

KRAJSKÁ HVEZDÁREŇ A PLANETÁRIUM P R E Š O V

P O H Y B Y T E L I E S V S L N E Č N E J

S Ú S T A V E

I. časť

Metodický materiál pre astronomické krúžky vo Východoslovenskom kraji

POHYBY TELIES V SLNEČNEJ SÚSTAVE

1. časť

Ú v o d

Pri globálnom pohľade na slnečnú sústavu môžeme vymenovať tieto spoločné charactersistiky pohybov telies v nej:

- 1/ všetky planéty a väčšina planétok obiehajú okolo Slnka približne v jednej rovine,
- 2/ obiehajú v rovnakom smere,
- 3/ aj Slnko rotuje tým istým smerom,
- 4/ dokonca aj planéty rotujú okolo svojej osi prevažne v tom istom smere,
- 5/ i mesiace planét obiehajú aj rotujú okolo svojej planéty prevažne v tom istom smere, v akom sa deje pohyb planéty,
- 6/ čím je planéta ďalej od Slnka, tým pomalšie okolo neho obieha,
- 7/ tvar dráhy planét je elipsa blízka kružnici.

Pri detailnejšom pohľade uvidíme, že každá planéta je v svojom pohybe niečím osobitá alebo inak zaujímavá. Pohyb menších telies slnečnej sústavy je ešte zaujímavejší a rôznorodější. Veľa pozoruhodných javov, týkajúcich sa pohybu, má príčinu v tom, že celý vesmír pozorujeme hlavne zo Zeme.

Okrem zaujímavostí telies slnečnej sústavy budeme spolu hľadať cestu k správne mu pochopeniu napríklad toho, ako sa skladajú pohyby okolo vlastnej osi a pohyby okolo Slnka. Veď je dôležité učiť sa rozmýšľať, lebo potom stačí málo základných poznatkov a dajú sa správnu logickou cestou použiť na mnohé potrebné ciele.

Niektoré časti sú vhodné pre žiakov 5.ročníkov, iné sú dosť náročné i pre nadpriemerného ôsmaka.

Súčasťou textu sú obrázky. Takmer všetky majú nesprávnu mierku - kvôli názornosti. Prosím Vás, aby ste si tento fakt pri každom obrázku uvedomili a rozmýšľali nad tým, ako by vyzeral pri správnej mierke.

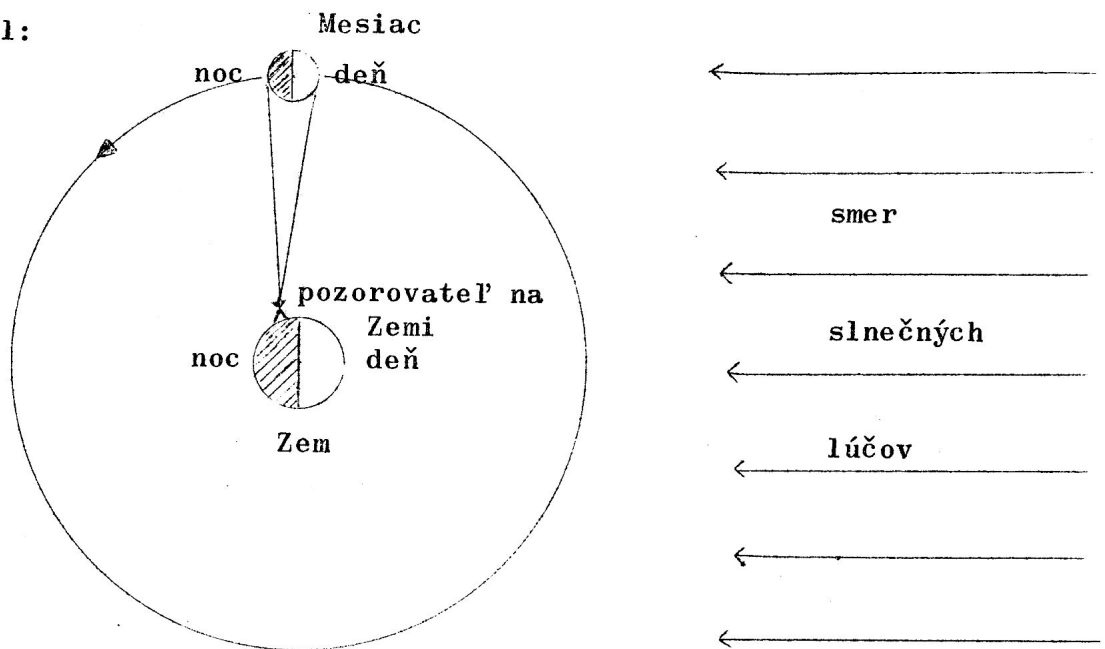
M E S I A C - N A J B L I Ž Š Í S P O L O Č N Í K

a/ Prečo mesiac vidíme v rôznych fázach ?

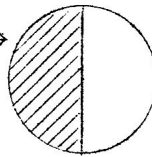

Mesiac obieha okolo Zeme vo vzdialenosti približne 380.000 km Svieta len odrazeným slnečným svetlom. Ak je na oblohe, môžeme z neho vidieť len tú časť, na ktorú dopadajú slnečné lúče. Dá sa to povedať aj takto: vidíme len tú časť Mesiaca, na ktorej je deň a súčasne je viditeľná zo Zeme.

Najlepšie fázy Mesiaca, pochopíme, ak si budeme trpezlivo kresliť obrázky: Mesiac bude postupne v rôznych bodoch svojej dráhy a budeme si všímať, kde je deň a kde je noc na Mesiaci a ako vidíme celú situáciu zo Zeme. Navrhujem, aby sme obrázky kreslili pri pohľade zhora, ako keby sme boli vysoko nad severným zemským pólom. Kvôli tomu, aby sme lepšie videli, kde je na Mesiaci deň a noc, budeme úmyselne obrázky kresliť v nesprávnej mierke, lebo ak má nakreslená Zem priemer 1,3 cm a Mesiac 0,3 cm, potom vzdialenosť medzi nimi by mala byť 38,4 cm a Slnko by malo byť vo vzdialenosti približne 160 metrov.

Obrázok č. 1:



Ako vidí Mesiac pozorovateľ na Zemi? Skúsme sa pozrieť na problém z jeho pohľadu:

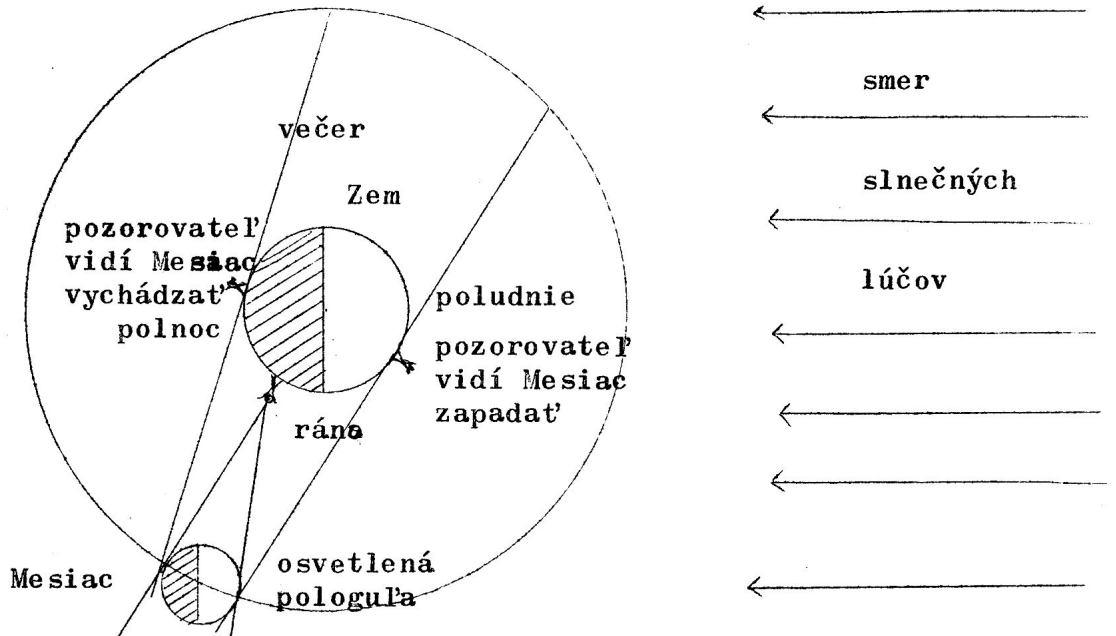
neosvetlená, nočná strana Mesiaca, pozorovateľ ju nevidí →  ← denná, osvetlená strana Mesiaca, ktorú vidí pozemšťan ⇒ 

Pre pozorovateľa na Zemi je Mesiac v prvej štvrti, vyzerá ako písmeno D.

Ďalšie podobné obrázky si nakreslite sami !

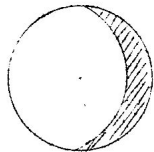
Ak je pre Vás táto úloha veľmi jednoduchá, môžete ešte porozmýšľať o tom, v ktorých fázach je Mesiac pozorovateľný zo Zeme i cez pozemský deň, v ktorej fáze je pozorovateľný len v noci a pod.

Obrázok č. 2 :

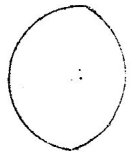


Vybraný pozorovateľ vidí Mesiac takto :

/otočte si obrázok č. 2!/
osvetlená časť
Mesiaca



neosvetlená
časť Mesiaca,
ktorú pozorovateľ nevidí,
čiže vidí :



Mesiac je niekoľko dní po splne, ale ešte nenastala posledná štvrt'.

Zo Zeme môžeme vidieť Mesiac ako vychádzajúci v tých oblastiach, kde je asi 22 hodín miestneho času a ako zapadajúci v tých častiach Zeme, kde je asi 10 hodín miestneho času predpoludním.

Pozn.: Popolavý svit Mesiaca, ktorý pozorujeme niekoľko dní po nove, je spôsobený tým slnečným svetlom, ktoré sa odrazilo od atmosféry Zeme, dopadlo na Mesiac a opäť sa odrazilo na Zem.

Ďalšia úloha je veľmi podobná: Predstavte si, že ste práve pristáli na Mesiaci. Ako vidíte Zem? Je osvetlený celý kotúč Zeme, alebo len istá časť? Závisí to samozrejme od toho, v ktorom bode svojej dráhy je Mesiac. Napríklad, ak je Mesiac pri pohľade zo Zeme v prvej štvrti, je Zem pri pohľade z Mesiaca v poslednej štvrti, Keď je Mesiac pri pohľade zo Zeme v nove, je Zem pri pohľade z Mesiaca v splne.

Prečo ?

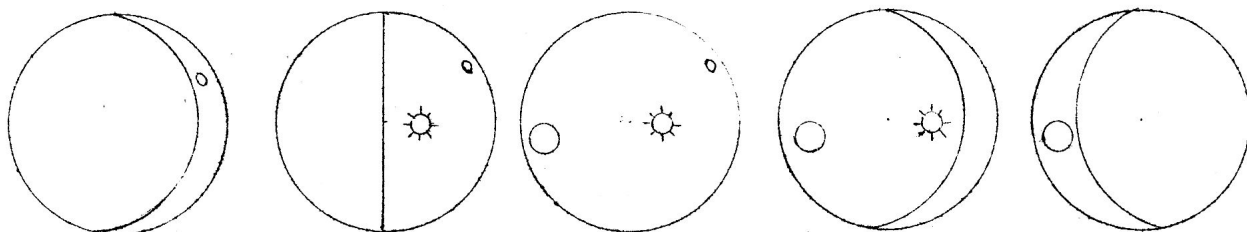
Preskúmajte a porozmýšľajte pomocou obrázkov !

b/ Rotuje Mesiac okolo vlastnej osi ?

Nájdite v nejakej knihe viacej fotografií Mesiaca, ktoré boli robené zo Zeme (nie z kozmickej lode), prípadne si premietnite niekoľko takých diapozitívov. Dôležité je, aby bol Mesiac na obrázkoch v rôznej fáze. Dobre si obzrite fotografie! Sú na fotografiách tie isté krátery stále na tých istých miestach ?

Ukážte fotografie svojim spolužiakom, priateľom, rodičom a upozornite ich na to, že každý Slnkom osvetlený kráter je na každej fotografii na tom istom mieste. Potom sa opýtajte : Rotuje Mesiac okolo svojej osi, alebo nerotuje, keď ho vidíme zo Zeme stále z tej istej strany ?

Obrázok č. 3 :

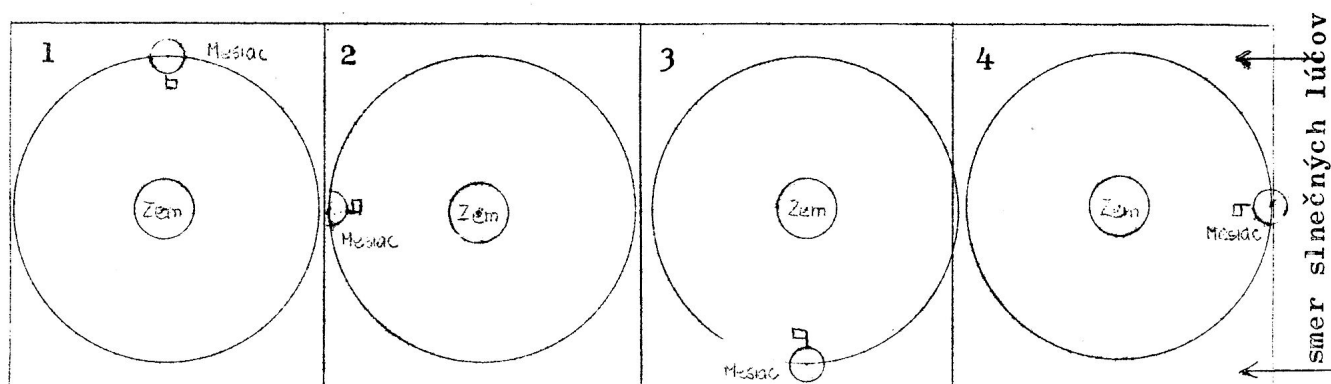


Správnu odpoveď na túto otázku môžeme hľadať aj takto:

Zahrajme si "divadlo". Potrebujeme 3 "hercov", ktorí budú stvárňovať 3 vesmírne objekty - Slnko, Zem a Mesiac. Slnko nech stojí, Zem sa môže veľmi pomaličky pohybovať okolo Slnka i okolo svojej osi. Hlavnú úlohu však hrá Mesiac - "chodí" okolo Zeme tak, že tvárou i celým telom je spredu otočený k Zemi, teda stále sa díva na Zem. Zem sa točí okolo svojej osi. Niekedy Mesiac vidí, inokedy nevidí. Ak Zem Mesiac vidí, vidí ho len spredu. Nikdy nevidí, čo má Mesiac na chrbte. Pozorujme túto trojicu, ale hlavne Mesiac obďaleč. Rotuje Mesiac okolo svojej osi ? Zem nevidí, čo má Mesiac na chrbte. Ostatní diváci vidia však Mesiac zo všetkých strán. A to je dôkaz toho, že sa Mesiac točí i okolo vlastnej osi.

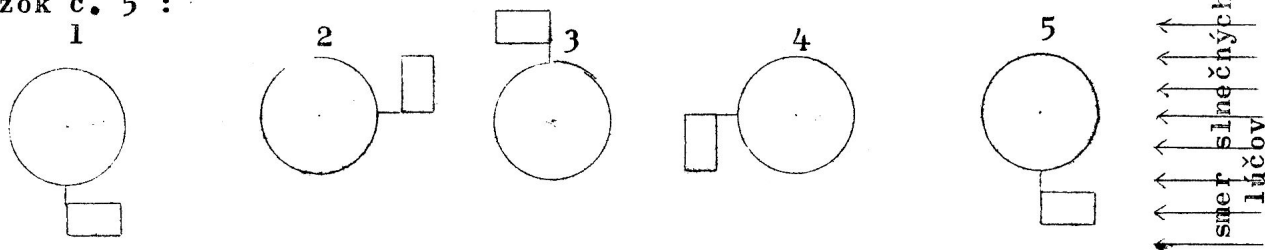
Teraz si nakreslíme sériu obrázkov, na ktorých bude Mesiac postupne v prvej štvrti, v splne, v poslednej štvrti, v nove a zase v prvej štvrti. Na istom mieste na Mesiaci vztýčíme "vlajku OSN", Zo Zeme ju budeme pozorovať stále na tom istom mieste na Mesiaci.

Obrázok č. 4 :



Teraz si nakreslíme Mesiac zo všetkých piatich obrázkov vedľa seba, teda tak, ako by ho nafotografoval kozmonaut nachádzajúci sa vysoko nad dvojicou Zem - Mesiac.

Obrázok č. 5 :



Vidíme, že Mesiac rotuje.

Mesiac rotuje tak, že sa okolo svojej osi i okolo Zeme otočí presne za ten istý čas, a to za 27 dní 7 hodín a 43 minút. Zapamätať si stačí toľko, že je to trochu viac ako 27 dní. Takú rotáciu keď teleso rotuje okolo svojej osi za presne tú istú dobu ako i obieha okolo svojho centrálnneho telesa, nazývajú astronómovia viazanou rotáciou.

Úloha : Je z odvrátenej strany Mesiaca viditeľná Zem ?

c/ Mesiac obehne okolo Zeme o 360° za $27^{\text{d}} 7^{\text{h}} 43^{\text{m}}$.

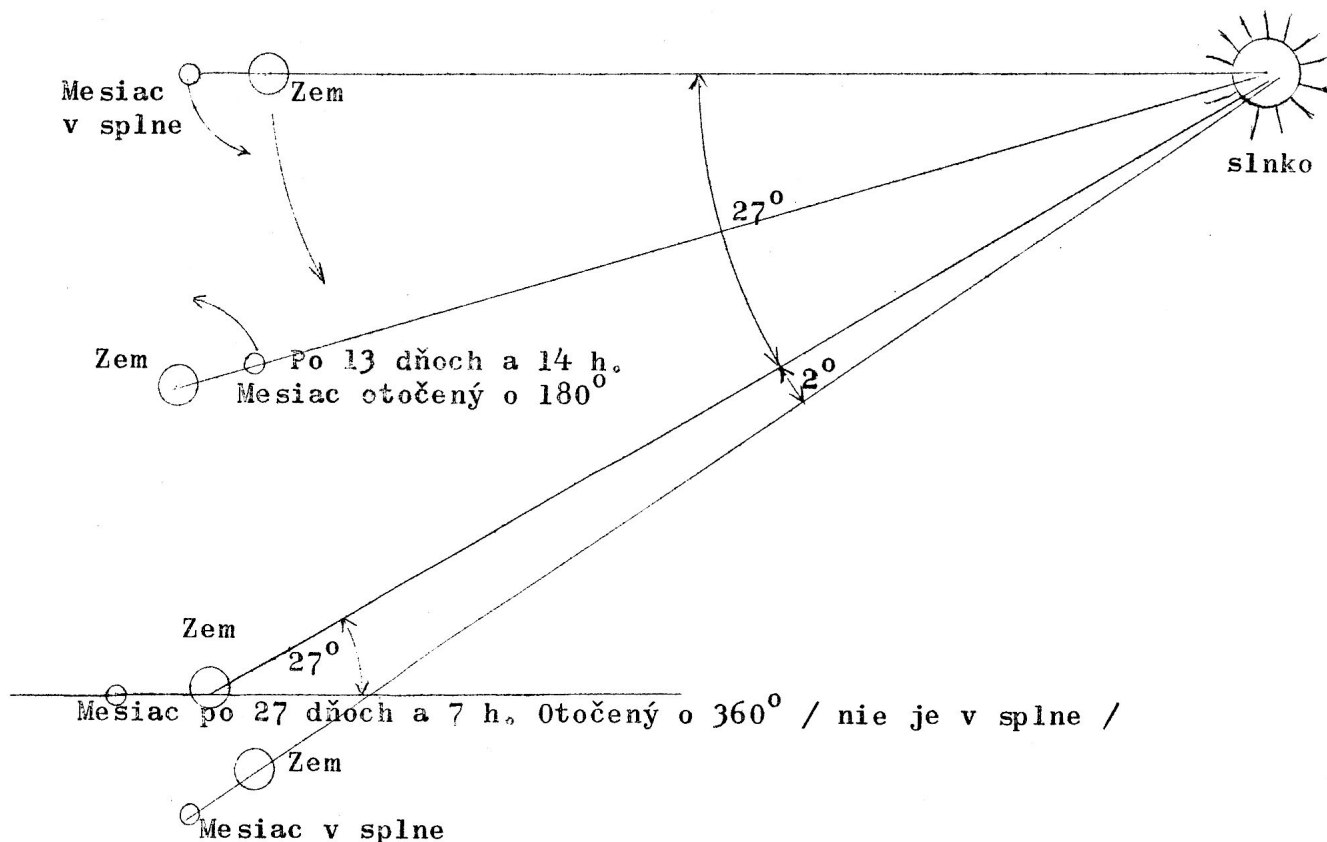
Od jedného splnu po nasledujúci uplynie $29^{\text{d}} 12^{\text{h}} 44^{\text{m}}$.

Čo spôsobuje tento dvojdňový rozdiel ?

Mesiac obieha okolo Zeme. Zem a spolu s ňou i Mesiac obiehajú okolo Slnka. Mesiac teda obieha súčasne okolo Zeme i okolo Slnka. Za tých 27 dní, čo mesiac akurát raz obehne okolo Zeme o 360° , sa Zem posunie na svojej dráhe okolo Slnka približne o uhol 27° . Lebo za 365 dní sa Zem otočí okolo Slnka o 360° , čiže za 1 deň sa pootočí približne o 1° .

Nakreslime si vzniknutú situáciu :

Obrázok č. 6 :



Mesiak sa za 27 dní a 8 hodín otočí okolo Zeme o 360° .
 Z obrázku vidíme, že ešte nie je v splne, do splnu mu chýba práve 27° .
 Spln nastane až o 2 dni. Od jedného splnu po druhý sa musí Mesiak
 otočiť okolo Zeme takmer o 390° . Spln Mesiaca totiž závisí od vzá-
 jomnej polohy Slnka, Zeme a Mesiaca.

d/ Ako rýchlo sa pohybuje Mesiak po oblohe
a cez ktoré súhvezdia môže prechádzať ?

Koľko stupňov prejde približne Mesiak po oblohe za 1 deň ?

$$\text{Mesiak sa otočí okolo Zeme o } 360^{\circ} \text{ za } 27^{\text{d}} 8^{\text{h}} = 27,3^{\text{d}}$$

$$\text{-----} \quad \text{X}^{\circ} \quad \text{za} \quad \text{1}^{\text{d}} \quad \text{-----}$$

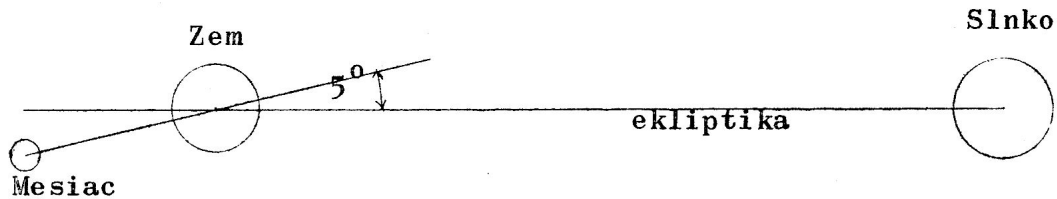
$$X = \frac{360^{\circ}}{27,3} = 13^{\circ}$$

Za 1 deň sa Mesiak na svojej dráhe okolo Slnka pootočí o uhol 13° .
 Pre pozemského pozorovateľa Mesiak prejde po oblohe za 1 deň 13°
 smerom od západu na východ.

Dráha Mesiaca je sklonená voči rovine ekliptiky o 5° .

Rovina ekliptiky - to je pomenovanie tej roviny, v ktorej Zem obieha okolo Slnka.

Obrázok č. 7 - pohľad "z boku" :



Z roviny ekliptiky je na papieri len priamka, celá rovina ekliptiky i rovina dráhy Mesiaca sú kolmé k rovine papiera.

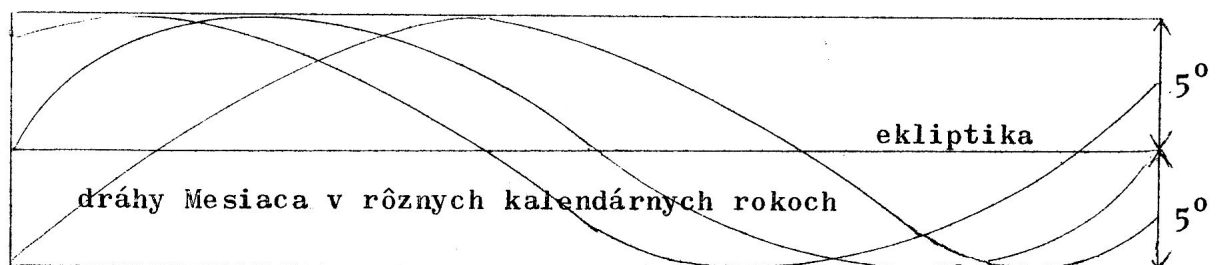
Ak si na mape hviezdnej oblohy nájdete kružnicu ekliptiky (to je tá čiara, kde sa rovina ekliptiky pretína so "sférou" hviezd) a okolo ekliptiky ešte z oboch strán pásy široké 5° , dostanete oblasť, v ktorej je možné pozorovať Mesiac.

Možno Mesiac pozorovať v súhvezdí Andromédy,
v súhvezdí Leva,
v súhvezdí Orióna,
v súhvezdí Hadonosa ?

Podľa mapy hviezdnej oblohy si vypíšete tie súhvezdia, v ktorých môžeme pozorovať Mesiac !

Samozrejme, Mesiac sa nepohybuje v "povolenom" pásme chaoticky, ale vždy po presnej dráhe. Pri každom obehu dvakrát pretne ekliptiku a dvakrát sa dostane k hraniciam povoleného pásma. Celé povolené pásmo "stihne" prejsť za 18,6 rokov.

Obrázok č. 8 :



Pohyb Mesiaca je veľmi zaujímavý a zložitý. Ak máte záujem o ďalšie podrobnejšie informácie, nájdete ich napr. v učebniciach nebeskej mechaniky.

Úloha: Pozorujte Mesiac podľa možnosti každý večer alebo ráno. Do mapy hviezdnej oblohy zakresľujte jeho polohu spolu s časom a dátumom pozorovania. Overte, či sú vyššie uvedené informácie v súlade so skutočnosťou.

e/ Určite ste si pri kreslení a skúmaní predchádzajúcich obrázkov pri situácií, keď bol Mesiac v splne, položili takúto otázku:

Čo sa stane, keď je Mesiac v tieni Zeme ?

Mesiac sa naozaj môže dostať do tieňa Zeme. Vtedy pozorujeme zo Zeme zatmenie Mesiaca Zemou. Ale väčšinou, keď je Mesiac v splne, ne - nastáva jeho zatmenie. Prečo ?

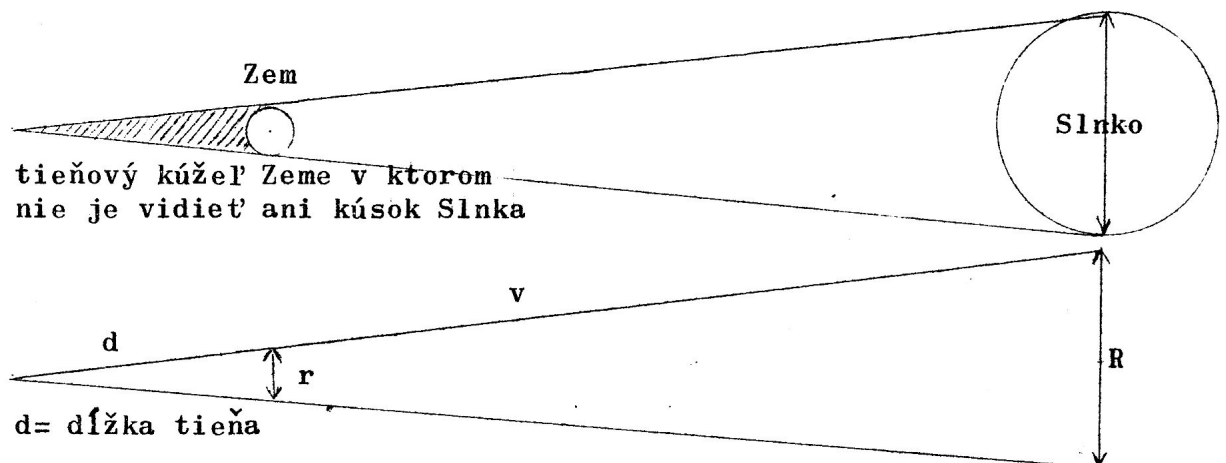
L e b o :

1/ Zemský tieň má tvar kužeľa a siaha len do istej vzdialenosti za Zem. Kužeľovitý tvar tieňa je spôsobený tým, že Slnko, zdroj svetla, má oveľa väčšie rozmery ako Zem. (Videli ste už tieň muchy ?).

Vypočítajme si dĺžku tieňa Zeme !

Potrebuje tieto údaje: vzdialenosť Zeme od Slnka $v = 150$ mil km, polomer Slnka $R = 700\,000$ km, polomer Zeme $r = 6400$ km.

Nakreslíme si, čo budeme vlastne počítat' :



Z podobnosti načrtnutých trojuholníkov vieme, že

$$\frac{d + v}{R} = \frac{d}{r}$$

Po úprave $(d + v) \times r = d \times R$

$$v \times r = d \times R - d \times r$$

$$d = \frac{v \times r}{R - r}$$

Po dosadení :

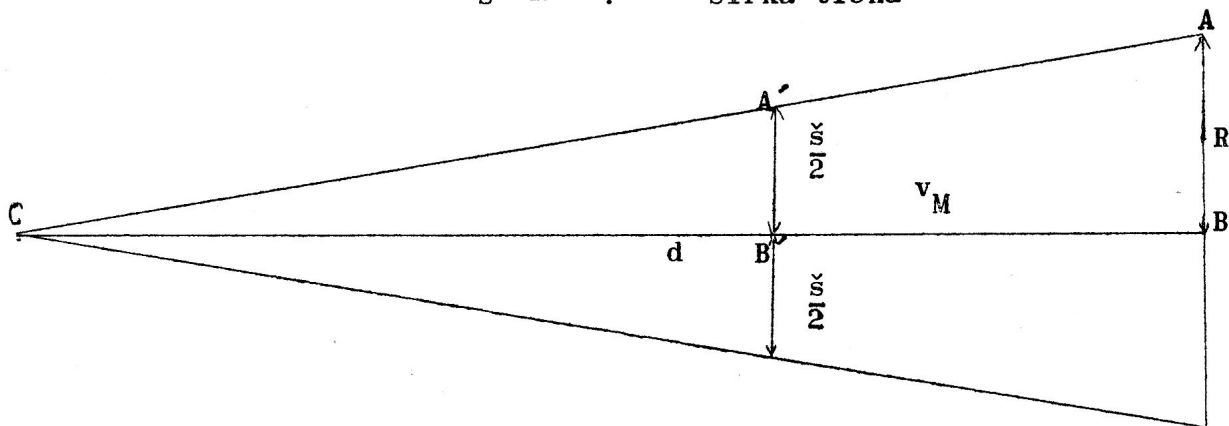
$$d = \frac{150 \times 10^6 \times 6,4 \times 10^3}{700\,000 - 6400} \text{ km}$$

$$d = 1,4 \times 10^6 \text{ km}$$

=====

Teraz si vypočítajme šírku úplného tieňa Zeme vo vzdialenosti v_M
 = 400 000 km - približne v takej vzdialenosti sa pohybuje Mesiac

Potrebujeme tieto údaje: d - dĺžku tieňa Zeme $1,4 \times 10^6$ km
 R - polomer Zeme 6400 km
 v_M - 400 000 km vzdialenosť Mesiaca
 \check{s} - ? šírka tieňa



Šírku tieňa vypočítame z podobnosti trojuholníkov

ABC a A'B'C Platí

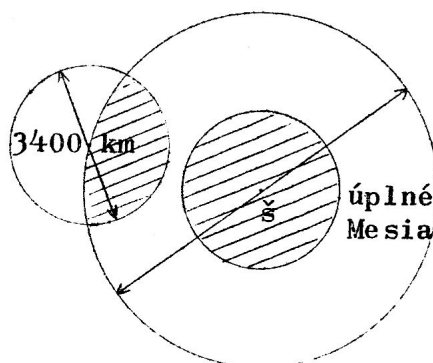
$$\frac{\frac{\check{s}}{2}}{d - v_M} = \frac{R}{d}$$

Po úprave: $\check{s} = 2 \times \frac{R}{d} \times (d - v_M) = 2 \times \frac{6400}{1\,400\,000} \times 10^6$

$$\check{s} = 9142,86 \text{ km}$$

Šírka tieňa Zeme vo vzdialenosti 400 000 km je takmer 10 000 km.
 Priemer Mesiaca je 3400 km.

čiastočné
 zatmenie Mesiaca



úplné zatmenie Mesiaca, celý
 Mesiac je v tieni Zeme

Tieň Zeme siaha do vzdialenosti 1 400 000 km za ňou v smere od Slnka
 a jeho šírka vo vzdialenosti 400 000 km je takmer 10 000 km.

Zatmenie Mesiaca nastane len vtedy, keď Mesiac prechádza tieňovým kuželom Zeme. Ak je celý Mesiac v tieňovom kuželi Zeme, pozorujeme úplné zatmenie Mesiaca. Keď je len časť Mesiaca v tieňovom kuželi Zeme, pozorujeme čiastočné zatmenie Mesiaca.

2/ Dráha Mesiaca je sklonená o 5° k dráhe Zeme okolo Slnka. Preto môže dôjsť k zatmeniu Mesiaca len vtedy, keď je Mesiac v splne a súčasne i veľmi blízko priesečníka svojej dráhy s ekliptikou. Najviac môžu byť v jednom kalendárnom roku 2 zatmenia Mesiaca, najmenej žiadne.

ÚLOHA : Čo by ste pozorovali, keby ste boli na privrátenej strane Mesiaca práve vtedy, keď zo Zeme pozorujeme zatmenie Mesiaca ?

f/ Čo sa stane ak sa Zem dostane do tieňa Mesiaca ?

Celý komentár je veľmi podobný predchádzajúcemu. Rozdiel je len v tom, že Mesiac je menší ako Zem, a tak je i jeho tieň kratší. Polomer Mesiaca je $r_M = 1700$ km. Dosaďme túto hodnotu do vzorca, ktorý sme odvodili pre tieň Zeme, lebo vzorec platí všeobecne.

$$d = \frac{150 \times 10^6 \times 1,7 \times 10^3}{700 \cdot 000 - 1700} \text{ km} = 365 \ 000 \text{ km}$$

$$\underline{\underline{d = 365 \ 000 \text{ km}}}$$

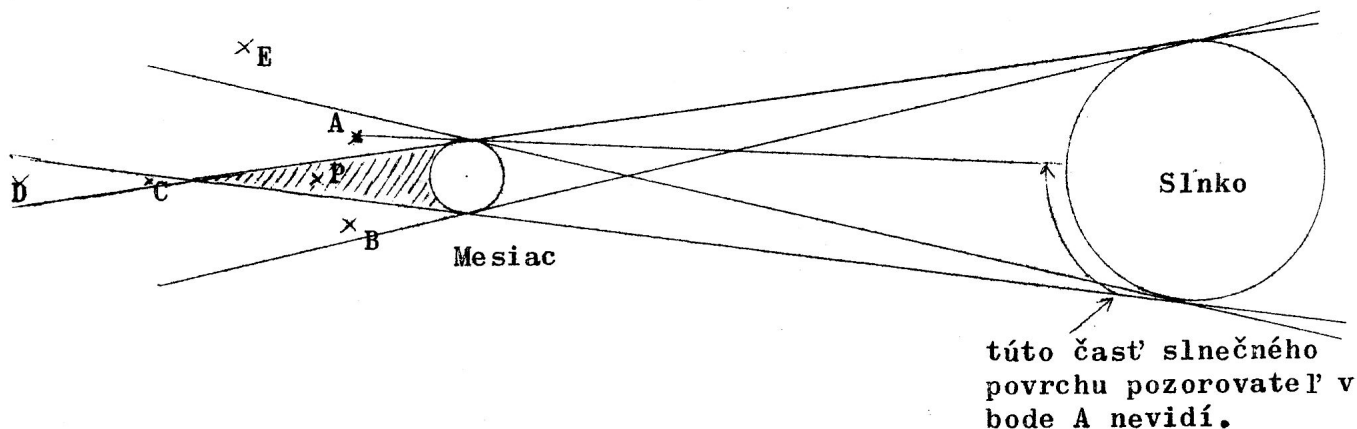
Tieňový kužel Mesiaca siaha do vzdialenosti 365 000 km. Dĺžka tieňa Mesiaca je porovnateľná so vzdialenosťou Mesiaca od Zeme. Preto pozorujeme úplné zatmenie Slnka Mesiacom len v tých oblastiach na Zemi, na ktoré dopadne vrchol kužela tieňa Mesiaca.

Keďže Mesiac sa nepohybuje okolo Zeme po kružnici, ale po dráhe takmer eliptickej a jeho vzdialenosť od Zeme osciluje od 360 000 km po 410 000 km, môže sa niekedy stať i to, že kužel tieňa Mesiaca má vrchol tesne nad povrchom Zeme, a vtedy pozorujeme len zatmenie stredu disku Slnka kotúčom Mesiaca a zo Slnka ostane viditeľný prstenec.

Z tieňového kužela nevidno ani kúsok kotúča Slnka, len slnečná koróna môže byť pozorovateľná v tejto oblasti. Ak je pozorovateľ v tieňovom kuželi, pozoruje úplné zatmenie Slnka (napr. v bode P).

Ak je pozorovateľ mimo tieňového kužela, vidí aspoň časť Slnka, to znamená, že pozoruje buď čiastočné zatmenie Slnka (napríklad v bode A,B) alebo prstencové zatmenie Slnka (v bode C), alebo vidí tmavý kotúč Mesiaca na slnečnom disku (v bode D), alebo vidí celé Slnko (v bode E).

Obrázok č. 8 b :



Vyberte si na obrázku ľubovoľný bod F a určte, ako je z tohoto bodu pozorovateľné Slnko a Mesiac.

M E R K Ú R

a/ Po akej dráhe sa pohybuje Merkúr okolo Slnka ?

Merkúr je zo všetkých planét najbližšie k Slnku a to je i dôvod, prečo obieha zo všetkých planét najrýchlejšie. Okolo Slnka obehne o 360° za 88 dní (presne za 87,97 dní). Jeho dráha má tvar elipsy. V knihách, v tabuľkách nájdete o dráhe Merkúra takéto údaje, ktoré popisujú jeho eliptickú dráhu:

- q = 46 miliónov km - perihéliová (minimálna) vzdialenosť od Slnka,
- Q = 70 miliónov km - aféliová (maximálna) vzdialenosť od Slnka,
- a = 58 miliónov km - veľká poloos dráhy,
- e = 0,206 - excentricita (výstrednosť) dráhy.

M a t e m a t i c k á v s u v k a

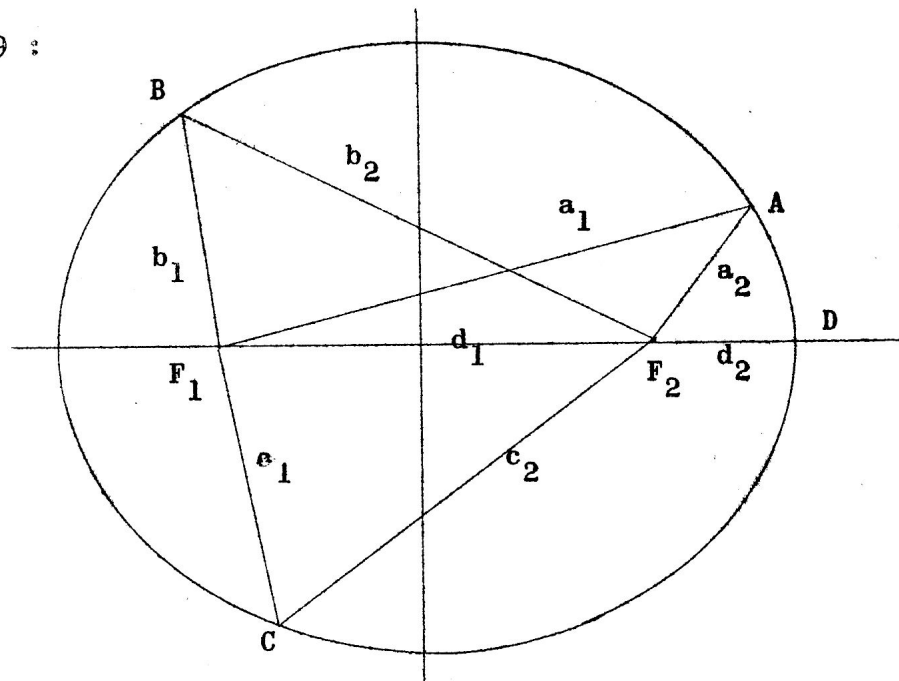
Čo je elipsa ?

Matematici definujú elipsu takto:

Elipsa je množina bodov, ktoré majú rovnaký súčet vzdialeností od dvoch pevných bodov, ktoré nazývame ohniská elipsy.

Ohniská elipsy sa často označujú písmenami F_1 , F_2 , lebo po latinsky je ohnisko focus.

Obrázok č. 9 :



Definícia hovorí, že pre 4 body A,B,C,D, ktoré sú znázornené na obrázku platí:

$$a_1 + a_2 = b_1 + b_2 = c_1 + c_2 = d_1 + d_2$$

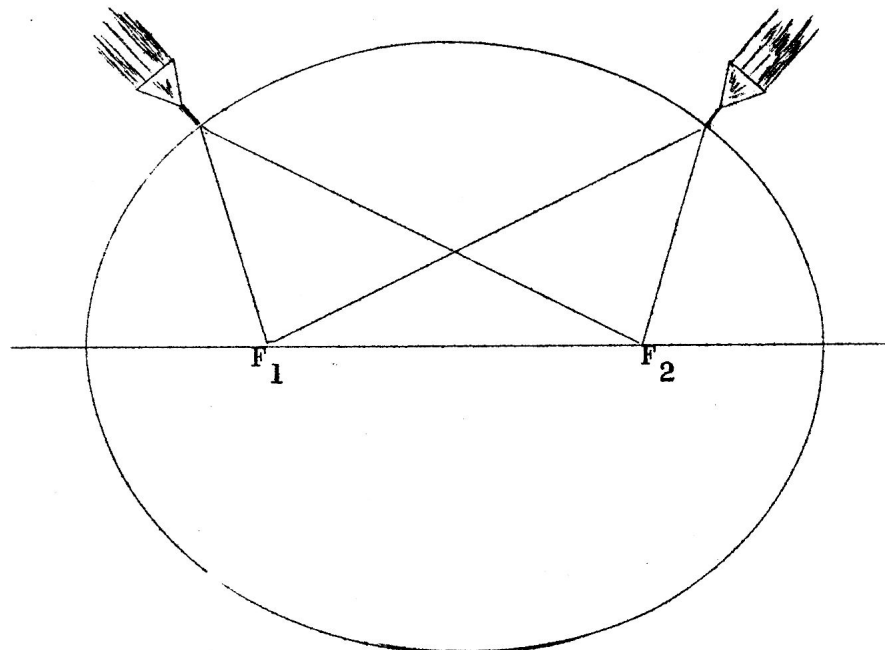
Ak si na elipse vyznačíte ľubovoľný bod E a jeho vzdialenosti od ohnísk ako e_1 a e_2 , potom samozrejme môžete do rovnosti dopísať:

$$\dots = d_1 + d_2 = e_1 + e_2 .$$

Ako sa dá elipsa nakresliť ?

Napríklad takto: Vezmeme špagát určitej dĺžky a na jeho obidvoch koncoch ho pripevníme k pevnej podložke v dvoch bodoch, ktorých vzájomná vzdialenosť je menšia ako je dĺžka špagátu. 2 body sú ohniskami budúcej elipsy. Dĺžka špagátu určuje súčet vzdialeností ľubovoľného bodu elipsy od oboch ohnísk. Nakoniec kriedou pospájame body elipsy podľa obrázku.

Obrázok č. 10 :



Čím bližšie sú k sebe ohniská, tým viac sa elipsa podobá na kružnicu.

Čo je veľká poloos elipsy ?

Nakreslime si znova elipsu a na nej si ukážeme, kde je veľká poloos, kde je na elipse bod s najväčšou vzdialenosťou od ohniska a kde je bod s najmenšou vzdialenosťou od ohniska. (Pozri obrázok č.11.)

a - veľká poloos elipsy $a = AS = CS = F_1D = F_2D = F_1B = F_2B$

b - malá poloos elipsy $b = SD = SB$

q - minimálna vzdialenosť bodu elipsy od ohniska

$$q = F_1A = F_2C$$

Q - maximálna vzdialenosť bodu elipsy od ohniska

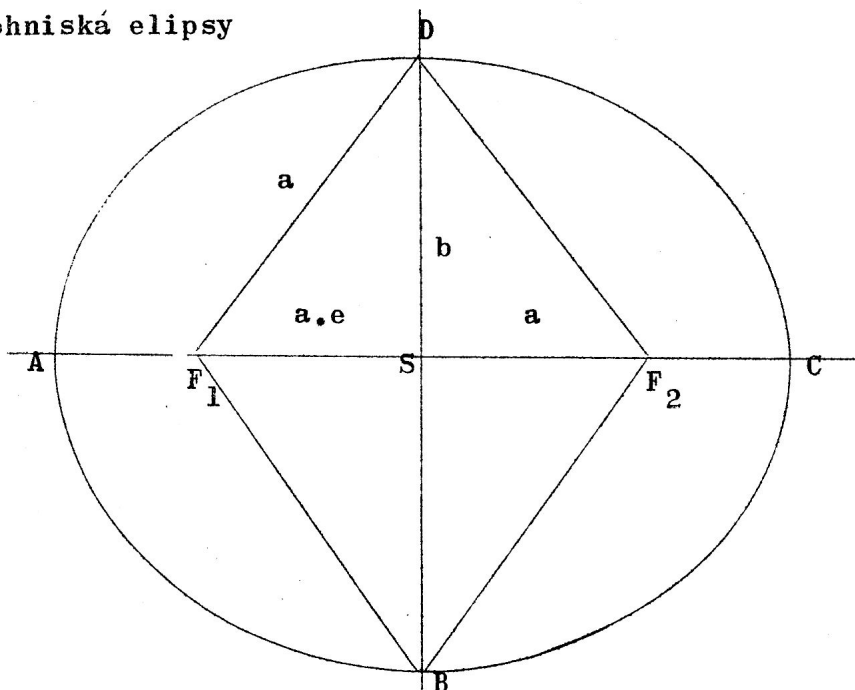
$$Q = F_2A = F_1C$$

Platí : $Q + q = 2a$

Obrázok č. 11 :

S - stred elipsy

F_1, F_2 - ohniská elipsy



Čo je excentricita elipsy ?

V elipse s veľkou poloosou $a = 1$ je excentricita e rovná vzdialenosti ohnisk od stredu elipsy.

V elipse s veľkou poloosou $a \neq 1$ sa excentricita e rovná podielu vzdialenosti ohniska od stredu elipsy a veľkej poloosi a ,

$$e = \frac{F_1 S}{a} = \frac{F_2 S}{a} \quad (\text{pozri obrázok č. 11})$$

Excentricita elipsy sa označuje obvykle e , je to bezrozmerné číslo, ktoré môže nadobúdať hodnoty z intervalu $(0, 1)$.

Ak $e = 0$, potom ide o kružnicu.

Excentricita označovaná e má význam nielen pre elipsu, ale tiež pre všetky kužeľosečky - krivky vznikajúce ako priesečnice roviny a kužeľovej plochy.

Ak $e = 0$ elipsa prechádza v kružnicu.

ak $0 < e < 1$ dostaneme rôzne pretiahle elipsy

ak $e = 1$ elipsa prechádza v parabolu

ak $e > 1$ dostaneme hyperbolu

Platí tiež :
$$e = \frac{Q - q}{Q + q}$$

=====

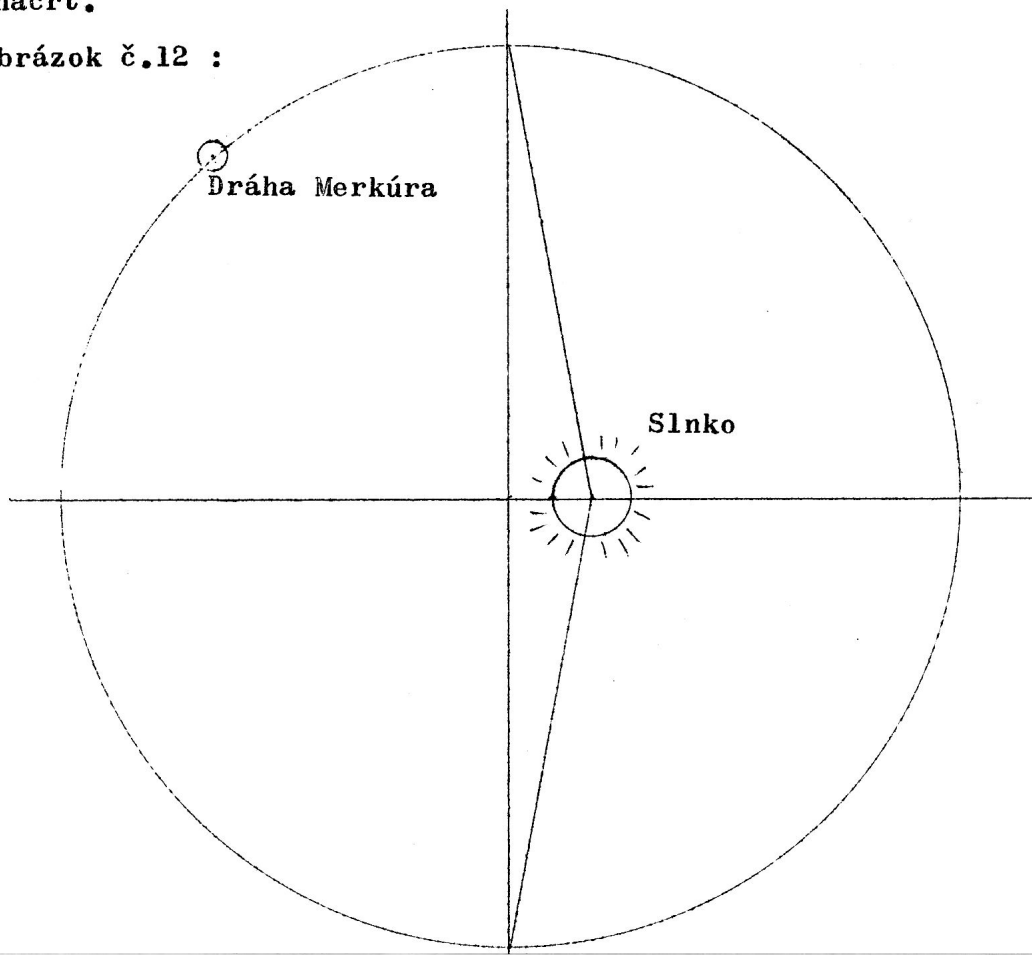
$$Q = a + ae = a(1 + e)$$

$$q = a - ae = a(1 - e)$$

=====

Teraz si urobme obrázok dráhy Merkúra, v ktorom 1 cm bude zobrazovať 10 miliónov km. Slnko sa nachádza v jednom ohnisku eliptickej dráhy. Narysovať elipsu do zošita je ťažké, preto na naše účely postačí približný náčrt.

Obrázok č.12 :



Úloha: Vyznačte na obrázku veľkú poloos, malú poloos, afélium, perihélium !
Preverte, či naozaj platí pre dráhu Merkúra, že
 $Q = a(1 + e)$, $q = a(1 - e)$!

Príklad: Vypočítajte, za aký čas preletí svetlo vzdialenosť zo Slnka na
Merkúr, keď je Merkúr a/ v perihéliu,
b/ v aféliu
c/ vo vzdialenosti 58 mil. km od Slnka.
Rýchlosť svetla je 300 000 km za sekundu.

b/ Aký je dlhý na Merkúri jeden slnečný deň ?

Merkúr sa otočí okolo svojej osi o 360° za 59 dní (presne 58,65 dní). Okolo Slnka obehne za 88 dní (presne 87,97 dní). Pod pojmom deň tu myslíme pozemský deň, teda 24 hodín. Dĺžka Merkúrovského slnečného dňa je však čas, ktorý uplynie medzi dvoma po sebe idúcimi poludniami na tom istom mieste na Merkúri.

Úlohu budeme riešiť najprv graficky. Získame tak síce málo presný výsledok, ale pre nás je zatiaľ oveľa dôležitejšie to, aby sme si vedeli predstaviť, ako sa Merkúr otáča okolo svojej osi a súčasne i okolo Slnka a aby sme pochopili, kedy a kde Slnko svieti, či nesvieti na povrch Merkúra.

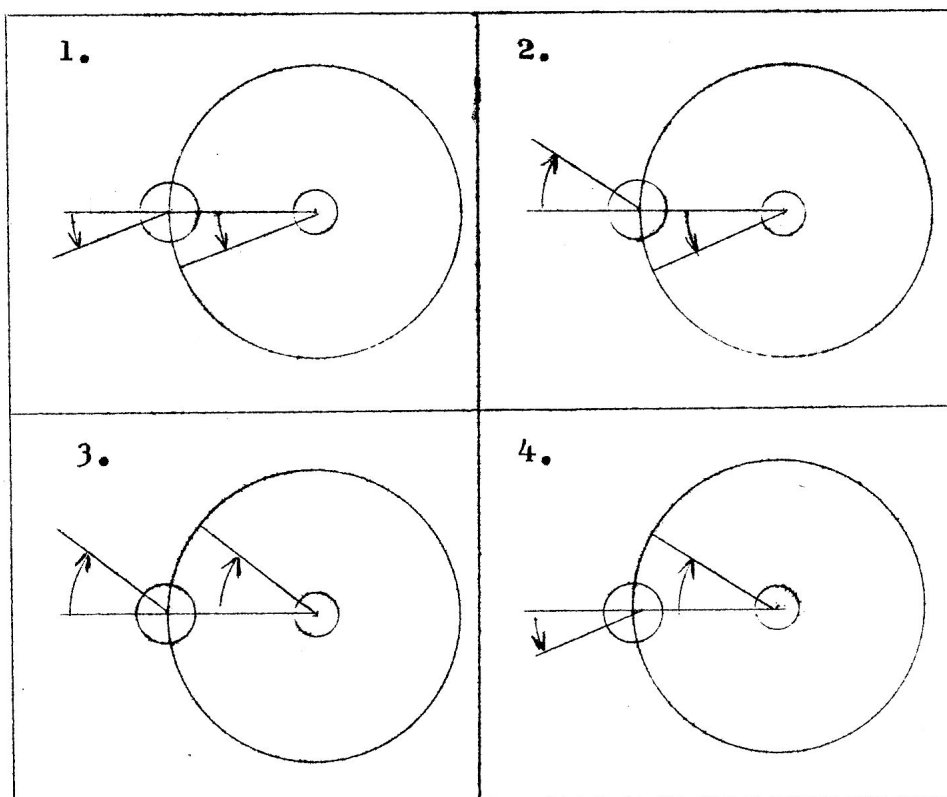
Úlohu si zjednodušíme takto: Merkúr obehne okolo Slnka približne za 90 dní. Okolo svojej osi sa otočí približne za 60 dní. Pre jednoduchosť dokonca i eliptickú dráhu nahradíme kruhovou, Slnko a Merkúr budeme postupne kresliť po 15 dňoch.

Najprv si však musíme vysvetliť ešte jednu dôležitú vec, a to v akom vzťahu sú smery rotácie okolo osi a okolo Slnka.

S m e r r o t á c i e
=====

Vo všeobecnosti sú pre rotáciu planéty okolo vlastnej osi a rotáciu okolo Slnka štyri takéto možnosti:

Obrázok č.13 :



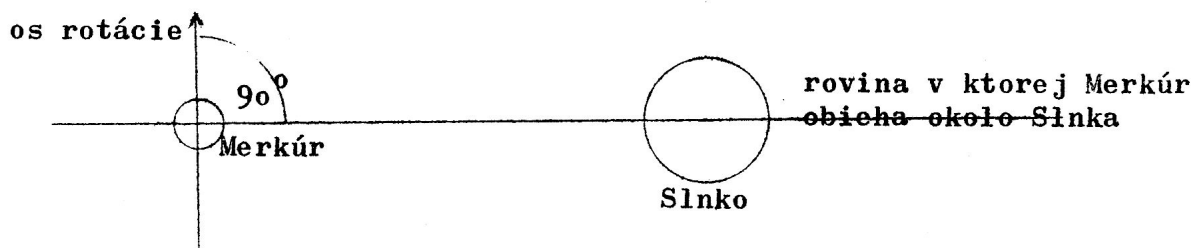
Všimnite si, že na obrázku 1 a 3 je nakreslená tá istá situácia, len na prvom je pohľad "zhora" a na druhom je pohľad "zdola" (alebo : na prvom je pohľad "zdola" a na druhom je pohľad "zhora"). To isté platí pre obrázky 2 a 4.

Na obrázku 1 a 3 majú obe rotácie rovnaký smer. To je bežná, normálna situácia vo vesmíre. Takto sa pohybuje väčšina planét a tiež i Merkúr.

Na obrázku 2 a 4 majú rotácie opačný smer, astronómovia hovoria, že planéty rotujú okolo osi retrográdne (spätne). Je to zriedkavá situácia. V našej slnečnej sústave takto rotujú len "výnimky", napr. planéta Venuša.

Pre úplnosť je ešte potrebná k našej úlohe informácia o sklone osi rotácie Merkúra. Os rotácie Merkúra a jeho obežná rovina zvierajú uhol takmer 90° .

Obrázok č. 14 - pohľad "zboku"



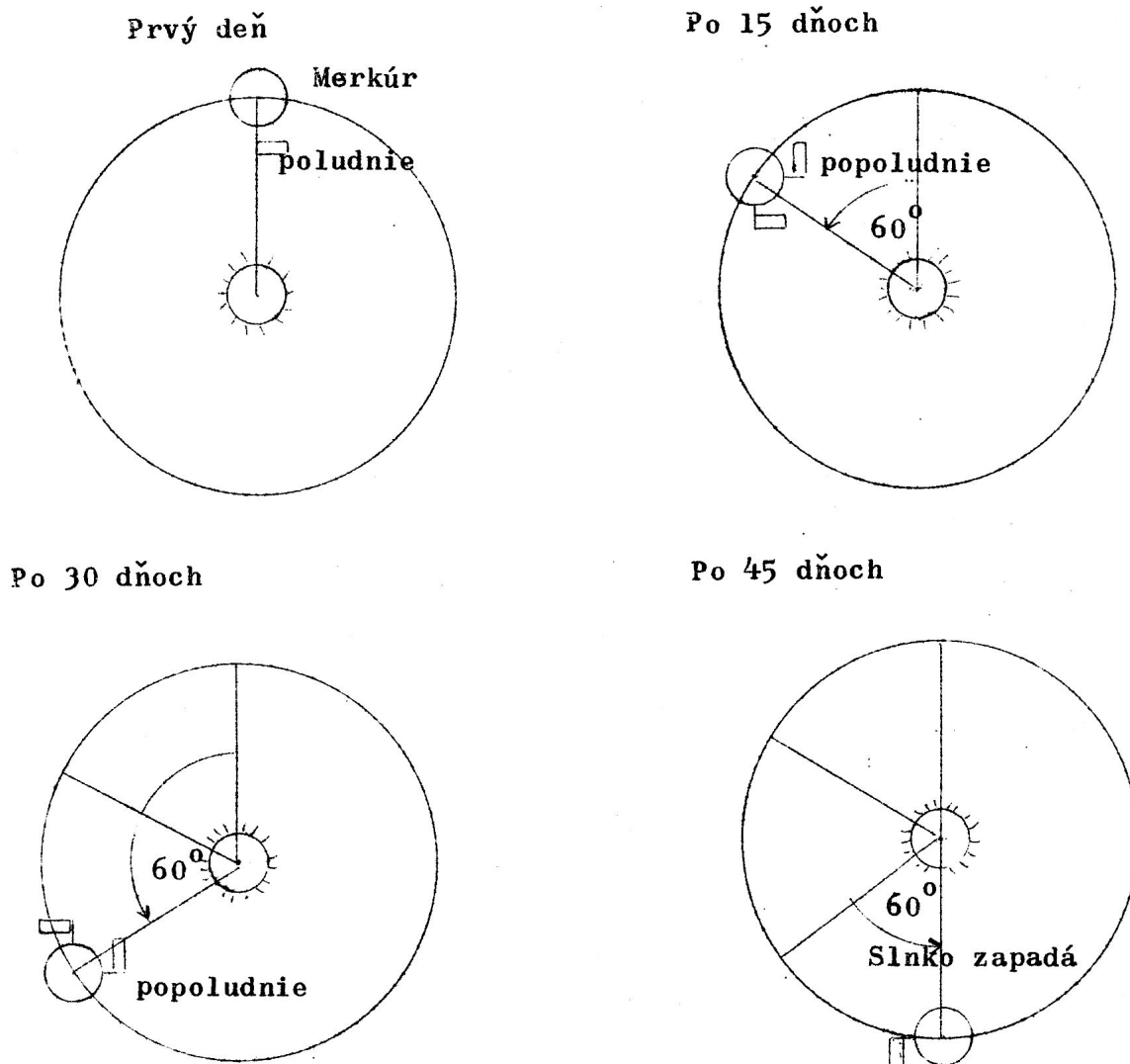
Teraz už môžeme riešiť našu pôvodnú úlohu, dĺžku dňa na Merkúri. Budeme kresliť Merkúr na dráhe okolo Slnka postupne po 15 dňoch. Na Merkúri hneď v prvý deň "vztýčime vlajku OSN" v tej oblasti, kde je práve poludnie. Obrázky budeme kresliť dovtedy, kým pri "vlajke OSN" znova nastane poludnie. Čas od jedného poludnia po nasledujúce poludnie je hľadaná dĺžka merkúrovského slnečného dňa.

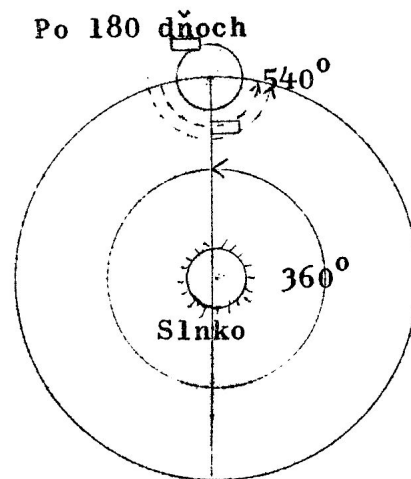
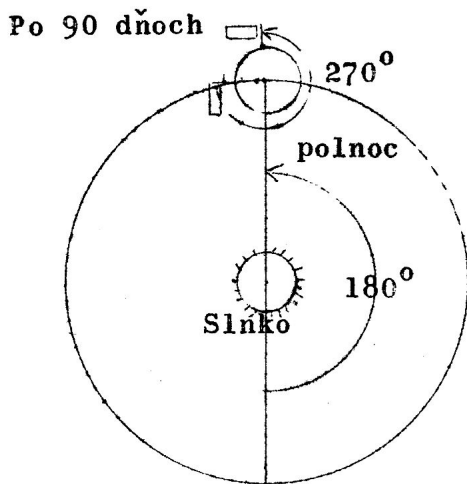
15 dní je štvrtina za 60 dní a šestina z 90 dní.

Za 15 dní sa Merkúr otočí okolo svojej osi o štvrtinu z $360^\circ = 90^\circ$, a teda i myšlená vlajka OSN sa otočí za 15 dní o 90° .

Za 15 dní sa Merkúr otočí okolo Slnka o šestinu z $360^\circ = 60^\circ$.

Obrázok č. 15 :





Situáciu po 60, 75, 105, 120, 135, 150, 165 dňoch si nakreslite sami !

K situácii totožnej s prvou, k poludniu sme sa dostali až po 180-tich dňoch. Merkúrovský deň trvá približne 180 pozemských dní.

Iný spôsob, ako získať výsledok je takýto:

Vypočítajme, o koľko sa otočí Merkúr za 1 deň okolo vlastnej osi a okolo Slnka. Z toho potom vypočítame, o koľko stupňov sa posunie Slnko na merkúrovej oblohe za 1 deň (pozemský) a potom už ľahko vypočítame, za koľko dní prejde Slnko po Merkúrovej oblohe 360°.

Merkúr za 1 deň okolo Slnka :

za 90 dní 360°
za 1 deň 360°/90 = 4°

Merkúr za 1 deň okolo vlastnej osi

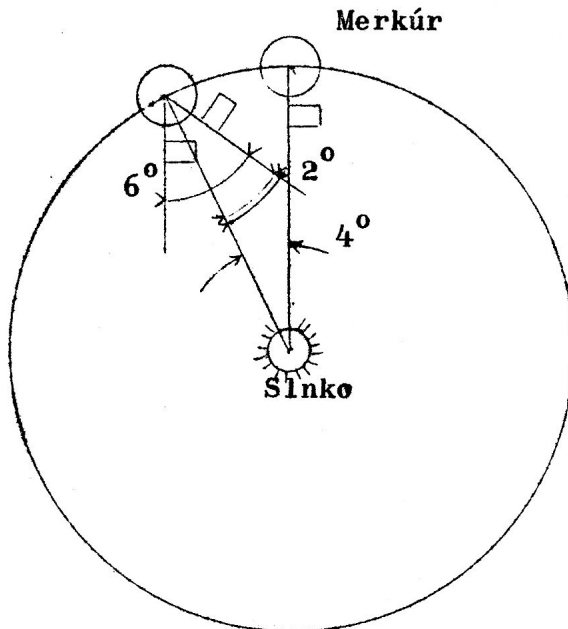
za 60 dní 360°
za 1 deň 360°/60 = 6°

Ak by bol pri myslenej vlajke OSN Merkúrčan, ktorému nevadí teplota okolo 500°C, videl by, že za 24 pozemských hodín prešlo Slnko po jeho oblohe len 6° - 4° = 2° (pozri obrázok č.16).

Ak za jeden pozemský deň prejde Slnko po oblohe 2°, potom 360° prejde za 360° / 2°denne = 180 dní

Slnčný deň trvá na Merkúri približne 180 pozemských dní.

Obrázok č. 16 :



Presný výpočet

$$\frac{1}{\text{dĺžka slnečného dňa}} = \frac{1}{\text{doba rotácie okolo osi}} - \frac{1}{\text{doba obehu okolo Slnka}}$$

Dosadíme presné hodnoty:

$$\frac{1}{\text{dĺžka slnečného dňa na Merkúri}} = \frac{1}{58,65^{\text{d}}} - \frac{1}{87,97^{\text{d}}} = \frac{1}{176^{\text{d}}}$$

Slnečný deň na Merkúri trvá 176 pozemských dní.

Pre pozorovateľa na Merkúri Slnko vychádza na východe, približne po 44 dňoch (pozemských) nastáva poludnie, po ďalších 44 dňoch Slnko zapadá a noc trvá 88 dní.

Vzťah medzi dobou rotácie okolo osi a rotáciou okolo Slnka je veľmi zaujímavý. Merkúr za 2 obehy okolo Slnka sa presne trikrát otočí okolo svojej osi. Platí totiž

$$\frac{58,65}{87,97} = \frac{2}{3}$$

Je to nenáhodná súvislosť, ide o istý typ viazanej rotácie. Rotácia Merkúra okolo osi je viazaná na Slnko.

c/ Slnko na Merkúri môže zapadať i na východe.

V našej zjednodušenej úlohe sme predpokladali, že sa Merkúr pohybuje rovnomerne po kružnici. V skutočnosti sa Merkúr pohybuje po elipse s excentricitou 0,2. To znamená, že jeho vzdialenosť od Slnka kolíše od hodnoty 46 miliónov km po 70 miliónov km. Rýchlosť jeho pohybu závisí od vzdialenosti od Slnka: keď je bližšie k Slnku, pohybuje sa rýchlejšie a keď je ďalej od Slnka pohybuje sa pomalšie. Len keď sa jeho vzdialenosť od Slnka rovná hodnote veľkej poloosi $a = 58 \text{ ml.km}$, pohybuje sa tak ako sme počítali

v predchádzajúcom príklade, čiže za 1 deň prejde 4° zo svojej dráhy okolo Slnka. Rozdiel v rýchlosti je dokonca taký veľký, že keď je Merkúr blízko perihélia, prejde za 1 deň trochu viacej ako 6° . Okolo svojej osi sa Merkúr otáča rovnomerne za jeden pozemský deň o 6° . Výsledkom toho je, že pozorovateľ na Merkúri pravidelne raz za 88 dní, keď je Merkúr blízko perihélia pozoruje takýto jav: Slnko sa na jeho oblohe zastaví, začne sa pohybovať opačným smerom - od západu na východ, asi po 8 dňoch sa zase zastaví a pohne sa normálne na západ.

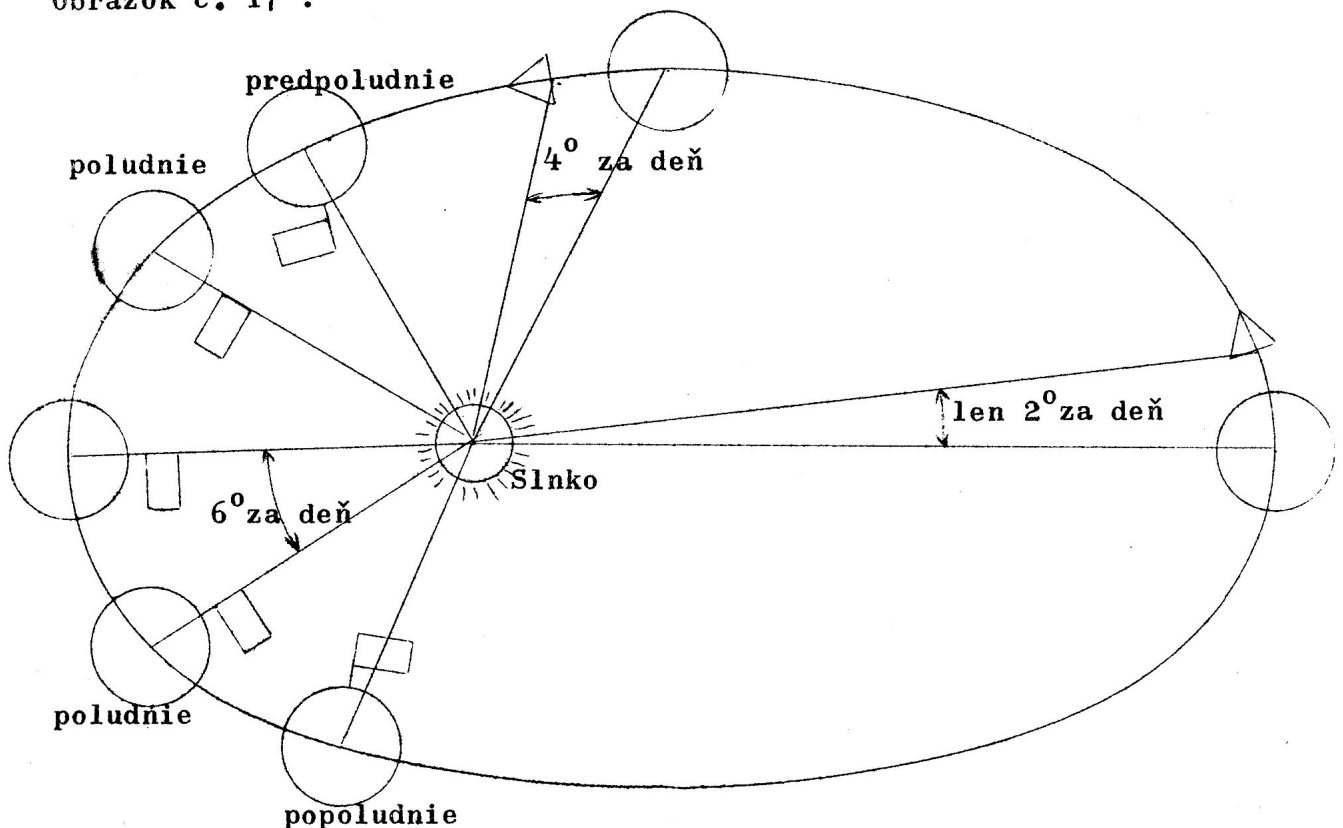
Tam, kde je práve poludnie, dôjde k nadmernému prehriatiu povrchu. Tam, kde Slnko práve vyšlo o niekoľko dní zase zapadne na východe a o pár dní zase vyjde na východe.

Tam, kde Slnko akurát zapadlo, v nasledujúcich dňoch znova vyjde na západe a až po niekoľkých dňoch zapadne na západe.

Tam, kde je poľnoc, dôjde k nadmernému ochladeniu a niekoľko dní sa hviezdna obloha pomaličky otáča od západu na východ.

Rotácia Merkúra je viazaná na obeh okolo Slnka v pomere 2 : 3 a počas dvoch obbehov planéty okolo Slnka uplynie práve jeden slnečný merkúrovský deň. Preto keď je planéta v perihéliu, nastáva poludnie vždy len na jednom z dvoch poludníkov, ktoré sú od seba vzdialené presne o 180° merkúrovskej dĺžky (to je analógia zemepisnej dĺžky). "Počasie" na Merkúri závisí od merkúrovskej dĺžky, ako aj výskyt všetkých vyššie popísaných javov.

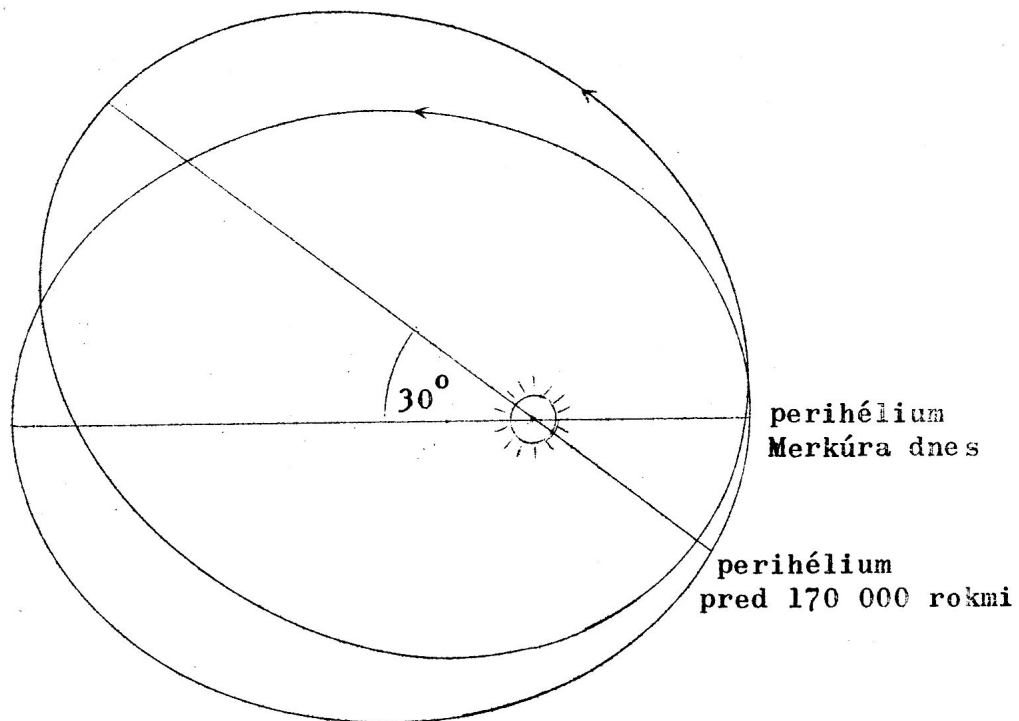
Obrázok č. 17 :



d/ Pohybuje sa Merkúr stále po tej istej elipse ?

Nie. Celá elipsa sa otáča, i keď veľmi, veľmi pomaly. Ohnisko, v ktorom je Slnko, je len bod, okolo ktorého celá elipsa rotuje tým istým smerom, ako sa Merkúr otáča okolo Slnka, rýchlosťou 575 oblúkových sekúnd za storočie, čiže 9,5 oblúkových minút za storočie. O 1° sa otočí za $60 / 9,5 \times 100$ rokov = 5700 rokov a o 360° sa otočí za $360 \times 5700 = 2\,052\,000$ rokov. Nie je celkom správne hovoriť, že sa otáča elipsa, lebo elipsa je len myslená dráha planéty v priestore. Lepšie je povedať, že Merkúr má perihélium svojej dráhy vždy trochu ďalej ako pri predošlom obehu, jeho dráha teda nie je úplne eliptická, od jedného prechodu perihéliom po nasledujúci sa planéta okolo Slnka otočí o viac než 360° .

Obrázok č. 18 :



Perihélium dráhy Merkúra sa stáča preto, lebo pohyb Merkúra je ovplyvňovaný nielen Slnkom, ale i ostatnými planétami, a z časti i preto, lebo je to dôsledok platných fyzikálnych zákonov, nazývaných všeobecná teória relativity, teda je to normálne.

Pravda, problematiku pohybu Merkúra sme nevyčerpali, ak ste zvedaví na ďalšie podrobnosti, môžete ich nájsť napr. v Nebeskej mechanike.

V E N U Š A

Venuša obieha okolo Slnka po dráhe takmer kruhovej. Veľká poloos jej elipsy meria 108 miliónov km a excentricita je len 0,0068.

a/ Aký dlhý je na Venuši slnečný deň ?

=====

Venuša rotuje okolo svojej osi retrográdne a v porovnaní so Zemou i veľmi pomaly. O 360° sa okolo svojej osi otočí za 243 dní a okolo Slnka obehne za približne rovnako dlhú dobu - za 224,7 dní.

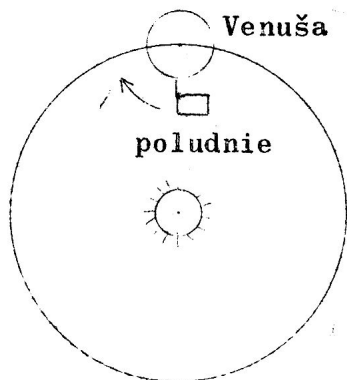
Dĺžka slnečného dňa na Venuši, teda čas, ktorý uplynie medzi dvoma po sebe nasledujúcimi poludniami na tom istom mieste, budeme určovať rovnakým spôsobom ako pri planéte Merkúr. Len rotácia planéty okolo vlastnej osi sa v tomto prípade deje v opačnom smere.

Grafická metóda

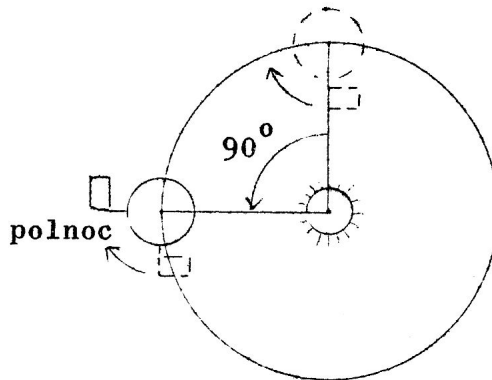
Úlohu si zjednodušíme takto: Nech rotácia okolo Slnka i okolo osi trvajú rovnako dlho, a to 240 dní (lebo 240 a 360 sú dobre deliteľné). O 90° dráhe i okolo osi sa planéta otočí za $240/4 = 60$ dní. Preto budeme obrázky kresliť po 60-tich dňoch.

Obrázok č. 19 :

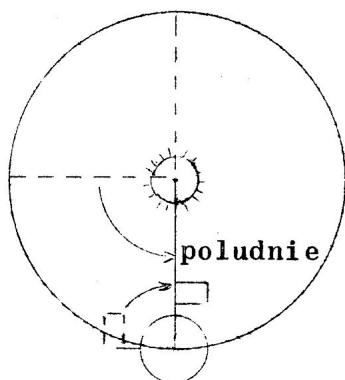
Prvý deň



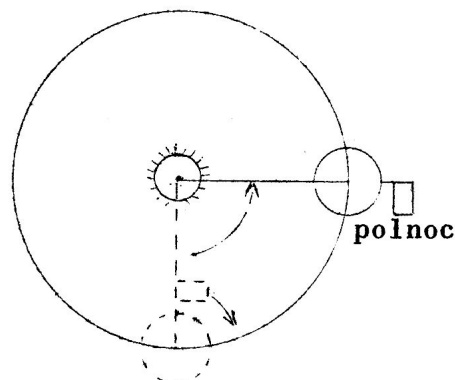
po 60-tich dňoch



po 120 dňoch



po 180 dňoch



Medzi dvoma za sebou idúcimi poludniami (alebo polnocami) uplynulo na Venuši 120 pozemských dní (v našej zjednodušenej úlohe). Ak chcete nájsť aj dni, kedy pri "vlajke OSN" Slnko vychádza a zapadá, kreslite si obrázky po 30-tich dňoch.

Keby rotácia Venuše nebola retrográdna, ale priama, potom by pri uvedených zjednodušeníach vyšlo, že rotácia Venuše je viazaná na Slnko podobne, ako je rotácia Mesiaca viazaná na Zem. Môžete si graficky znázorniť aj takýto prípad a presvedčte sa, že Slnko by stále svietilo len na jednu pologuľu, pričom na opačnej by bola stále noc. Smer rotácie okolo vlastnej osi je teda veľmi dôležitý a je pri mnohých javoch určujúci. Preto si ho nemýľte!

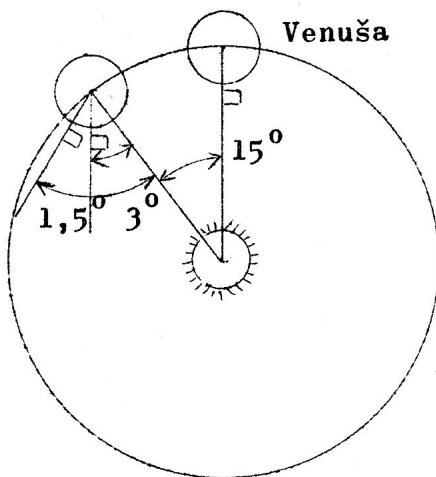
Geometrické riešenie

Koľko stupňov prejde po Venušinej oblohe Slnko za 1 pozemský deň? Pretože je to jedno, či na problém hľadíme z Venuše alebo zo Slnka, dá sa táto otázka sformulovať aj takto :

O koľko sa zmení uhol medzi "vlajkou OSN" a Slnkom za 1 pozemský deň ?

| | |
|--|-------------------------------|
| Venuša obehne okolo Slnka za 240 dní | 360° |
| za 1 deň | $360^{\circ}/240=1,5^{\circ}$ |
| Venuša rotuje okolo osi za 240 dní | 360° |
| za 1 deň | $360^{\circ}/240=1,5^{\circ}$ |

Obrázok č. 20 :



Pretože Venuša rotuje retrográdne, uhol medzi "vlajkou OSN" a Slnkom sa za 1 deň zmení o

$$1,5^{\circ} + 1,5^{\circ} = 3^{\circ}$$

Ak by bol pri vlajke OSN Venušan, ktorý vie nejakým spôsobom pozorovať Slnko cez hrubú vrstvu Venušinej atmosféry, videl by, že za pozemských 24 hodín prešlo Slnko po jeho oblohe 3° a vedľa stojaci pozemšťan by dodal, že v smere od západu na východ.

Ak za jeden deň prejde Slnko po oblohe 3° , potom 360° prejde ša $360^{\circ}/3^{\circ}$ denne = 120 dní.

.....

Presný výpočet

a/ Za jeden deň priemerne okolo Slnka $\frac{360^{\circ}}{224,7} = 1,602^{\circ}$

Za jeden deň okolo vlastnej osi $\frac{360^{\circ}}{243} = 1,481^{\circ}$

Slnko po Venušinej oblohe za jeden deň $1,602^{\circ} + 1,481^{\circ} = 3,083^{\circ}$

Dĺžka slnečného dňa na Venuši $\frac{360^{\circ}}{3,083^{\circ}\text{denne}} = 116,8$ dní

Celý výpočet upravíme do jedného matematického výrazu:

$$116,8 = \frac{360^{\circ}}{(1,602^{\circ} + 1,481^{\circ})\text{denne}} = \frac{360^{\circ}}{\left(\frac{360^{\circ}}{224,7} + \frac{360^{\circ}}{243}\right)\text{denne}},$$

ktorý sa dá zapísať aj takto :

$$\frac{360^{\circ}}{116,8} = \frac{360^{\circ}}{224,7} + \frac{360^{\circ}}{243}$$

a ešte sa dá vykrátiť 360° :

$$\frac{1}{116,8} = \frac{1}{224,7} + \frac{1}{243} .$$

Získali sme vzorec, ktorý sa dá vyjadriť slovne:

$$\frac{1}{\text{dĺžka slnečného dňa}} = \frac{1}{\text{doba rotácie okolo osi}} + \frac{1}{\text{doba obehu okolo Slnka}}$$

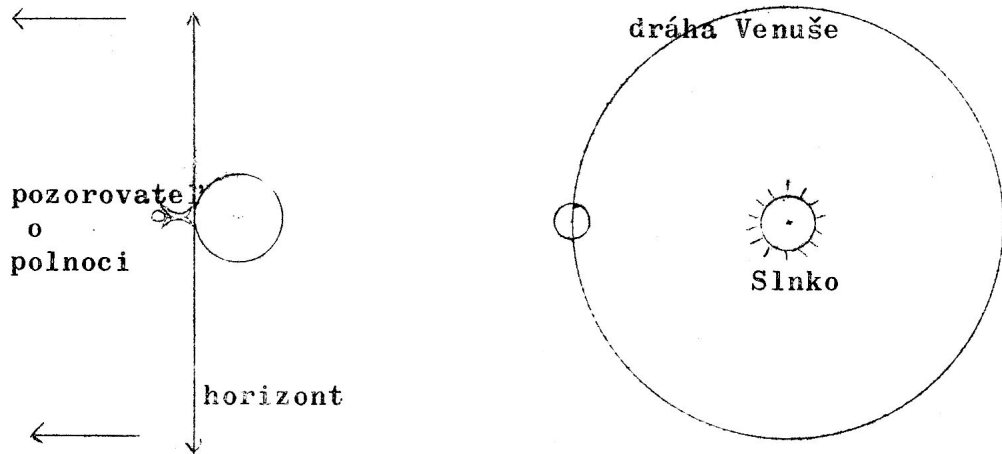
Porovnajme posledný vzťah so vzťahom pre dĺžku slnečného dňa na Merkúri. Iba znamienko mínus je vo vzťahu pre Venušu nahradené znamienkom plus. To zapríčinila retrográdna rotácia Venuše okolo osi.

Slnko vychádza na Venuši na západe, o 29,2 dní nastane poludnie a o ďalších 29,2 dní Slnko zapadne na východe.

b/ Môžeme pozorovať zo Zeme Venušu o polnoci miestneho času ?

Venuša je k Slnku bližšie ako naša Zem. Preto ju nikdy nemôžeme pozorovať na našej oblohe počas miestnej polnoci.

Obrázok č. 21

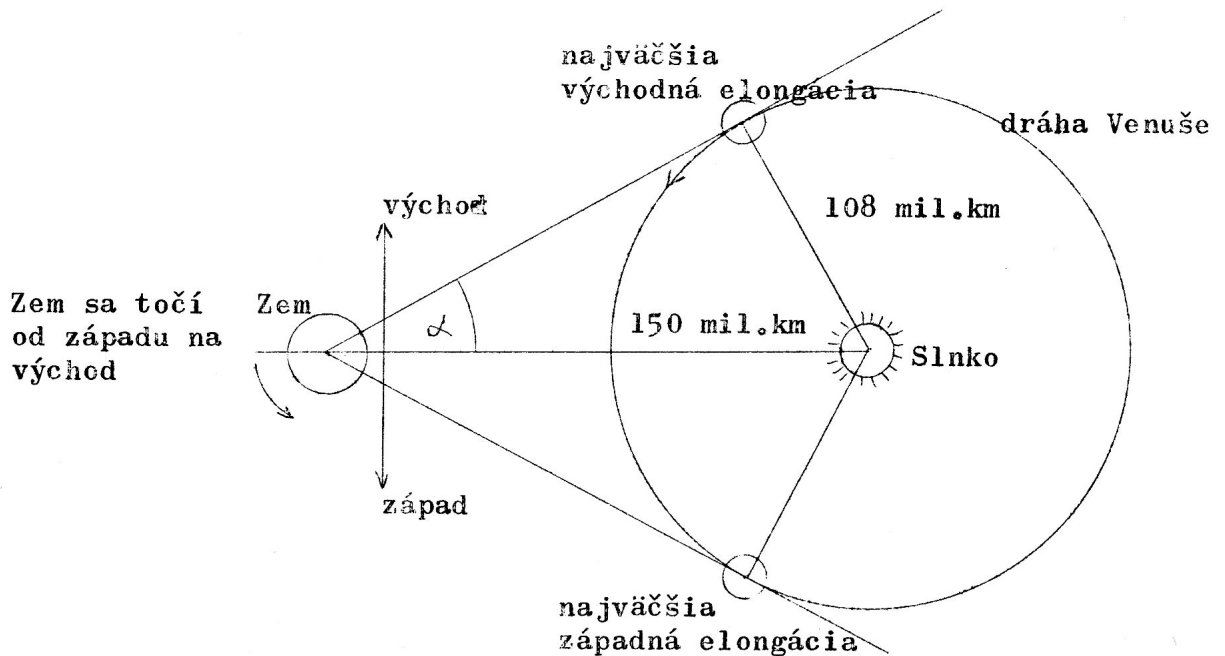


O polnoci môžeme zo Zeme pozorovať prirodzene len to, čo je nad horizontom. Ani jeden bod dráhy Venuše nie je nikdy nad polnočným horizontom. Podobne i Merkúr nemôžeme zo Zeme nikdy pozorovať o polnoci.

c/ Ako dlho po západe Slnka alebo pred jeho východom môžeme na Zemi (na rovníku) pozorovať Venušu ?

Úloha je zvlášť vhodná pre tých, čo majú radi geometriu. Vzdialenosť Zeme od Slnka je 150 miliónov km, vzdialenosť Venuše (veľká poloos jej dráhy) je 108 miliónov km. Pre jednoduchosť považujme dráhu Venuše i Zeme za kruhovú.

Obrázok č. 22 :



Zem sa za 1 hodinu otočí okolo svojej osi o $360^{\circ}/24 = 15^{\circ}$. Preto hodinu po západe Slnka zapadnú na rovníku všetky objekty, ktorých uhlová vzdialenosť od Slnka je menšia ako 15° . Dve hodiny po západe Slnka zapadnú všetky objekty, ktoré sú od Slnka vzdialené $2 \times 15^{\circ} = 30^{\circ}$. Čiže ak je Venuša v niektorý deň od Slnka vzdialená o uhol $22,5^{\circ}$, zapadne na rovníku najneskôr o hodinu a pol. Prípadne vyjde najskôr hodinu a pol pred východom Slnka.

Chceme vedieť, kedy Venuša vychádza najskôr pred východom Slnka a kedy zapadá najneskôr po západe Slnka. To znamená, že potrebujeme zistiť, aký je maximálny uhol medzi Slnkom a Venušou pri pozorovaní zo Zeme. Najväčší uhol medzi Slnkom a Venušou je vtedy, keď je Venuša v tom bode svojej dráhy, ktorý je na dotýčnici prechádzajúcej pozorovateľom na Zemi. Pozrite sa na obrázok č.22 a presvedčte sa, že všetky ostatné uhly sú menšie.

V pravouhlom trojuholníku Slnko - Venuša - Zem poznáme dĺžku prepony a dĺžku protiľahlej odvesny k hľadanému uhlu alfa. Uhol alfa vypočítame pomocou kalkulačky:

$$\sin \alpha = \frac{108 \text{ mil. km}}{150 \text{ mil. km}} = 0,72$$

$$\alpha = 46^{\circ}$$

alebo ho zistíme grafickou metódou :

Narysujeme kružnicu s polomerom 10,8 cm, bod Z vo vzdialenosti 15 cm od stredu kružnice S, , nájdeme dotýčnicu ku kružnici k bodu Z (urobíme kružnicu s nad priemerom ZS, prieniky oboch kružníc sú hľadané body V_1, V_2), uhloмерom zmeráme uhol alfa.

V skutočnosti je dráha Venuše i Zeme nie celkom kruhová preto maximálna uhlová vzdialenosť Venuše od Slnka môže byť pri niektorom obehu až 47° .

Keď je planéta Venuša pri svojom obehu v najväčšej uhlovej vzdialenosti od Slnka, hovoríme my astronómovia, že je v najväčšej elongácii. Elongácia je latinské slovo, v preklade znamená predĺženie, vzdialenosť a pre astronómov je to uhlová vzdialenosť planéty od Slnka.

Aj z obrázka vidíme, že existujú dva body s najväčšou elongáciou. Ten, čo je smerom na východ od Slnka nazývame najväčšou východnou elongáciou Venuše a ten, čo je na západ, najväčšou západnou elongáciou Venuše

Za aký čas sa Zem otočí o 47° okolo svojej osi?

za 1 hodinu 15°

za ? hodín 47°

$$z = \frac{47^{\circ}}{15^{\circ}} = 3,13$$

Zem sa otočí okolo svojej osi o 47° za 3 hodiny 8 minút. Venušu môžeme pozorovať najdlhšie približne 3 hodiny po západe Slnka ako Ve - černicu alebo približne 3 hodiny pred východom Slnka ako Zorničku. Slovo asi je v odpovedi preto, lebo Venuša sa pohybuje takmer po ekliptike, rovina jej obežnej dráhy je k ekliptike naklonená len o 3° , ale naša Zem rotuje okolo vlastnej osi tak, že rovník a ekliptika zvierajú uhol $23,5^{\circ}$. Presný výpočet je zložitejší a závisí od zemepisnej šírky pozorovacieho miesta na Zemi. Na pólach je dokonca možné, že Venuša je celé dni nad obzorom a Slnko pod obzorom. Na rovníku rozdiel medzi presným a našim zjednodušeným výpočtom je len niekoľko minút.

Príklad: 1/ Vypočítajte, ako ďaleko je Venuša od Zeme, keď je v najväčšej elongácii !

2/ Vypočítajte, najväčšiu uhlovú vzdialenosť Merkúra od Slnka, teda najväčšiu elongáciu planéty Merkúr za zjednodušeného predpokladu, že Merkúr obieha po kružnici s polomerom 58 mil.km a potom / a predpokladu, že je od Slnka vzdialený 70 mil. km,

ÚLOHA: V astronomických ročenkách z posledných rokov nájdite hodnoty i dátumy najväčších východných a západných elongácií Merkúra a Venuše. Pokúste sa odhaliť, či je nejaká periodicita vo výskyte týchto úkazov!

d/ Fázy Venuše (aj Merkúra)

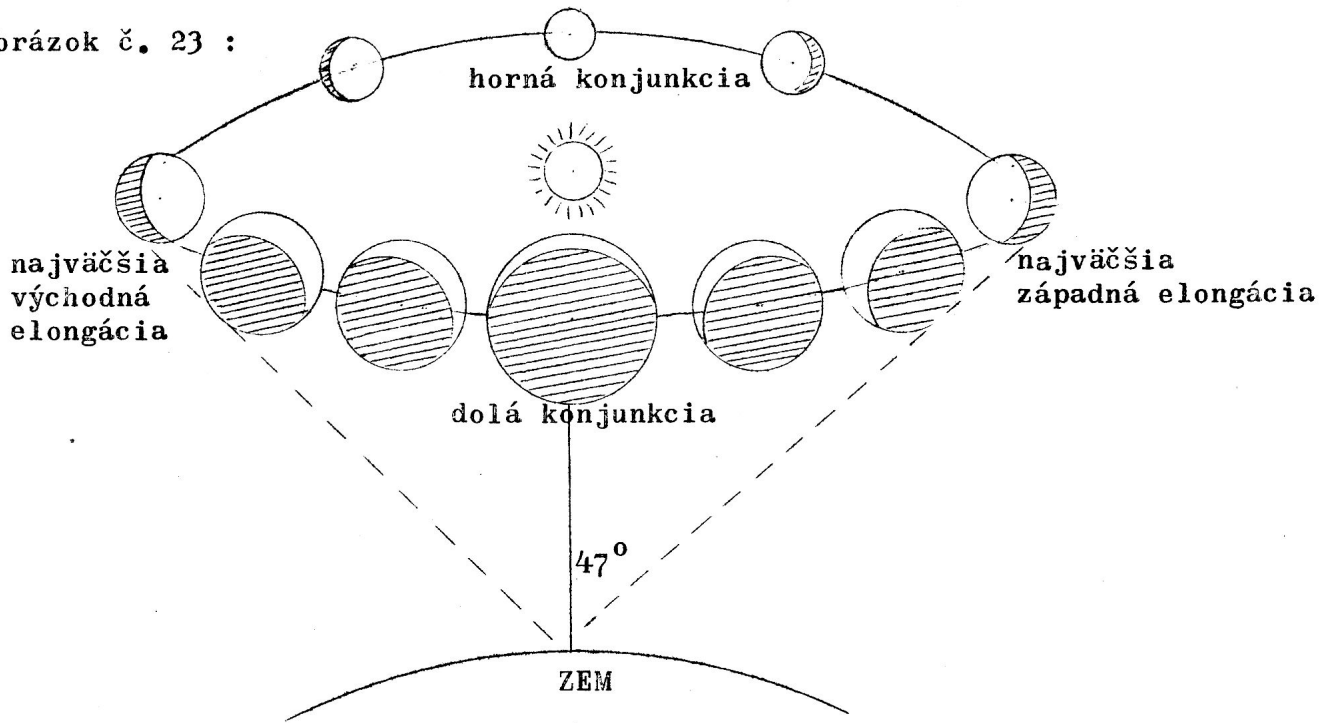
Planéty Venuša a Merkúr sú bližšie ku Slnku ako naša Zem. My na Zemi budeme vidieť len tú časť Venuše alebo Merkúra, ktorá je osvetlená Slnkom. Preto zo Zeme pozorujeme fázy Venuše a Merkúra. Lenže namiesto pojmov nov, prvá štvrt', spln, posledná štvrt', ktoré používame na označenie fáz nášho Mesiaca, používame pojmy dolná konjunkcia, východná elongácia, horná konjunkcia a západná elongácia. Nie je to len slovná zámena. Mesiac obieha okolo Zeme a pozorujeme ho zo Zeme. Venuša a Merkúr obiehajú okolo Slnka a pozorujeme ich tiež zo Zeme. Pozri si obrázok č.23!

P. o z n.: Elongácia a konjunkcia sú latinské názvy

Elongácia = uhlová vzdialenosť planéty od Slnka meraná na oblúku ekliptiky.

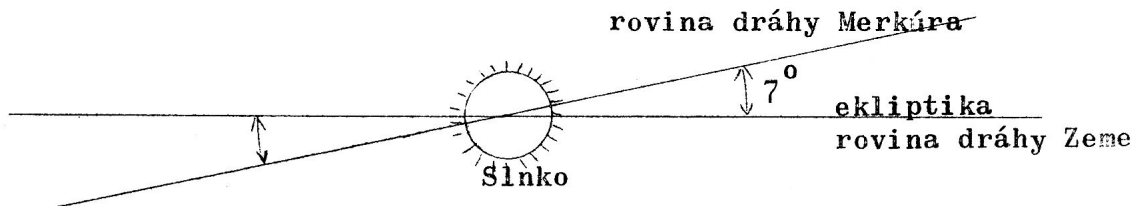
Konjunkcia = zdanlivé stretnutie dvoch nebeských telies na oblohe.

Obrázok č. 23 :



V okamžiku hornej konjunkcie Venuše so Slnkom je Venuša pre pozemšťana za Slnkom. Vtedy je i najďalej od Zeme. V okamžiku dolnej konjunkcie je pred Slnkom a je najbližšie k Zemi. Zo Zeme je v čase konjunkcií nepozorovateľná, lebo zaniká v slnečnom svetle. Niekedy sa však stane, že Venuša alebo Merkúr sú v okamžiku dolnej konjunkcie presne na priamke Slnko - Zem. Vtedy pozorujeme prechod Venuše prípadne Merkúra cez slnečný disk. Keby Venuša a Merkúr obiehali okolo Slnka v tej istej rovine ako Zem, pozorovali by sme pri každej dolnej konjunkcii prechod planéty cez slnečný disk. Rovina obehu planéty Venuše je však voči ekliptike sklonená o 3° a rovina obehu planéty Merkúr o 7° . Preto prechod planéty cez slnečný disk pozorujeme len vtedy, keď je planéta blízko toho bodu, kde sa rovina jej dráhy pretína s ekliptikou. Je to veľmi zriedkavý jav. Posledný prechod Venuše cez slnečný disk nastal 6.12.1982, nasledujúci nastane 7. júna 2004 a ďalší 5. júna 2012. Jav sa opakuje s periódou 243 rokov a za ten čas nastane štyrikrát. Merkúr obieha okolo Slnka podstatne rýchlejšie ako Venuša, a preto i prechod Merkúra cez slnečný disk pozorujeme častejšie. Posledný bol pozorovateľný 13.11.1986, nasledujúci bude už 6.11.1993 a ďalší 15.11.1999.

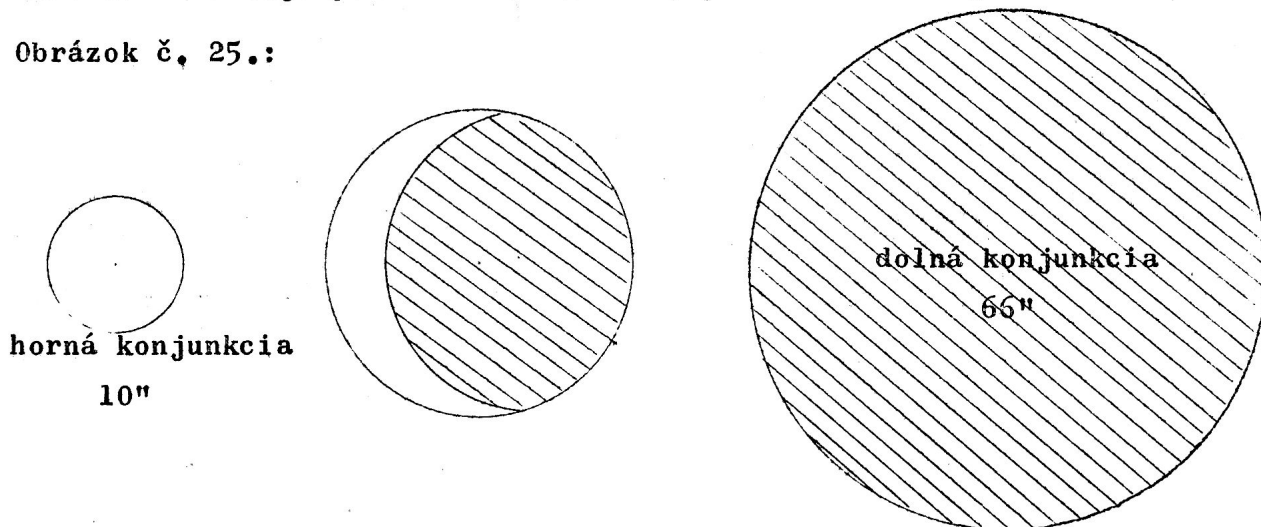
Obrázok č. 24:



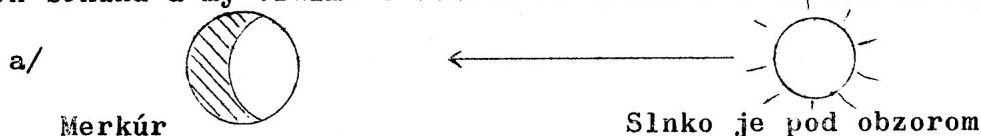
Skúste si predstaviť tento obrázok priestorovo !

Vzdialenosť Venuše od Zeme môže nadobúdať hodnoty od 41 mil km do 192 mil. km. Pozorovaná zdanlivá uhlová veľkosť kotúčika Venuše závisí od vzdialenosti od Zeme a mení sa v intervale od 10 oblúkových sekúnd do 66 oblúkových sekúnd. Skutočný priemer Venuše je 12100 km,

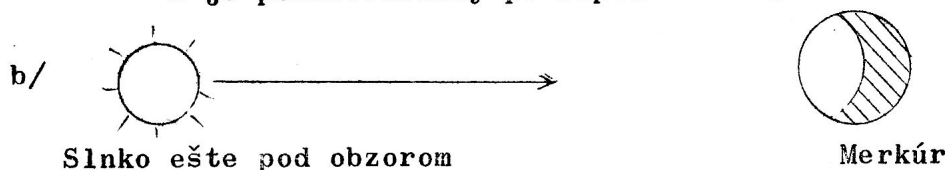
Obrázok č. 25.:



Merkúr sa dá zo Zeme pozorovať len v čase okolo najväčších elongácií, vtedy zdanlivý priemer jeho kotúčika je približne 7 oblúkových sekúnd a my vidíme z celého kotúčika len osvetlenú časť:




Merkúr je východne od Slnka,
je teda vo východnej elongácii
a je pozorovateľný po západe Slnka.



Merkúr je západne od Slnka,
má západnú elongáciu
a je pozorovateľný pred východom Slnka.

ÚLOHY : 1/ Je možné, aby Venuša vyzerala ako tenučký kosáčik a súčasne mala zdanlivý priemer 10 obl. sekúnd ?

2/ Môže nastať takáto situácia:  ?

3/ V astronomickej ročenke nájdite ako ďaleko je dnes od Zeme Venuša /Merkúr/, v akej je fáze, aký má zdanlivý uhlový priemer, kedy vychádza a kedy zapadá a pokiaľ je to možné, pozorujte ju.

e/ Aký čas uplynie medzi dvoma dolnými konjunkciami Venuše ?

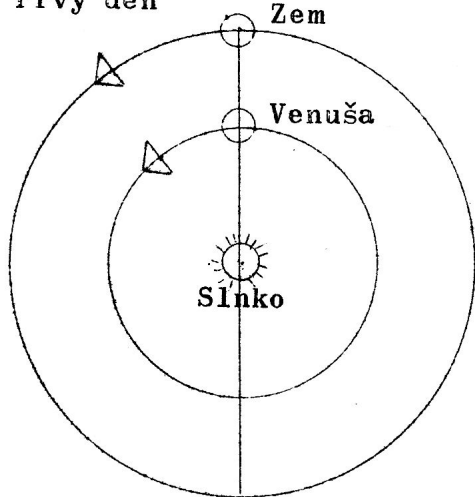
Keby ste žili na Zemi v predkopernikovskej dobe, nevedeli by ste, že Venuša obieha okolo Slnka. Vedeli by ste však, aký čas uplynie medzi dvoma po sebe idúcimi dolnými konjunkciami Venuše, a ten by ste považovali za čas obehu Venuše okolo Zeme.

Vypočítajte si, za aký čas "obehne Venuša okolo Zeme".

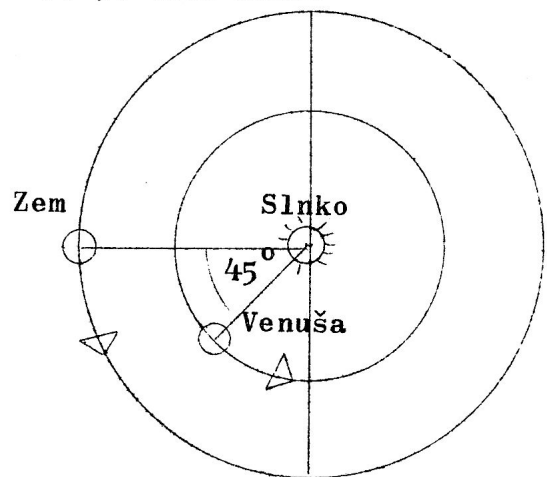
Najprv použijeme grafickú metódu a zjednodušené, približné zadanie. Zem obieha okolo Slnka po kružnici za 360 dní, Venuša za 240 dní a tiež po kružnici. Na prvom obrázku sú Slnko, Zem a Venuša na jednej priamke, Venuša je práve v dolnej konjunkcii so Slnkom. Obrázky budeme kresliť napr. po 90 dňoch, za ten čas Zem prejde 90° na svojej dráhe okolo Slnka a Venuša 135° , (vy skúste kresliť po 60-tich dňoch).

Obrázok č. 26 :

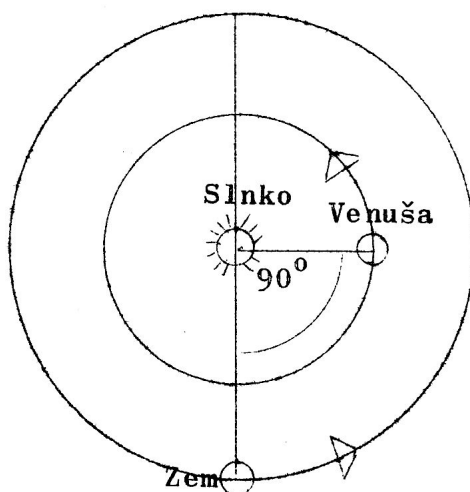
Prvý deň



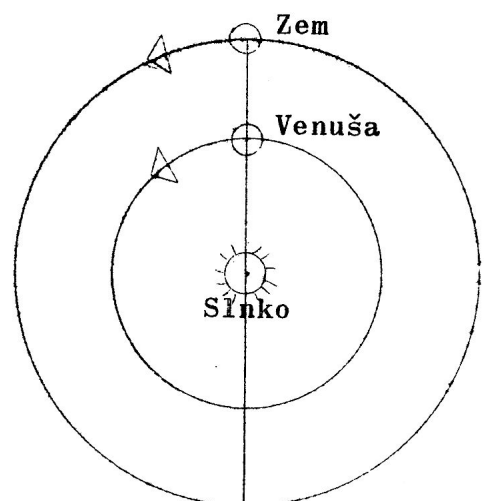
Po 90-tich dňoch



Po 180-tich dňoch



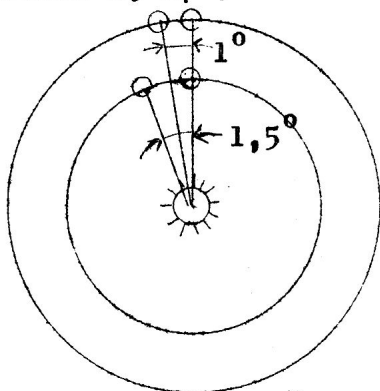
Po 720-tich dňoch



Medzi dvoma dolnými konjunkciami uplynulo 720 dní.

GEOMETRICKÉ RIEŠENIE

Obrázok č. 27 :



O aký uhol predbieha Venuša denne Zem pri pohľade na Slnko ?

Za koľko dní predbehne Venuša Zem o 360° a znova nastane dolná konjunkcia ?

Zem prejde za 1 deň približne $\frac{360^\circ}{360 \text{ dní}} = 1^\circ$

Venuša prejde za 1 deň približne $\frac{360^\circ}{240 \text{ dní}} = 1,5^\circ$

Pri pohľade zo Slnka Venuša prejde pomedzi hviezdy $1,5^\circ$ a Zem len 1° . Venuša predbieha Zem denne o $1,5^\circ - 1^\circ = 0,5^\circ$.

O 360° predbehne Zem za $\frac{360^\circ}{0,5^\circ \text{ denne}} = 720 \text{ dní}$

Nasledujúca dolná konjunkcia nastane po 720 dňoch (pri približnom zadaní).

PRESNÝ VÝPOČET

urobíme úplne rovnako ako predchádzajúci, ale s presnými hodnotami obbehov planét okolo Slnka: Zem obehne za 365,25 dní,

Venuša za 224,7 dní.

Venuša predbieha Zem pri pohľade "zo Slnka" v priemere o x° denne,

$$x = \frac{360^\circ}{224,7 \text{ dní}} - \frac{360^\circ}{365,24 \text{ dní}}$$

$x = \dots$ (vypočítajte samostatne)

Venuša predbehne Zem o 360° za čas t ,

$$t = \frac{360^\circ}{x} = \dots$$

$t = 583,9 \text{ dní}$

Medzi dvoma po sebe idúcimi dolnými konjunkciami Venuše uplynie 583,9 dní. Túto dobu nazývajú astronómovia synodickou obežnou dobou Venuše. Synodický je grécke slovo na označenie podobnosti javov. Napríklad, aj čas, ktorý uplynie medzi dvoma po sebe idúcimi splnami, alebo novmi Mesiaca nazývajú astronómovia synodickou obežnou dobou Mesiaca.

Z E M

a/ Koľkokrát sa Zem otočí okolo svojej osi za rok ?

Na túto otázku väčšina opýtaných v prvom momente "naletí" a odpovie :
No predsa 365,25 krát. Je to správna odpoveď ?

Rok má 365,25 slnečných dní (v priemere). Ale za 365,25 slnečných dní sa Zem neotočí okolo svojej osi 365,25 krát.

Zem sa otáča okolo svojej osi a súčasne i obieha okolo Slnka. Rovnaký problém, skladania dvoch otáčavých pohybov, sme riešili, keď sme počítali dĺžku slnečného dňa na Merkúri a na Venuši. Vtedy sme vedeli, za aký čas planéta obehne okolo Slnka i za aký čas sa otočí okolo svojej osi o 360° . Teraz máme úlohu opačnú. Vieme, aký dlhý je slnečný deň - 24 hodín, poznáme obežnú dobu Zeme, dĺžku roka - 365,25 dní. Pýtame sa:

1/ Za aký čas sa Zem otočí okolo svojej osi o 360° ?

2/ Koľkokrát sa Zem otočí okolo vlastnej osi za jeden rok ?

1/ Riešenie

Za jeden deň sa Zem na svojej dráhe okolo Slnka posunie o uhol alfa,

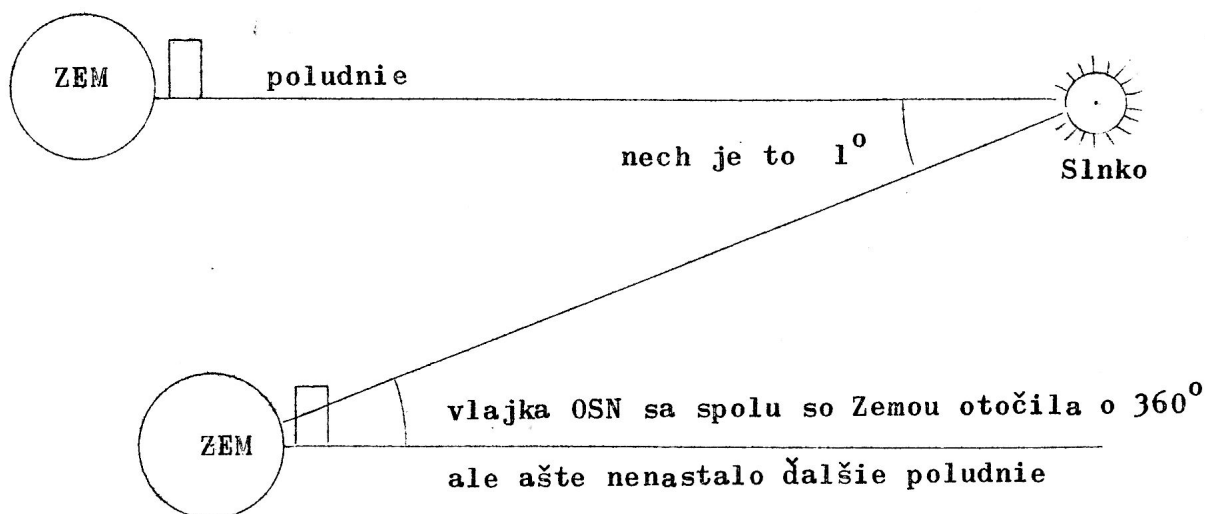
$$\text{alfa} = \frac{360^{\circ}}{365,25 \text{ dní}} ,$$

$$\text{alfa} = 0,98563^{\circ} \doteq \underline{\underline{1^{\circ}}}$$

Aby uplynul jeden slnečný deň, musí sa Zem otočiť okolo svojej osi o

$$360^{\circ} + 0,98563^{\circ} \doteq 361^{\circ} \text{ (pozri obrázok č.28)}$$

Obrázok č. 28 :



Zem sa otočí o 361° za 24 hodín
o 360° x

$$\frac{x}{24} = \frac{360^{\circ}}{361^{\circ}}$$

$$x = \frac{360^{\circ}}{361^{\circ}} \cdot 24 \text{ hodín}$$

$$x = 23 \text{ hodín } 56 \text{ minút } 4 \text{ sekundy}$$

Zem sa otočí okolo svojej osi o 360° za 23 hodín 56 minút 4 sekundy. Túto veličinu nazývame siderickým dňom.

Siderický je latinské slovo, v preklade znamená hviezdny. Rotácia okolo osi sa totiž meria vzhľadom na hviezdy. Zem sa otočí okolo osi o 360° práve vtedy, keď znova vidíme tie isté hviezdy v tej istej polohe na oblohe.

2/ Za jeden slnečný deň sa Zem otočí takmer o 361° (presne o $360,98563^{\circ}$) Rok má 365,25 slnečných dní. Keďže sa Zem každý slnečný deň musí otočiť ešte o $0,986^{\circ}$ v porovnaní so siderickým dňom, za celý rok sa otočí o $0,98563^{\circ} \cdot 365,25 = 360^{\circ}$ navyiac a to je jeden celý siderický deň.

Za 365,25 slnečných dní sa Zem otočí okolo svojej osi

366,25 krát

Príklady:

1/ Koľko stupňov prejde Slnko po oblohe za jednu hodinu ?

2/ Za aký čas sa Zem otočí okolo svojej osi o 1° ?

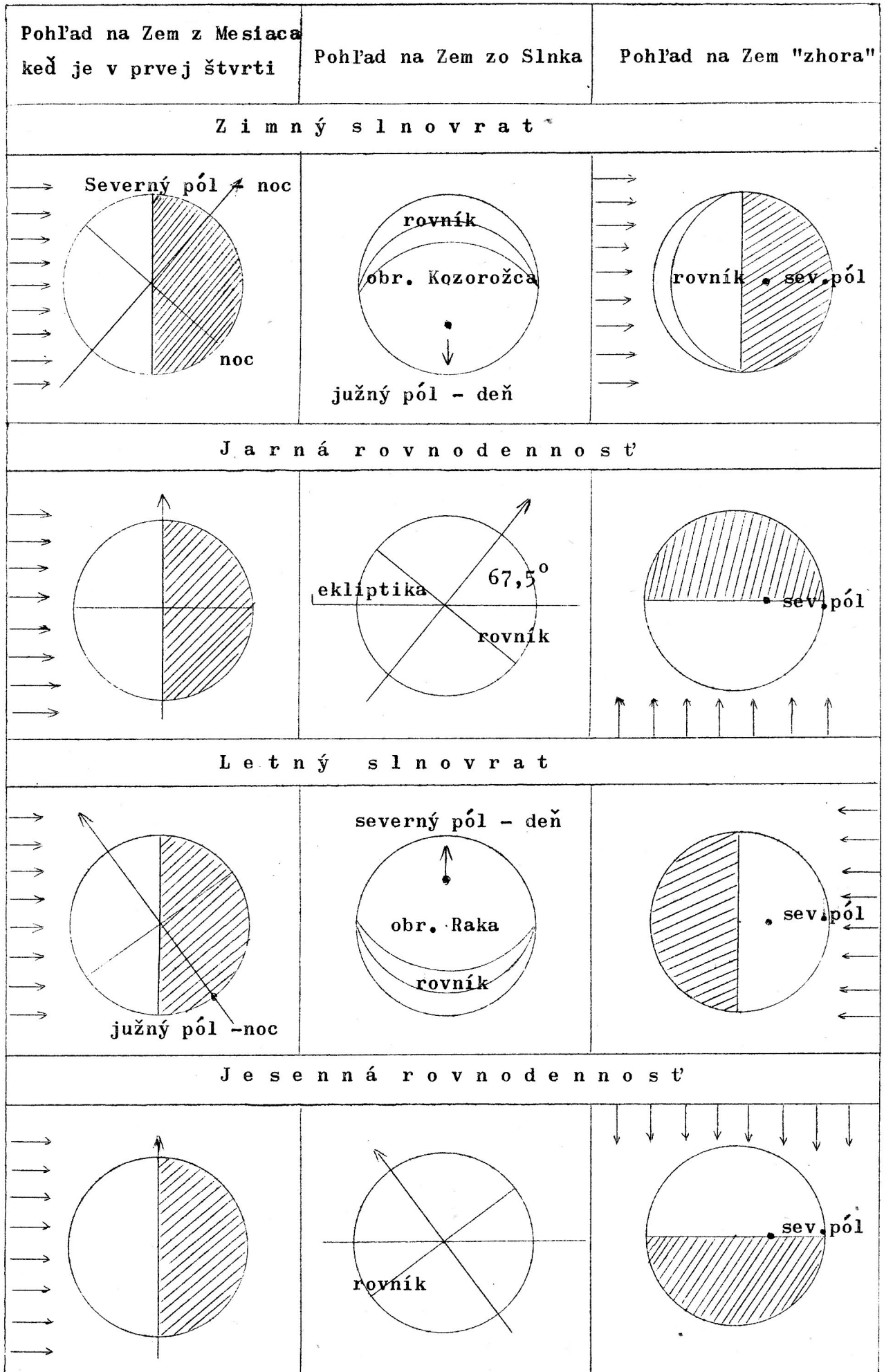
b/ Prečo sa v našich zemepisných šírkach na Zemi striedajú štyri ročné obdobia ?

Zemský rovník a rovina ekliptiky zvierajú uhol 23 a pol stupňa. Dá sa to povedať aj takto: Os rotácie Zeme a rovina ekliptiky, čiže rovina, v ktorej Zem obieha okolo Slnka, zvierajú uhol $66,5^{\circ}$.

Zemská os má počas celého nášho života takmer rovnaký smer, smeruje približne k hviezde Polárke.

Preto jednu časť roka Slnko osvetľuje oveľa intenzívnejšie severnú pologuľu a druhú časť roka južnú pologuľu.

Obrázok č. 29 : Ako Slnko osvetľuje Zem v štyroch význačných dňoch.



c/ Prečo je leto na severnej pologuli, keď Zem je vtedy v aféliu
svojej dráhy ?

Dráha Zeme okolo Slnka je eliptická s výstrednosťou $e = 0,01675$. V perihéliu je Zem vzdialená od Slnka 147 mil. km. V perihéliu je Zem približne 4. januára. V aféliu je okolo 4. júla a od Slnka je vtedy vzdialená 152 mil. km.

Ľudská prostá logika hovorí, že teplejšie by malo byť vtedy, keď je Zem bližšie k Slnku a chladnejšie vtedy, keď je ďalej. Lenže skutočnosť je taká, že keď je Zem najbližšie k Slnku, je u nás na severnej pologuli zima. A keď je Zem najďalej, je u nás leto. Dokonca je leto na severnej pologuli asi o 4 dni dlhšie ako na južnej, lebo keď je Zem od Slnka ďalej, pohybuje sa pomalšie.

Existencia 4 ročných období svedčí o tom, že dôležitejšie je to, pod akým uhlom dopadajú slnečné lúče na zem, než to, či sme od Slnka vzdialení 147 alebo 152 miliónov km. Rozdiel vo vzdialenosti Zeme od Slnka medzi aféliom a perihéliom je približne 5 miliónov km. Je to obrovské číslo, ale keď ho porovnáme so strednou vzdialenosťou, 150-timi miliónmi km, tak zistíme, že je to

$$\frac{5 \text{ mil. km}}{150 \text{ mil. km}} = \frac{1}{30} \text{ vzdialenosti.}$$

Doma si môžete demonštrovať túto zmenu tak, že porovnáte zmenu svietivosti žiarovky vo vzdialenosti 3 m, 3,1 m, prípadne 6 m a 6,2 m. Merateľný rozdiel tu zaiste je, ale je malý v porovnaní s rozdielom, ktorý je popísaný v ďalšej časti.

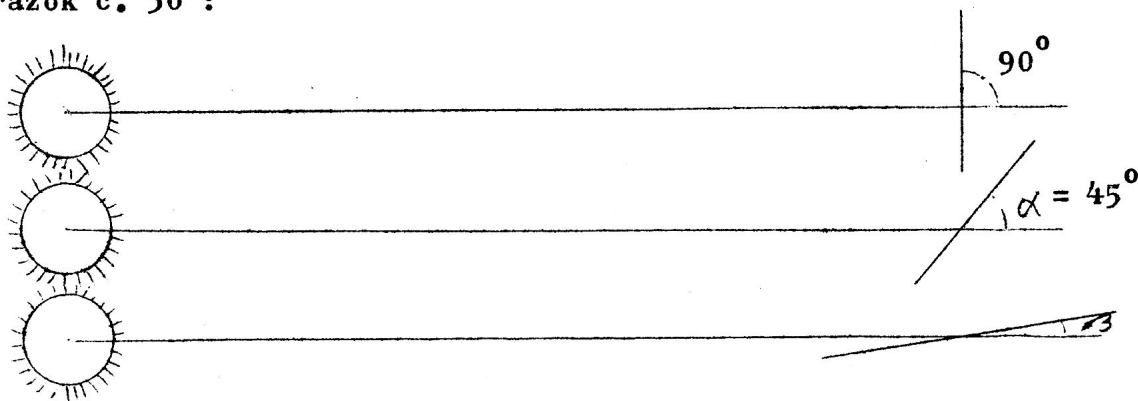
d/ Prečo existujú 4 ročné obdobia - pokračovanie

=====
Robme takéto experimenty :

V istej vzdialenosti od zdroja svetla umiestnime napríklad papier (husto popísaný drobným písmom). Najprv bude papier kolmo k lúčom svetla. Potom budeme sklon papiera postupne meniť. Kedy je papier najlepšie osvetlený (najlepšie čitateľný) ?

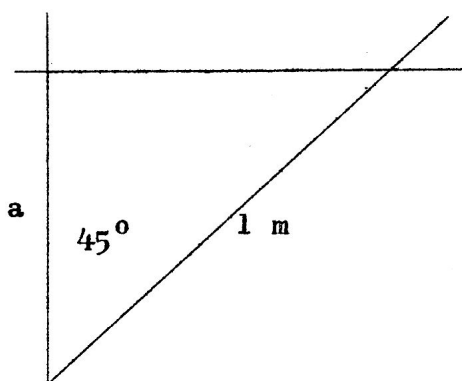
Ak máte luxmeter, môžete sa objektívne presvedčiť, že najviac je osvetlená kolmá plocha.

Obrázok č. 30 :



Plochu 1 m^2 skloníme o uhol 45° voči dopadajúcim svetelným lúčom. Vtedy na naklonenú plochu bude dopadať takmer o 30% menej svetla ako na plochu kolmú. Ak poznáte Pytagorovu vetu, môžeme si to vypočítať. Na naklonenú plochu dopadá toľko svetla, koľko dopadá na kolmú plochu s rozmermi $a \text{ m}^2$.

Obrázok č. 31 :



Dĺžku kolmého priemetu a vypočítame takto:

$$1^2 = a^2 + a^2$$

$$a^2 = 0,5$$

$$a = 0,71 \text{ m}^2$$

=====

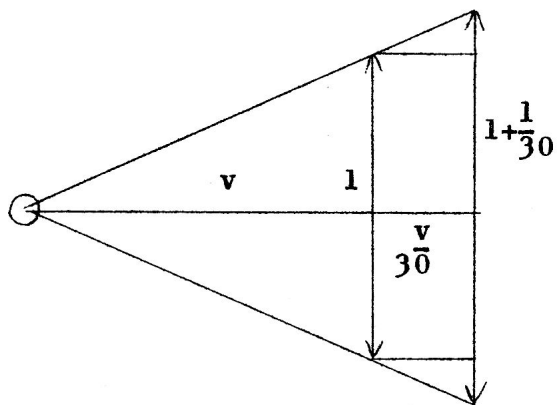
Na plochu 1 m^2 sklonenú o 45° dopadne toľko svetla, ako na plochu kolmú k slnečným lúčom s rozmermi $0,71 \text{ m}^2$.

Čiže ak kolmú plochu s rozmermi 1 m^2 skloníme o 45° , bude na ňu dopadať len 71% pôvodného svetla, teda o 29% menej ako predtým.

$$29\% \doteq 30\% = 0,3 = \frac{9}{30}$$

Ak zmeníme vzdialenosť pokusnej plochy o jednu tridsiatinu, zmení sa osvetlenie približne o dve tridsiatiny.

Obrázok č. 31 :



Svetlo, ktoré dopadá najprv na plochu 1 m^2 , dopadá po zväčšení vzdialenosti na plochu

$$\left(1 + \frac{1}{30}\right)^2 \text{ m}^2.$$

Na plochu 1 m^2 dopadne teda po zmene vzdialenosti len

$$\frac{1}{\left(1 + \frac{1}{30}\right)^2} = 0,937,$$

94 % pôvodného svetla.

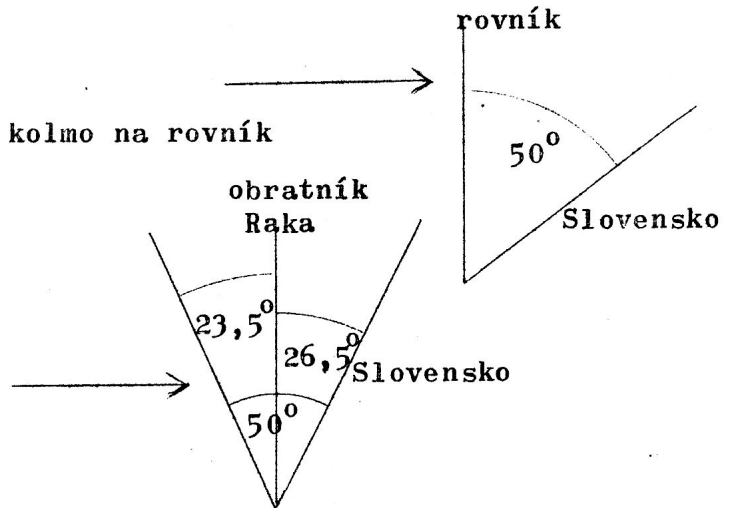
Na tie oblasti na Zemi, ktoré majú zemepisnú šírku 45° , dopadá na jar a na jeseň o 30° menej slnečného svetla ako na rovník, ktorý je kolmo k slnečným lúčom.

My žijeme na $48,5^{\circ}$ sev.zem.šírky. Naša situácia je takáto:

Obrázok č. 32:

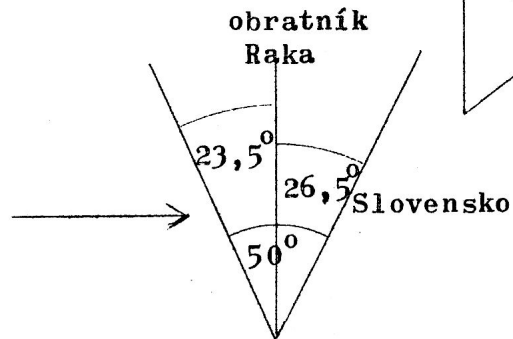
a/ rovník

Slnečné lúče dopadajú kolmo na rovník



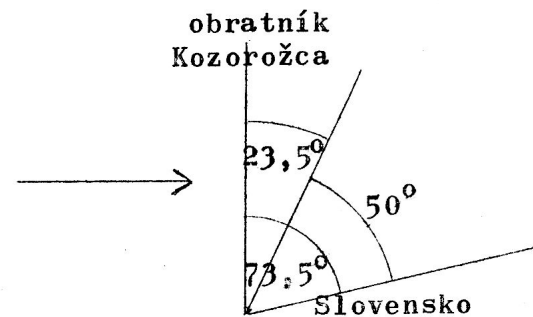
b/ letný slnovrat

slnečné lúče dopadajú kolmo na obratník Raka $23,5^{\circ}$ sev.z.š.



c/ zimný slnovrat

slnečné lúče dopadajú kolmo na obratník Kozorožca $23,5^{\circ}$ juž.z.š.



V lete na poľudnie je naša rovina /napr. Východoslovenská nížina/ odklonená od kolmého smeru len o $26,5^{\circ}$, na jar a na jeseň o 50° , v zime až o $73,5^{\circ}$.

Ak máte kalkulačku vypočítajte si tieto hodnoty :

$$a = \cos 26,5^{\circ},$$

$$b = \cos 50^{\circ},$$

$$c = \cos 73,5^{\circ},$$

Čísla a, b, c vám povedia koľko svetla dopadá približne na 1 m^2 našej roviny v porovnaní s 1 m^2 roviny v tej oblasti, kde Slnko je v nadhlavníku - v zenite.

Porovnajte hodnoty a, b, c so zmenou osvetlenia spôsobenou zmenou vzdialenosti od Slnka o $1/30$.

Už rozumiete, prečo sa u nás striedajú štyri ročné obdobia ?

e / Prečo smeruje zemská os rotácie akurát k Polárke.

Každý vzdelaný človek 20. storočia vie nájsť Polárku a to mu stačí k orientácii v noci - vie, kde je sever.

Každý vzdelanejší človek zo starého Egypta zrejme tiež vedel nájsť na oblohe tú hviezdu, ktorá označovala sever. Vezmite si mapu severnej hviezdnej oblohy a nájdite na nej v súhvezdí Draka hviezdu Thuban. To je tá významná hviezda, ktorá bola najbližšie k nebeskému severnému pólu v roku 2 700 p.n.l.

Hviezda Polárka nie je presne v smere zemskej osi, ale je vzdialená v súčasnosti približne o jeden stupeň od nebeského severného pólu. Presvedčte sa o tom na mape severnej hviezdnej oblohy.

V súhvezdí Draka je pól ekliptiky. To je ten bod, ku ktorému by smerovala zemská os, keby bola sklonená k ekliptike presne o 90° . Severný nebeský pól je od pólu ekliptiky odklonený o $23,5^{\circ}$ a pomaly rotuje okolo pólu ekliptiky. Jednu celú otočku urobí za 25 725 rokov. Túto dobu nazývame Platónskym rokom a pohyb severného nebeského pólu ekliptiky nazývame precesným pohybom.

Úloha : Na priesvitný papier si prekreslite z mapy severnej hviezdnej oblohy súhvezdie Draka, súhvezdia susediace s Drakom a vyznačte si pól ekliptiky a Polárku. Z pólu ekliptiky potom narysujte kružnicu s polomerom $\langle \text{pól ekliptiky, Polárka} \rangle$. Postupne vyznačte, kde bude smerovať zemská os po 3 250 rokoch ($3250 \doteq 1/8$ Platónskeho roku/).

Astronóm aj počas svojho života pozoruje procesný pohyb. Rovina ekliptiky a zemský rovník zvierajú uhol $23,5^{\circ}$. Priemet zemského rovníka na nebeskú sféru nazývame nebeským rovníkom. Pozrite sa na mapu oblohy, nájdite na nej rovník a ekliptiku. Rovník a ekliptika sa pretínajú v dvoch bodoch. Jeden nazývame jarným bodom, druhý jesenným. Ak máte mapu hviezdnej oblohy pre epochu 1950 a inú pre epochu 2000, pozrite sa, ako sa posunul jarný a jesenný bod za 50 rokov.

Jarný bod sa posunie za jeden rok o uhol 50 oblúkových sekúnd = $50/60$ oblúkových minút = $50/3600$ oblúkových stupňov.

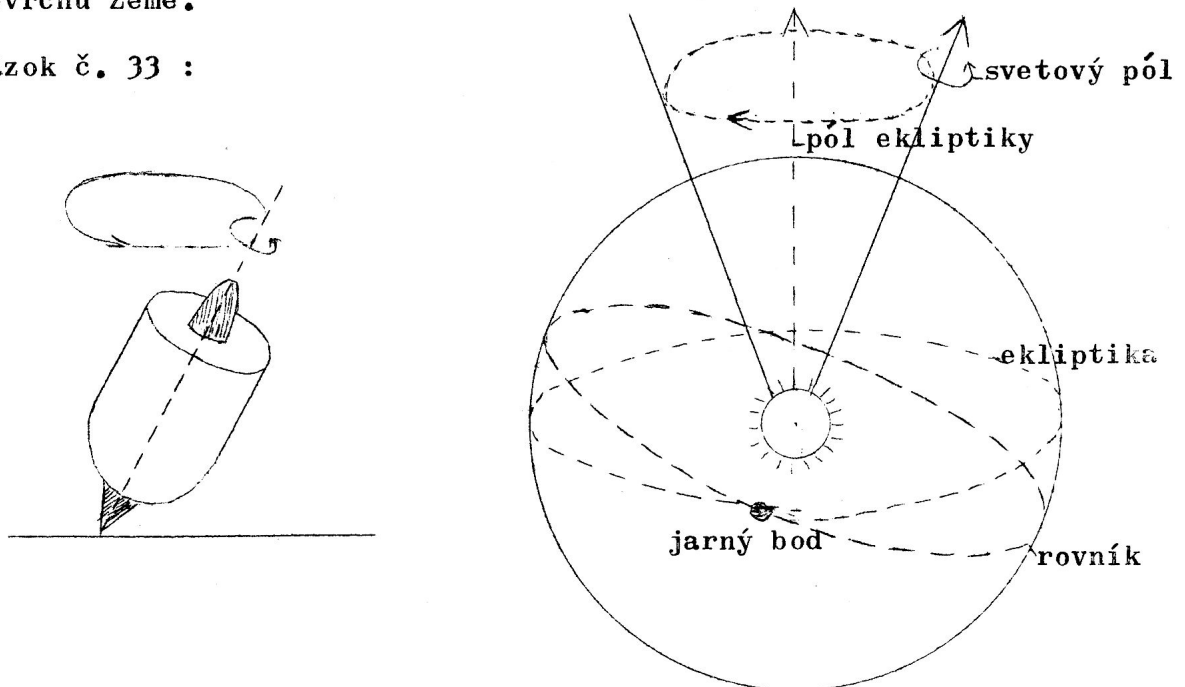
Pohyb jarného bodu bol známy už Hipparchovi v 2. storočí p.n.l. Odvtedy, za viac než 2000 rokov sa jarný bod posunul takmer o 30° . A tak jarný bod, ktorý bol za Hipparcha v súhvezdí Barana, je teraz v súhvezdí Rýb. Tradícia zvieratníkových znamení však prežila celých 2000 rokov bezo zmeny. A tak človek narodený v znamení Raka pred 2000 rokmi sa narodil skutočne vtedy, keď Slnko prechádzalo cez súhvezdie Raka.

Ale človek narodený v súhvezdí Raka v dnešnej dobe sa narodil v skutočnosti vtedy, keď Slnko bolo v znamení Blížencov. Podobne máme na Zemi obratník Raka, ktorý by sa dnes mal volať dokonca obratník Býka. A obratník Kozorožca by sa mal volať obratník Strelca, lebo pri slnovrátach je Slnko v súhvezdí Býka prípadne v súhvezdí Strelca. (My na Zemi nevidíme počas dňa okolo Slnka hviezdy, iba ak pri úplnom zatmení Slnka. Kozmonauti, ktorí sú za hranicou zemskej atmosféry však pozorujú Slnko i hviezdy súčasne.)

Precesný pohyb si môžeme ukázať na detskom zotrvačníku (vičku).

Zotrvačník rotuje rýchle okolo svojej osi, pomalšie okolo smeru kolmého k povrchu Zeme.

Obrázok č. 33 :



| | |
|--|------------------|
| Zem rotuje okolo vlastnej osi, o 360° sa otočí za $23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 04^{\text{s}}$, | |
| obieha okolo Slnka | za 365,25 dní, |
| vykonáva precesný pohyb | za 25 725 rokov, |

Okrem týchto pohybov Zem vykonáva ešte pohyb nutačný s periódou 18,6 rokov. S periódou 18,6 rokov rotuje skutočný pól Zeme okolo bodu, ktorý je od neho vzdialený len 9 oblúkových sekúnd, ten bod astronómovia nazvali stredným pólom.

Nutačný pohyb zapríčiňuje Mesiac, ktorý s periódou 18,6 rokov mení svoju polohu medzi hviezdami.

Výsledkom precesného a nutačného pohybu je nakoniec pomalý vlnitý pohyb zemského, a teda i nebeského pólu.

M A R S

Na planéte Mars si preopakujeme, čo sme sa naučili na predchádzajúcich planétach.

a/ Po akej dráhe sa pohybuje Mars okolo Slnka ?

Mars je štvrtou planétou podľa rastúcej vzdialenosti od Slnka. Veľká poloos jeho eliptickej dráhy meria 227,9 mil. km, excentricita jeho dráhy je 0,094.

Príklad : Vypočítajte najväčšiu a najmenšiu vzdialenosť Marsu od Slnka, teda aféliovú a perihéliovú vzdialenosť.

b/ Aký dlhý je slnečný deň na Marse ?

Mars obehne okolo Slnka za 686,98 pozemských dní. Okolo svojej osi sa otočí za $24^{\text{h}}37^{\text{m}}23^{\text{s}}$ - to je dĺžka siderického mart'anského dňa. V porovnaní s pomalou rotáciou Merkúra, pomalou a retrográdnou rotáciou Venuše, Mars rotuje veľmi podobne ako naša Zem. Na našej Zemi je rozdiel medzi slnečným a siderickým dňom 4 minúty. Mars je ďalej od Slnka, obieha preto pomalšie ako naša Zem, celý obeh mu trvá takmer 2 pozemské roky. Dá sa preto odhadnúť, že rozdiel medzi slnečným a siderickým dňom je na Marse menší ako na Zemi, asi len 2 minúty. Slnečný deň na Marse trvá $24^{\text{h}}39^{\text{m}}35^{\text{s}}$.

Skúste poslednú hodnotu vypočítať.

c/ Môžeme Mars pozorovať zo Zeme o polnoci ?

Áno. Je nápadne červený, jasný a vďaka tomu dobre známy i širokej neastronomickej verejnosti. Mars je ďalej od Slnka ako Zem, len Merkúr a Venuša sú bližšie a sú pre nás výnimočné tým, že pozorujeme ich fázy, ich prechody cez slnečný disk a nemôžeme ich pozorovať o polnoci. Preto aj Merkúr a Venušu nazývame vnútornými planétami a Mars a všetky planéty za ním vonkajšími planétami.

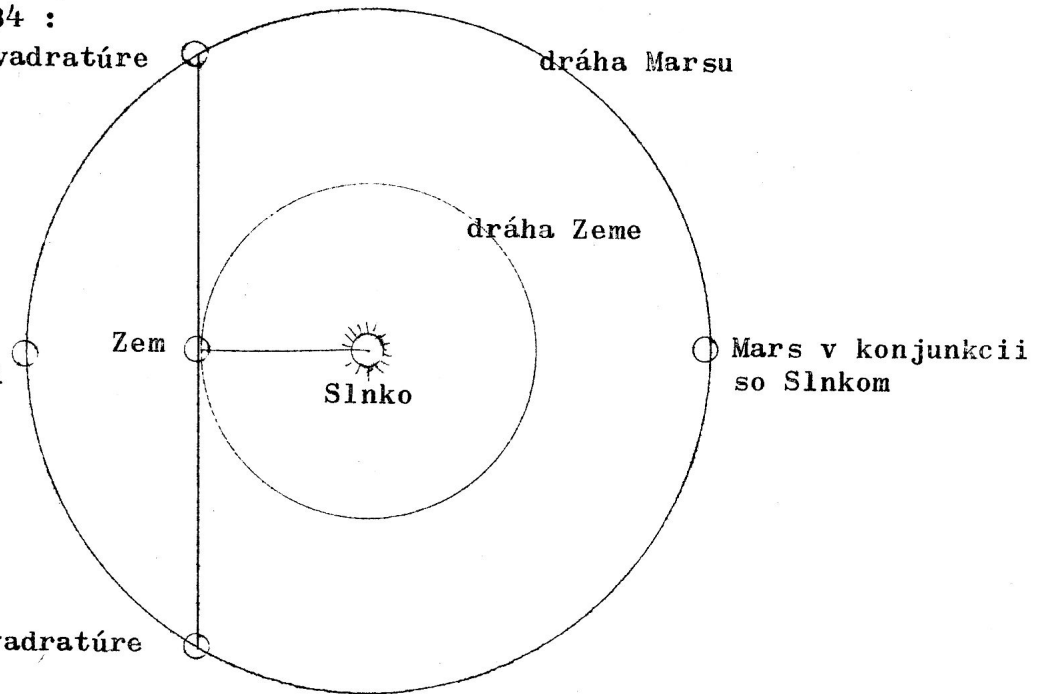
Mars je najbližšou z vonkajších planét. Keď sú Zem a Mars pri pohľade zo Slnka v tom istom smere, hovoríme, že Mars je v opozícii so Slnkom. Vtedy je najlepšie pozorovateľný, prechádza miestnym poľudníkom o polnoci miestneho času, je nad obzorom celú noc.

Obrázok č. 34 :

Mars v kvadrature

Mars v opozícii

Mars v kvadrature



Ak je Mars pri pohľade zo Zeme v tom istom smere ako Slnko, hovoríme, že je v konjunkcii so Slnkom. Pri vonkajších planétach môže nastať len horná konjunkcia, preto stačí pomenovanie konjunkcia planéty so Slnkom.

Najväčšiu elongáciu pri vonkajších planétach neurčujeme, veď uhol, o ktorý sa vzdialujú na oblohe od Slnka, dosahuje všetky hodnoty od 0° do 360° . Pri vonkajších planétach je významná pre astrológov kvadratura, vtedy je planéta vzdialená od Slnka na oblohe 90° .

d/ Aký čas uplynie medzi dvoma opozíciami Marsu ?

Môžete si zopakovať grafickú metódu. Obežná doba Zeme $\hat{=}$ 360 dní, obežná doba Marsu $\hat{=}$ 720 dní. Hľadajte, kedy Zem predbehne Mars o 360° . Spolu vypočítame synodickú obežnú dobu Marsu takto:

Okolo Slnka za 1 deň: Zem $\frac{360^\circ}{365,25 \text{ dní}} = 0,98^\circ$

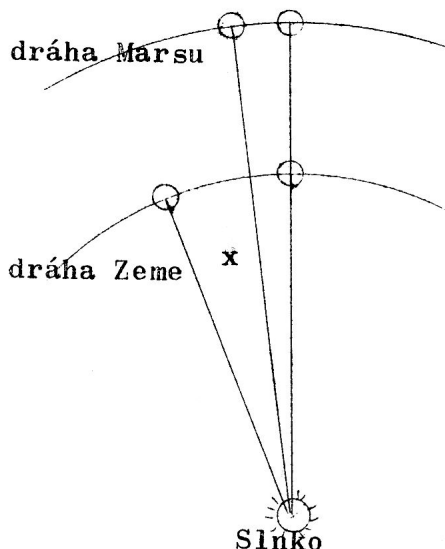
Mars $\frac{360^\circ}{686,98} =$

Zem predbieha Mars denne o x° ,

$$x = \frac{360^\circ}{365,25} - \frac{360^\circ}{686,98}$$

o 360° Zem predbehne Mars za y dní,

$$y = \frac{360^\circ}{x} = 779,9 \text{ dní}$$



Synodická obežná doba Marsu, čiže čas, ktorý uplynie medzi dvoma opozíciami (prípadne konjunkciami Marsu so Slnkom, trvá 779,9 dní (slnečných pozemských).

e/ Koľkokrát sa Mars otočí okolo svojej osi za Martanský rok ?

Koľko slnečných martanských dní má martanský rok ?

Rozdiel medzi oboma vypočítanými hodnotami musí byť presne jeden siderický martanský deň. Príklad vypočítajte samostatne.

f/ Striedajú sa na Marse štyri ročné obdobia ?

V kapitole o Zemi sme si vysvetlili, že striedanie ročných období zapríčiňuje nezanedbateľný sklon osi rotácie voči pólu ekliptiky. Pre Zem je tento uhol rovný $23,5^{\circ}$. Pri planéte Merkúr je tento uhol nulový, nestriedajú sa na ňom 4 ročné obdobia, ktoré by boli podobné pozemským. Venuša rotuje retrográdne. V tabuľkovej hodnote sa to prejaví tak, že udaný uhol sklonu je $177,3^{\circ}$, čiže severný pól Venuše je od severného pólu ekliptiky odklonený až o $177,3^{\circ}$, ale južný pól Venuše je od severného pólu ekliptiky odklonený len o $180^{\circ} - 177,3^{\circ} = 2,7^{\circ}$. Ročné obdobia sa na Venuši nestriedajú, lebo $2,7^{\circ}$ je veľmi malý sklon rotačnej osi. Okrem toho na Venuši je pri počasi určujúcim skleníkový jav.

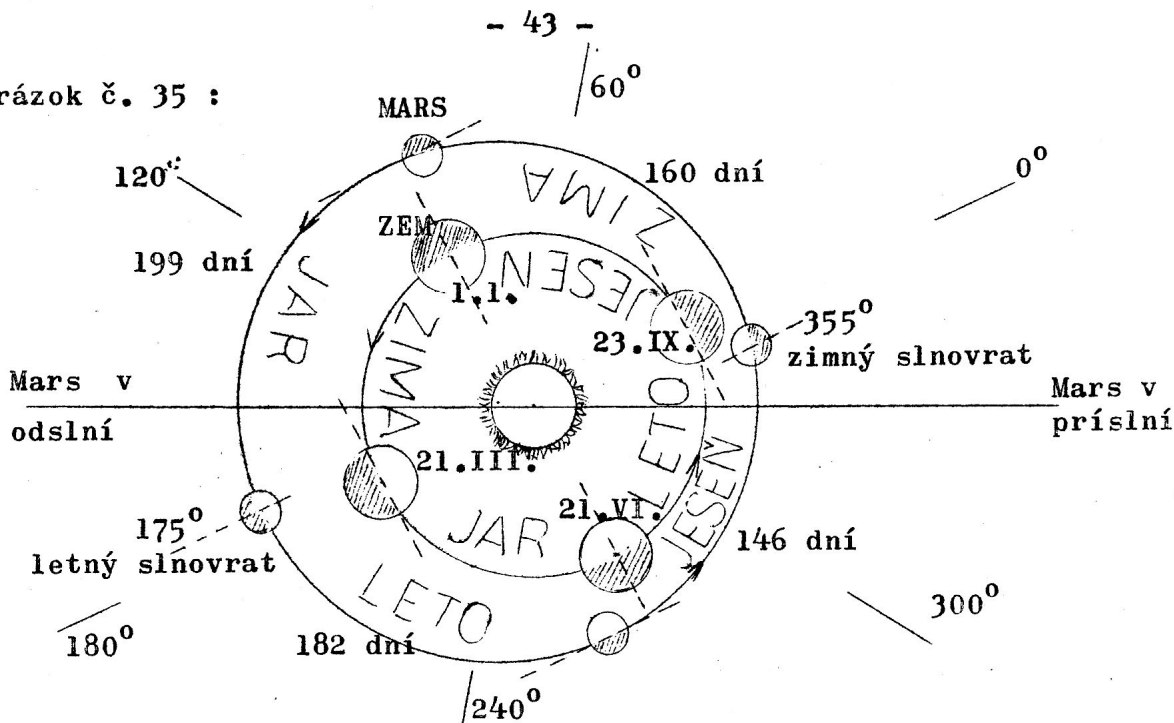
Rotačná os Marsu má sklon $25,19^{\circ}$, To je hodnota veľmi podobná sklonu zemskej osi. To znamená, že ak je naše vysvetlenie vzniku štyroch ročných období správne, musia sa aj na Marse striedať 4 ročné obdobia. Mars má polárne čiapočky, ktoré menia svoju veľkosť.

Na póle privrátenom k Slnku sa čiapočka zmenšuje. Na póle odvrátenom od Slnka, kde je práve polárna noc, čiapočka zväčšuje svoje rozmery.

Na Marse sa naozaj striedajú štyri ročné obdobia. Okrem toho výstrednosť dráhy Marsu je väčšia ako dráhy Zeme, dĺžka každého ročného obdobia závisí od toho, ako ďaleko je práve Mars od Slnka, teda ako rýchle sa pohybuje. Jar na Marse trvá 199 dní a jeseň iba 146 dní. (pozri obrázok č. 35)

Marsov pól smeruje inam ako zemský pól.

Obrázok č. 35 :



g/ Ako sa pohybujú Phobos a Deimos po martanskej oblohe ?

Mars má dva mesiace, Phobos (Strach) a Deimos (Hrôzu). Sú oveľa menšie ako náš Mesiac a obiehajú okolo Marsu v pomerne malej vzdialenosti (9380 km a 23 460 km od stredu Marsu) a teda i dost' rýchlo. Určite sú na martanskej oblohe výraznými a zaujímavými objektami.

| Tabuľka : | Phobos | Deimos |
|--|--------------------------------|-----------------------------------|
| Rozmery | 27 x 22 x 19 km | 16 x 12 x 10 km |
| Siderická perióda obehu (o 360° okolo Marsu) | 7 ^h 40 ^m | 30 ^h 17,5 ^m |
| Synodická perióda obehu (od splnu po spln) | 7 ^h 39 ^m | 30 ^h 21 ^m |

Rozdiel medzi siderickou a synodickou periódou je pri Marsových mesiacoch oveľa menší ako pri Mesiaci. Prečo? Mars obieha pomalšie ako Zem, a jeho mesiace oveľa rýchlejšie ako Mesiac okolo Zeme. Za ten čas, za ktorý Phobos alebo Deimos obehne okolo Marsu o 360°, sa Mars na svojej dráhe okolo Slnka posunie o veľmi malý uhol. Skúste si tento problém prepočítať, postupujte podobne ako sme postupovali pri Mesiaci !

Mars sa otočí okolo svojej osi za 24^h37^m. Za ten čas Phobos obehne trikrát okolo Marsu a Deimos sa otočí približne o 300° okolo Marsu. Všetky rotácie sa dejú v tom istom smere: rotácia Marsu okolo osi, obehy mesiacov okolo planéty i obeh Marsu okolo Slnka.

Príklad : O koľko stupňov sa otočí za 1 hodinu Phobos, Deimos a Mart'an pri vlajke OSN ?

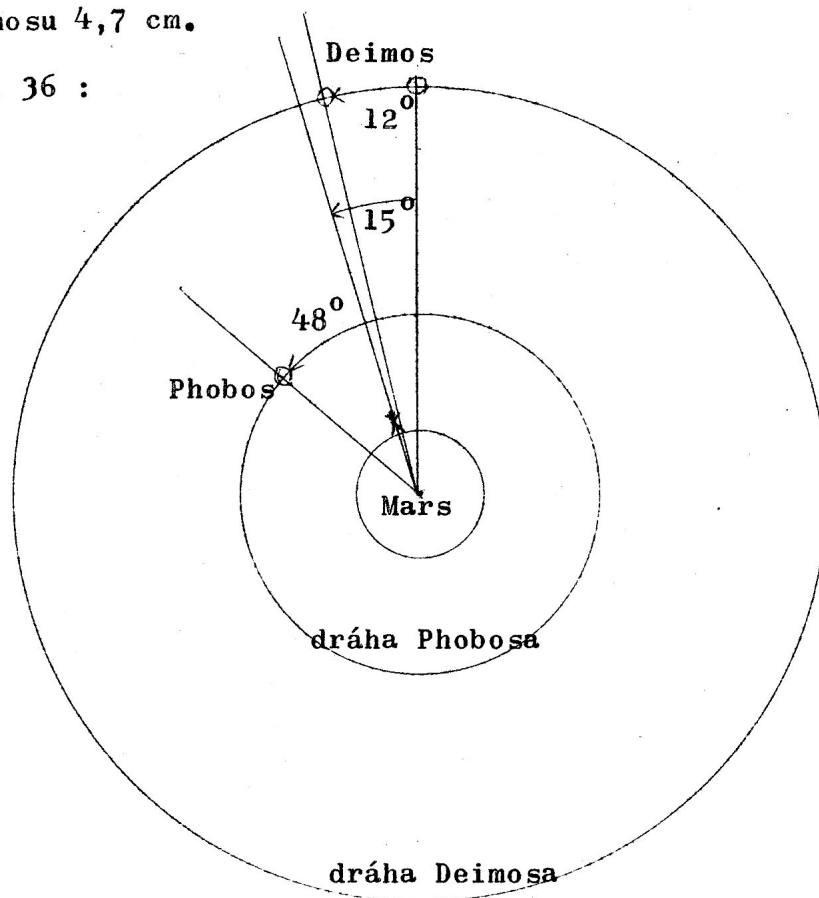
$$\text{Phobos za } 1^{\text{h}} \dots\dots\dots \frac{360^{\circ}}{7,5} \doteq 48^{\circ}$$

$$\text{Deimos za } 1^{\text{h}} \dots\dots\dots \frac{360^{\circ}}{30,4} \doteq 12^{\circ}$$

$$\text{Mart'an za } 1^{\text{h}} \dots\dots\dots \frac{360^{\circ}}{24,5} \doteq 15^{\circ}$$

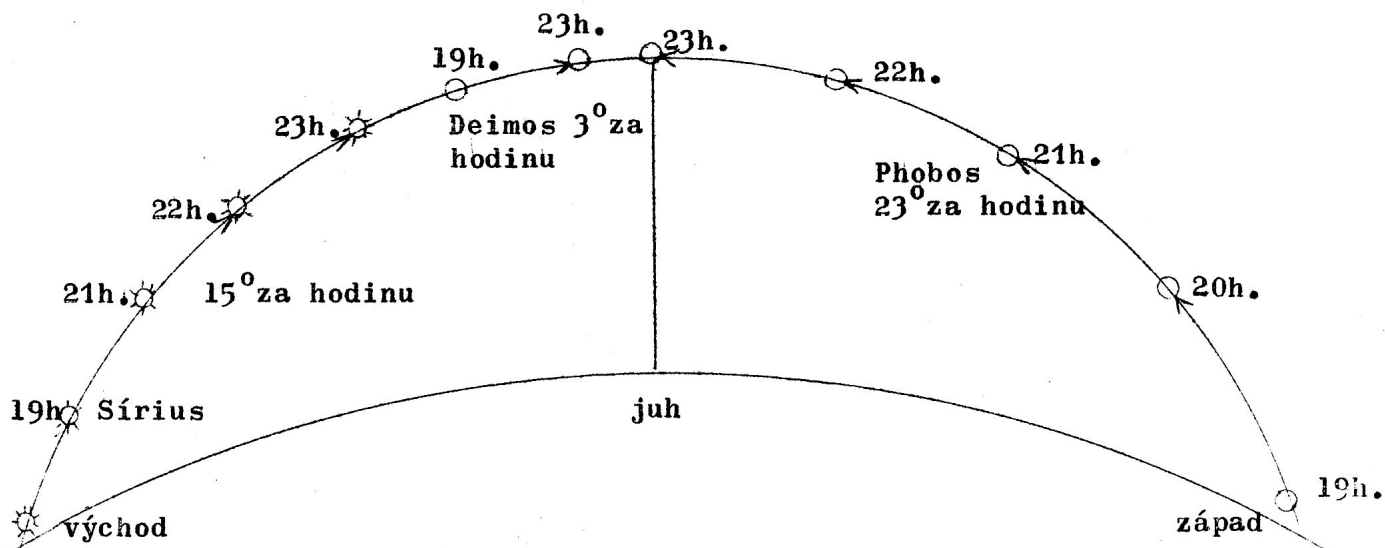
Ako sa pohybujú Phobos a Deimos po oblohe z pohľadu Mart'ana ? Pomôžeme si znova obrázkom, ktorý sa dá výnimočne urobiť v správnej mierke. Priemer Marsu je 6 800 km. Nech je polomer nakresleného Marsu 0,7 cm, polomer nakreslenej dráhy Phobosu 1,9 cm a polomer nakreslenej dráhy Deimosu 4,7 cm.

Obrázok č. 36 :



Mart'an vidí, že za 1 hodinu Deimos prešiel po oblohe $15^{\circ} - 12^{\circ} = 3^{\circ}$ a že Phobos prešiel $48^{\circ} - 15^{\circ} = 23^{\circ}$, ale opačným smerom ako Deimos. Mart'an hľadá na hviezdnuoblohu, vidí ako sa hviezdy otáčajú od východu na západ o 15° za hodinu, Deimos sa tiež pohybuje od východu na západ, ale rýchlosťou len 3° za hodinu (čiže vzhľadom na hviezdy rýchlosťou 12° za hodinu). Phobos sa pohybuje pomedzi hviezdy rýchlosťou 48° za hodinu smerom od západu na východ, čiže Mart'an vidí, ako sa Phobos rýchlosťou 23° za hodinu pohybuje od západu k východu.

Obrázok č. 37 :



Možná situácia na Marse: 0 19^h pozemského času vyšiel Sírirus na východe a Phobos na západe. Po necelých 4 hodinách je Phobos nad južným obzerom, zatiaľ čo Sírirus prešiel 60° na oblohe a Deimos len 12°.

Pohyb Phobosu po martánskej oblohe je známy i pozemskému pozorovateľovi od r.1957. Večer po zotmení na oblohe bežne vidíme umelé družice našej Zeme, ktoré vychádzajú na západe a rýchle "pomedzi" hviezdy smerujú k východu. Sú to tie družice, ktoré obehnú Zem za čas menší ako 24^h. Stacionárne družice majú dobu obehu okolo Zeme rovnú dobe rotácie Zeme okolo osi, preto z pohľadu pozemšťana "stoja". Náš Mesiac sa pohybuje podobne ako Deimos, ale omnoho pomalšie, za 1^h prejde len pol stupňa východným smerom vzhľadom k hviezdám, teda za 1^h prejde 14,5° po oblohe, zatiaľ čo hviezdy "prejdú" 15°.

Vydala: Krajská hviezdáreň a planetárium v Prešove ako metodický materiál
pre astronomické krúžky vo Vsl.kraji, v roku 1989

Autor: RNDr. Jana Borošová, AsÚ SAV Tatranská Lomnica

Odborný posudok: RNDr. Ján Svoreň, CSc. AsÚ SAV T.Lomnica

Náklad: 1000 kusov

Nepredajné !

č.bl. 166-212/89 P1.