

Mayská astronomie – co nám o ní říkají zachované nápisy

Jan Vondrák, Astronomický ústav AVČR

Obsah:

- Historický úvod:
 - Stručné dějiny mayské kultury;
 - Mayský kalendářní systém.
 - Vztah mezi mayským a naším kalendářem ("korelace");
- Drážďanský kodex;
- Výsledky našich bádání z posledních let:
 - Záznamy pozorování Merkuru;
 - Záznamy pozorování konjunkcí planet.
- Shrnutí, závěry.

*Připraveno ve spolupráci s bratry Vladimírem a Bohumilem[†]
Böhmovými*



Historický úvod

- ▶ V oblasti Mezoameriky (na území dnešního Mexika, Guatemaly, Belize, severozápadního Salvadoru a západního Hondurasu) se v průběhu tisíciletí formovaly významné indiánské kultury:
 - zemědělství, hlavně kukuřice, trvalé zásoby potravin odstranily každodenní závislost na přírodě;
 - růst počtu obyvatelstva, část se mohla zabývat nezemědělskou činností;
 - specializace na řemesla (výroba keramiky, látek, pracovních nástrojů), obchod, stavebnictví, umění a duchovní oblast.
- ▶ Vesnice se zvětšují a mění v místa společenského styku:
 - formují se místní náboženské kultury a jim odpovídající ceremoniální obřady,
 - vznikají rozměrná stavební díla, od jednoduchých sypaných chrámových mohyl s dřevěnými svatyněmi až po kamenné pyramidy, chrámy a celá města. Tato střediska se stávala centry náboženských kultů, vzdělávání a umění, byla též místem trhů a výměny zboží.

Historický úvod (pokr.)

- ▶ Postupně se zde vytvářejí svébytné kulturní projevy. Tyto kultury jsou pojmenovány podle charakteristických rysů v keramice, monumentální plastice, stavitelství, projevů výtvarného umění a také podle lokality považované za ohnisko jejich formování, ale i národa, který byl jejich tvůrcem. Děly se podle
 - lokalit, např. Cuadros, Ocós, El Arbolillo, Copilco, Zacatenco, Cuicuilco, Teotihuacán, Chiapa de Corzo, Cholula, El Tajín, Cacaxtla, Xochicalco, Izapa.
 - národů, např. kultury olmécká, zapotécká, mixtécká, mayská, toltécká, aztécká.
- ▶ Vzájemná výměna hmotných a duchovních hodnot, někdy docházelo i ke konfliktům.

Historický úvod (pokr.)

- ▶ Mezi těmito kulturami vyniká **kultura mayská**. Její vývoj probíhal obdobně jako u jiných kultur, liší se od nich především v oblasti duchovní kultury, ve které Mayové dosáhli tak vysoké úrovně, že vynikající intelektuální úspěchy překonaly jejich jednoduché technologické možnosti i znalosti.
- ▶ Původ mayské kultury spočívá v nejstarších zemědělských sídlištích na pacifickém pobřeží Guatemaly a na Guatemalské vysočině. Nejstarší z nich vznikly v letech 2200–1900 před n.l.

Historický úvod (pokr.)

- ▶ Na guatemalské vysočině se rozkládá významná archeologická lokalita **Monte Alto** (2000 př. n.l. - 200 n.l.), jejíž počátky se formovaly v rané fázi předklasického období. Je považována za projev původní kultury, která předchází ostatním v celé Mezoamerice.
 - Vyniká především kamennými památkami. Je to 15 kamenných stél, tři oltáře, obrovité kamenné hlavy a plastiky z bazaltu nazývané „břicháči“ (barrigones) datované až do rané fáze předklasického období. To znamená, že tato kultura byla ještě starší než kultura olmécká, která na vývoj Mayů ve svých počátcích měla vliv.

Břicháči v Monte Alto



Historický úvod (pokr.)

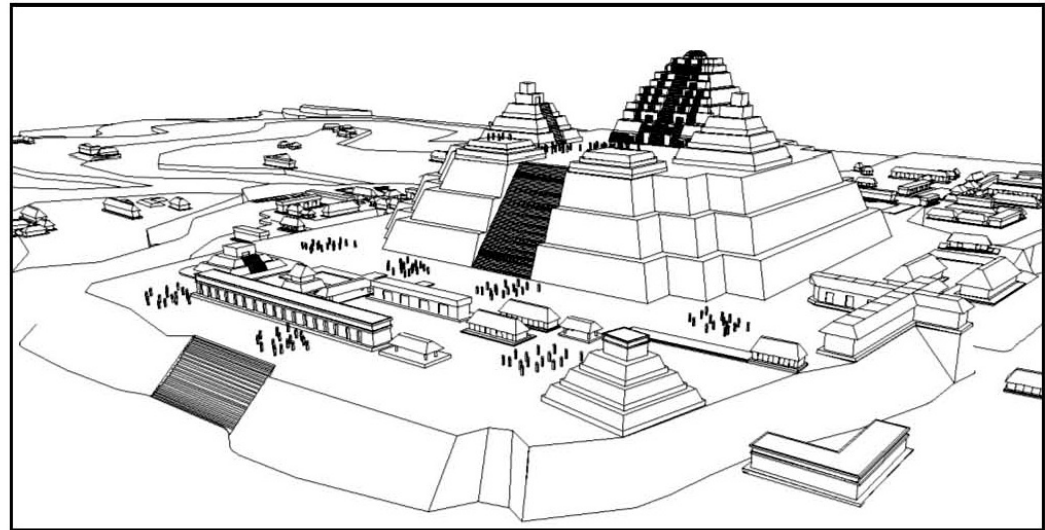
- ▶ Osídlení se rychle šířilo celou mayskou oblastí. Jsou budována velká sídliště se sypanými chrámovými mohylami, někdy obloženými kamenem s dřevěnými svatyněmi na horních plošinách. Např. v archeologické lokalitě **Kaminaljuyú** na Guatemalské vysočině je na 200 chrámových mohyl, vybudovaných v letech 300 př. n.l. - 200 n.l. Některé z nich mají přepychově vybavené hrobky.
- ▶ Tento vývoj vyvrcholil v **El Miradoru** na severu Guatemaly blízko mexických hranic. Vrostlo zde gigantické chrámové město s desítkami sypaných stupňovitých pyramid pokrytých silnou vrstvou vápenného štuky. Největší z nich je pyramida **La Danta**, největší stavba světa. Je údajně o 300 tisíc m³ objemnější než Cheopsova pyramida v Egyptě.

Historický úvod (pokr.)

El Mirador - Pyramida La Danta



Současný stav



Rekonstrukce

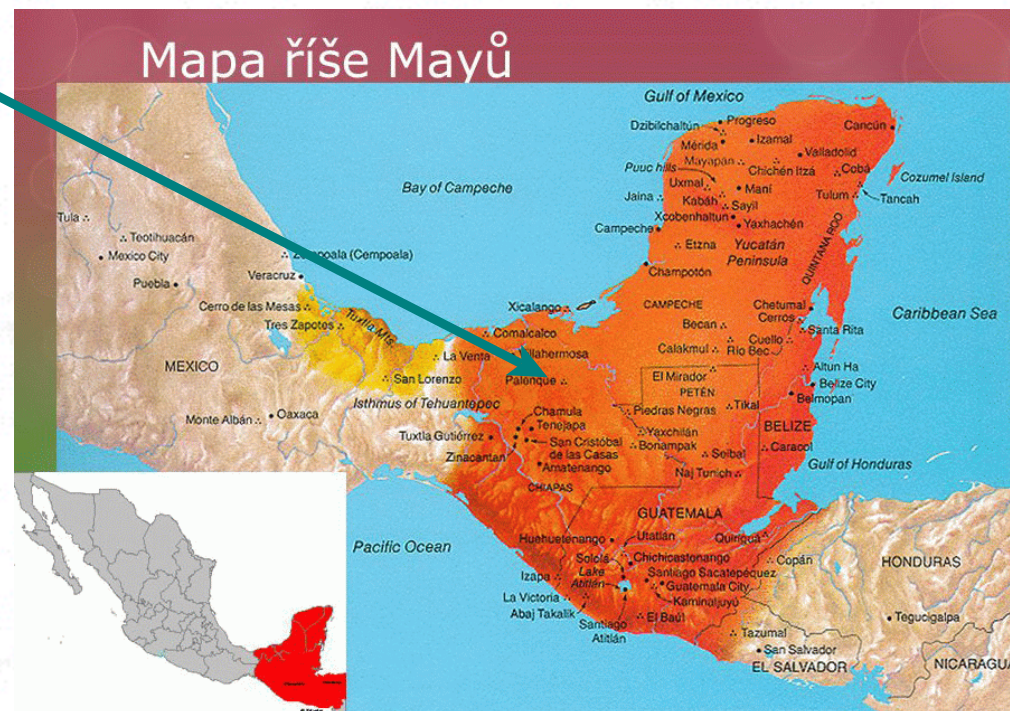
Historický úvod (pokr.)

- ▶ Mayská kultura neměla charakter jednotné říše, spíše šlo o jednotlivé městské státy, které měly vlastní krále a často spolu soupeřily o moc.
- ▶ V klasickém období (250-909 n.l.) dochází k největšímu rozkvětu. V archeologické lokalitě **Palenque** (v dnešním mexickém státě Chiapas) se nachází řada významných staveb (palác, chrám nápisů, skupina chrámů Kříže...).
- ▶ Ty obsahují mnoho plastik, basreliéfů a vytesaných nápisů, včetně sarkofágu nejvýznamnějšího vládce Palenque, panovníka K'inich Janaab' Pakala.

Historický úvod (pokr.)



Palenque - ruiny paláce
severní šířka $17^{\circ}29'$
západní délka $92^{\circ}03'$



Historický úvod (pokr.)

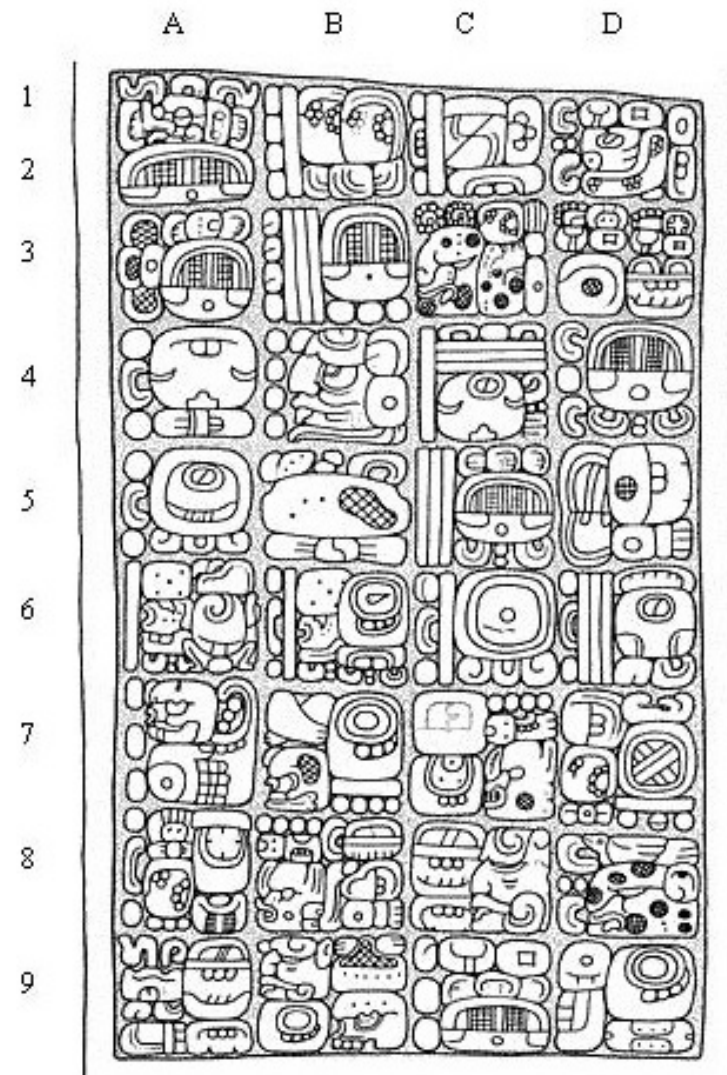
- ▶ Okolo 800-900 n.l. dochází z řady důvodů ke katastrofě. Zejména v důsledku
 - přelidnění velkých měst,
 - katastrofálního sucha a
 - vpádu bojových družin ze středního Mexika
- ▶ jsou mayská města postupně opouštěna, včetně pozdních chrámových měst, a hroubí se. Kulturní dění se přesouvá na poloostrov Yucatán. Nejmocnější město zde je **Chichén Itzá**.
- ▶ Na počátku 16. století, po příchodu Španělů, už Mayové žili jen v jednoduchých vesnicích, po bývalé slávě nezbylo ani stopy.

Historický úvod (pokr.)

**Pyramida El Castillo
v Chichén Itzá**



Ukázky hieroglyfických textů Yaxchilán Panel 21



Yaxchilán Panel 21 (Graham, I. – Ew, E., 2004)

Ukázky hieroglyfických textů Quiriguá

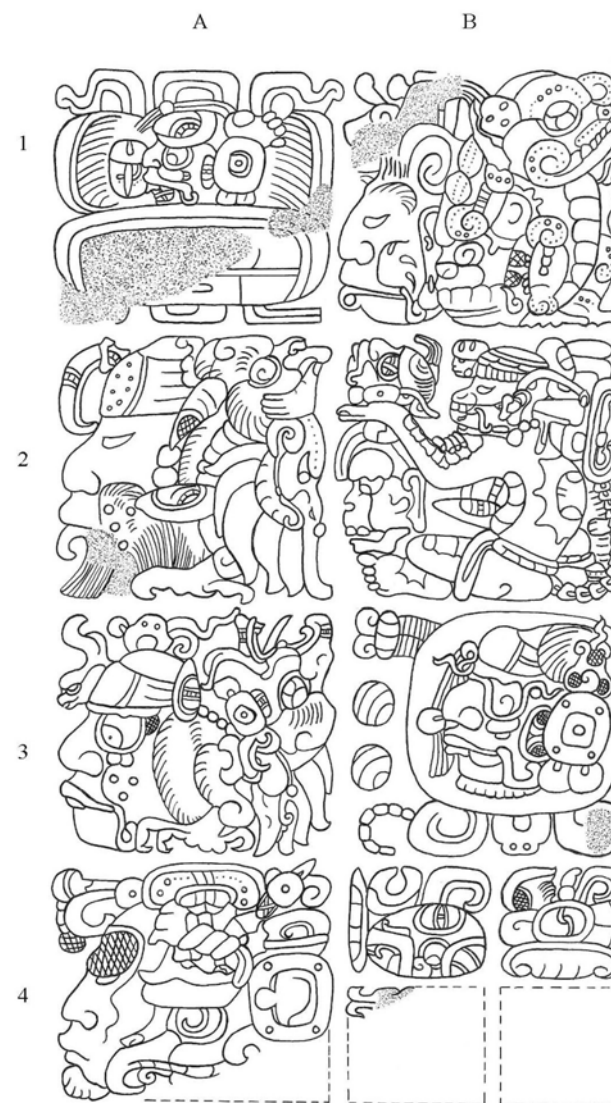
	A	B		
1			A1, B1	Hieroglyf patrona měsíce Cumku.
2			A2, B2	Hieroglyf katunu, tj. časového úseku 7 200 dnů.
3				
4			A3 – A5	9. 17. 0. 0. 0 Časový úsek 1 418 400 dnů.
5			B5a	9. den devítidenního cyklu.
			B5b	Hieroglyf devítidenního cyklu.
6			A6 B6	13 Ahau Konec měsíce
7			A7 B7	2. měsíc Hieroglyf 2. měsíce
8			B8	29 dnů
9			A9	18 Cumku
10				Datum 9. 17. 0. 0. 0 13 Ahau 18 Cumku připadá na 1 418 400 dnů.

Obr. 3. Quiriguá. Stéla E, východní strana (Maudslay, A. P., 1889 – 1902).

	A	B		
11			A11	13 Ahau, tun Den 13 Ahau připadající na poslední den počáteční série 9. 17. 0. 0. 0 připadá současně na konec tunu.
12				
13			B13	13 Ahau 18 Zac Cyklické datum připadající na poslední den časového úseku 1 431 400 dnů.
14				
15				
16			A16	13 Ahau 13 Zip Cyklické datum připadající na poslední den časového úseku 1 434 520 dnů.
17				
18				
19			B19	13 Ahau 18 Cumku Cyklické datum připadající na poslední den časového úseku 1 418 400 dnů.
20			A20	

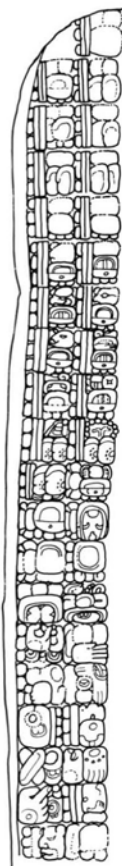
Obr. 3, pokrač. Quiriguá. Stéla E, východní strana, (Maudslay, A. P., 1889 – 1902).

Ukázky hieroglyfických textů Yaxchilán



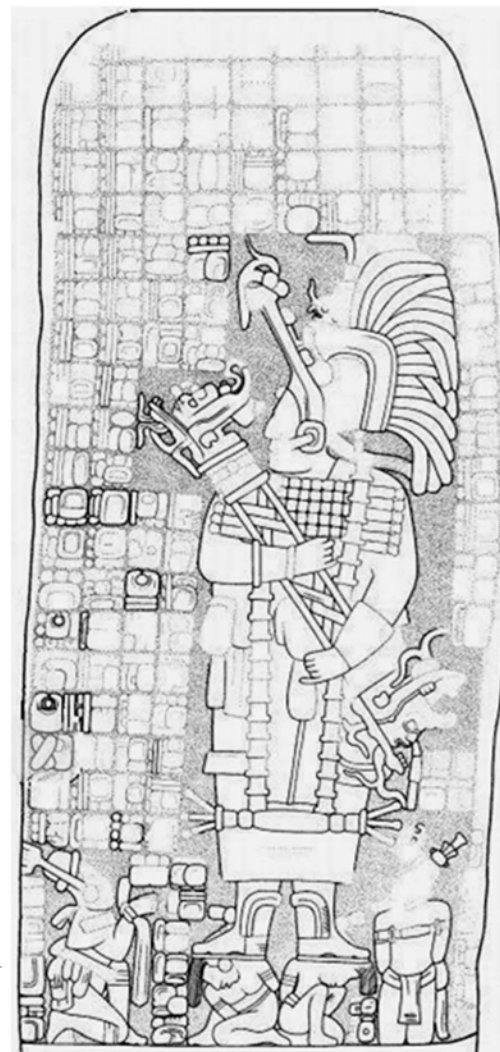
Yaxchilán. Nadedvevní práh 48 (Morley, S. G., 1937 – 1938).

Ukázky hieroglyfických textů Cobá



Obr. A

Obr. A. Freidel, D. – Parker, J. – Schele, L., 1993.



Obr. B

Obr. B. Carrasco, M. D., 2005.
Kreslil I. Graham.

Cobá. Stéla 1 s extrémně dlouhým datem, které odpovídá patrně 41 943 040 000 000 000 000 000 000 000 000 rokům.

Mayská astronomie

- ▶ **Mayové vytvořili systém hieroglyfického písma a složitého kalendáře, i když první popud přišel patrně od kultury olmécké. Vynikající jsou výsledky jejich astronomických pozorování a matematických výpočtů, jako např.**
 - sledování průběhu tropického roku a určení jeho délky,
 - stanovení délek synodických oběhů všech viditelných planet,
 - určení dob jejich vzájemných poloh a konjunkcí, maximálních elongací Merkuru a zatmění Slunce.
- ▶ **Jejich technologické schopnosti za tím zaostávaly:**
 - **neznali kolo,**
 - **nepoužívali kovy (s výjimkou zlata a stříbra), neznali sklo,**
 - **k výrobě nástrojů používali obsidián,**
 - **k astronomickým pozorováním používali neozbrojené oko.**

Mayský kalendářní systém

sestává z několika časových cyklů:

260denní tzolkin	}	Setkaly se po 18 980 dnech (kalendářní kruh).	}	Setkaly se po 170 820 dnech.	}	Po 6 832 800 dnech se všechny cykly setkaly.
365denní haab						
9denní cyklus						
Katunový kruh o 93 600 dnech rozdělený na 13 katunů po 7 200 dnech. Každý katun se skládal z dvaceti 360denních Tunů, neboli „roků“, kterých bylo v tomto cyklu 260.						

Na něj se váže dlouhý počet (Long Count), **unikátní pouze u Mayů**. Ten vyjadřuje plynutí času ve dnech od počátku mayské chronologie. Celý cyklus má hodnotu 1 872 000 dní, po jeho skončení se znovu opakuje.

Vztah mezi mayským a naším kalendářem

- ▶ K vyjádření data v dlouhém počtu používali Mayové kvazi-dvacítkovou soustavu časových intervalů a jejich násobků
 - **Tyto časové intervaly jsou:**
 - *kin* = den (nabývá hodnot od 0 do 19),
 - *uinal* = 20 kinů (0-17),
 - *tun* = 18 uinalů = 360 kinů (0-19),
 - *katun* = 20 tunů = 7 200 kinů (0-19),
 - *baktun* = 20 katunů = 144 000 kinů (0 -12).
 - **Datum v dlouhém počtu je tedy dáno pěti číslicemi.**

Vztah mezi mayským a naším kalendářem (pokr.)

- ▶ Dlouhý počet (LC), vyjádřený 5 číslicemi ve tvaru $n_1.n_2.n_3.n_4.n_5$, se převede na počet dnů podle vzorce
- $144000 \times n_1 + 7200 \times n_2 + 360 \times n_3 + 20 \times n_4 + n_5$.
- ▶ Obdobně dnes v astronomii používáme Juliánské datum (JD).
- ▶ Vztah obou kalendářů je dán rozdílem obou dat, tzv. "korelací", $\tau = JD - LC$.
- ▶ Korelaci můžeme určit, známe-li datum alespoň jedné události v obou systémech (může být historická, nebo pozorovaný astronomický úkaz):
- ▶ V praxi se používá pokud možno velký počet událostí.

Vztah mezi mayským a naším kalendářem (pokr.)

- ▶ V posledním století značná pozornost určení korelace:
 - Publikováno více než 50 různých hodnot, liší se až o tisíc let!
 - Historici standardně používají Goodman-Martínez-Thompsonovu (GMT) korelaci z r. 1935 (584283 dnů), založenou hlavně na historických událostech z postklasického období mayské civilizace;
 - Bratři Böhmové (Kdy začal mayský kalendář?, Vesmír 1991) publikovali svoji korelaci (622261 dnů), založenou na astronomických úkazech klasického období, zaznamenaných v nápisech v mayských městech a Drážďanském kodexu:
 - Novy a úplňky Měsíce,
 - Maximální jižní/severní deklinace Měsíce,
 - Slunovraty a rovnodennosti,
 - Zatmění Slunce a Měsíce,
 - Dolní konjunkce Venuše se Sluncem
 - Maximální elongace Merkuru.

Vztah mezi mayským a naším kalendářem (pokr.)

- ▶ Tato hodnota byla později potvrzena, na základě nově nalezených dat, v našich dalších publikacích, např.:
 - Klokočník J., Kostelecký J., Böhm V., Böhm B., Vondrák J., Vítek F.: Correlation between the Mayan calendar and ours: Astronomy helps to answer why the most popular correlation (GMT) is wrong, *Astronomische Nachrichten* 2008:
 - **Astronomická data, částečně shodná s BB;**
 - **Historické události (dobyty mayských měst kolem r. 1000);**
 - **Dvě různé matematické metody určení korelace.**
 - Böhm V., Böhm B., Klokočník J., Vondrák J., Kostelecký J.: Dating of Mayan calendar using long-periodic astronomical phenomena in Dresden Codex, *Serb. Astron. J.* 2013:
 - **Sluneční zatmění,**
 - **Dlouhoperiodické úkazy (souběhy heliaktických východů Venuše a konjunkcí Mars/Venuše se slunečními zatměními, opakované konjunkce Jupiter/Saturn, souběhy synodické a siderické periody Merkuru s tropickým rokem).**

Vztah mezi mayským a naším kalendářem (pokr.)

- ▶ Provedené testy prokázaly, že korelace BB jako jediná dokáže identifikovat v DK astronomické i historické události klasického období.
- ▶ Korelace GMT se od BB liší o 37978 dnů (≈ 104 Haab, 146 Tzolkin), což je zřejmě způsobeno zpětnou rekonstrukcí LC ze zdrojů postklasického období (16. století) do klasického období (před r. 900):
 - **Kontinuita LC mezi oběma obdobími mayské historie neexistuje - tento systém datování byl v průběhu 11. století přerušen a nahrazen kalendářním systémem používaném ve středním Mexiku.**

Konec mayského kalendáře a konec světa

- Před r. 2012 vznikla celosvětová panika kolem předpovědi konce světa v souvislosti s "koncem" mayského kalendáře 21.12.2012
 - Ve skutečnosti šlo pouze o konec jedné periody dlouhého počtu,
 - a to pouze podle korelace GMT.
- Podle korelace BB tento cyklus skončí o 104 let později, 14.12.2116
- To obrátilo pozornost ke studiu mayské astronomie.

Drážd'anský kodex - hlavní zdroj astronomických informací

- ▶ Většina mayských písemných památek byla zničena díky španělské inkvizici.
- ▶ DK je jeden ze 4 zachovalých hieroglyfických mayských písemností (další jsou Madridský, Pařížský, Grolier):
 - Kniha, obsahující 78 stran,
 - jde patrně o opis, pořízený kolem r. 1200 ze tří původních zdrojů, o cca 300-400 let starších,
 - zahrnuje interval let 280-1325 našeho kalendáře,
 - obsahuje kalendářní data historických a astronomických událostí (často bez označení o jakou událost šlo),
 - data jsou zpravidla vyjádřena v dlouhém počtu (LC), někdy ale pouze datem v 260denním cyklu (Tzolkin) či rozdílem od předchozího data,
 - kodex není řazen chronologicky,
 - pouze data cca do r. 1000 se týkají pozorování, pozdější jsou zřejmě předpovědi.

Záznamy pozorování Merkuru

Vondrák J., Böhm V., Böhm B.: Did old Maya observe Mercury?, Serb. Astron. J. 2022

- ▶ Maylogové se většinou domnívají, že pozorování Merkuru bylo mimo zájem Mayů.
- ▶ Hledání možných dat - metoda "neceločíselných zbytků", kterou navrhli bratři Böhmové:
 - Data z Drážďanského kodexu (long count) se vydělí délkou synodického oběhu Merkuru (115,88 dne), spočítá se zbytek po dělení a ten se vydělí délkou oběhu; výsledek je číslo mezi 0 a 1,
 - najdou se skupiny dat se zhruba stejným zbytkem,
 - ta se přepočtou na JD přičtením korelace BB (622261 dnů), odtud dále na juliánský kalendář.

Záznamy pozorování Merkuru (pokr.)

str. D24 DK

Převedeno do dekadické soustavy:

9.9.9.16.0 (1364360),

9.9.16.0.0 (1366560)

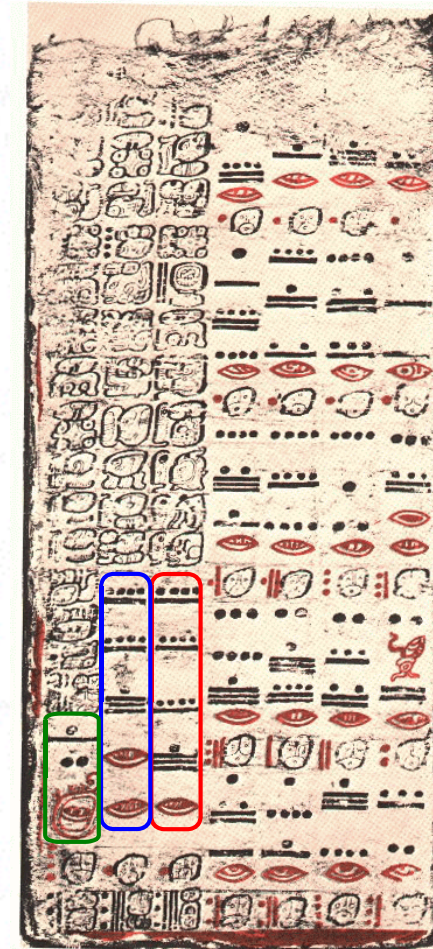
rozdíl 6.2.0 (2200 dnů).

Ty odpovídají datům 27. ledna 727 a 4. února 733 juliánského kalendáře, uvážíme-li korelaci BB.

Uvedený rozdíl 2200 dnů vyjadřuje souběh synodické (115,88 dne) a siderické (87,97 dne) doby oběhu Merkuru s délkou tropického roku (365,24 dne), obsahuje 19 synodických, 25 siderických oběhů a 6 tropických let.

Při takovém souběhu se maximální elongace planety opakují v téměř identických postaveních vůči Slunci i hvězdám ve stejném ročním období.

6	9	9
2	9	9
0	16	9
	0	16
	0	0

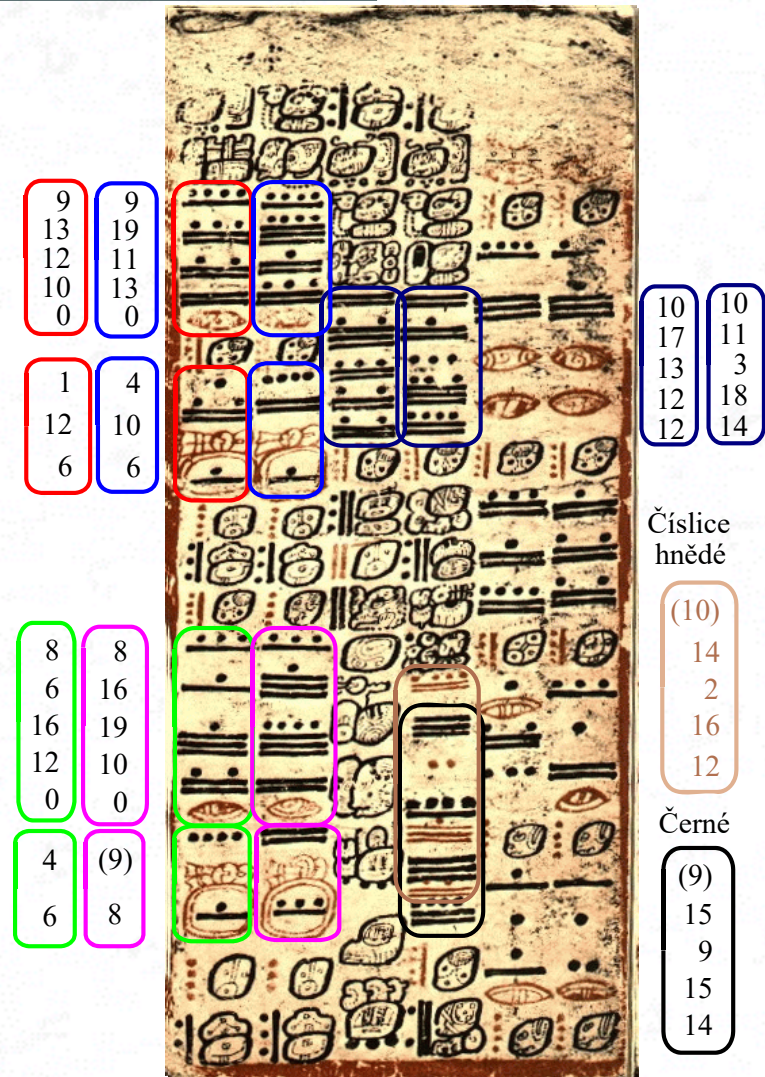


Záznamy pozorování Merkuru (pokr.)

str. D49 DK

Další data (celkem 12):

8 pěticiferných LC,
troj a dvouciferné rozdíly se odečítají
od údajů nad nimi,
čísla v závorkách jsou oprava (vlevo) či
doplnění chybějících (vpravo)



Záznamy pozorování Merkuru (pokr.)

Pozorování v blízkosti maximálních elongací od Slunce

Poř. č.	str. v DK	DP v DK	Počet dnů	JD	Jul. kalend.						
1	D49	8.6.16.12.0	1 201 200	1 823 461	13. květen 280	10	D49	8.16.19.0.12	1 274 052	1 896 313	28. říjen 479
2	D42	8.11.7.13.5	1 233 985	1 856 246	15. únor 370	11	D42	(8).19.0.4.4	1 288 884	1 911 145	6. červen 520
3	D42	8.11.8.7.0	1 234 220	1 856 481	8. říjen 370	12	D24	9.9.9.16.0	1 364 360	1 986 621	27. leden 727
4	D40	(8).15.9.1.3	1 263 263	1 885 524	14. duben 450	13	D24	9.9.16.0.0	1 366 560	1 988 821	4. únor 733
5	D42	8.16.3.12.3	1 268.523	1 890 784	7. září 464	14	D49	9.13.10.15.14	1 393 514	2 015 775	22. listopad 806
6	D41	8.16.14.9.3	1 272 423	1 894 684	13. květen 475	15	D48	9.15.9.9.4	1 407 424	2 029 685	22. prosinec 844
7	D41	8.16.14.11.5	1 272 465	1 894 726	24. červen 475	16	D24	9.19.1.5.0	1 433 260	2 055 521	17. září 915
8	D41	8.16.14.15.4	1 272 544	1 894 805	11. září 475	17	D49	9.19.11.13.0	1 437 020	2 059 281	2. ledna 926
9	D41	8.16.15.16.1	1 272 921	1 895 182	22. září 476	18	D42	10.8.3.16.4	1 499 004	2 121 265	16. září 1095
						19	D49	10.17.13.12.12	1 567 332	2 189 593	12. říjen 1282

Záznamy pozorování Merkuru (pokr.)

Nalezeny významné souběhy tří period:

**synodické (115,88 dne),
siderické (87,97 dne),
délka tropického roku (365,24 dne)**

č. 12 a 13 - interval 2200 dnů (19 synodických, 25 siderických oběhů a 6 tropických let),

č. 2 a 12 - interval 130 375 dnů (1125 synodických, 1482 siderických oběhů a 357 tropických let),

č. 3 a 5 - interval 34 303 dnů (296 synodických, 390 siderických oběhů a 94 tropických let),

č. 5 a 9 - interval 4 398 dnů (38 synodických, 50 siderických oběhů a 12 tropických let),

č. 6 a 11 - interval 16 461 dnů (142 synodických, 187 siderických oběhů a 45 tropických let),

č. 8 a 16 - interval 160 716 dnů (1387 synodických, 1827 siderických oběhů a 440 tropických let),

č. 9 a 18 - interval 226 083 dnů (1951 synodických, 2570 siderických a 619 tropických let),

č. 10 a 19 - interval 293 280 dnů (2531 synodických, 3354 siderických oběhů a 803 tropických let),

Záznamy pozorování Merkuru (pokr.)

- Uvedená data se tedy bezesporu týkají viditelnosti Merkuru,
- Ve skupinách dat č. (2, 12, 13), (3, 5, 9, 18), (6, 11), (8, 16) a (10, 19) se dá předpokládat, že polohy Merkuru vůči Slunci i horizontu byly velice podobné, a nastaly ve stejném ročním období.
- Spočítali jsme, v jakých polohách konkrétně se Merkur v uvedených datech nacházel.

Výpočet topocentrických obzorníkových poloh Merkuru

- ▶ V rozmezí $\pm 2-3$ týdnů od dat, uvedených v předchozí tabulce, jsme spočítali pro každý den:
- ▶ heliocentrickou polohu Země a Merkuru, využitím Bretagnonovy teorie VSOP87 pohybu planet sluneční soustavy, a odtud
 - geocentrické rovníkové souřadnice Merkuru,
 - okamžik občanského soumraku (výška Slunce = 6° pod obzorem) pro polohu mayského města Palenque,
 - pro tento okamžik obzorníkové souřadnice (azimut, výšku nad obzorem) Merkuru,
 - výšku Merkuru jsme opravili o astronomickou refrakci.

Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru na východě v lednu/únoru (2, 12, 13)

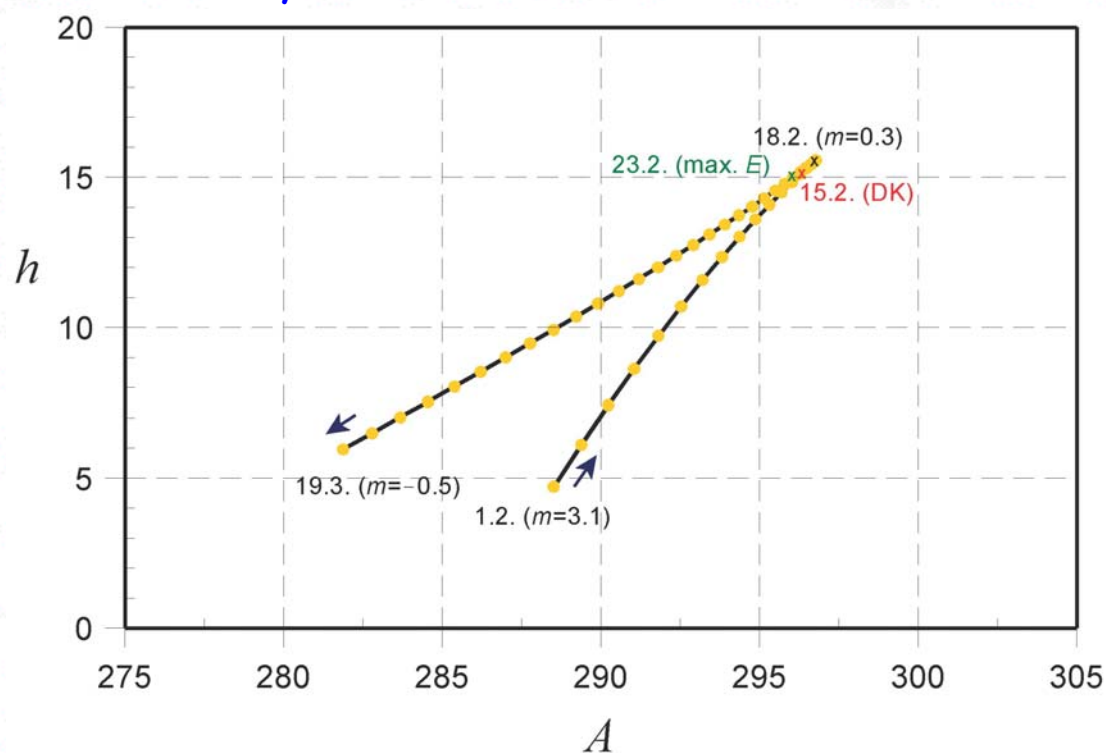
2

15. února 370

Merkur na východě v blízkosti
maximální západní elongace s
úhlovou vzdáleností od Slunce
 $26,1^\circ$.

K maximální západní elongaci došlo
23. února 370 s úhlovou
vzdáleností od Slunce $27,7^\circ$.

Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru na východě v lednu/únoru (2, 12, 13)

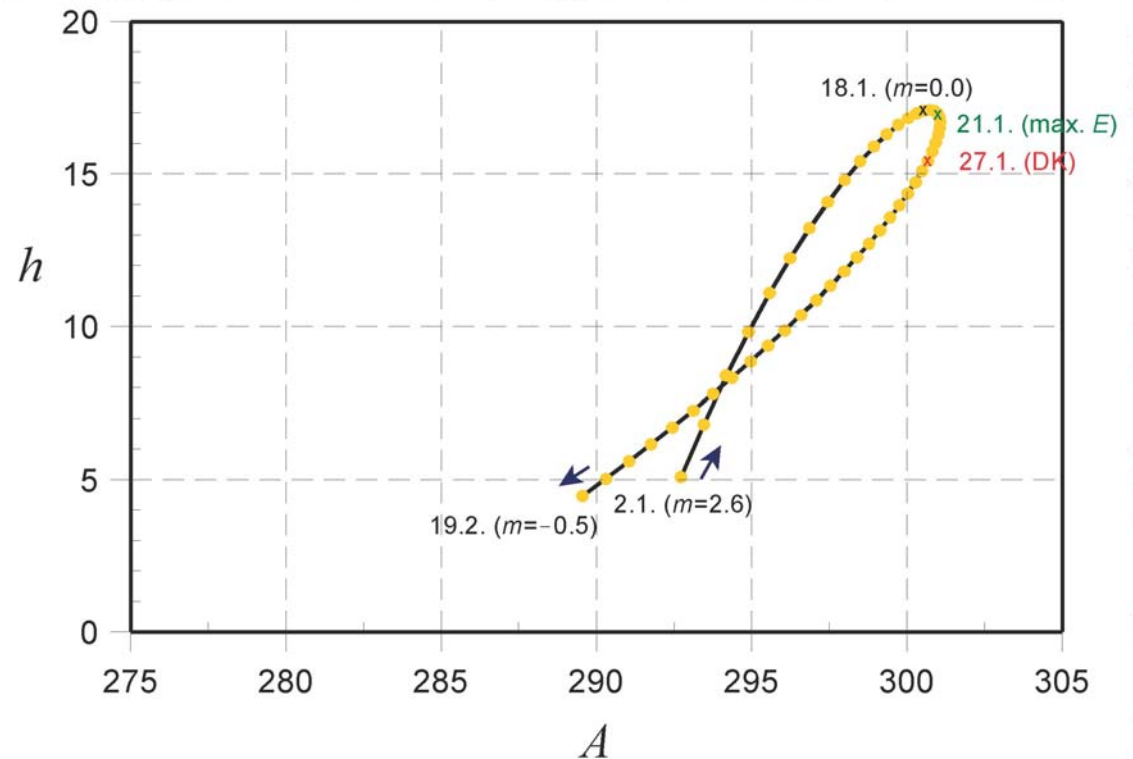
12

27. ledna 727

Merkur na východě v blízkosti maximální západní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $25,5^\circ$.

K maximální západní elongaci došlo 21. ledna 727 s úhlovou vzdáleností od Slunce $26,1^\circ$.

Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru na východě v lednu/únoru (2, 12, 13)

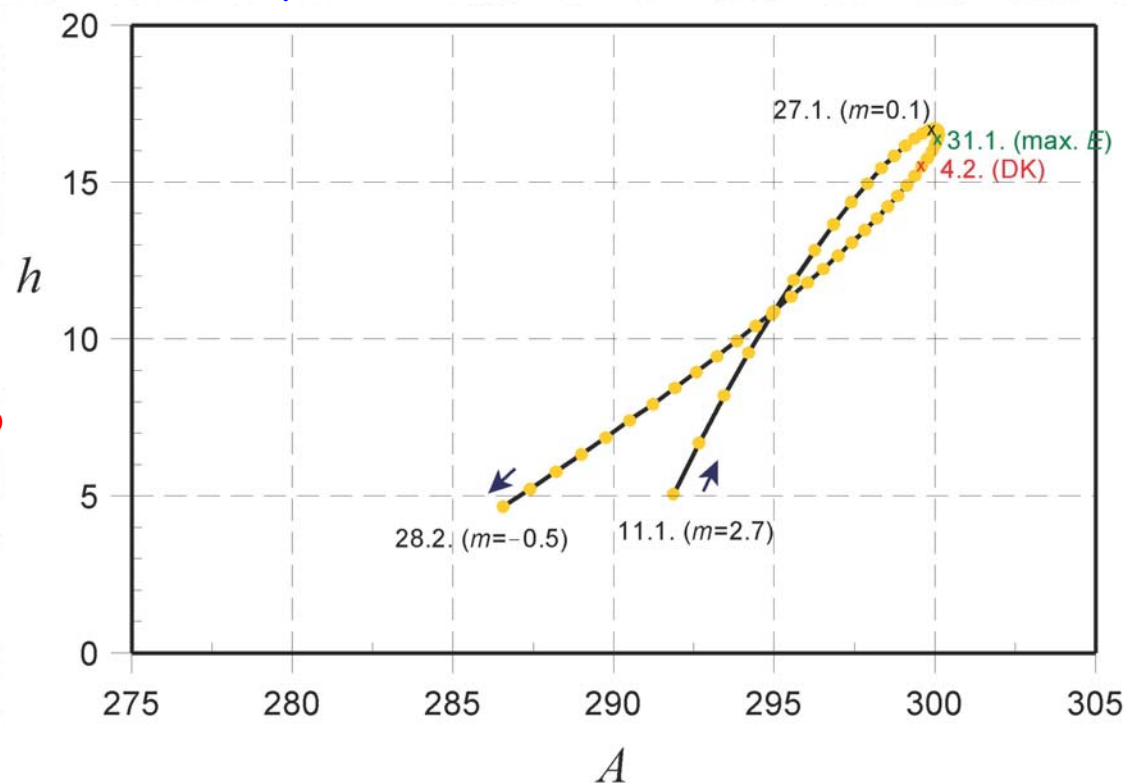
13

4. února 733

Merkur na východě v blízkosti maximální západní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $26,5^\circ$.

K maximální západní elongaci došlo 31. ledna 733 s úhlovou vzdáleností od Slunce $26,7^\circ$.

Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru na východě v září/říjnu (3, 5, 9, 18)

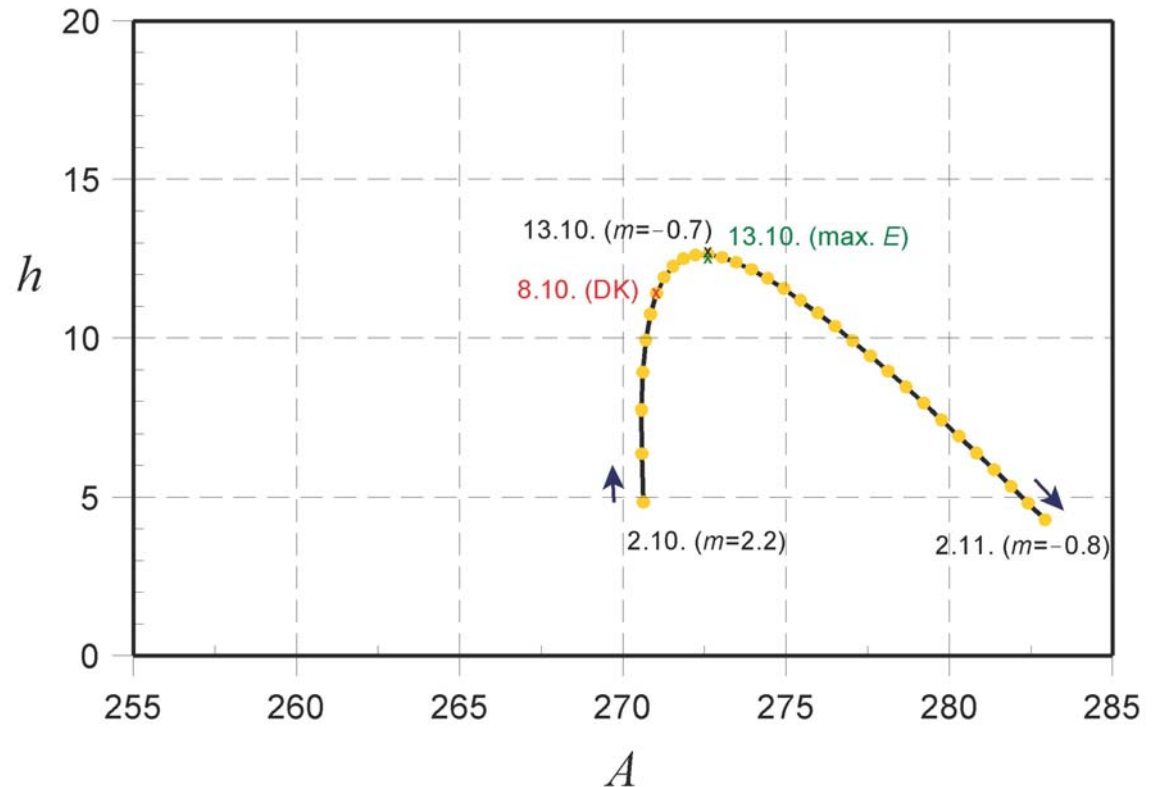
3

8. října 370

Merkur na východě v blízkosti maximální západní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $17,7^\circ$.

K maximální západní elongaci došlo 13. října 370 s úhlovou vzdáleností od Slunce $19,0^\circ$.

Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru na východě v září/říjnu (3, 5, 9, 18)

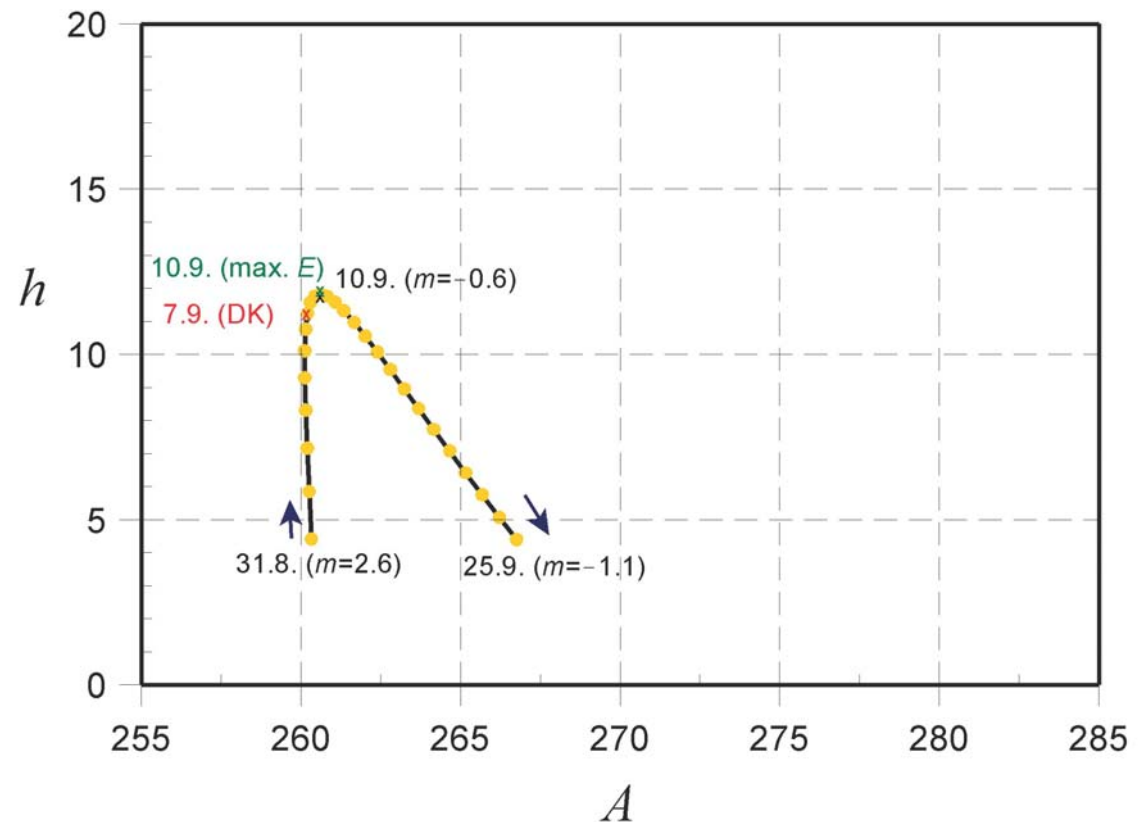
5

7. září 464

Merkur na východě v blízkosti
maximální západní elongace s
úhlovou vzdáleností od Slunce
 $17,3^\circ$.

K maximální západní elongaci
došlo 10. září 464 s úhlovou
vzdáleností od Slunce $17,9^\circ$.

Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru na východě v září/říjnu (3, 5, 9, 18)

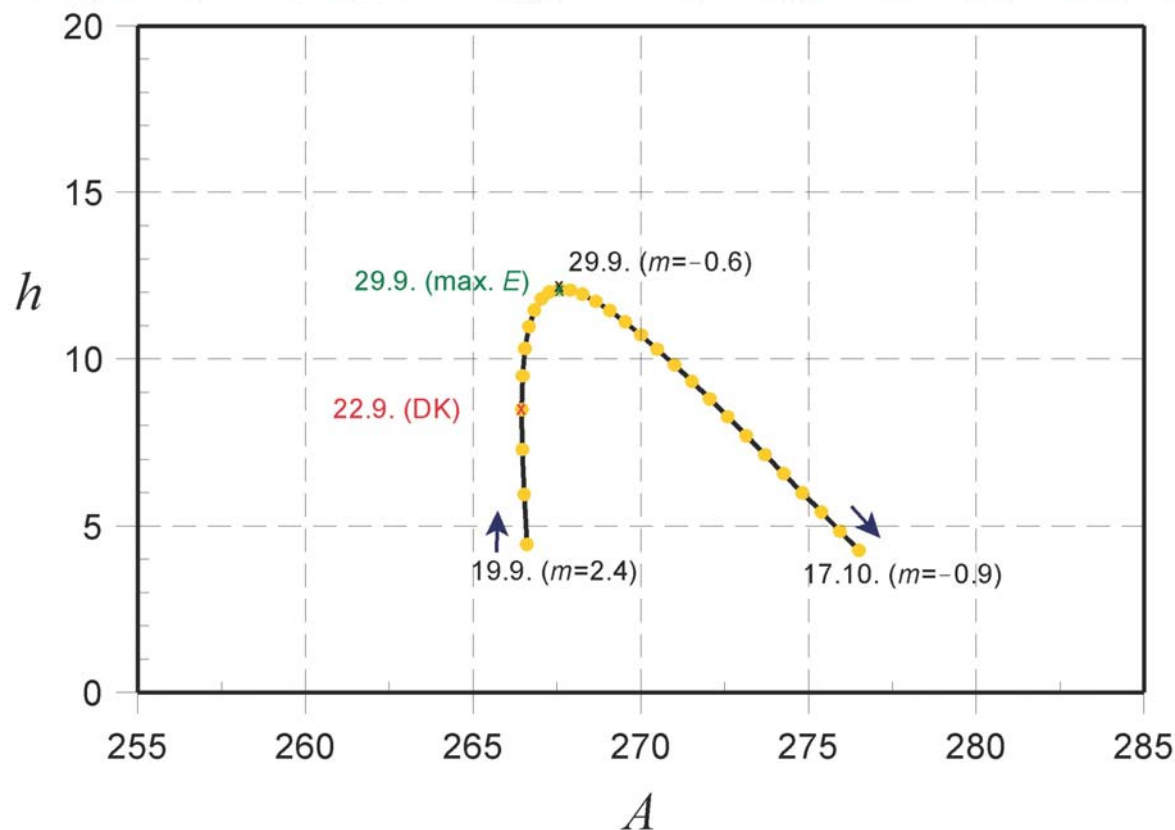
9

22. září 476

Merkur na východě v blízkosti maximální západní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $14,5^\circ$.

K maximální západní elongaci došlo 29. září 476 s úhlovou vzdáleností od Slunce $18,4^\circ$.

Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru na východě v září/říjnu (3, 5, 9, 18)

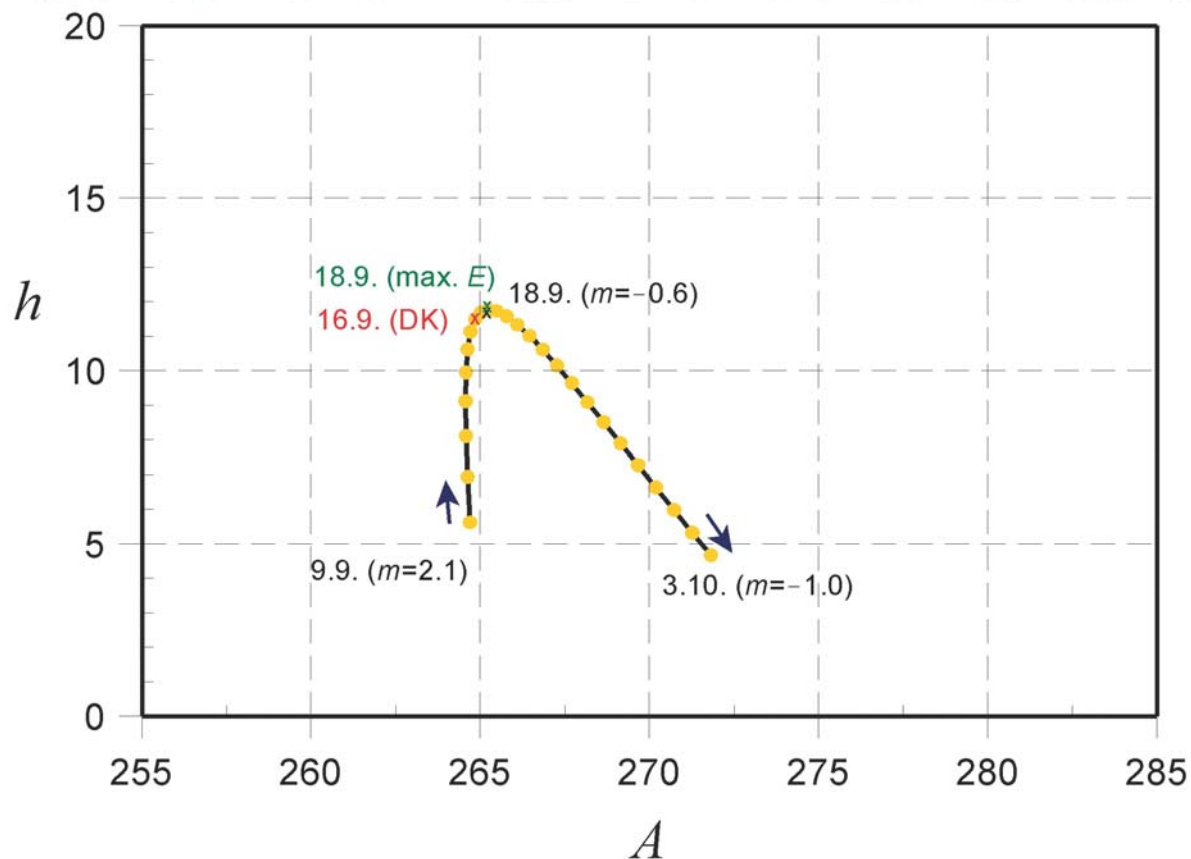
18

16. září 1095

Merkur na východě v blízkosti maximální západní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $17,6^\circ$.

K maximální západní elongaci došlo 18. září 1095 s úhlovou vzdáleností od Slunce $18,0^\circ$.

Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru na západě v květnu/červnu (6, 11)

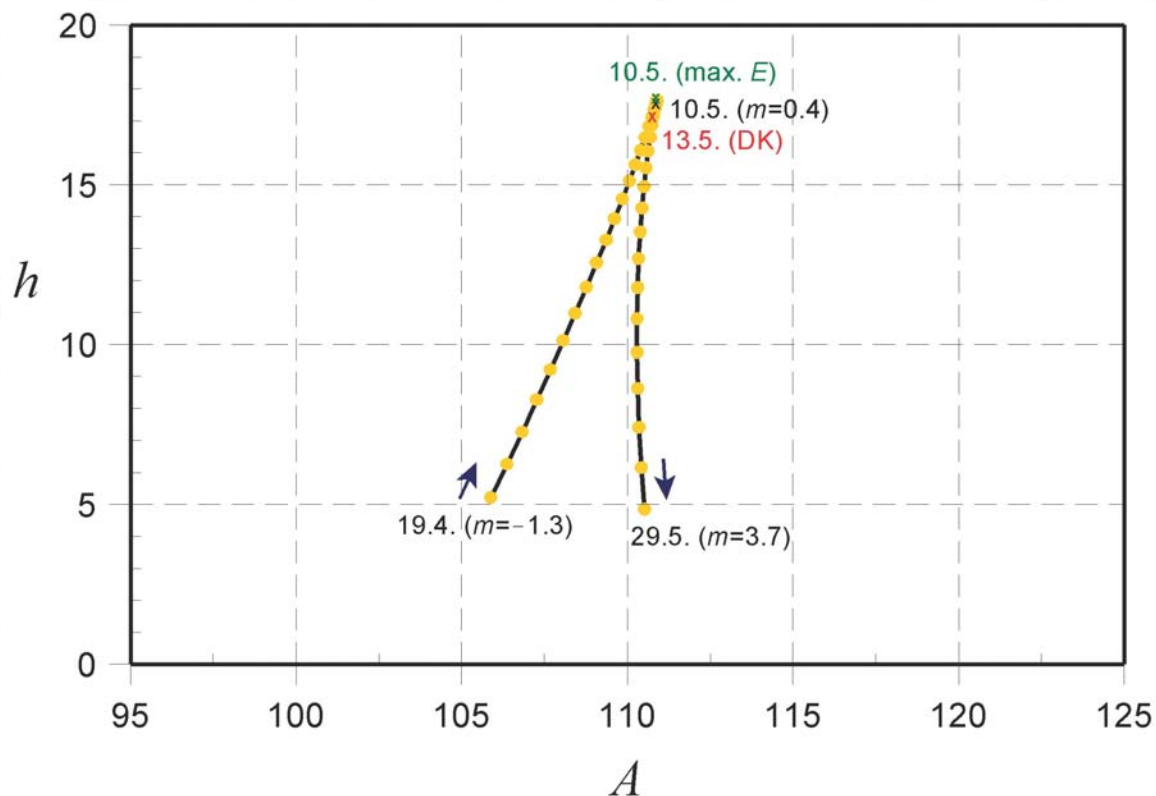
6

13. května 475

Merkur na západě v blízkosti maximální východní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $23,4^\circ$.

K maximální východní elongaci došlo 10. května 475 s úhlovou vzdáleností od Slunce $23,6^\circ$

Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru na západě v květnu/červnu (6, 11)

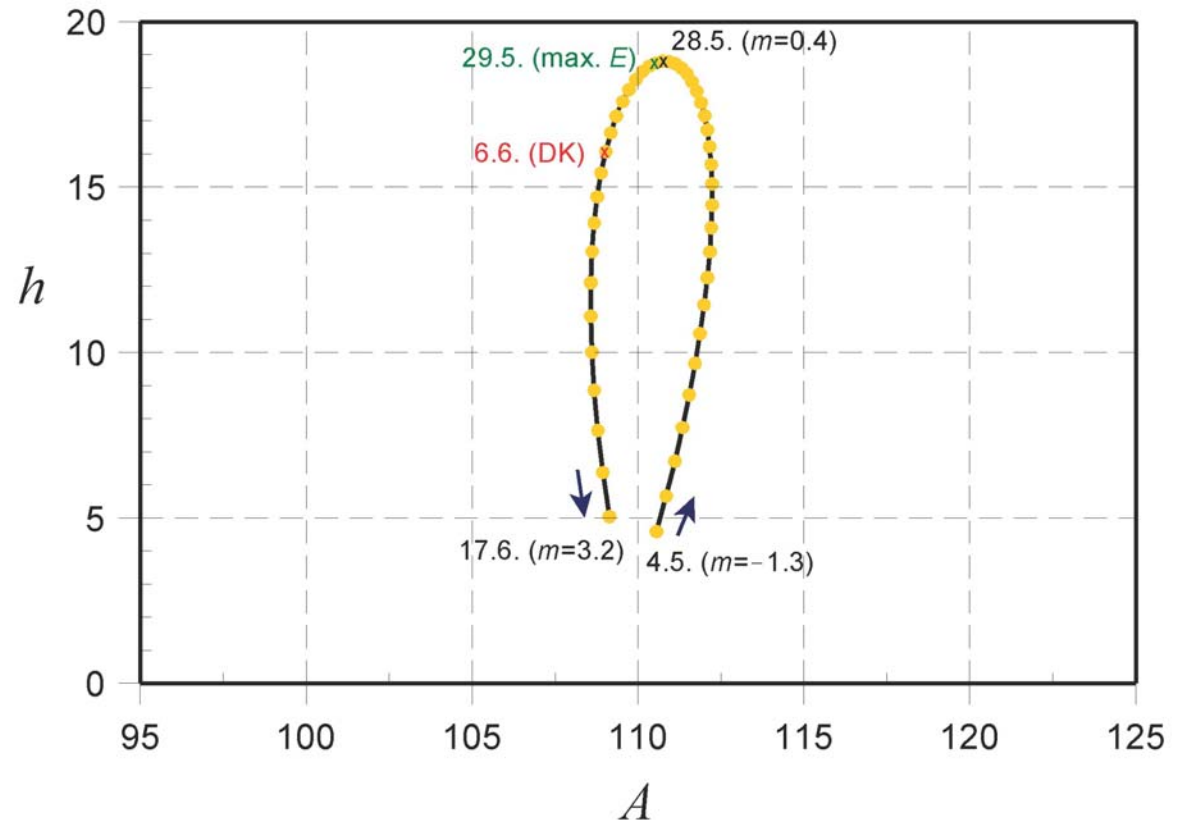
11

6. června 520

Merkur na západě v blízkosti maximální východní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $23,2^\circ$.

K maximální východní elongaci došlo 29. května 520 s úhlovou vzdáleností od Slunce $25,2^\circ$.

Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru na západě v září (8, 16)

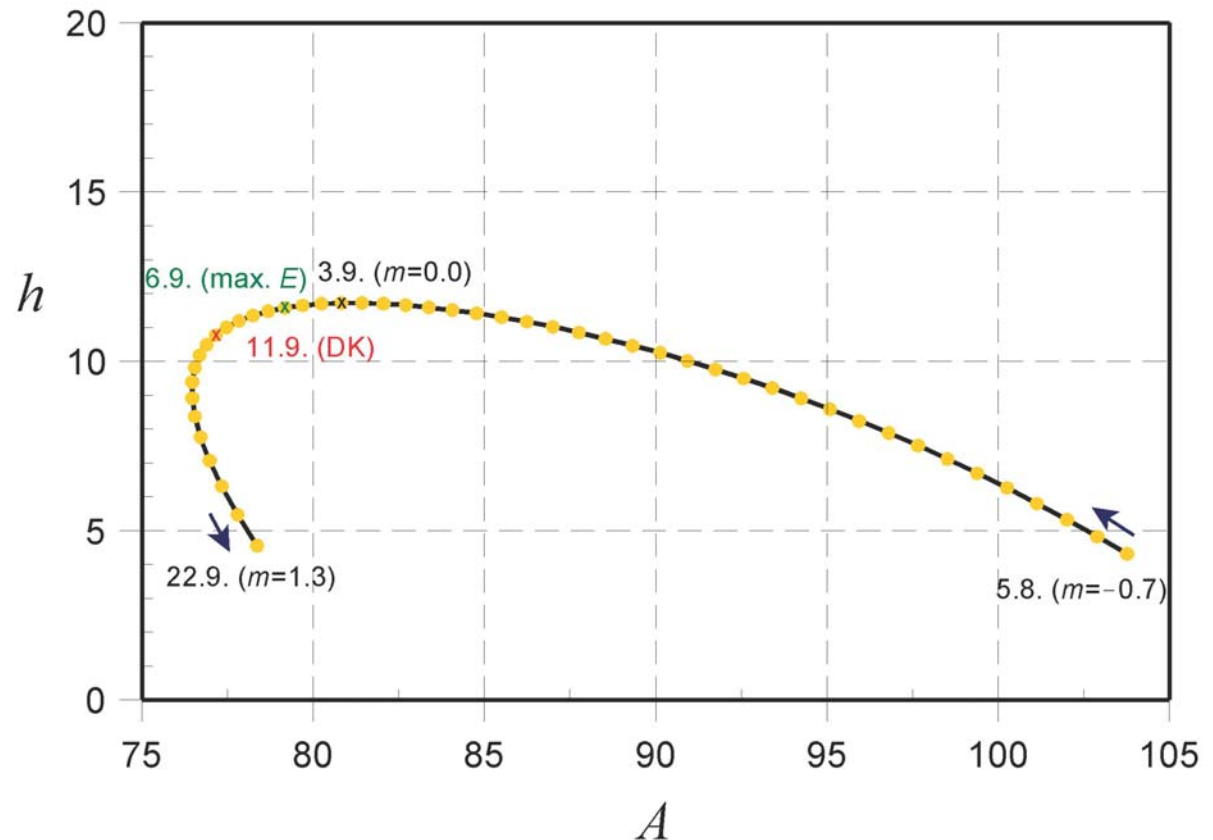
8

11. září 475

Merkur na západě v blízkosti maximální východní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $25,3^\circ$.

K maximální východní elongaci došlo 6. září 475 s úhlovou vzdáleností od Slunce $25,8^\circ$.

Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru na západě v září (8, 16)

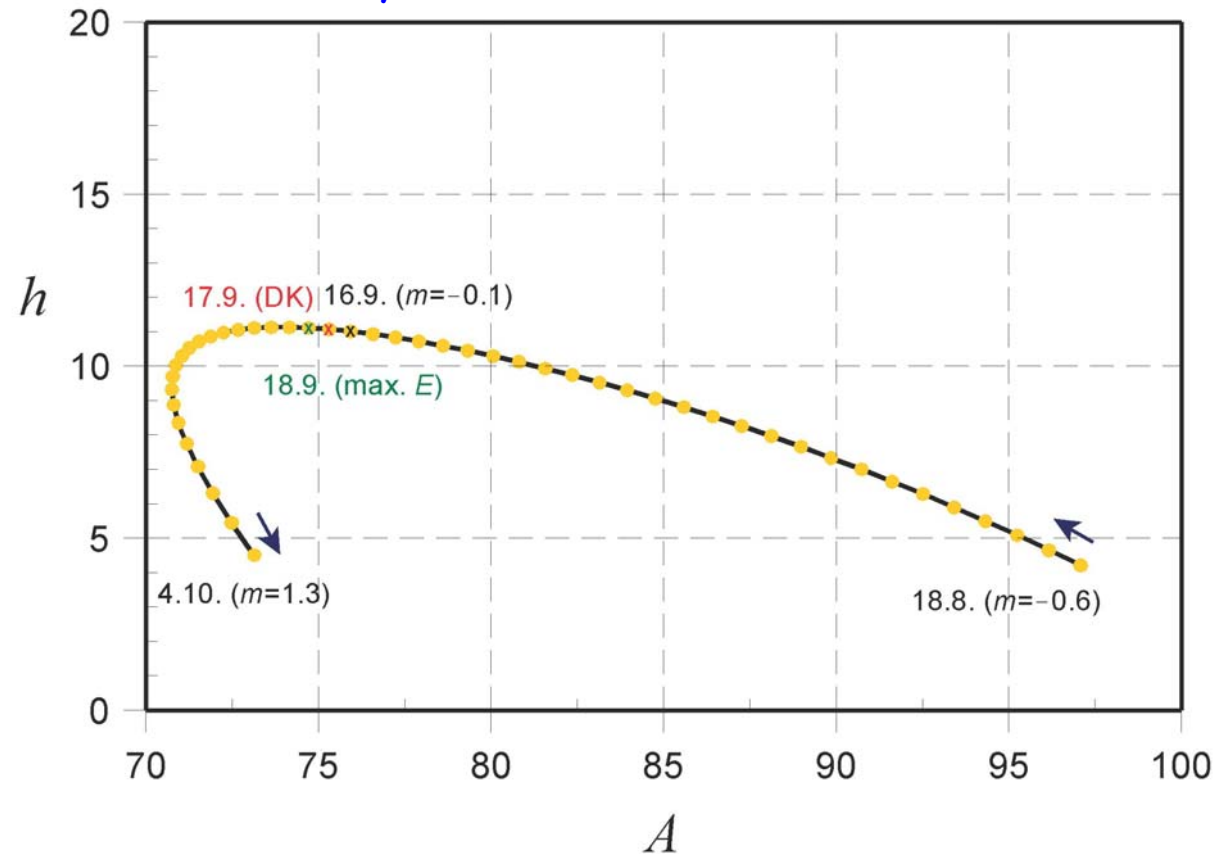
16

17. září 915

Merkur na západě v blízkosti maximální východní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $25,2^\circ$.

K maximální východní elongaci došlo 18. září 915 s úhlovou vzdáleností od Slunce $25,3^\circ$.

Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru na západě v říjnu (10, 19)

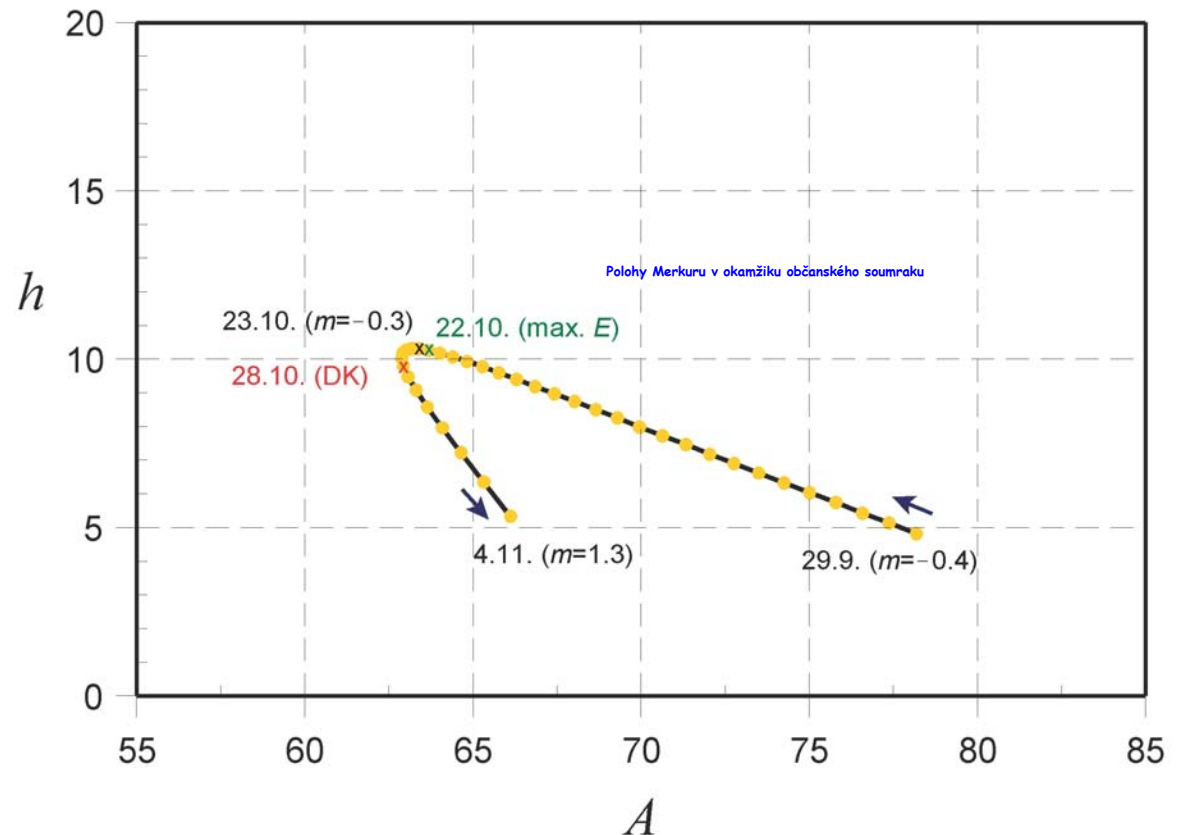
10

28. října 479

Merkur na západě v blízkosti maximální východní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $21,2^\circ$.

K maximální východní elongaci došlo 22. října 479 s úhlovou vzdáleností od Slunce $22,5^\circ$.

Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru na západě v říjnu (10, 19)

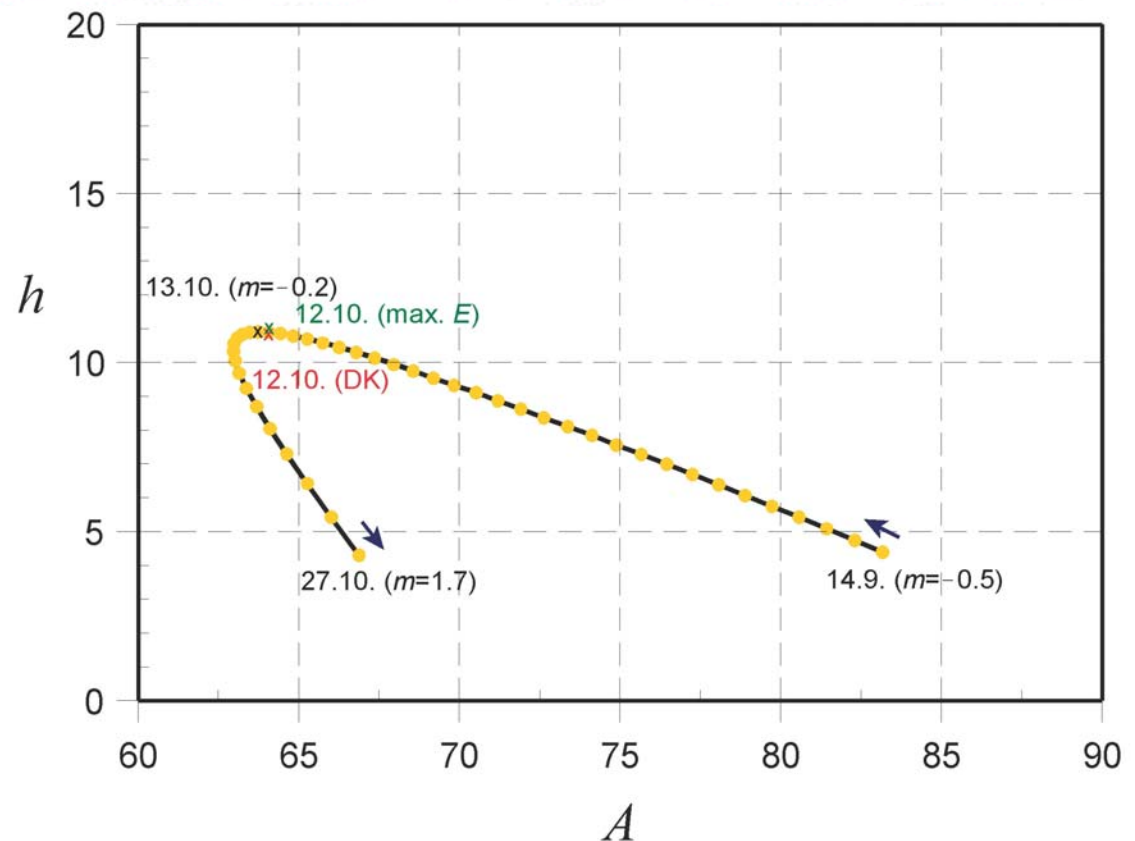
19

12. října 1282

Merkur na západě v blízkosti maximální východní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $23,8^\circ$.

K maximální východní elongaci došlo 12. října 1282 s úhlovou vzdáleností od Slunce $23,8^\circ$.

Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru

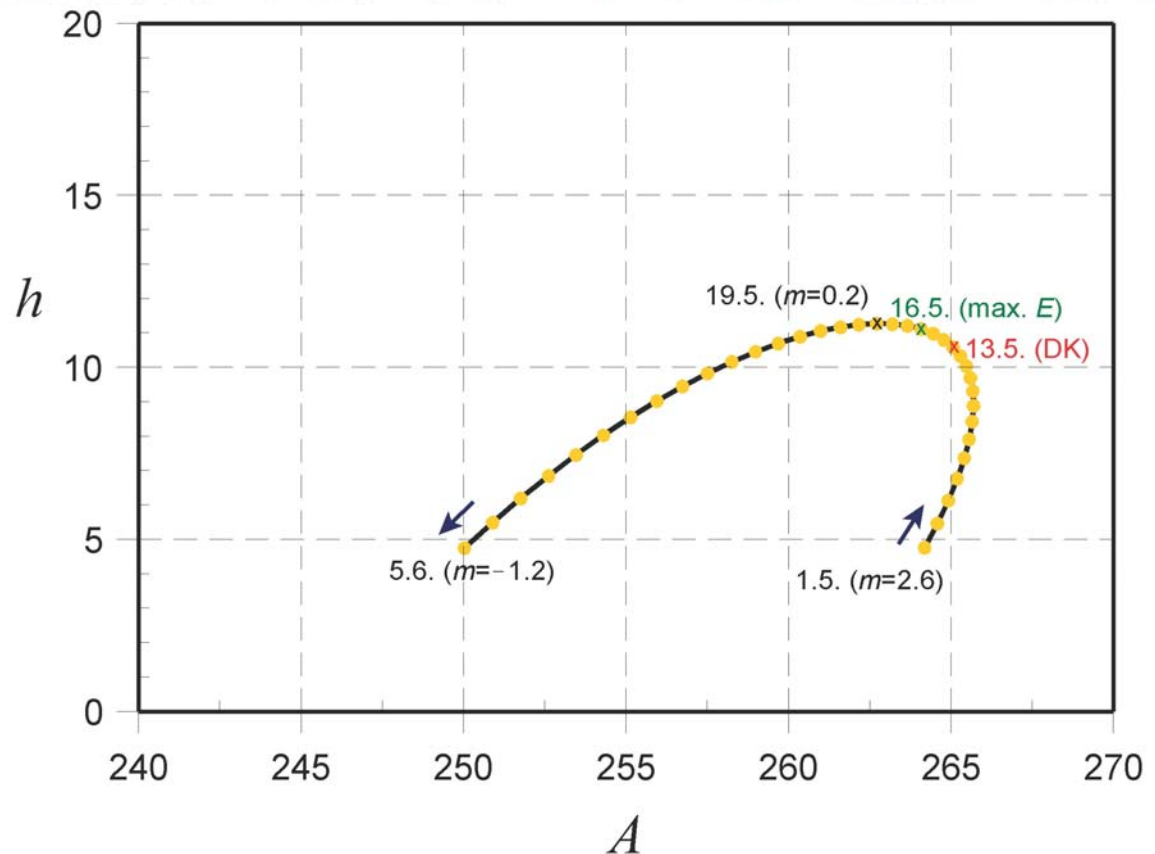
Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku

1

13. května 280

Merkur na východě v blízkosti maximální západní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $23,3^\circ$.

K maximální západní elongaci došlo 16. května 280 s úhlovou vzdáleností od Slunce $23,5^\circ$.



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru

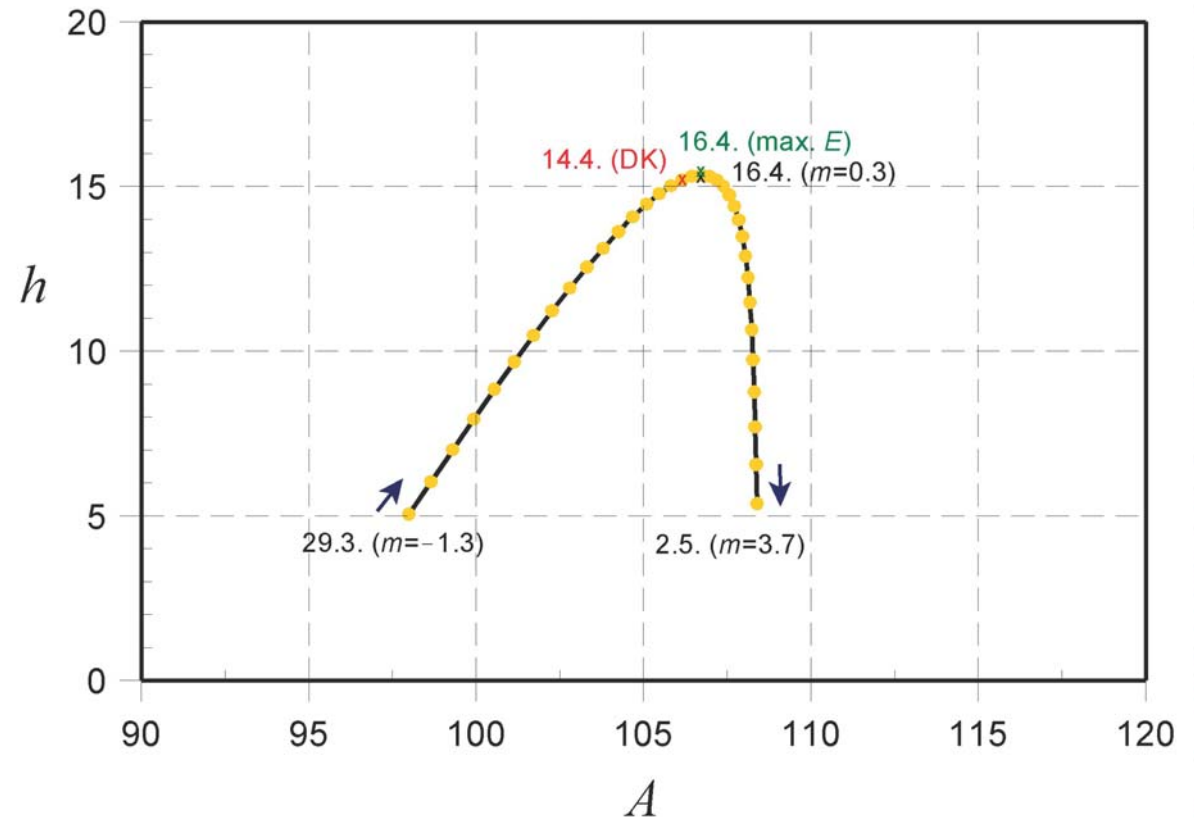
4

14. dubna 450

Merkur na západě v blízkosti maximální východní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $21,5^\circ$.

K maximální východní elongaci došlo 16. dubna 450 s úhlovou vzdáleností od Slunce $21,6^\circ$.

Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru

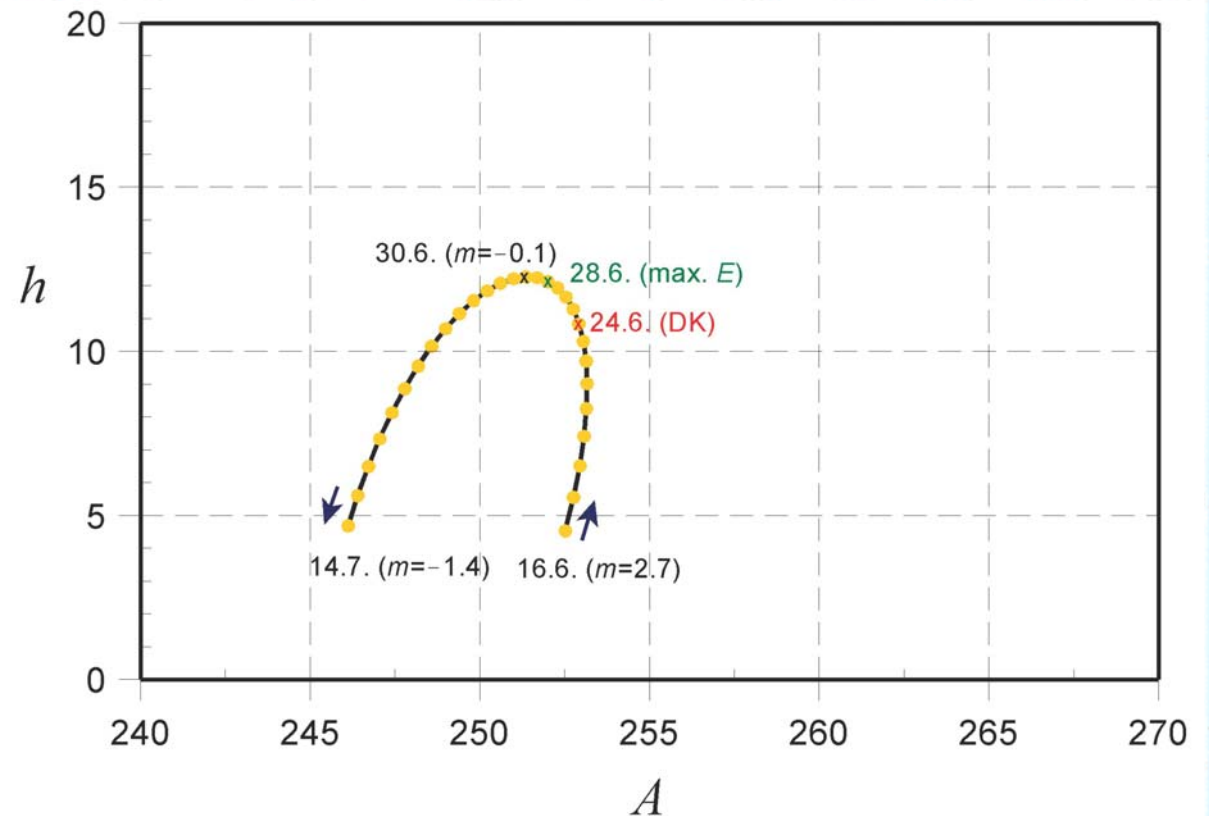
7

24. června 475

Merkur na východě v blízkosti maximální západní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $19,5^\circ$.

K maximální západní elongaci došlo 28. června 475 s úhlovou vzdáleností od Slunce $20,1^\circ$.

Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru

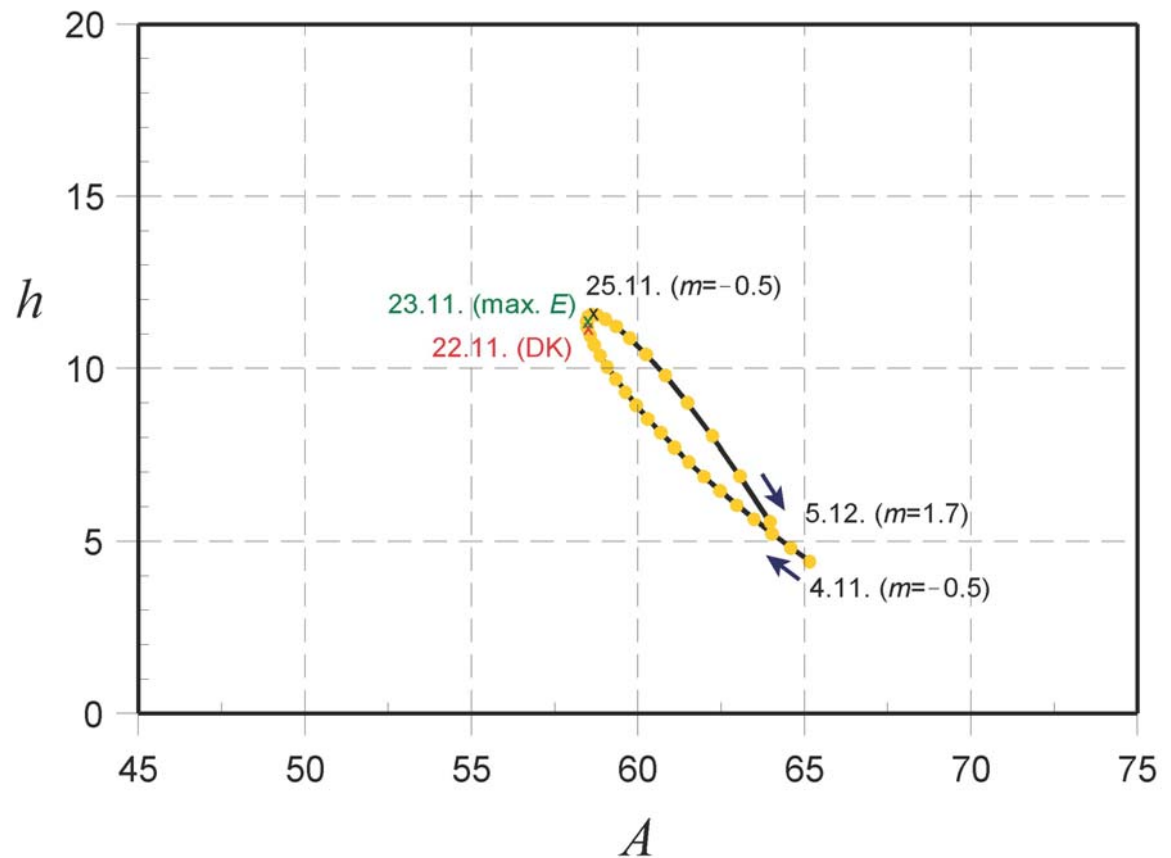
Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku

14

22. listopadu 806

Merkur na západě v blízkosti maximální východní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $20,4^\circ$.

K maximální východní elongaci došlo 23. listopadu 806 s úhlovou vzdáleností od Slunce $20,4^\circ$.



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru

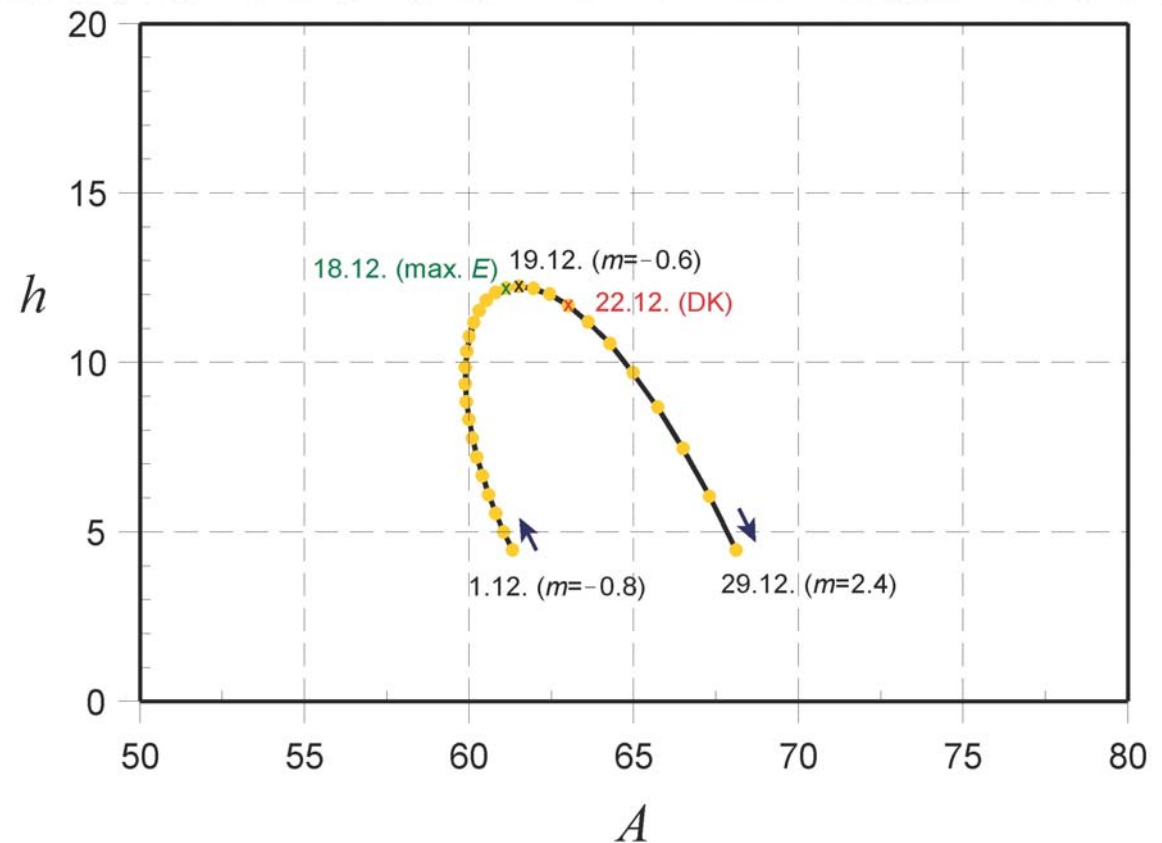
Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku

15

22. prosince 844

Merkur na západě v blízkosti maximální východní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $18,1^\circ$.

K maximální východní elongaci došlo 18. prosince 844 s úhlovou vzdáleností od Slunce $19,1^\circ$.



Grafické zobrazení topocentrických poloh Merkuru

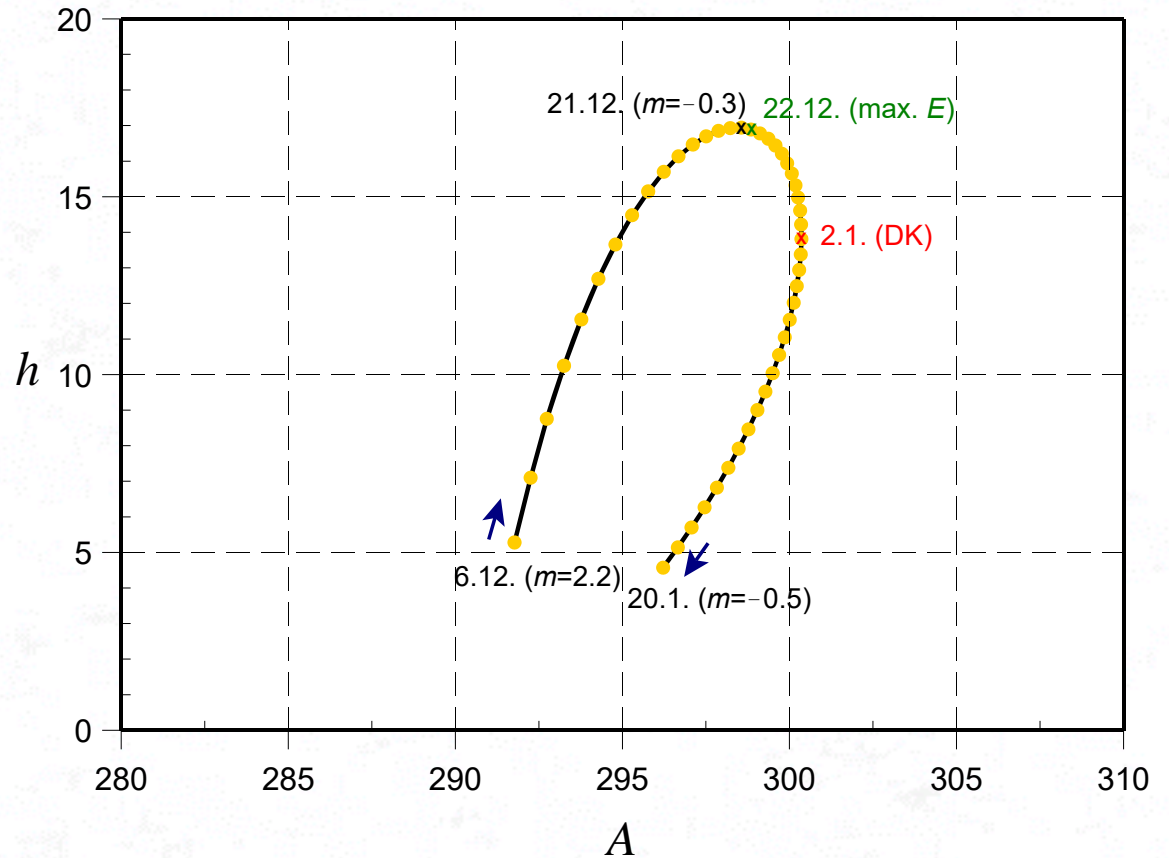
Polohy Merkuru v okamžiku občanského soumraku

17

2. ledna 926

Merkur na východě v blízkosti maximální západní elongace s úhlovou vzdáleností od Slunce $21,5^\circ$.

K maximální východní elongaci došlo 22. prosince 925 s úhlovou vzdáleností od Slunce $23,6^\circ$.



Data konjunkcí Merkuru se Sluncem

- ▶ V DK jsme našli též 9 dat, vztahujících se ke konjunkcím:
 - Konjunkce zřejmě nebyly pozorovány přímo, ale vypočteny jako přibližný střed mezi dvěma maximálními elongacemi.

str. v DK	DP v DK	Počet dnů	JD	Jul. kalend.	Konjunkce
D49	8.6.16.7.14	1 201 114	1 823 375	17.2.280	2.3.280 horní
D49	8.16.19.10.0	1 274 240	1 896 501	3.5.480	4.5.480 horní
D52	(9).4.16.8.12	1 330 732	1 952 993	2.1.635	27.12.634 dolní
D49	9.13.12.10.0	1 394 120	2 016 381	20.7.808	22.7.808 dolní
D48	(9).15.9.4.4	1 407 324	2 029 585	13.9.844	20.9.844 horní
D49	(9).15.9.15.14	1 407 554	2 029 815	1.5.845	2.5.845 dolní
D49	9.19.7.2.14	1 435 374	2 057 635	1.7.921	30.6.921 dolní
D49	10.11.3.18.14	1 520 654	2 142 915	25.12.1154	21.12.1154 dolní
D49	(10).14.2.16.12	1 541 852	2 164 113	7.1.1213	9.1.1213 dolní

Shrnutí - pozorování Merkuru

- Podařilo se prokázat, že Mayové věnovali dostatečnou pozornost též planetě Merkur;
- To je dokumentováno 19 záznamy o jeho viditelnosti a 9 záznamy o konjunkcích, nově nalezenými v Drážďanském kodexu;
- U západních elongací udávají Mayové data v průměru o 2 dny **před** maximální elongací ($\sim 1,0^\circ$);
- U východních elongací udávají data v průměru o 2 dny **po** maximální elongaci ($\sim 0,6^\circ$);

Záznamy konjunkcí planet

Vondrák J., Böhm V., Böhm B.: Newly found Mayan records of astronomical phenomena in Dresden Codex, *Serb. Astron. J.* 2023

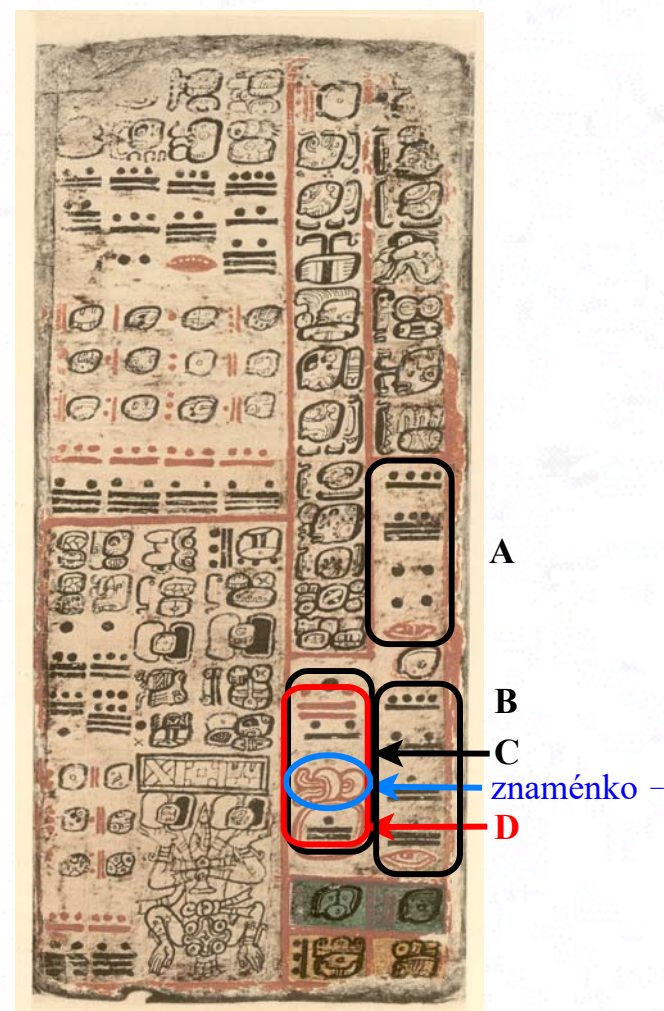
Vondrák J., Böhm V., Böhm B.: Maya records of planetary conjunctions in Dresden Codex, *Serb. Astron. J.* 2024

- Nalezená data pocházejí ze stran D37 a D74 Drážďanského kodexu (týkají se vzájemných konjunkcí planet Merkur, Venuše, Mars, Jupiter a Saturn).
- Počet dní v systému dlouhého počtu (Long Count) z DK se přepočte na JD přičtením korelace BB (622261 dní),
 - převede se dále na juliánský kalendář,
 - porovná s vypočtenými daty konjunkcí.

Str. D37 Drážďanského kodexu

Obsahuje dvě úvodní data A, B, umístěná v pravém sloupci. Od nich se pak odečítají další dva časové intervaly C, D z druhého sloupce zprava dole.

Tím dostáváme celkem šest dat, prozkoumali jsme jejich okolí a našli odpovídající astronomické úkazy.



↑
zatmění Slunce

Str. 74 Drážďanského kodexu (horní polovina)

Obsahuje **úvodní datum A**, umístěné ve druhém sloupci. Od něj se odečte časový interval z prvního sloupce, čímž dostaneme **datum B**. K němu pak přičítáme časové intervaly **C-K** z pomocné tabulky (násobky 364 dní) na pravé straně a dostaneme **další data**.

Opět jsme prozkoumali jejich okolí a našli jim odpovídající další konjunkce.

			I	H	
-	1	J	G	F	
10	A	K	E	D	C

4 Ahau	13 Oc	13 Oc	13 Cimi	13 Ik	13 Etnab
--------	-------	-------	---------	-------	----------

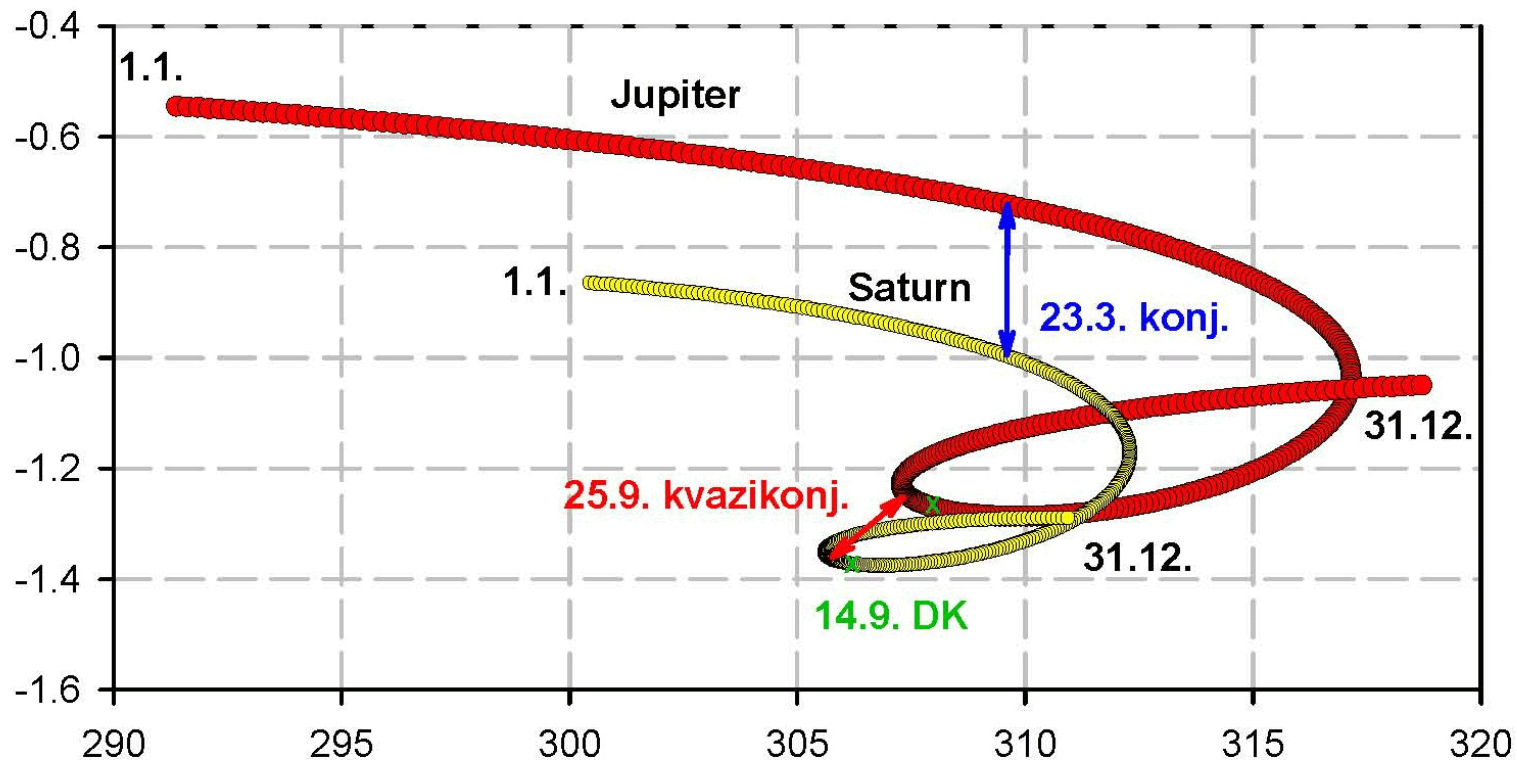
Tabulka nalezených úkazů na str. D37 a D74

Str. DK	Datum LC	počet dní	JD	datum v Jul. kal.	Úkaz
74 B	8.17.11.1.10	1 278 390	1 900 651	14.9.491	2 konj. Jupiter-Saturn
74 B+E	8.17.15.2.6	1 279 846	1 902 107	9.9.495	konj. Mars-Jupiter
74 B+F	8.17.16.2.10	1 280 210	1 902 471	7.9.496	2 konj. Venuše-Mars
74 B+G	8.18.1.3.10	1 282 030	1 904 291	1.9.501	2 konj. Venuše-Mars
74 B+H	8.19.11.9.10	1 292 950	1 915 211	26.7.531	konj. Mars-Jupiter
74 B+J	9.1.11.17.10	1 307 510	1 929 771	5.6.571	2konj. Jupiter-Saturn
37 B-C	9.12.10.3.9	1 386 069	2 008 330	5.7.786	2 konj. Mars-Jupiter
37 B-D	9.12.10.16.9	1 386 329	2 008 590	22.3.787	2 konj. Merkur-Venuše
37 B	9.12.11.11.0	1 386 580	2 008 841	28.11.787	kvazikonj. Venuše-Mars
37 A-C	9.18.0.12.9	1 425 849	2 048 110	3.6.895	2 konj. Mars-Saturn
37 A-D	9.18.1.7.9	1 426 109	2 048 370	18.2.896	konj. Venuše-Mars
37 A	9.18.2.2.0	1 426 360	2 048 621	26.10.896	konj. Venuše-Mars

Grafické zobrazení pohybu planet v okolí konjunkce

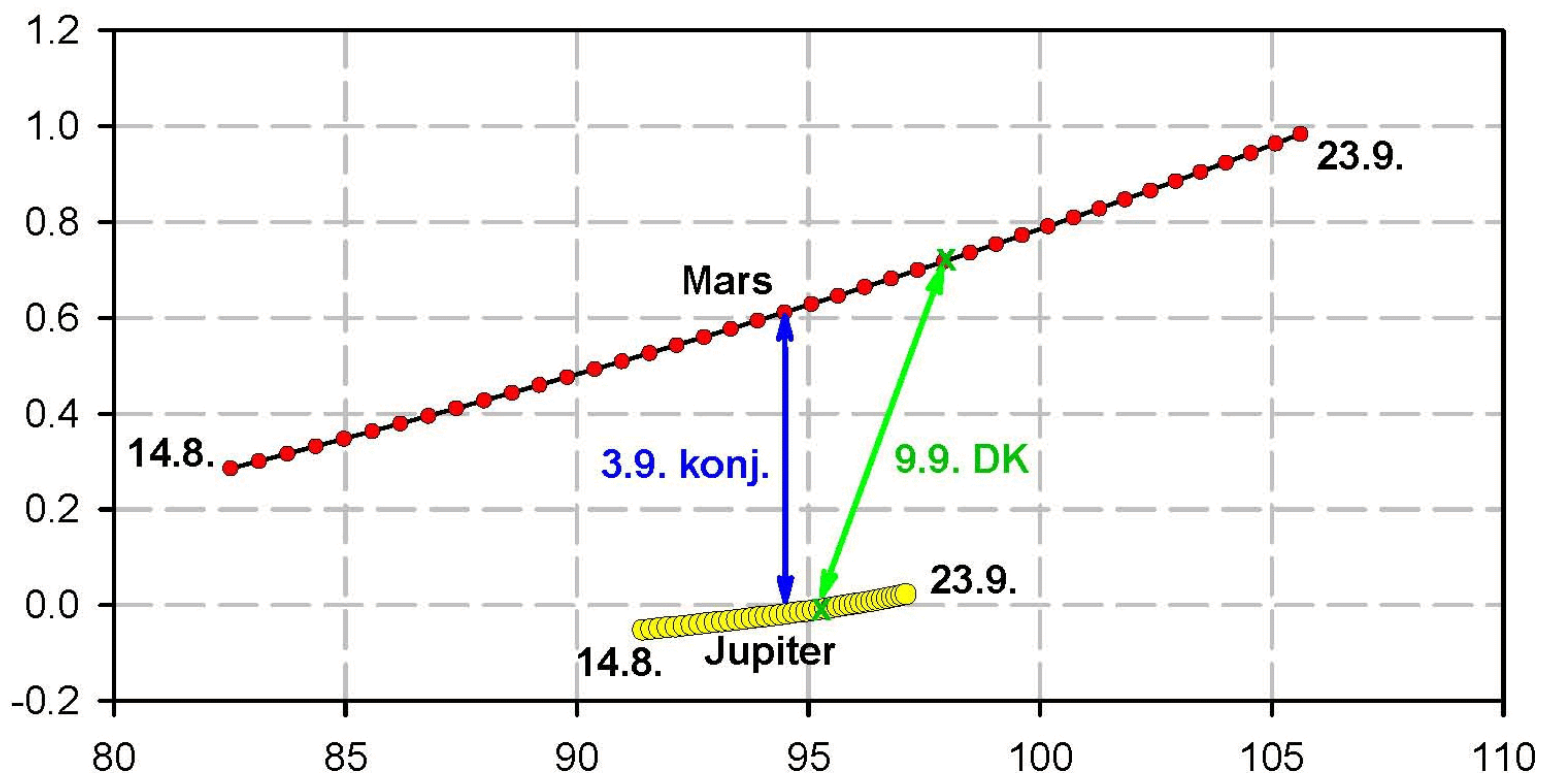
- Pohyb obou planet v ekliptikální soustavě vzhledem ke hvězdám,
- Pro posouzení viditelnosti planet v době konjunkcí alespoň po část noci slouží výpočet jejich elongace E od Slunce:
 - E musí být větší než 10-20 stupňů.

Dvojitá konjunkce Jupiter - Saturn v r. 491



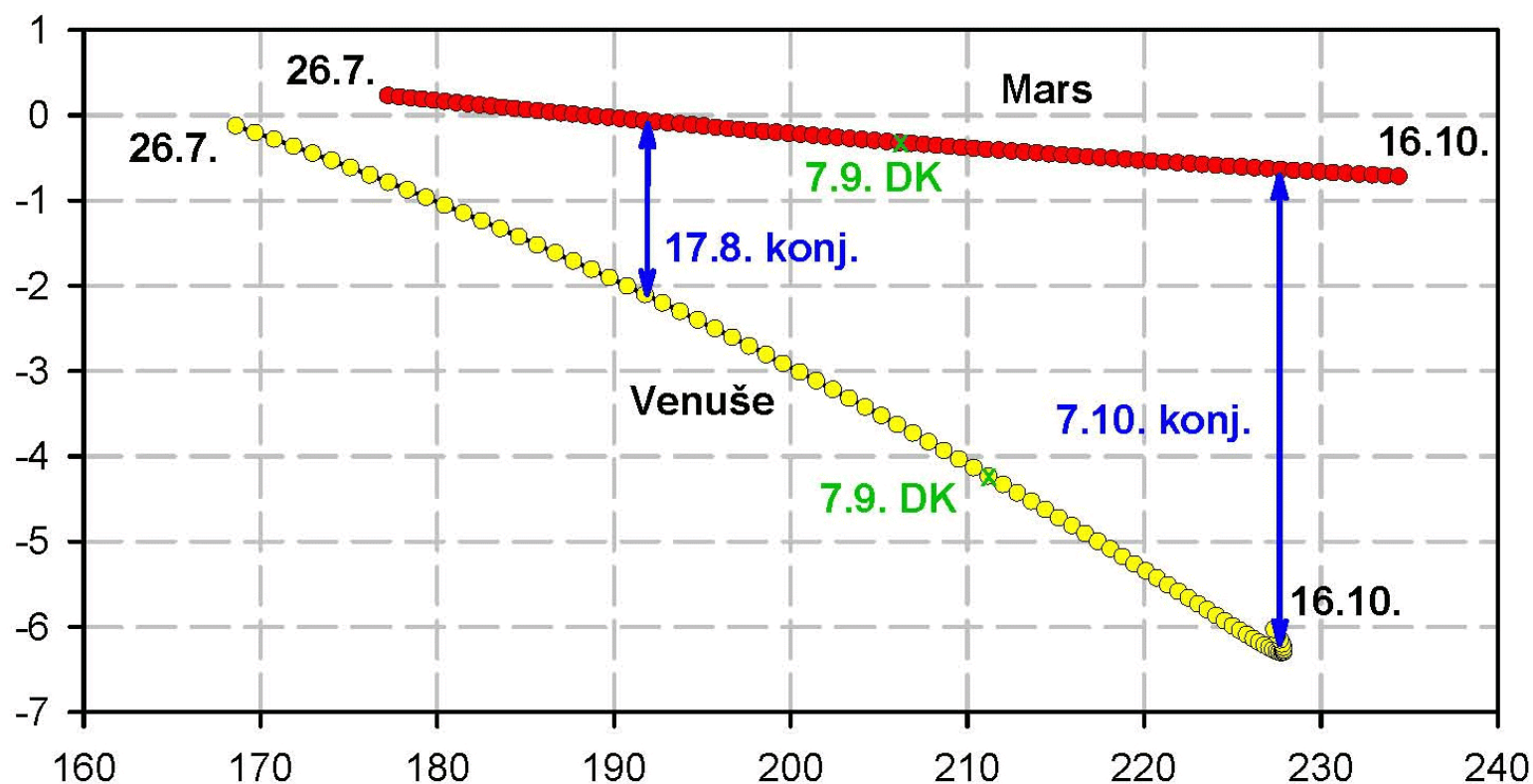
V blízkosti data z DK (14.9.491) nalezena konjunkce (23.3.) a kvazikonjunkce (25.9.) Jupiteru se Saturnem, a také dvě zastávky obou planet. Datum v DK je blízké kvazikonjunkci a také druhé zastávce obou planet. Elongace od Slunce při první konjunkci byla 54° , při druhé 123° .

Konjunkce Mars - Jupiter v září 495



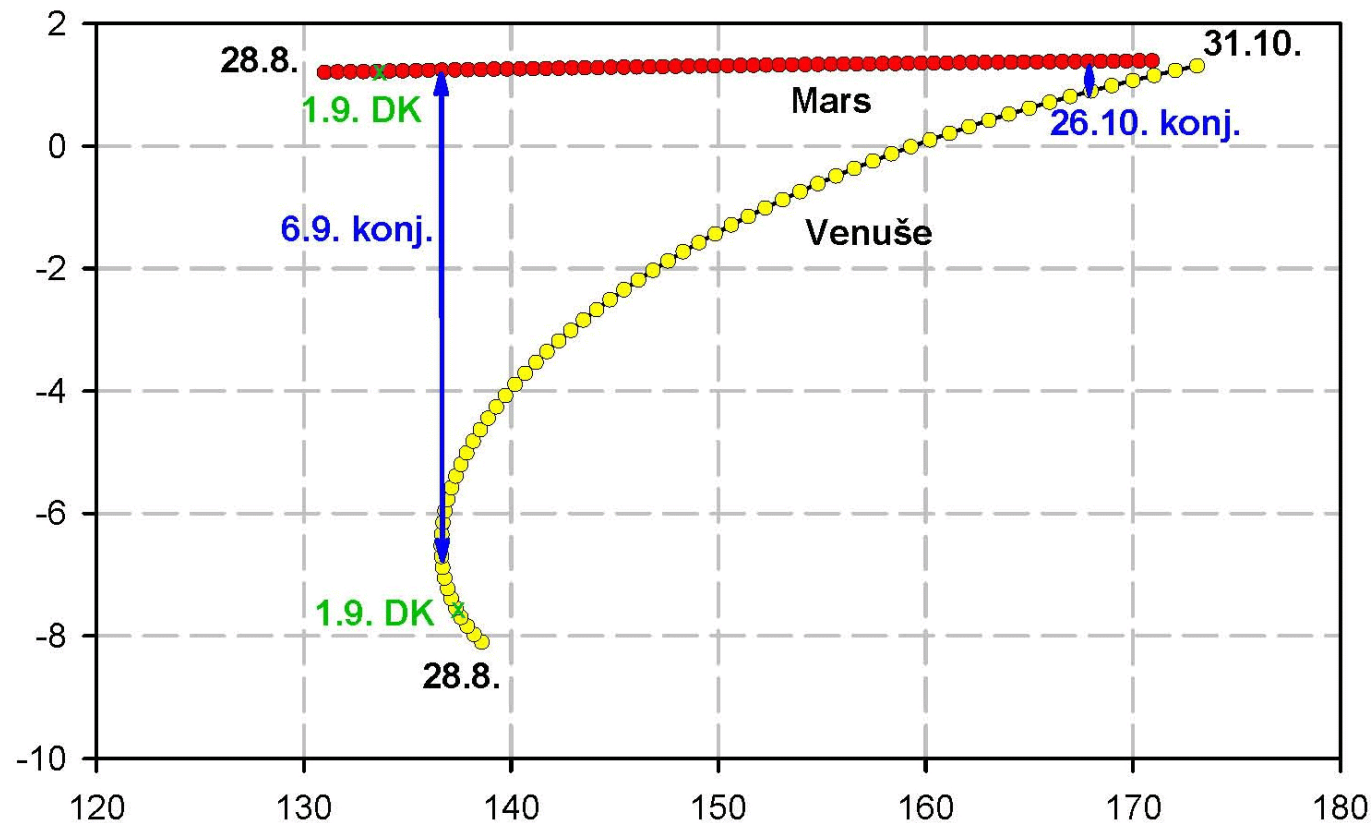
V blízkosti data z DK (9.9.495) nalezena konjunkce (3.9.) Marsu s Jupiterem. Elongace od Slunce při konjunkci byla 67° .

Dvojitá konjunkce Mars - Venuše v r. 496



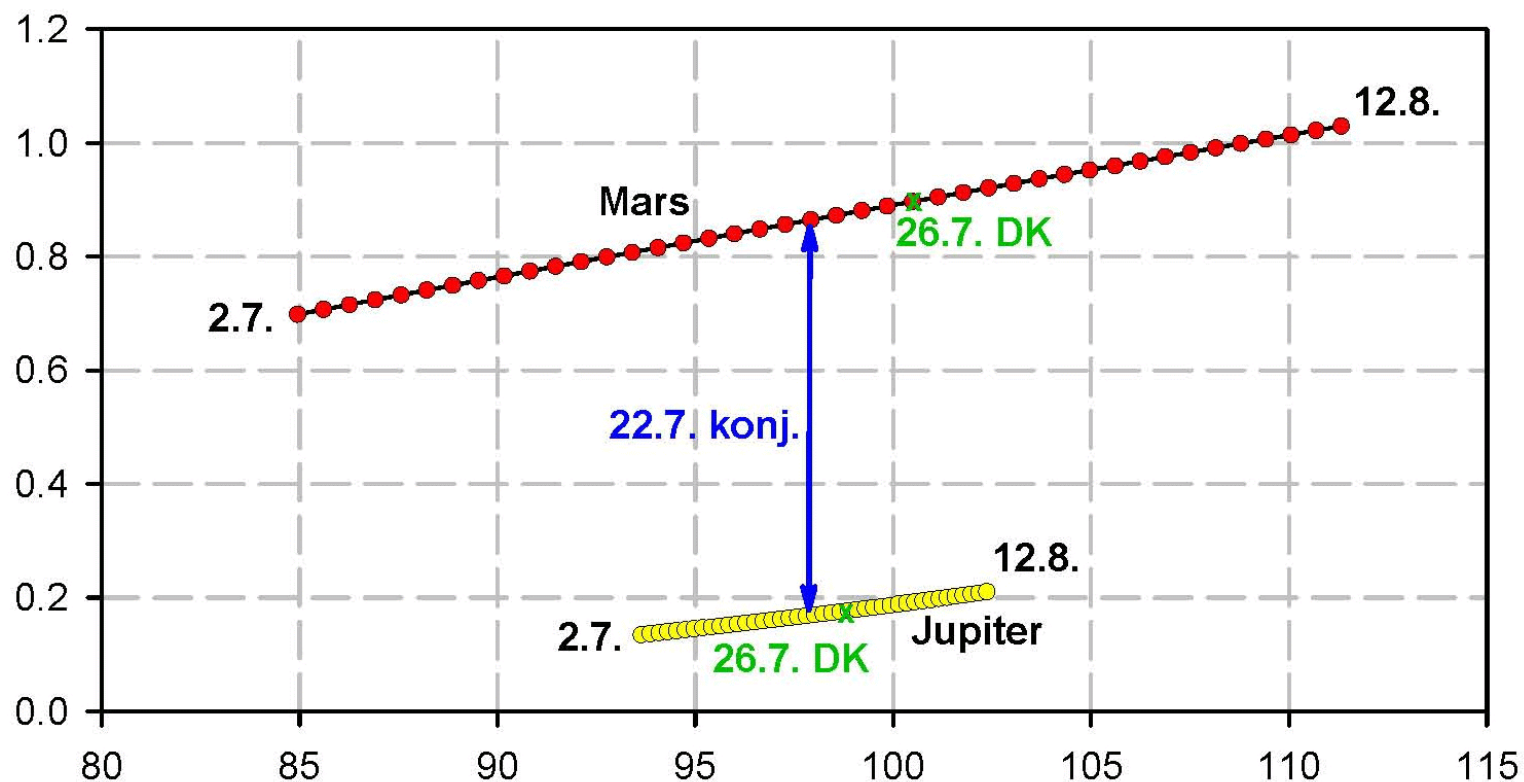
V blízkosti data z DK (7.9.496) byly nalezeny dvě konjunkce (17.8. a 7.10.) Marsu s Venuší. Datum v DK je zhruba uprostřed mezi oběma daty. Elongace od Slunce při první konjunkci byla 46° , při druhé 32° .

Dvojitá konjunkce Mars - Venuše v r. 501



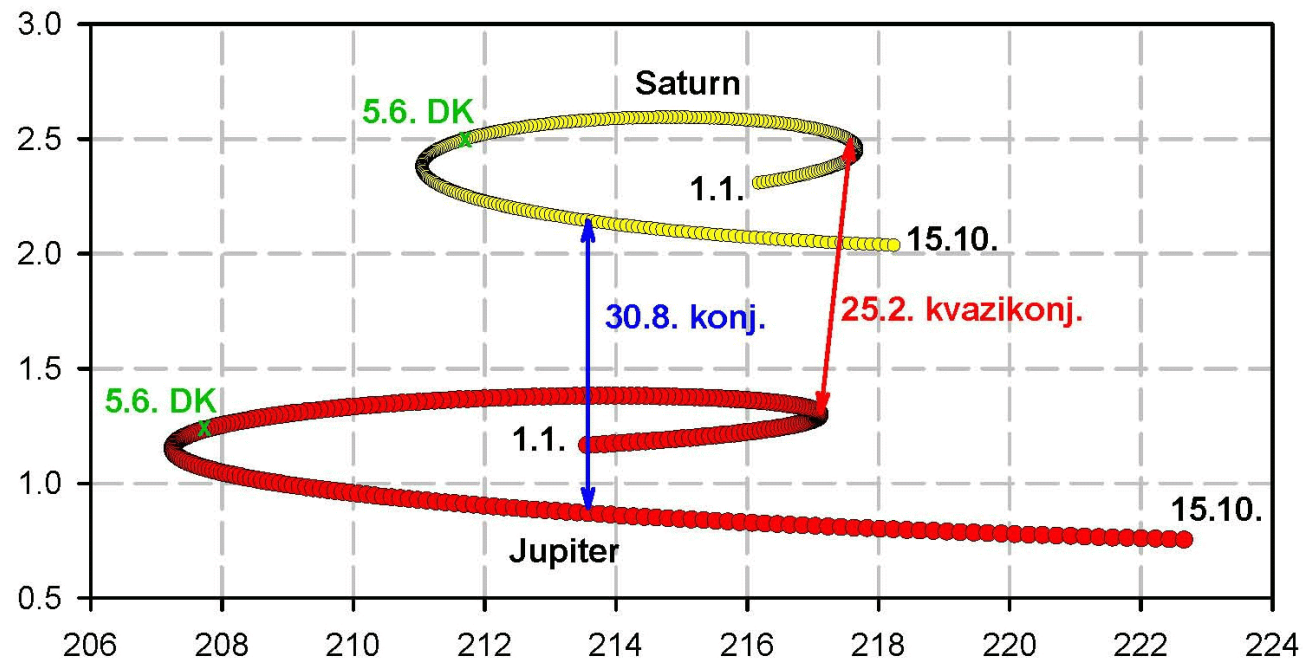
V blízkosti data z DK (1.9.501) byly nalezeny dvě konjunkce (6.9. a 26.10.) Marsu s Venuší, první z nich blízko zastávky Venuše. Datum v DK je blízko první konjunkci. Elongace od Slunce při první konjunkci byla 28° , při druhé 47° .

Konjunkce Mars - Jupiter v červenci 531



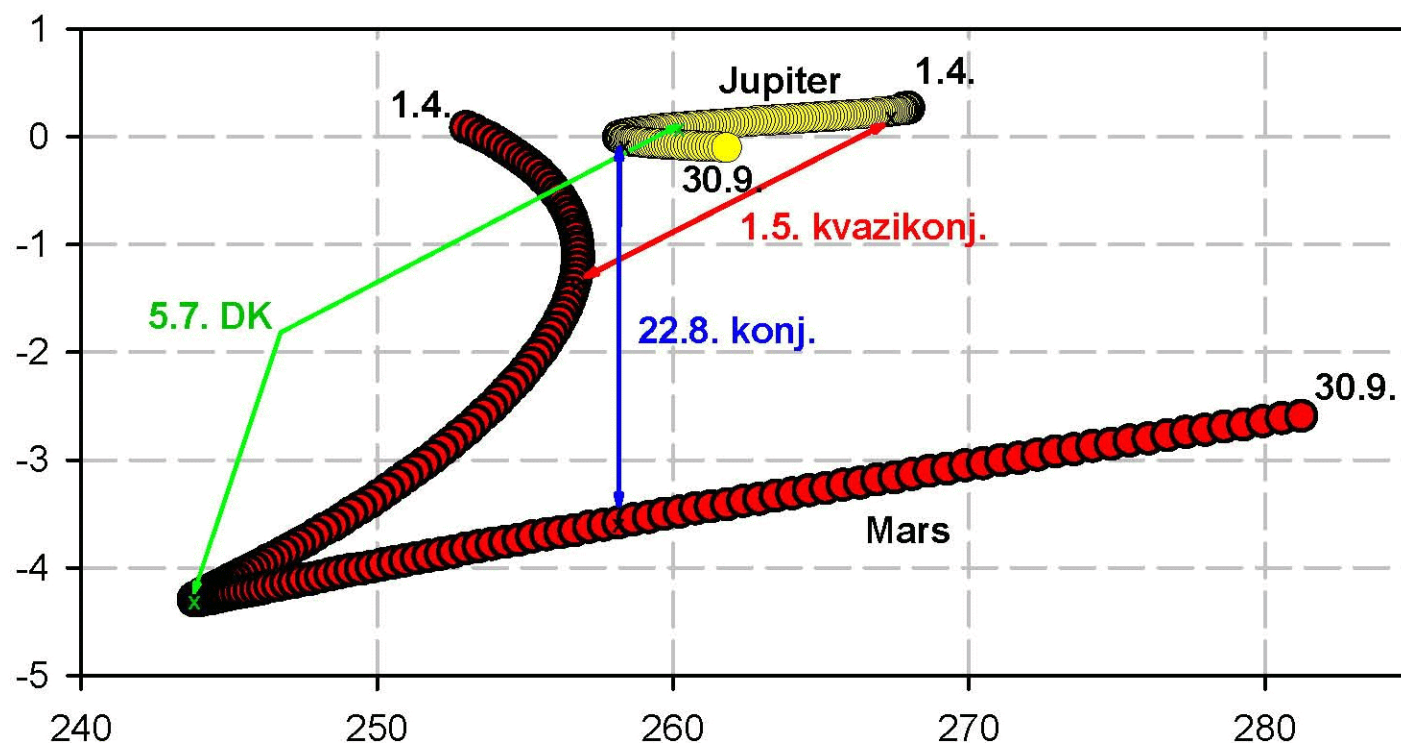
V blízkosti data z DK (26.7.531) nalezena konjunkce (22.7.) Marsu s Jupiterem. Elongace od Slunce při konjunkci byla 22° .

Dvojitá konjunkce Jupiter - Saturn v r. 571



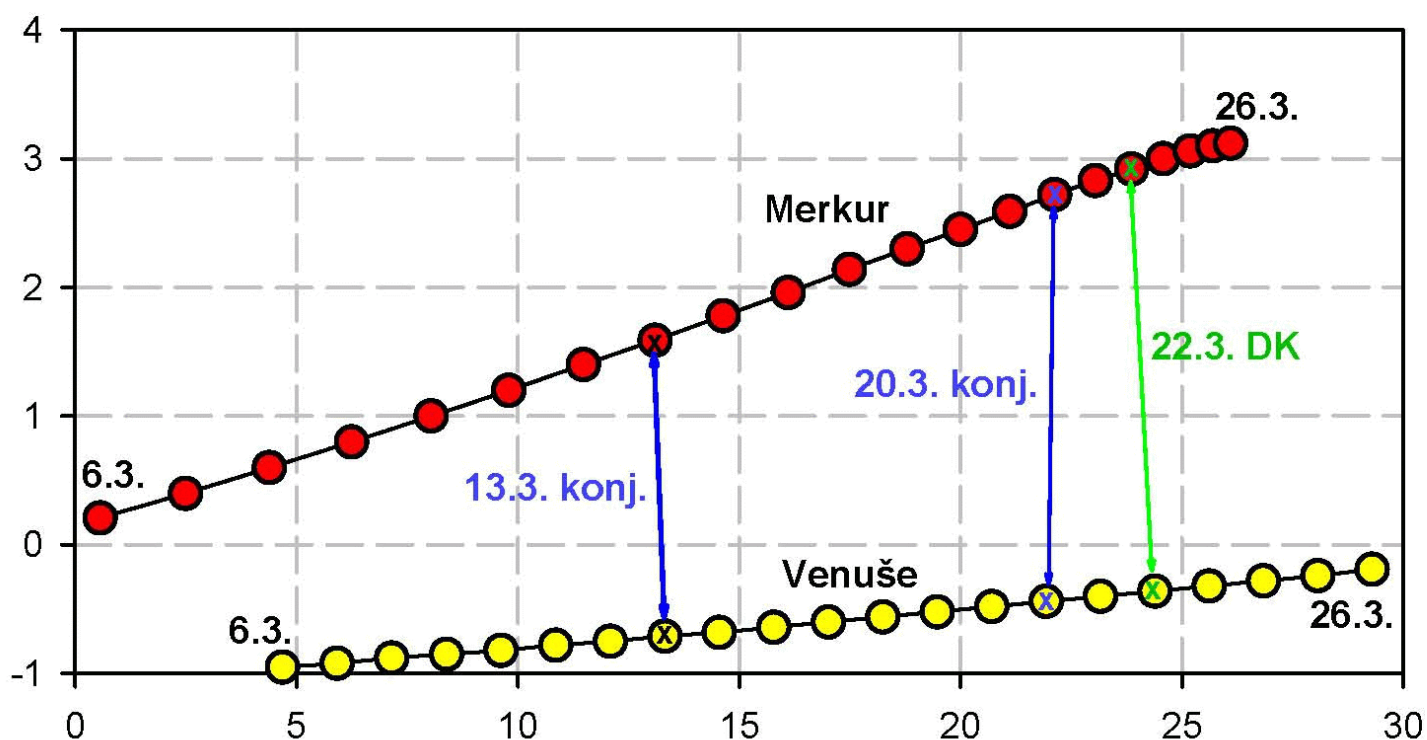
V blízkosti data z DK (5.6.571) nalezena kvazikonjunkce (25.2.) a konjunkce (30.8.) Jupiteru se Saturnem, a také dvě zastávky obou planet. Datum v DK se nachází přibližně uprostřed mezi oběma konjunkcemi, a také blízko druhé zastávce obou planet. Elongace obou planet byla v polovině roku (Jupiter 23.6., Saturn 4.7.) rovna 180° , tedy v opozici se Sluncem.

Dvojitá konjunkce Mars - Jupiter v r. 786



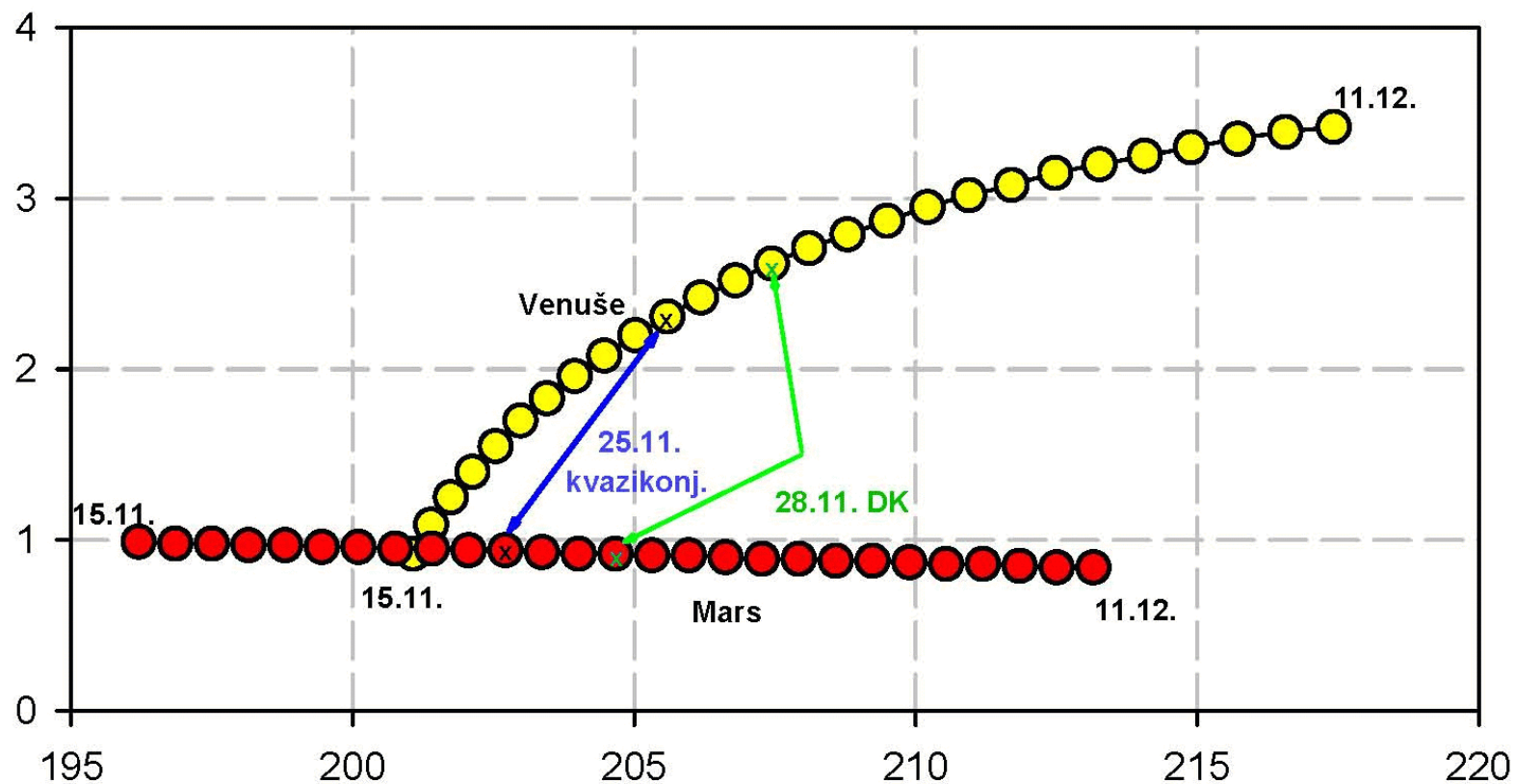
V blízkosti data z DK (5.7.786) byla nalezena kvazikonjunkce (1.5.) a konjunkce (22.8.) Marsu s Jupiterem, a také dvě zastávky obou planet. Datum v DK je blízké průměru obou konjunkcí, a také druhé zastávce obou planet. Obě planety byly v červnu v opozici se Sluncem, a jejich elongace ve dnech obou konjunkcí byly rovny 140° a 106° .

Konjunkce Merkur - Venuše v březnu 787



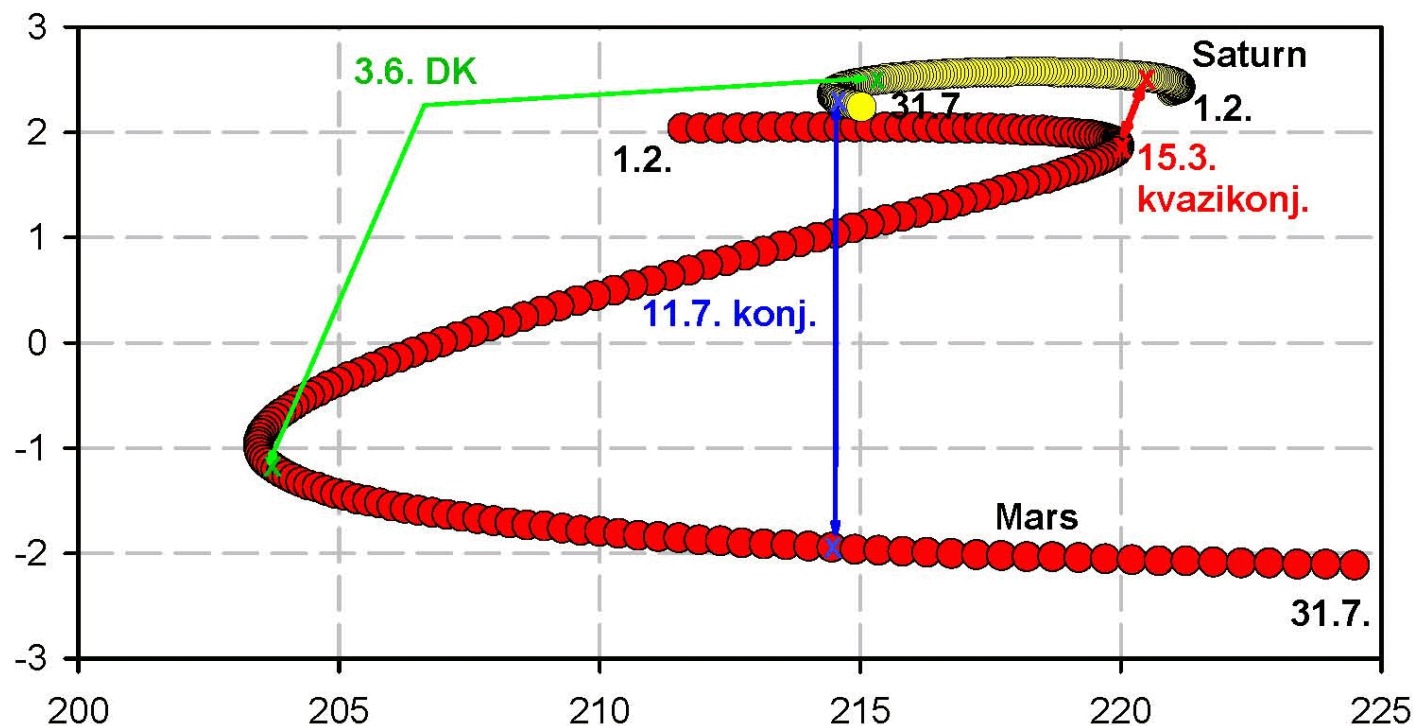
Nedaleko data záznamu v DK (22.3.787) se nacházejí dvě velmi blízké konjunkce Merkuru s Venuší (13.3. a 20.3.). Datum v DK je velmi blízko druhé konjunkci, Merkur byl po celou dobu blízko maximální elongace se Sluncem, 17° při první konjunkci a 19° při druhé.

Kvazikonjunkce Venuše - Mars v listopadu 787



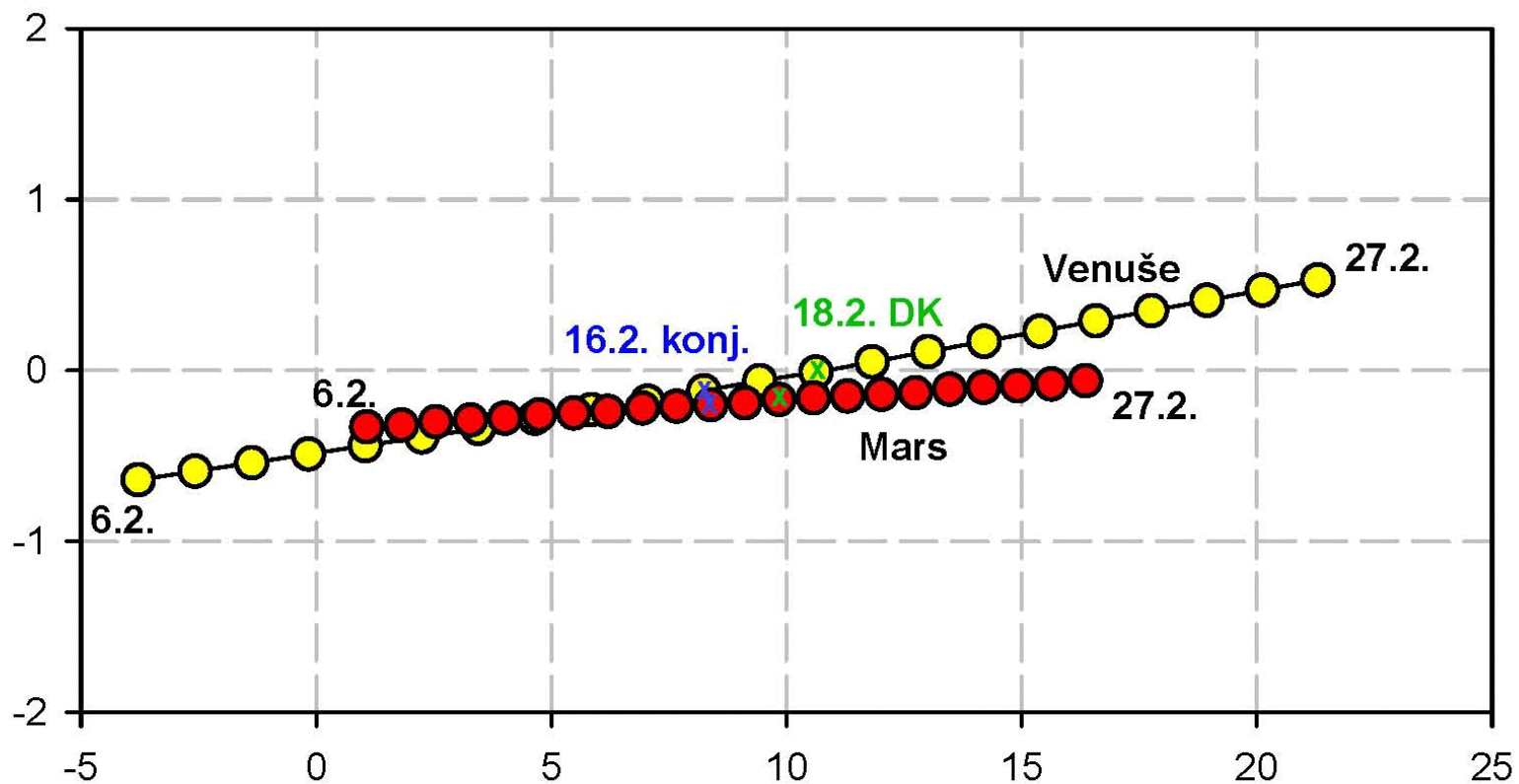
Těsně před záznamem v DK (28.11.787) nastala kvazikonjunkce Venuše s Marsem (25.11.). Elongace od Slunce byla 42°.

Dvojitá konjunkce Mars - Saturn v r. 895



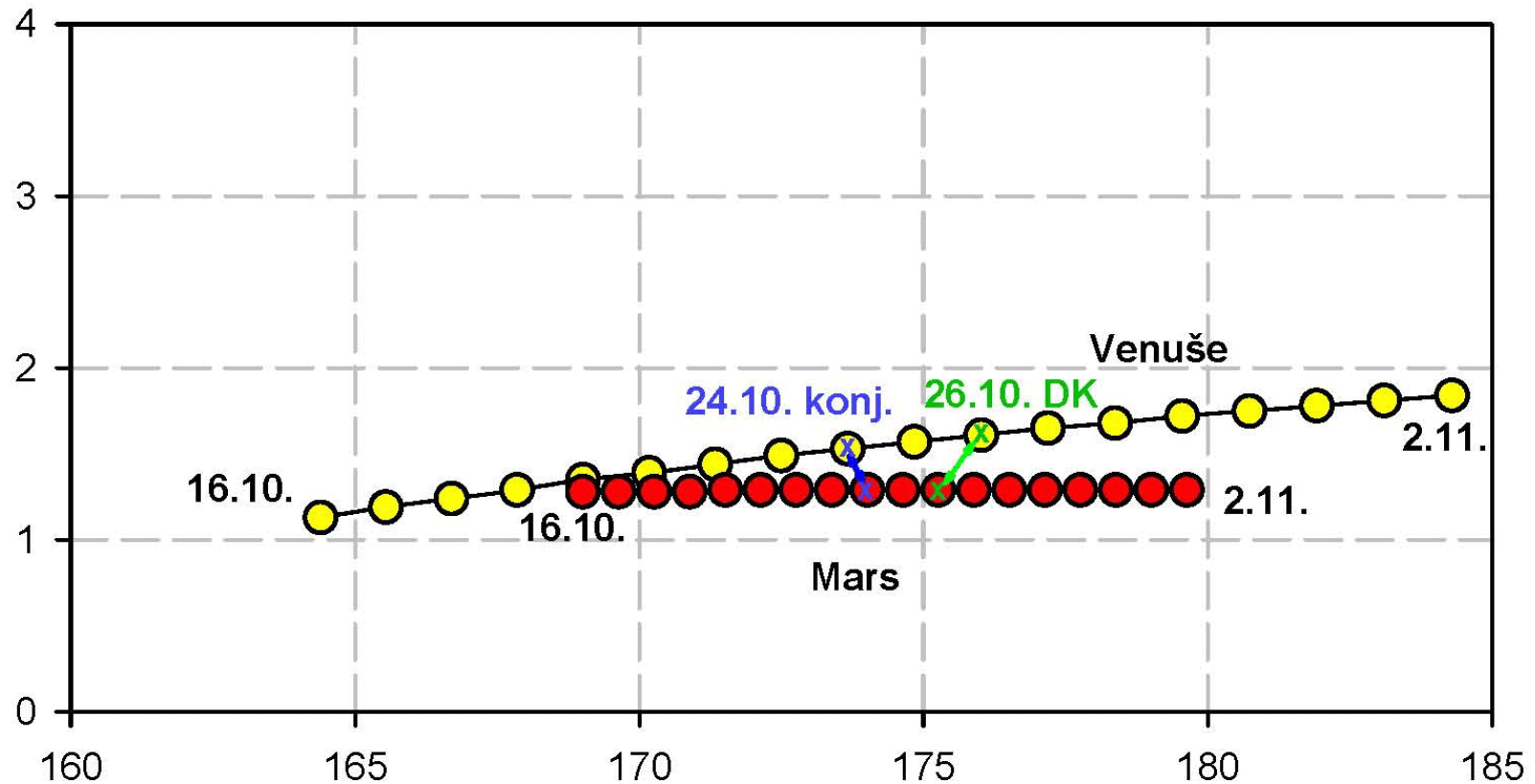
V blízkosti data z DK (3.6.895) byla nalezena kvazikonjunkce (15.3.) a konjunkce (11.7.) Marsu se Saturnem, a také dvě zastávky obou planet. Datum v DK je blízké druhým zastávkám obou planet a také průměru dat obou konjunkcí, elongace od Slunce byla 139° v případě první a 102° druhé konjunkce.

Konjunkce Venuše - Mars v únoru 896



Záznam v DK (18.2.896) je velmi blízko konjunkci Venuše s Marsem (16.2.), elongace od Slunce byla rovna 37° .

Konjunkce Venuše a Marsu v říjnu 896



Záznam v DK (26.10.896) je velmi blízko konjunkci Venuše s Marsem (24.10.), elongace od Slunce byla 42°.

Shrnutí - pozorování konjunkcí planet

- Podařilo se prokázat, že Mayové věnovali pozornost též pozorování konjunkcí planet;
- Zde je to dokumentováno 12 záznamy konjunkcí planet, nově nalezenými v Drážďanském kodexu. Zaznamenaná data se liší od skutečných konjunkcí o několik dní:
 - Planety se často pohybují paralelně po dlouhou dobu,
 - jejich vzdálenost se mění velice pomalu, a je tedy dost obtížné stanovit přesně datum jejich největšího přiblížení z pozorování pouhým okem.

Shrnutí, závěry

- Výsledky dokumentují vysokou přesnost mayských záznamů, jsou v souladu s přesností pozorování prostým okem.
- Obdivuhodná je schopnost Mayů pozorovat s vysokou přesností různé astronomické úkazy i jejich matematická dovednost při odhalování jejich zákonitostí (periodických opakování) a využívat je pro předpovědi do budoucna.
- Všechny zde diskutované mayské záznamy odpovídají skutečným úkazům, použije-li se korelace bratří Böhmů.

