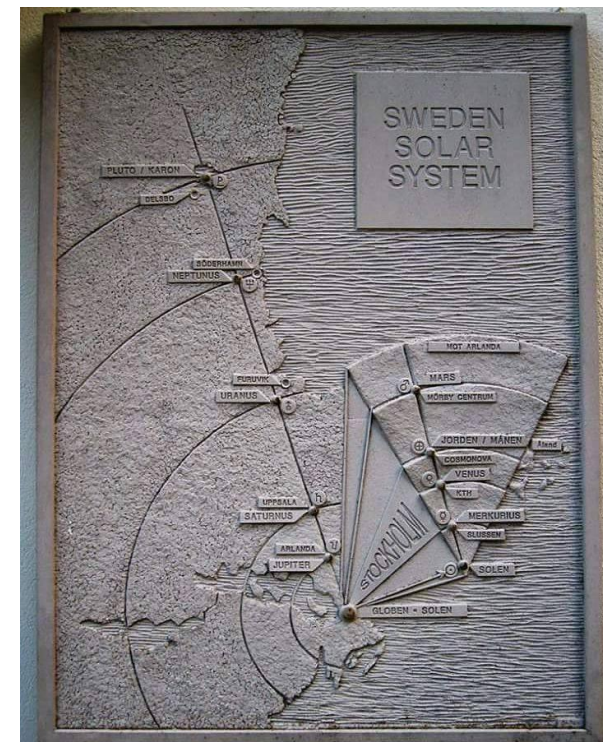


Interpretace pozorování planet na obloze a hvězdné obloze

- role vztažné soustavy
- modely Sluneční soustavy

stejná pozorování je možné vysvětlit různými modely!
heliocentrický x geocentrický model



<https://twistedifter.com/2014/10/the-sweden-solar-system-scale-model/>



Tanec planet

pro popis pohybu planet je důležitá zvolená vztažná soustava!

na obloze

výskyt planet

u nás nikdy ne severním směrem
a v zenitu

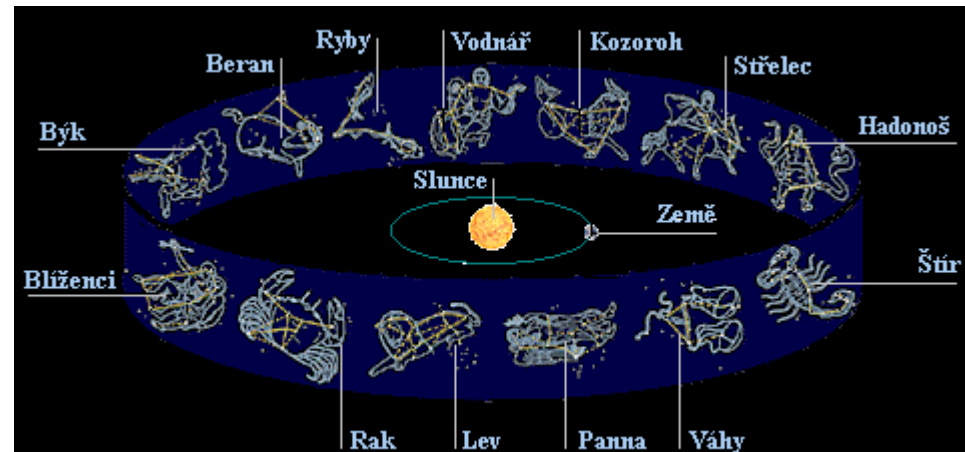
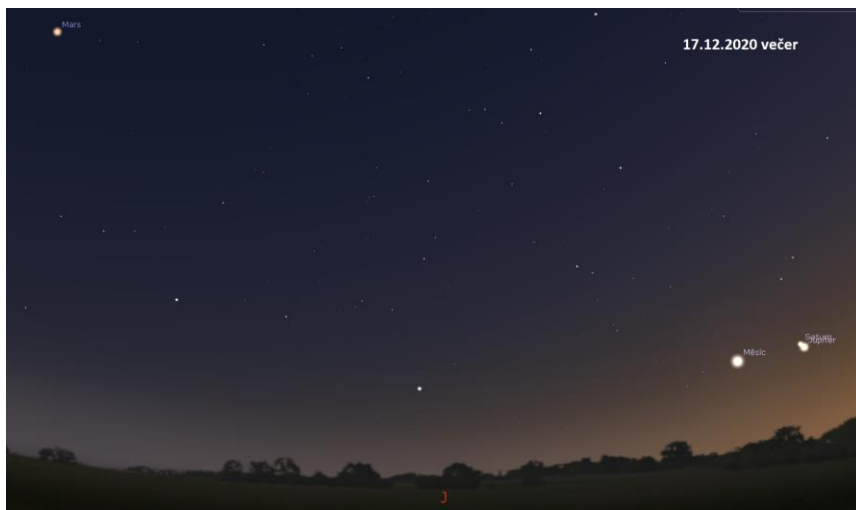
pohyb planet

od východního obzoru přes jih
k západnímu obzoru
(v průběhu dne, noci)

na hvězdné obloze

vždy poblíž ekliptiky => v tzv.
ekliptikálních souhvězdích

pomalý pohyb vůči hvězdnému
pozadí, tvoří smyčky, kličky
(v průběhu dnů, týdnů)

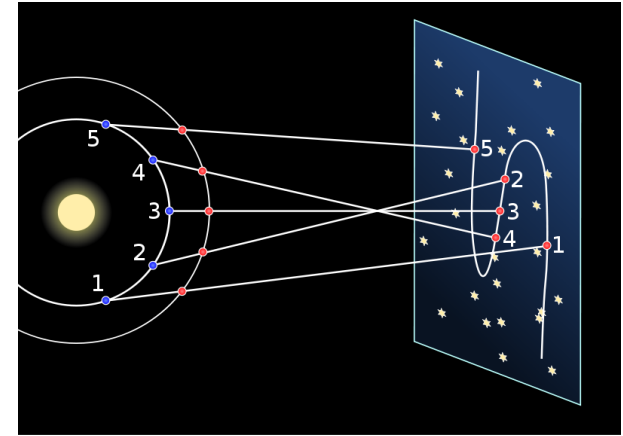


Smyčky a kličky planet

Pohyb planet na hvězdné obloze – kličky, smyčky - skládáním pohybů sledované planety a Země

siderická oběžná doba = oběžná doba planety
vzhledem ke hvězdám

synodická oběžná doba – časový interval mezi dvěma
po sobě jdoucími stejnými fázemi, postavením
objekt (planeta, Měsíc...)-Země-Slunce



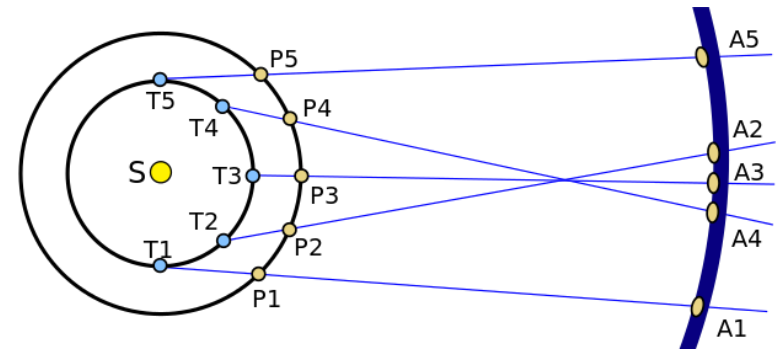
P_z – siderická doba oběhu Země

P_p – siderická doba oběhu planety

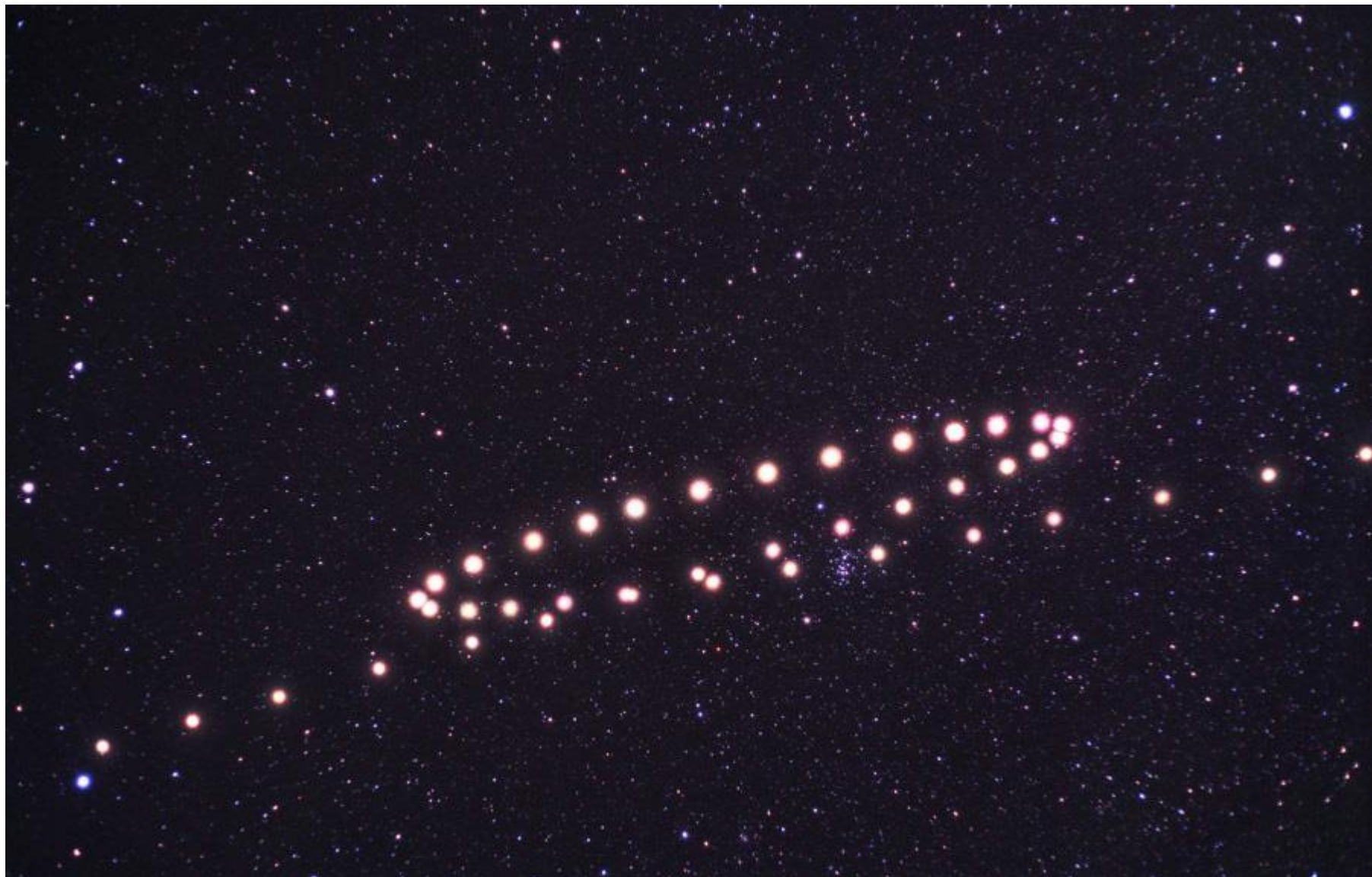
za 1 den urazí ... $360^\circ/P_z$, resp. $360^\circ/P_p$

rozdíl za 1 den $|360^\circ/P_z - 360^\circ/P_p|$

postavení se zopakuje za dobu S , kdy rozdíl = 360°



$$\left| \frac{360}{P_z} - \frac{360}{P_p} \right| S = 360 \Rightarrow \left| \frac{1}{P_z} - \frac{1}{P_p} \right| = \frac{1}{S}$$



Smyčka, kterou vykonala planeta Mars mezi hvězdami souhvězdí Raka, v rozmezí od října 2009 do května roku 2010. Foto: Tunc Tezel.

Aspekty

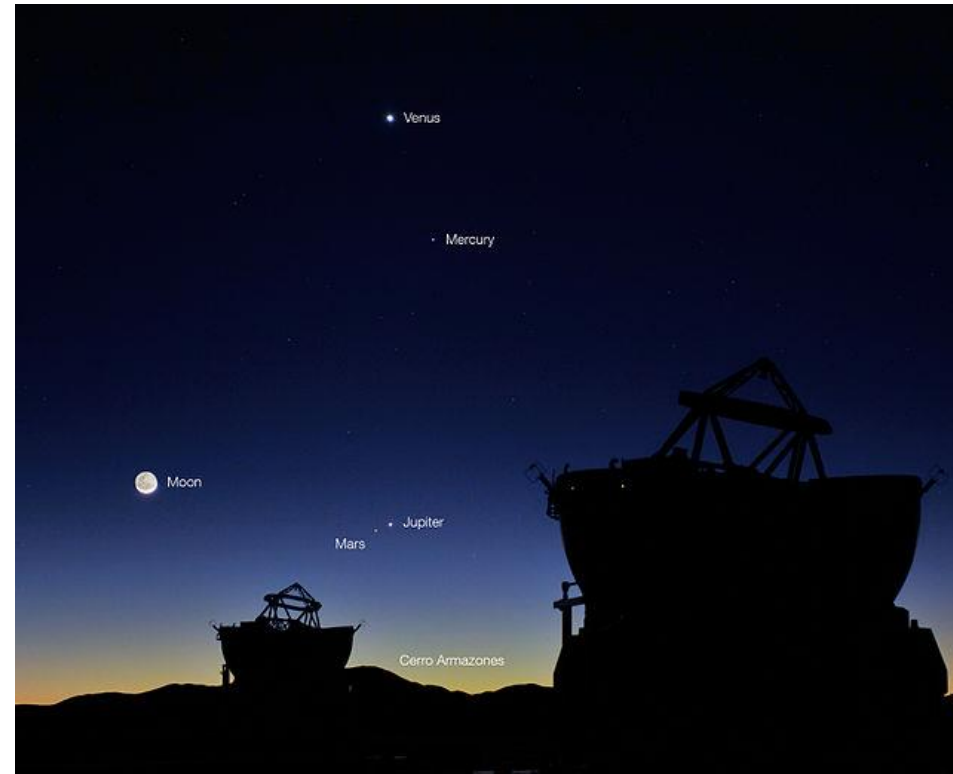
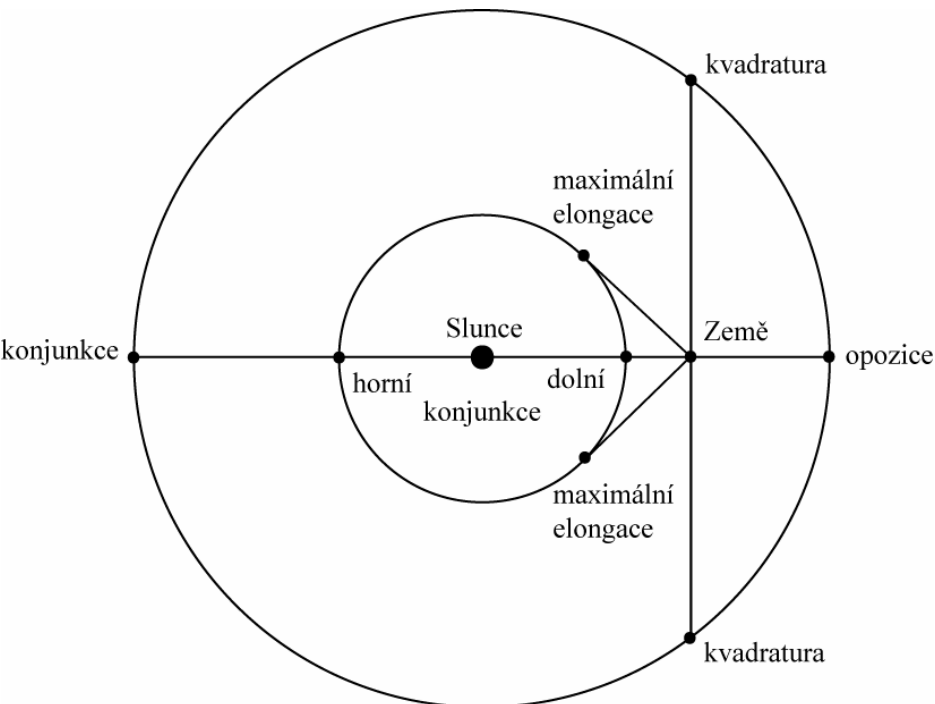
= významné polohy vůči Zemi a Slunci

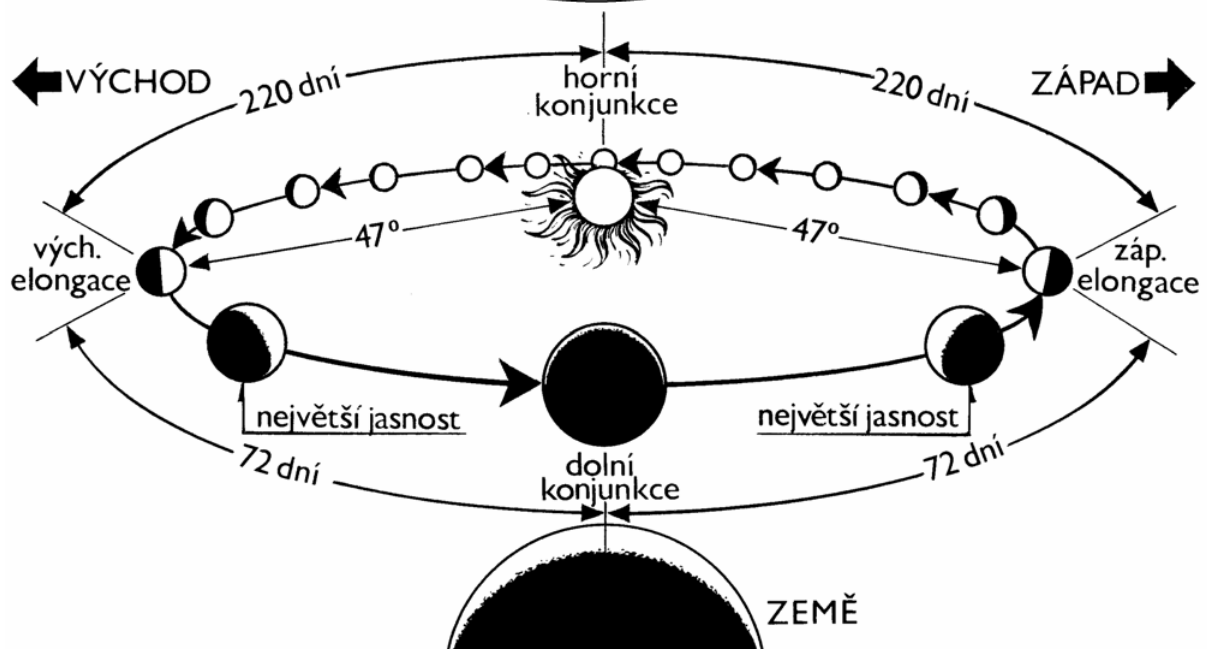
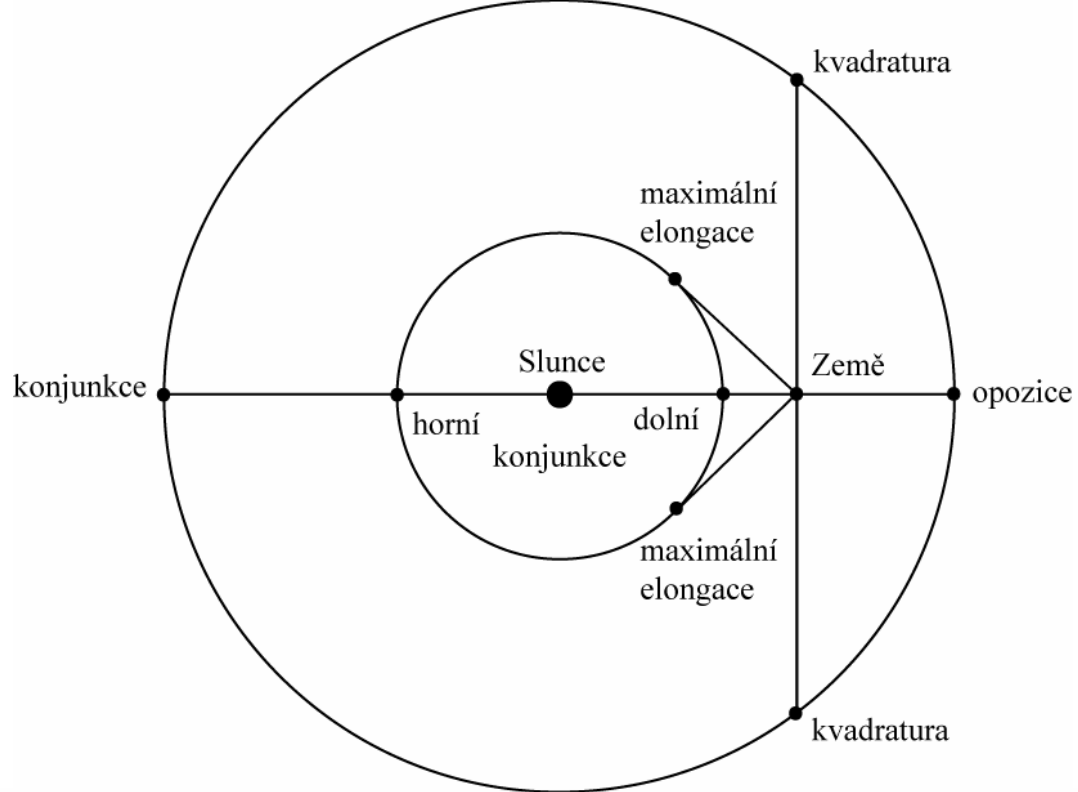
konjunkce = dvě planety (obecně dvě různá tělesa) stejným směrem od Země, mají stejnou rektascenzi $\alpha_1 = \alpha_2$

opozice = dvě tělesa v opačných směrech, rozdíl rektascenzí $\Delta\alpha = 180^\circ = 12^h$; nedosažitelná pro vnitřní planety

elongace = obecná úhlová vzdálenost planety od Slunce

kvadratura = úhlová vzdálenost planety od Slunce 90°



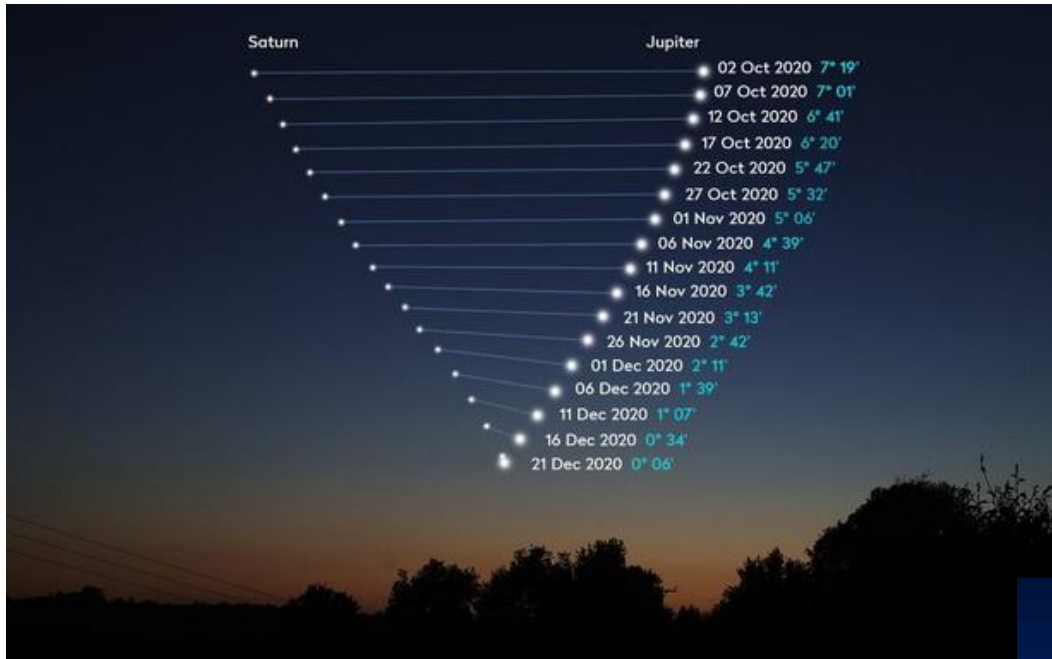




Měsíc, Venuše, Jupiter

Velká konjunkce Jupiteru a Saturnu 2020

21.12. 2020 Jupiter $0^{\circ} 6'$ od Saturnu (nejtěsnější od r. 1623)



Betlémská hvězda

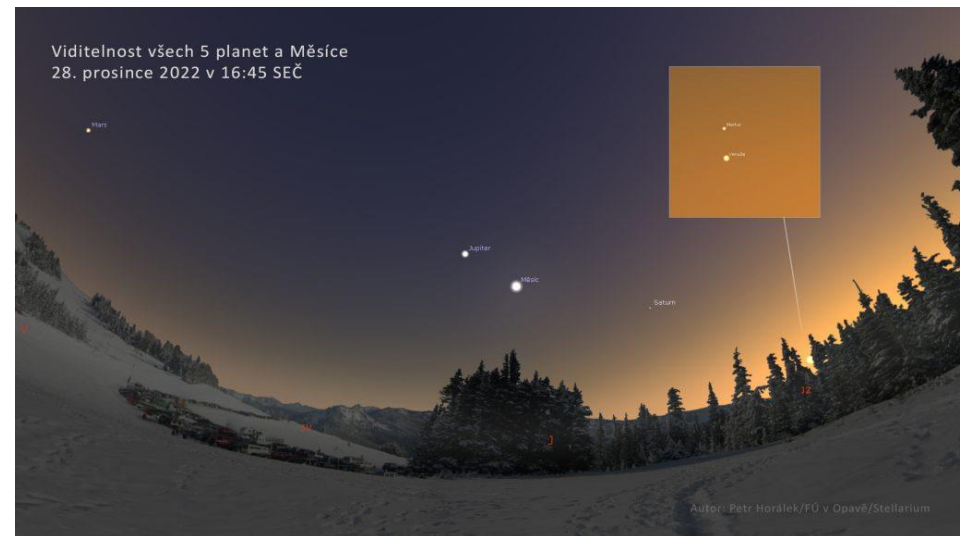
Úkazy lze najít např. ve Hvězdářské ročence

<http://rocenka.observatory.cz/>

2 př.n.l. – konjunkce Venuše a Jupiteru
6 př.n.l. – konjunkce Jupiteru a Saturnu

Významné úkazy 2022

1. května 2022 - konjunkce Venuše a Jupiteru
2. polovina června - 5 planet v řadě – všechny očima viditelné planety Sluneční soustavy a Měsíc pozorovatelné v jediný okamžik - znovu (před koncem letoška a pak až roku 2036)
14. srpna - opozice Saturnu se Sluncem
26. září - Jupiter v opozici se Sluncem
25. října - částečné zatmění Slunce
8. prosince – Mars v opozici se Sluncem; **zákryt Marsu Měsícem v úplňku**
- 27.-31.12. – pětice planet pozorovatelná najednou



Modely Sluneční soustavy

geocentrický



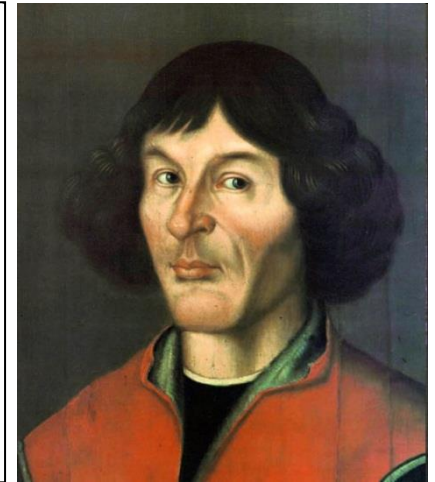
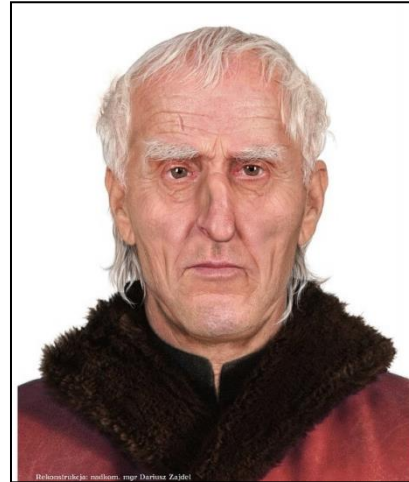
Klaudios Ptolemaios
(řecký učenec,
asi 90 - asi 168 n.l.)

něco mezi 😊



Tycho Brahe
(1546 – 1601)

heliocentrický

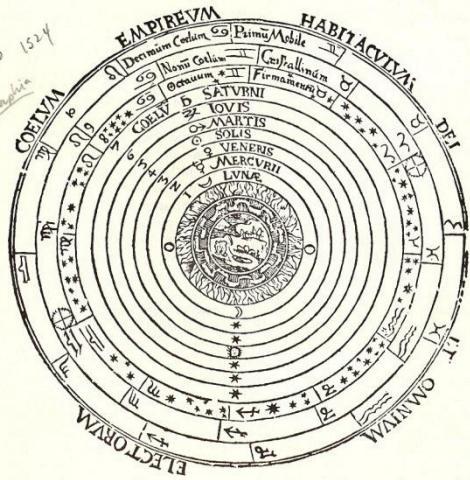


Mikuláš Koperník
(1473-1543; ale už např.
kolem 280 př.n.l. Aristarchus
ze Sámu a jiní!)

Speculativa ordine et dimensione

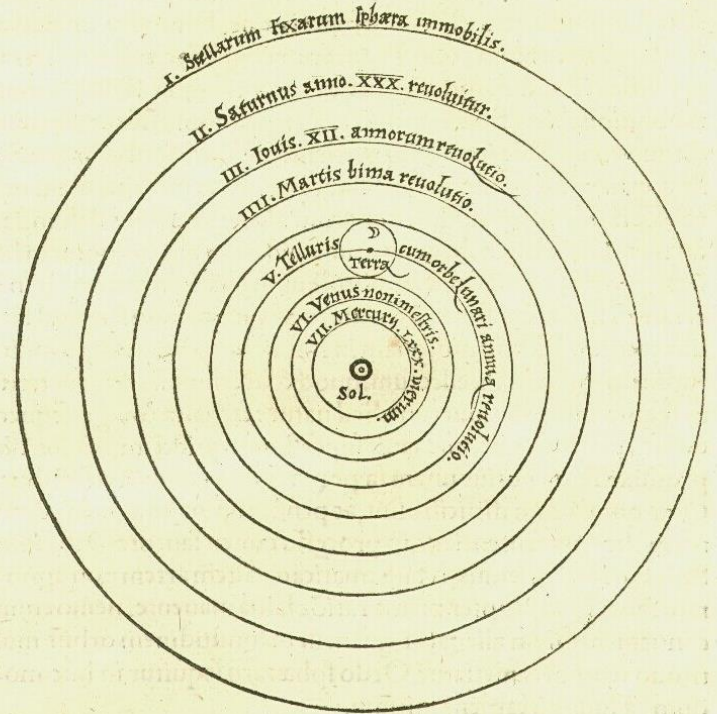
Schema prædictæ diuisionis.

*Antiquum 1524
Opera Cosmographia*

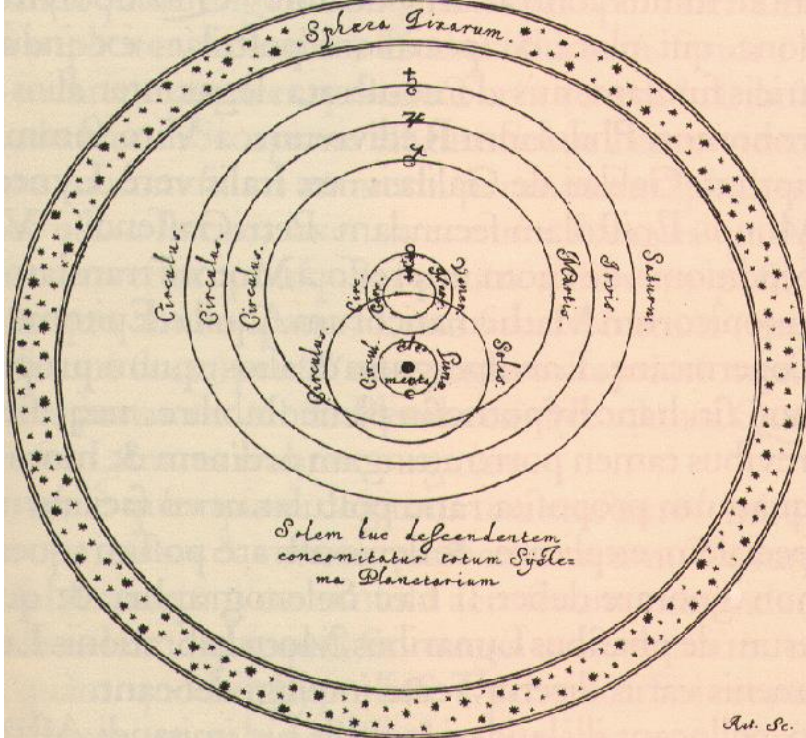


NICOLAI COPERNICI

net, in quo terram cum orbe lunari tanquam epicyclo contineri diximus. Quinto loco Venus nono mense reducitur. Sextum deniqz locum Mercurius tenet, octuaginta dierum spacio circū currens. In medio uero omnium residet Sol. Quis enim in hoc



Hypothesis Tyconica.



*Solem huc descendente
concomitatur totum Systema
Planctarium*



ASTRONOMIA NOVA
ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΤΟΣ,

SEV

PHYSICA COELESTIS,

tradita commentariis

DE MOTIBVS STELLÆ

MARTIS,

Ex observationibus G. V.

TYCHONIS BRAHE:

Jussu & sumptibus

RVDOLPHI II.

ROMANORVM

IMPERATORIS &c:

Plurium annorum pertinaci studio
elaborata Pragæ,

A S. C. M.^o S. Mathematico

JOANNE KEPLERO,

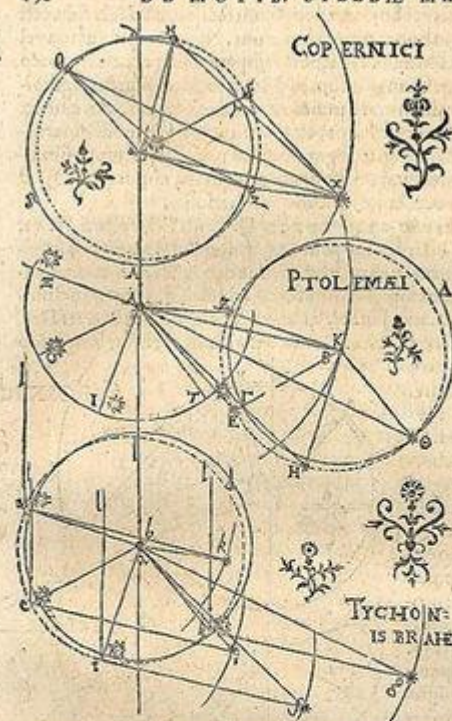
Cum ejusdem C. M.^o privilegio speciali

ANNO MDCIX Dionysianæ clō Io c ix.

132

DE MOTIB. STELLÆ MARTIS

CAP.
XXIV.



SOLIS verget in
 $5\frac{1}{2}^{\circ}$ ex: quoniam
hunc gradum cap.
xxv libere inq̄-
sturi sumus quib̄
incognitum. Et si
TERRA A MDCX
in 3, anno MDCXII
in 8, anno MDCXIII
in 1, anno MDCXV
in 7. Et anḡus
3 a' n a s' 1 a' 2 a'
quales, quia a est
punctum equali-
tatis, & periodica
Martis tempora
presupponuntur a-
qualia. Sitq; Pla-
neta his quatuor
vicibus in 2, quaq;
linea apsidum a 2.
Est ergo angulus
3 a' 2 secundum
indicium anoma-
lie commutationis
coequata 127.5.1.
Quod visum
locum Martis at-
tinet, si die xv an-
tecedente hora si-
mili fuit 22.22 r.

diurnus ejus dici esset 44. Ergo ad nostrum tempus visus fuit in 25.6 r. qui
est sine linea 3 a. Sed a 2 tendit in 15.55.45 r. Ergo 3 a 2 est 20.47.45. Re-
siduus igitur a 3 a ad 2 a 2, quam dicemus esse partium 100000: sic 3 a 2 a
ad 3 a 2 a questum. Est ergo 3 a 2 a 66774.

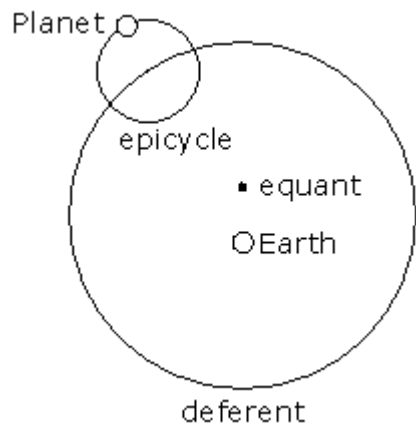
Quod si reliqua 2 a, 1 a, 2 a, ejusdem prodibunt longitudinis, fal-
sum erit quod suspicor: at si diversæ, omnino vicero.

SECUNDO igitur, anno MDCXII ad nostrum momentum est longitudo
coequata i. 15.55.23: commutatio coequata 8.24.10.34. hoc est, 2 a 2 angu-
lus est 34.10.34. Visus est die xxiii Januar. H. vii. M. xv in ii. 34. r
correctio per parallaxin adhibita. Et est motus bidui ejus i. 25. Ergo die
xxi hora vii M. xv in 10.9. r est visus. Residua scrupula horæ abjici-
ant dimidium minutum. Ergo angulus 2 a 2 est 35.46.23, 3 a 2 a 60.5.3,
& a 2 67467 jam longior quam a 3. Sane quia Sol. versus perigæum descen-
dit, &

Titulní strana *Astronomia Nova* (1609)

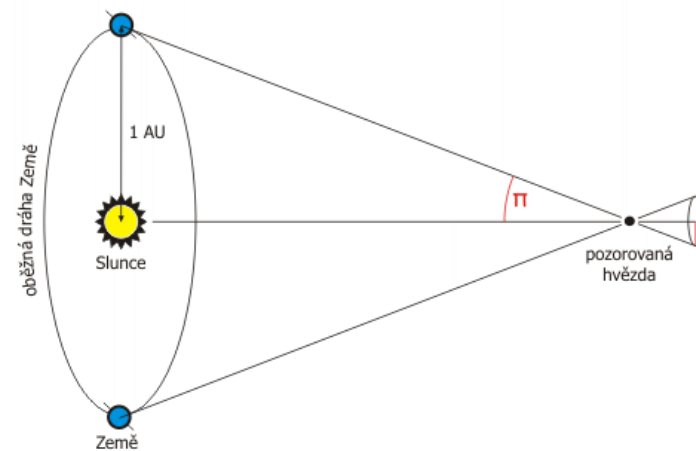
Str. 132 – srovnání pohybu planet v modelech Sluneční soustavy, jak jej popisují Kopernik, Ptolemaios a Brahe

Geocentrismus



Problémy heliocentrické teorie:

- Země v pohybu? – není nic cítit
- není vidět paralaxa hvězd
- geocentrický = egocentrický – tj. více „přirozený“





OHROŽUJETE SVÉ ZDRAVÍ, PANE MÁLEK. ALE PŘESTO JE MI VAŠE POTŘEBA
MYSLĚT SAMOSTATNĚ SYMPATICKÁ. . .

Keplerovy zákony

co bylo dříve?

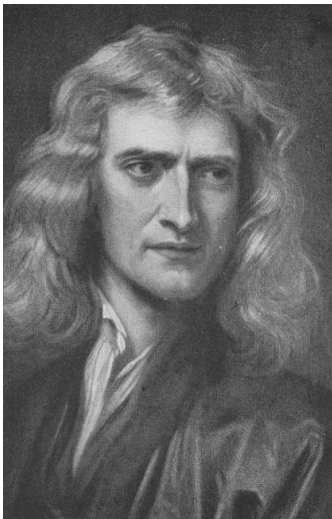
popis pohybu planet nebo zdůvodnění pohybu planet?

co určuje pohyby planet (všech těles) Sluneční soustavy?

fyzikální zákony pohybu těles v gravitačním poli (zákony mechaniky + gravitační zákon) - 2. polovina 17. století Isaac Newton

co popisuje pohyby planet?

Keplerovy zákony – počátek 17. století Johannes Kepler z pozorování poloh Marsu na hvězdné obloze z konce 16. století (Tycho Brahe)



1. Keplerův zákon

Dráhy planet jsou elipsy, v jejichž jednom (společném) ohnisku se nachází Slunce.

Důsledky:

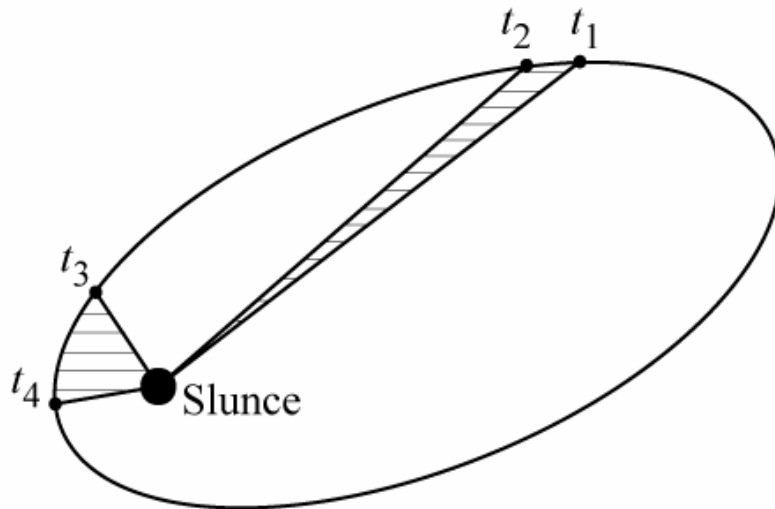
- dráha planety leží v rovině, která obsahuje Slunce;
- poloha oběžné roviny v prostoru (vůči vzdáleným hvězdám) je stálá

2. Keplerův zákon

Průvodič planety opíše za stejné doby stejně velké plochy.

Důsledky:

- pohyb planety po elipse je nepravidelný,
- planeta se pohybuje nejrychleji v perihelu, nejpomaleji v afelu,
- léto a zima nejsou stejně dlouhé



$$t_2 - t_1 = t_4 - t_3$$

t_1, \dots, t_4 jsou časové okamžiky

3. Keplerův zákon

Poměr druhých mocnin oběžných dob libovolných dvou planet je roven poměru třetích mocnin velkých poloos jejich drah.

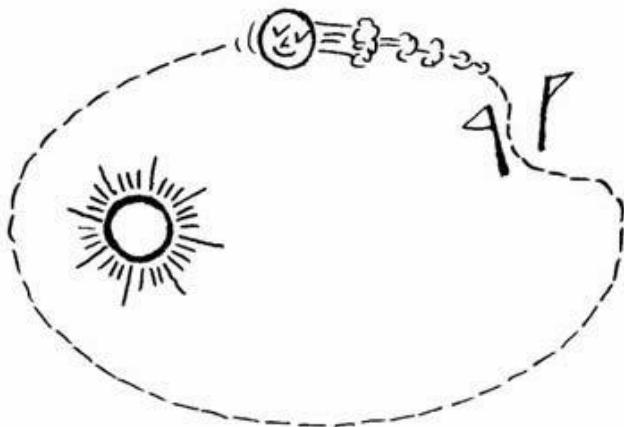
Nutný předpoklad: hmotnost centrálního tělesa (Slunce) \gg hmotnosti planet !!!

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \Rightarrow \frac{a^3}{T^2} = \textit{konst.}$$

Existuje i přesné vyjádření 3. Keplerova zákona – předpoklad o hmotnosti centrálního tělesa už nemusí platit!

$$T^2 = \frac{4\pi^2 a^3}{G(M + m)}$$

v rámci Sluneční soustavy, ale $m \ll M$



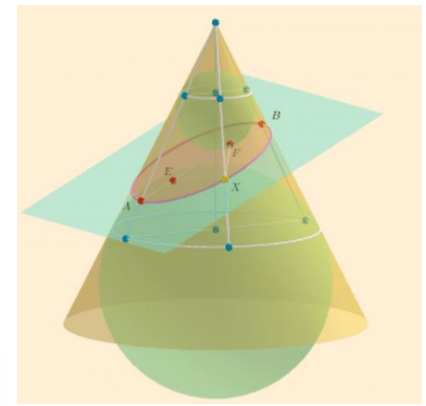
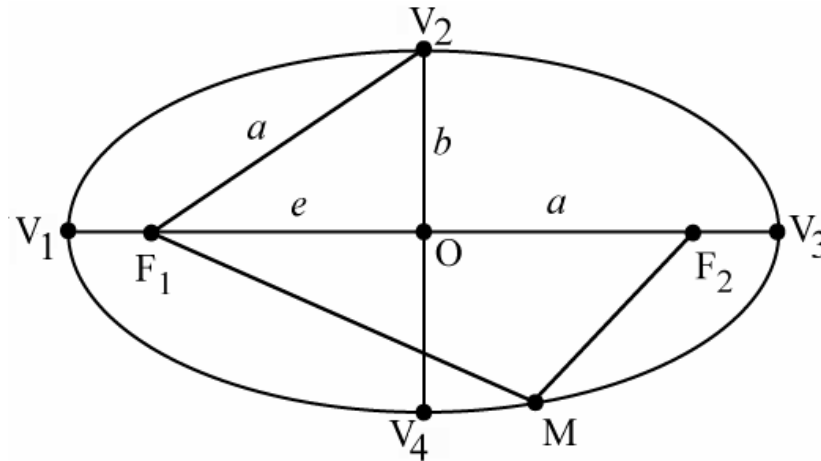
$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{GM_{\odot}}{4\pi^2}$$

ČTVRTÝ KEPLERŮV ZÁKON

Kuželosečky

Elipsa = množina bodů M , které mají od dvou daných bodů F_1 a F_2 , tzv. **ohnisek elipsy** – konstantní součet vzdáleností rovný $2a$ (a je velká poloosa elipsy)

$$F_1M + MF_2 = 2a$$



O ... střed elipsy, V_1, V_3 ... hlavní vrcholy, V_2, V_4 ... vedlejší vrcholy
vrcholy elipsy V_1, V_3 = apsidy => spojnice vrcholů – **přímka apsid**

Velká osa elipsy = přímka, procházející oběma ohnisky = *délka* úsečky V_1V_3
velká poloosa elipsy = polovina V_1V_3 .

Vzdálenost $OV_1 = OV_3 = a$... velká poloosa, $OV_2 = OV_4 = b$... malá poloosa,

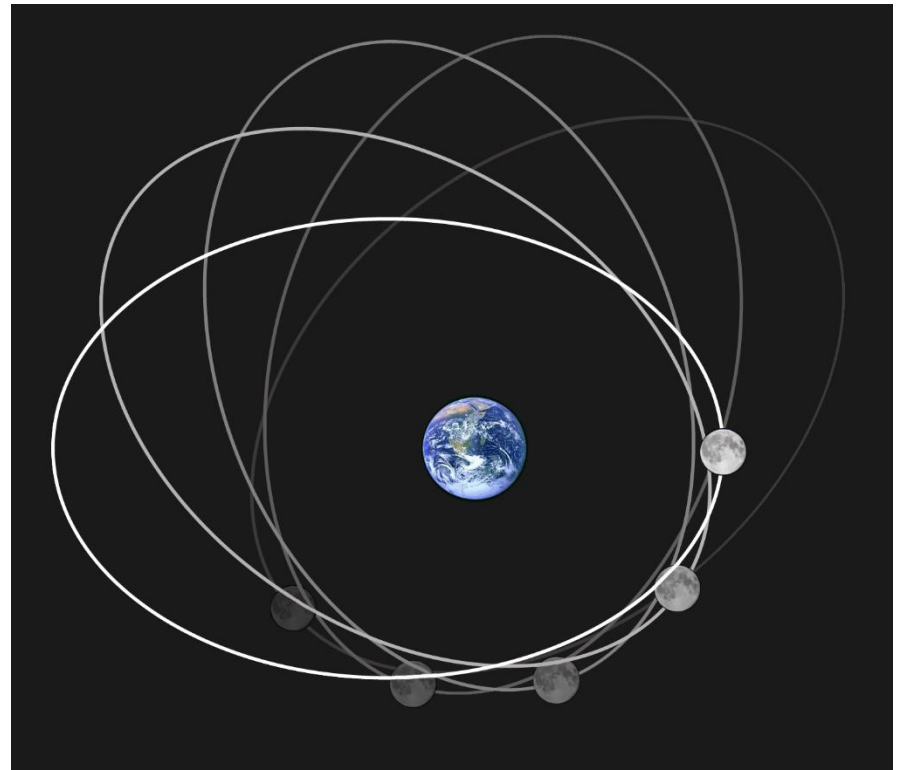
$OF_1 = OF_2 = e$... **výstřednost**,

$OF_1/OV_1 = \varepsilon$... **číselná výstřednost (numerická excentricita)**

Mezní případ elipsy - kružnice, $F_1 = F_2 = O$, výstřednost elipsy $e = OF_1 = OF_2 = 0$

Speciální označení některých apsid

<u>centrální těleso</u>	<u>bod V_1</u>	<u>bod V_3</u>
Slunce	perihel	afel
Země	perigeum	apogeum
hvězda	periastron	apastron
obecně	předpona <i>peri-</i>	předpona <i>ap-</i> (<i>apo-</i> , <i>apa-</i>),



Precesní stáčení
přímky apsid u Měsíce