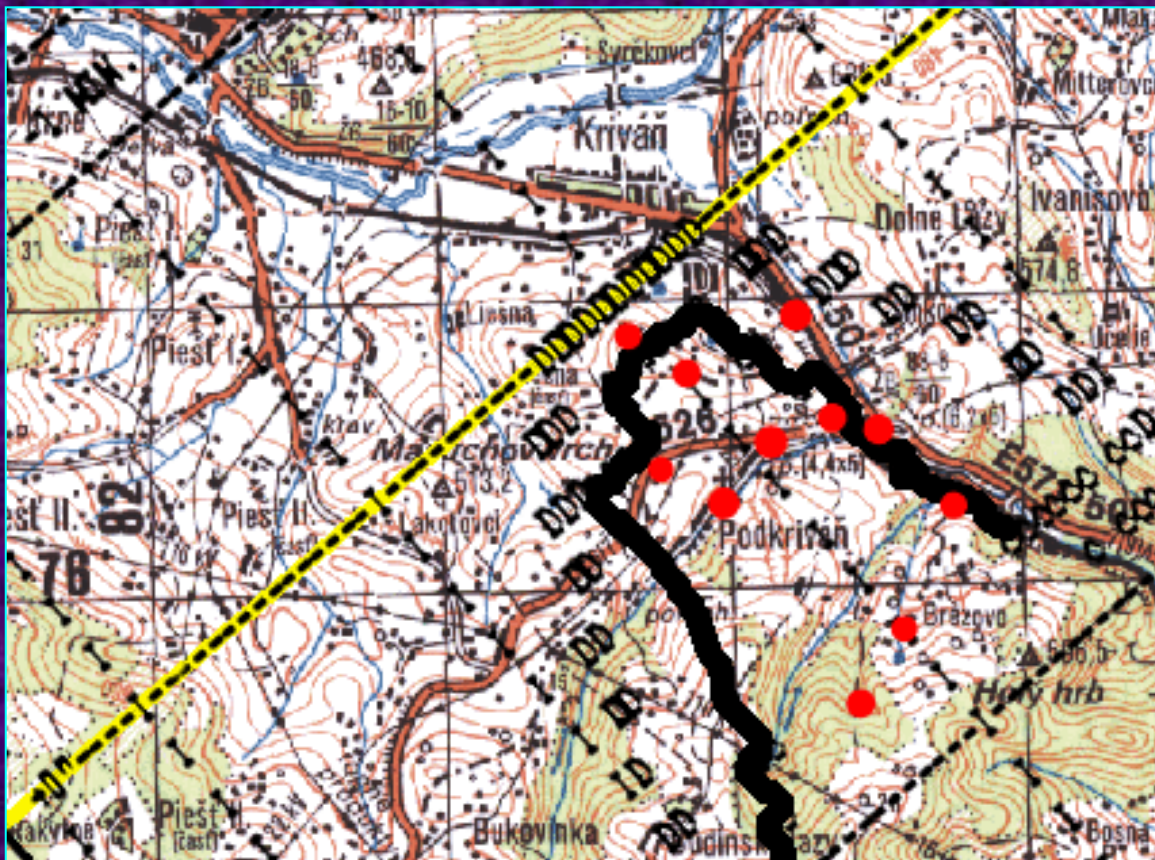
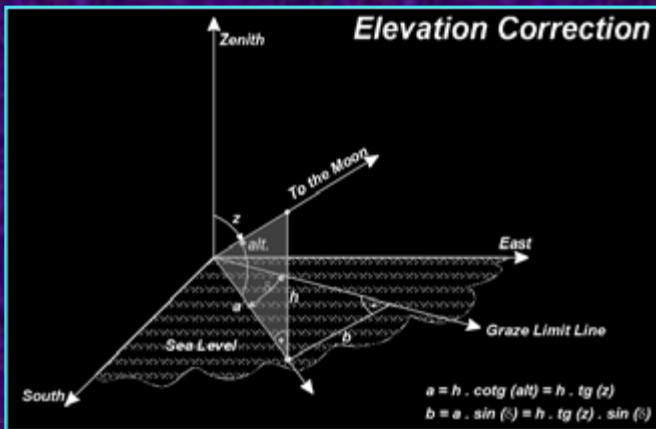
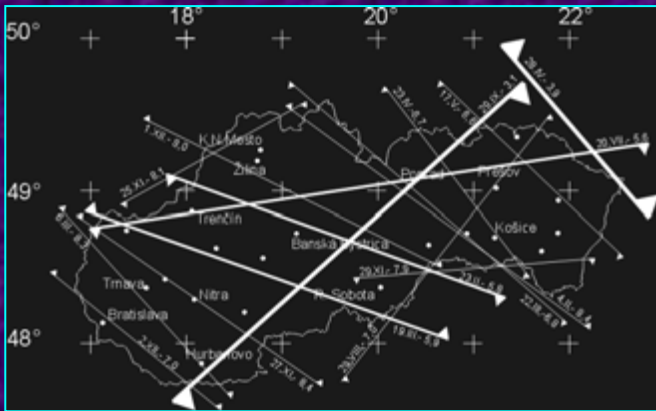
EVENT: AUG. 29, 2002 STAR: MOON: 60% SUNLIT, WANING
NORTHERN LIMIT GRAZE HIP 16268, MAG. 7.0 PHASE-ANGLE: 258.6
DELTAT: 65.02 SEC. USNO ZC 505 SAO 93454 SPEC. A0 POS-AN.CUSP: 346.5
POSITION AND PROPER MOTION SOURCE: HIP
MAGNITUDE SOURCE: HIP, DECL.ERROR: 0.01 SEC. OF ARC

EAST LONG.	NORTH LAT.	UNIVERS.	TIME	MOON	MOON	SUN	POS.ANGLE	CUSP T
DEG. MIN.	DEG. MIN.	HR	MIN	SEC	ALT.	AZI.	TANZ	ALT. OF GRAZE ANGLE
17 50.0	46 19.20	23 43	55.6	32.2	99.5	1.59	-33.0	332.75 13.8DB
17 55.0	46 23.10	23 44	5.6	32.3	99.6	1.58	-32.9	332.75 13.8DB
18 0.0	46 27.16	23 44	16.0	32.3	99.8	1.58	-32.8	332.74 13.8DB
18 5.0	46 31.07	23 44	26.0	32.4	99.9	1.57	-32.8	332.74 13.8DB
18 10.0	46 35.14	23 44	36.5	32.5	100.1	1.57	-32.7	332.74 13.8DB
18 15.0	46 39.05	23 44	46.6	32.6	100.2	1.57	-32.6	332.74 13.8DB
18 20.0	46 43.12	23 44	57.1	32.6	100.4	1.56	-32.5	332.74 13.8DB
18 25.0	46 47.04	23 45	7.2	32.7	100.5	1.56	-32.4	332.74 13.8DB

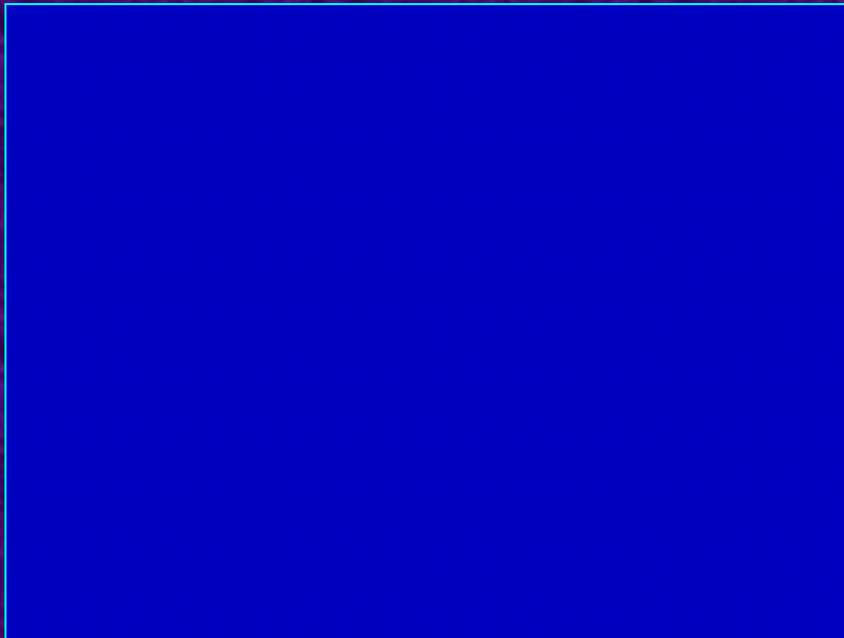


Dotyčnicové zákryty - příprava

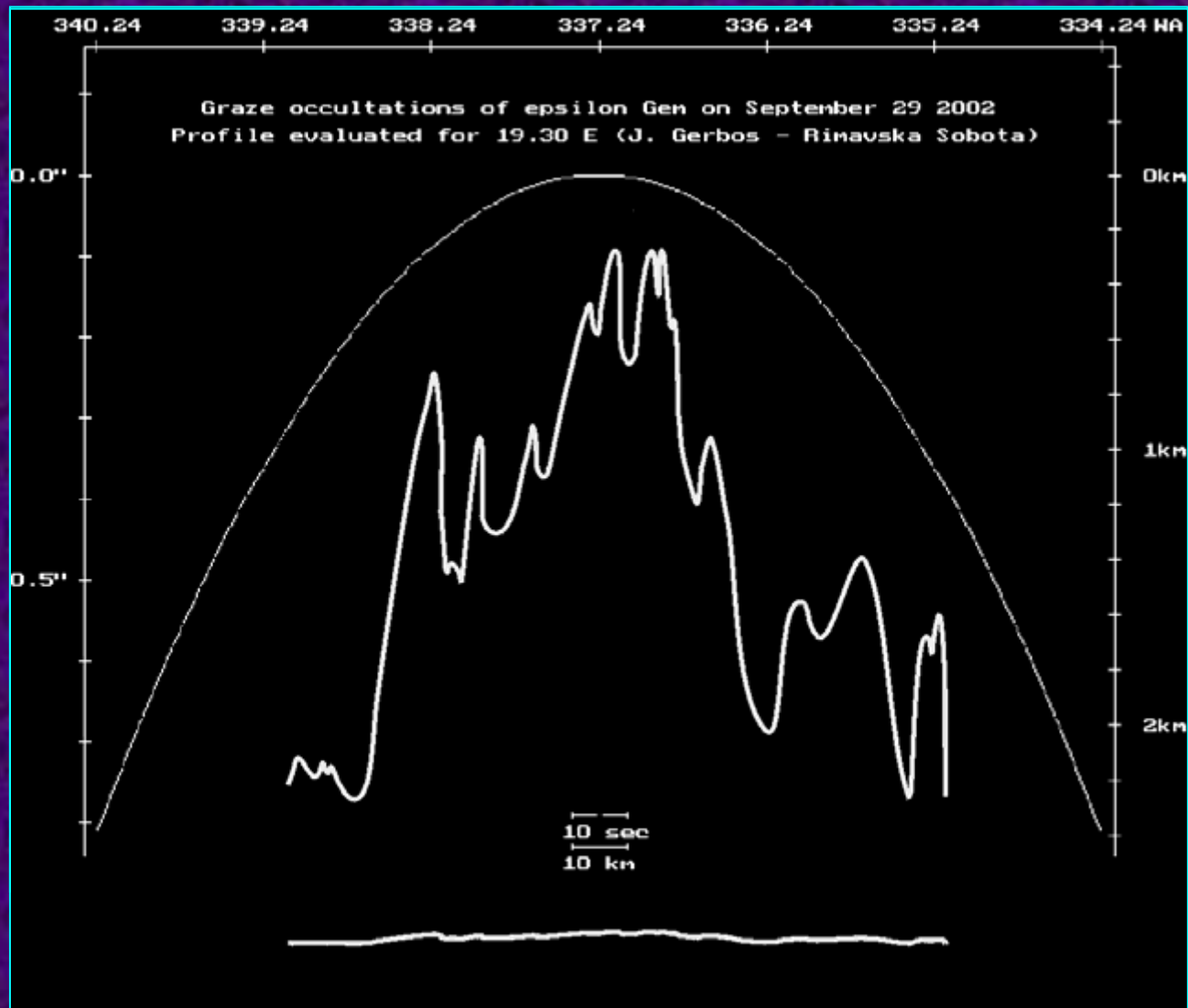
- Grafická predpoveď úkazov (pre dané obdobie a oblasť)
- Príprava konkrétneho pozorovania
- Výber stanovišť



Dotyčnicové zákryty - priebeh

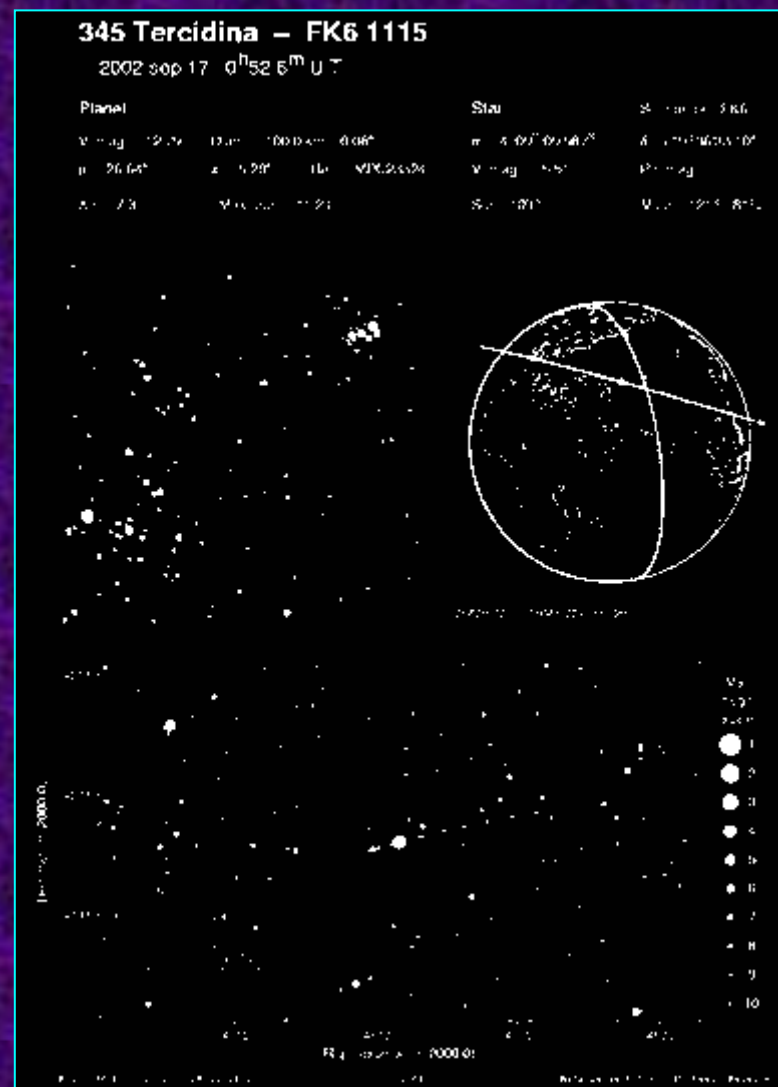
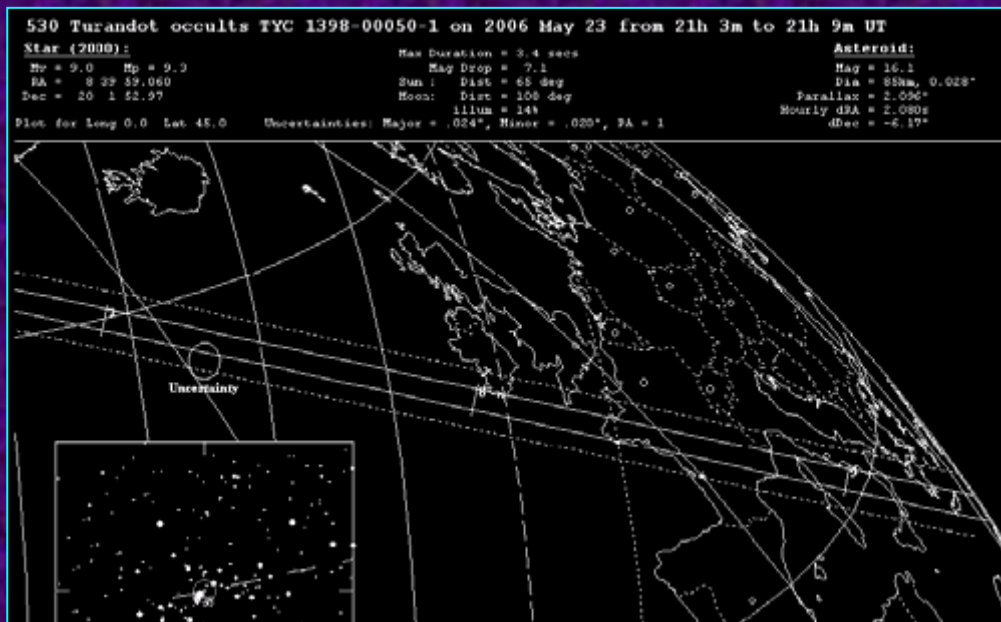


Dotyčnicové zákryty - vyhodnotenie



Zákryty hviezd planétkami

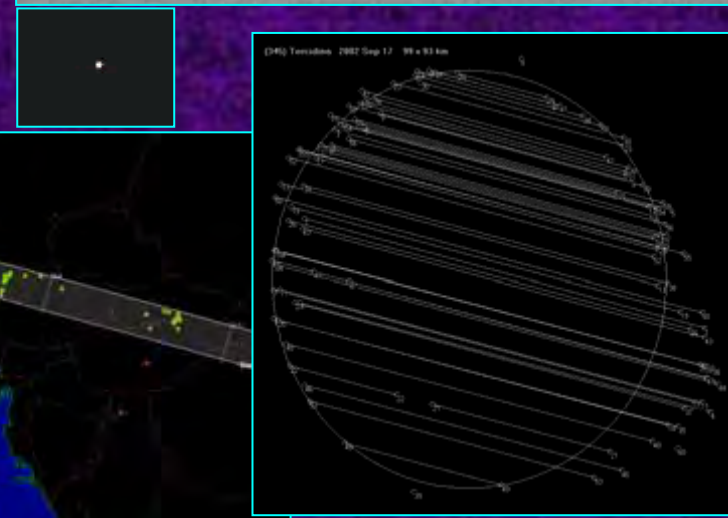
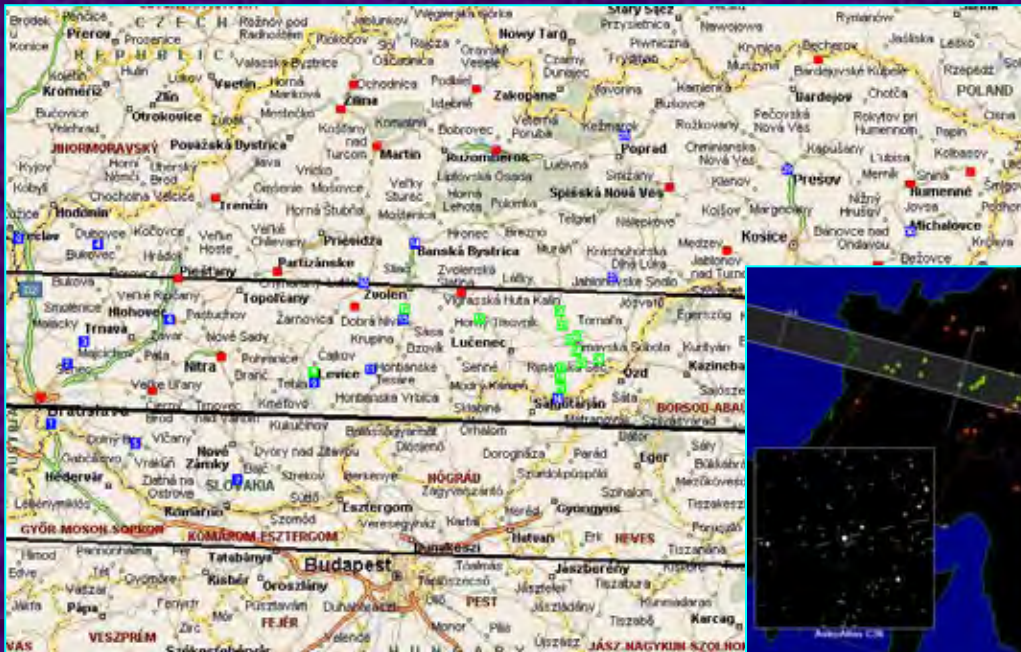
- „Nižšia“ presnosť predpovedí
- Šírka tieňa niekoľko desiatok km - pozorovania aj priamo na hviezdárňach
- Jasnosť pozorovateľných hviezd až do 10-11m



Philippe Morel
0,75 E 47,35 N
Maksutov 500 / f 6,3
dur = 11,8 sec

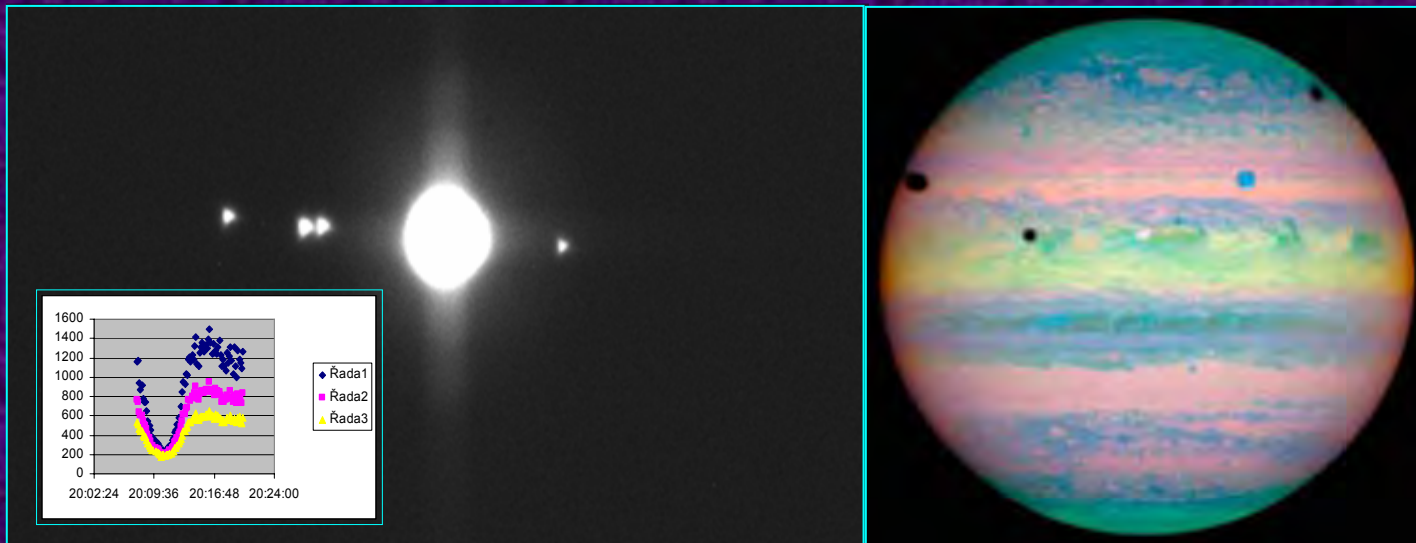
Zákryty hviezd planétkami

- Vizuálne
- Video – TV CCD, VHS, ...
- Foto, CCD



Úkazy mesiacov planét (Mutual events)

- Obdobia pozorovania súvisiace so sklonom dráh planét k ekliptike:
 - Jupiter -kampane PHEMU 1997, 2003, 2009 ...
 - Urán – 2007/2008
 - Saturn – 2010
- CCD, TV a Web kamery



Ďalšie úkazy

- Zatmenie Slnka

- Určenie 1. a 4. kontaktu - Metóda tetív
- Dotyčnicové zatmenie

- Zatmenie Mesiaca

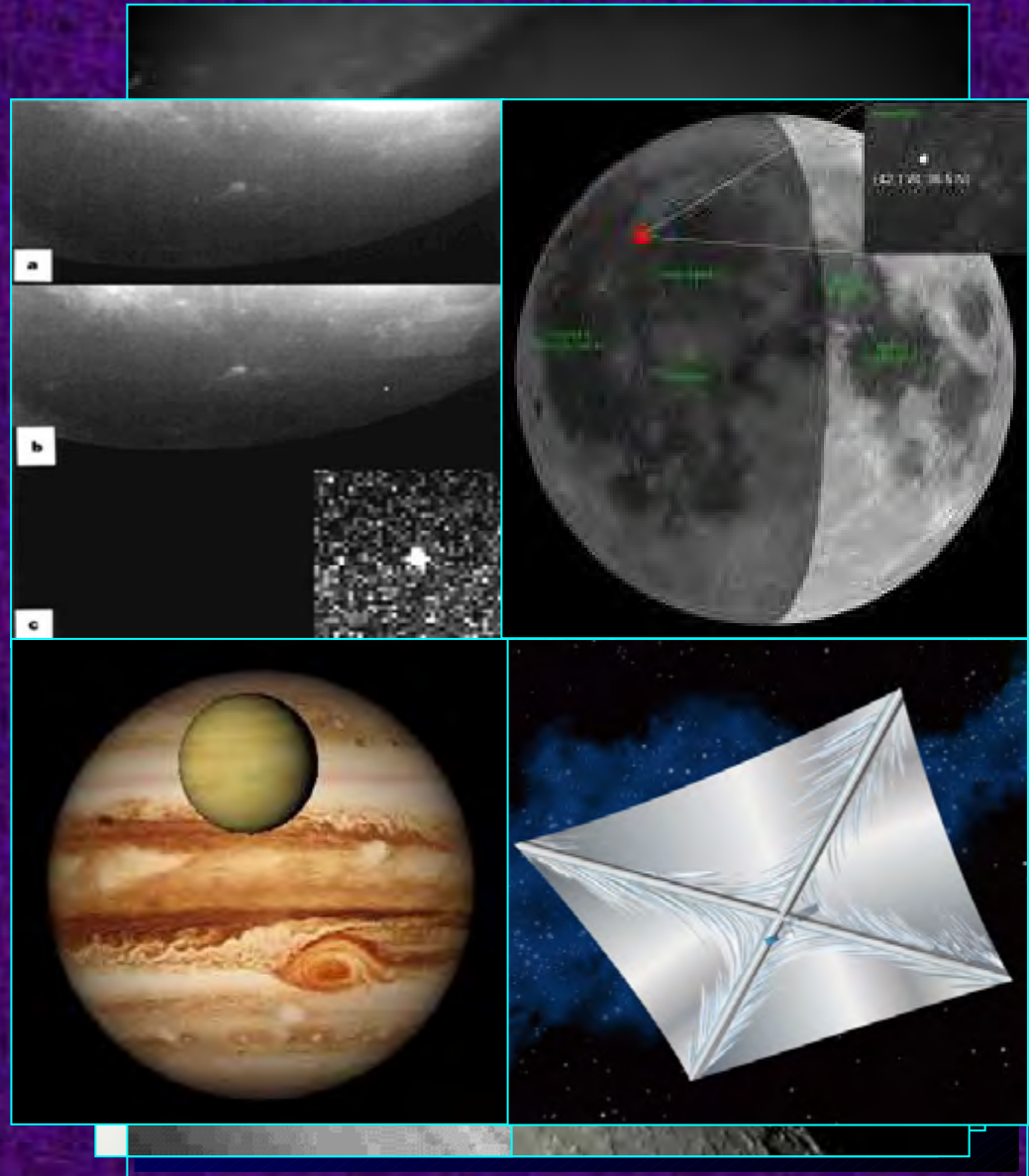
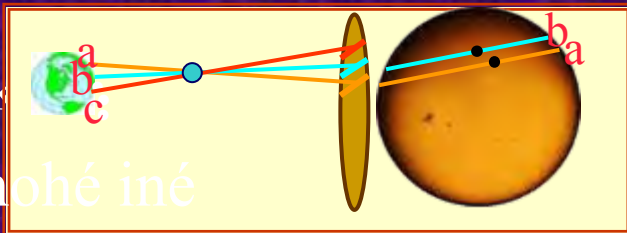
- Kontakty zemského tieňa s krátermi

- Prechody vnútorných planét popred slnečný disk

- Určovanie paralaxy Slnka

- Zák

- Mnohé iné



Význam pozičných pozorovaní

1. Astrometria

- Vytvorenie presného astrometrického katalógu hviezd v pásme ekliptiky. Práve zákrytové dáta mali najväčšiu váhu pri určovaní stelárnej referenčnej siete fundamentálneho katalógu FK5, resp. FK6.
- *IAN: Výsledkom meraní sondy Hipparcos je veľmi presný katalóg hviezd, ktorý presahuje presnosť doterajších katalógov.*
- M. Soma: Je možné, že systém vlastného pohybu hviezd podľa Hipparca má signifikantne väčšie chyby, ako ich udáva pracovný tím Hipparca. Myslím, že zákryty môžu byť použité na analýzu týchto chýb. Hipparcos team udáva, že je referenčne viazaný k ICRS (International Celestial Reference System) s presnosťou 0,25 mas/rok. Priame porovnanie vlastných pohybov medzi Hipparcom a FK5 dávajú výsledky s chybou precesie -3 mas/rok pre FK5, ktorá bola nezávisle získaná z VLBI, laserových meraní a analýzy vlastných pohybov.
- J. Mánek: Hoci sú merania Hipparca presné, v tak krátkej dobe nebol schopný celkom presne zmerať vlastné pohyby hviezd.

Význam pozičných pozorovaní

2. Poloha Mesiaca

- Pozorovania zákrytov a spresnené efemeridy Mesiaca sa používali pri určovaní polohy nebeského rovníka a jarného bodu.
- *IAN: Od roku 1969 bola vzdialenosť Mesiaca určovaná veľmi presne pomocou laserového lúča vysielaného k sústave retroreflektorov, ktoré na povrch Mesiaca umiestnili astronauti a sovietska sonda. Ich presnosť je centimetrová.*
- **D. Dunham:** Vďaka väčšej základni sú pozorovania zákrytov predsa len výhodnejšie pre meranie mesačnej sekulárnej decelerácie v ekliptikálnej dĺžke. Táto decelerácia je spôsobená hlavne prenosom momentu hybnosti medzi orbitálnym pohybom Mesiaca a zemskou rotáciou prostredníctvom slapových javov (oceánske prílivy a odlivy ako aj pohyb zemského plášťa). Jej veľkosť je približne 23 oblúkových sekúnd za storočie na druhú ($23''/\text{storočie}^2$).

Význam pozičných pozorovaní

3. Profil Mesiaca

- Presnosť individuálnej korekcie limbu vo Wattsových tabuľkách je okolo $0.2''$. Pretože Mesiac sa posunie o takýto uhol približne za pol sekundy, vizuálne pozorovania zákrytov s presnosťou 0.2 s majú stále svoju hodnotu a význam.
- Hoci mesačné sondy zhotovili podrobné snímky s vysokým rozlíšením takmer celého povrchu Mesiaca, tie ale nedosahovali potrebnú pozičnú presnosť a nemali ani pozemskú perspektívu potrebnú pre odvodenie profilu okraja Mesiaca potrebnú pre spresnenie Wattsových dát. Ďalej kvôli značne nehomogénnemu gravitačnému poľu Mesiaca, ktoré je spôsobené takzvanými maskonmi a kvôli tomu, že sondy nie je možné sledovať na jeho odvrátenej strane, ich poloha v každom čase je známa s presnosťou okolo 700 metrov.
- *IAN: Spracovanie údajov z laserového altimetra sondy Clementine upresnilo profil natoľko, že užitočné budú len merania zákrytov hviezd s chybou stotiny sekundy.*
- J. Mánek: Pozorovanie zákrytov hviezd Mesiacom je dobré pre určovanie absolútneho času zákrytu a tým sa prispieva k spresneniu profilu okrajových častí Mesiaca. Vďaka libráciám môžeme mapovať relatívne široký pás mesačného okraja s pomerne uspokojivou presnosťou výškového profilu (cca 50 m pre skúseného vizuálneho pozorovateľa, resp. až 20 m pri videozáznamoch). Napodiv ani dnes výškové merania kozmických sond nepokrývajú celý povrch Mesiaca dostatočne husto.
- M. Soma: Výškové merania Clementine sú také riedke (pokrývajú poludníkové pásy, vzájomne vzdialené 3 stupne v selenografickej dĺžke), že sa z nich nedajú získať mesačné profily. Sú pokusy odvodiť polárnu topografiu zo stereoobrazov Clementine a radarovej interferometrie, ale dobre nesúhlasia. Pozorovania zákrytov hviezd Mesiacom sú zatiaľ najlepším spôsobom, ako získať mesačné profily.

Význam pozičných pozorovaní

4. Podvojnost' hviezd

- Je známych niekoľko prípadov, keď boli vďaka zákrytom hviezd Mesiacom objavené nové dvojhviezdy. Pri väčšine zákrytov je pokles jasnosti hviezd okamžitý, no niekedy je možné pozorovať, že hviezda zmizne alebo sa objaví v niekoľkých rýchlych krokoch. Môže to znamenať, že hviezda je tesnou dvojhviezdou. Pozorovatelia môžu využiť prednosti kruhovej geometrie počas dotyčnicových zákrytov a tak rozlíšiť tesné dvojhviezdy s uhlovou vzdialenosťou zložiek až $0,01''$. I dnes sa dajú týmto spôsobom odhaliť nové dvojhviezdy (SAO 78440). Rýchla fotometria totálnych zákrytov môže poskytnúť ešte lepšie rozlíšenie a dokonca umožňuje merať uhlové priemery niektorých hviezd.
- *IAN: Väčšina objavov dvojhviezdnych systémov pri zákrytoch Mesiacom bola urobená pomocou veľmi presných fotoelektrických meraní.*
- J. Mánek: Časové rozlíšenie videokamier $0,02$ s umožňuje dosiahnutie uhlového rozlíšenia $0,01''$. Aj vizuálne pozorovania môžu odhaliť podvojnost' objektu, je ale potrebný cvik a skúsenosť, aby si pozorovateľ uvedomil, že nedochádza k okamžitému zákrytu, ale v dvoch - troch krokoch. V možnostiach amatérov je aj vysokorýchlostná fotometria pomocou CCD kamier s časovým rozlíšením $0,001$ s.
- D. Dunham: Počas dotyčnicových zákrytov jasných hviezd musí vizuálny pozorovateľ dôsledne odlišovať difrakčné javy spôsobené postupnými vstupmi a výstupmi od dvojhviezd, ktoré spôsobujú krokové úkazy.

Význam pozičných pozorovaní

5. Zmeny polomeru Slnka

- J. Mánek, D. Dunham: Dotyčnicové zákryty poskytujú najpresnejšie údaje o reliéfe v oblasti mesačných pólov. Práve tie sú vo Wattsových tabuľkách zaťažené veľkými chybami alebo tam úplne chýbajú. Nie je potrebná absolútna časová presnosť takýchto pozorovaní, pretože vďaka geometrii úkazu má oveľa významnejší vplyv presnosť určenia zemepisných súradníc. Spresnené dáta o mesačnom profile dovoľujú presnejšiu analýzu času kontaktov pri úplných zatmeniach Slnka. Tie sú ďalej použiteľné pri určovaní malých zmien polomeru Slnka. Pri zatmeniach Slnka sa určitým koordinovaným pozorovaním zisťuje s vysokou presnosťou uhlový rozmer Slnka tým, že sa zisťuje, kde presne vlastne sú obe hranice pásu úplného zatmenia (kde Slnko neprebleskuje cez mesačné údolia).

6. Zemská rotácia

- Analýzou zákrytových dát získaných počas dlhého obdobia je možné spresniť poznatky o pohybe Zeme, precesie svetových pólov a sekulárne zmeny sklonu ekliptiky.

Význam pozičných pozorovaní

7. Zákryty hviezd planétkami

- Pozorovania zákrytov hviezd planétkami slúžia k zisťovaniu skutočných rozmerov a tvaru planétok ako aj k zisťovaniu ich satelitov. K tomu stačí určiť absolútny čas zmiznutia a znovuobjavenia zakrývanej hviezdy s presnosťou 0,1s. V minulosti sa usporadúvali aj expedície s profesionálnym vybavením (fotoelektrické zariadenia), ale len po dlhšej príprave a len pre najväčšie planétky. Radary a sondy zďaleka neobsiahnu ani malé percento všetkých pozorovaní a tak význam amatérov je značný. Dnes sú už dostupné spresnenia informácií o zákrytoch na poslednú chvíľu a pozorovateľ nemusí čakať na planétku, ktorej tieň aj tak neprejde jeho územím, čím sa zvyšuje pravdepodobnosť úspešného pozorovania.

Ďakujem za pozornosť