

Práce studentů astronomického semináře na Gymnáziu Pardubice, Dašická 1083



Vladimír Vícha + 16 studentů maturitního ročníku
Veletrh nápadů učitelů fyziky 31, Hradec Králové, 30. srpna 2026

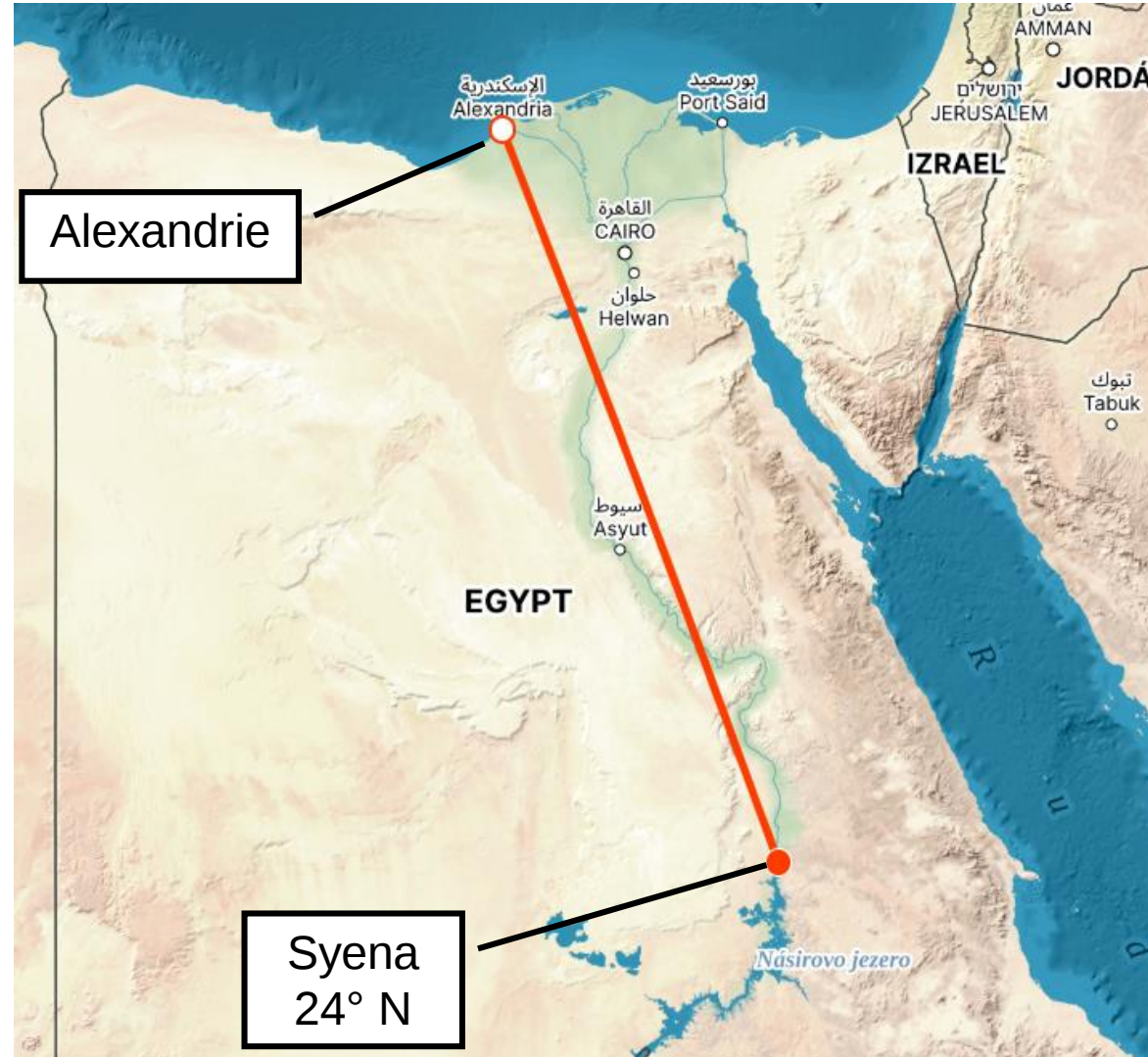
Program astronomického semináře na Gymnáziu Dašická, 2025/26, dvouhodinovka týdně

- Aktuality studentů
- **Eratosthenes a měření vzdálenosti podle Nilu**
- **Mayská čísla a početní operace**
- **Mayové a Venuše, kalendáře, Stellarium**
- Přednáška M. Halousek: Kosmonautika
- **Paralaxa a její měření**
- Koperník, Brahe, Galileo, Kepler
- Plochozemci
- Newton, gravitační zákon, výpočty pohybů, Lagrangeovy body, gravitační prak, slapové síly
- Program na simulaci pohybů v gravitačním poli
- Gagarin, Armstrong, ISS, Artemis
- Rozlišovací schopnost oka, úhlové zvětšení dalekohledů
- Hvězdárna barona Artura Krause v Pardubicích
- Hvězdárna a planetárium v Hradci Králové
- Einstein
- Dopplerův jev, spektroskopie
- Hubble, příběh M31, rozpínání vesmíru, temná hmota a energie
- Přednáška H. Kolečkové: Dark Matter
- **Měření a vyhodnocení radiačního pozadí pixelovými detektory**
- Noční pozorování teleskopem

Eratosthenovo měření obvodu Země



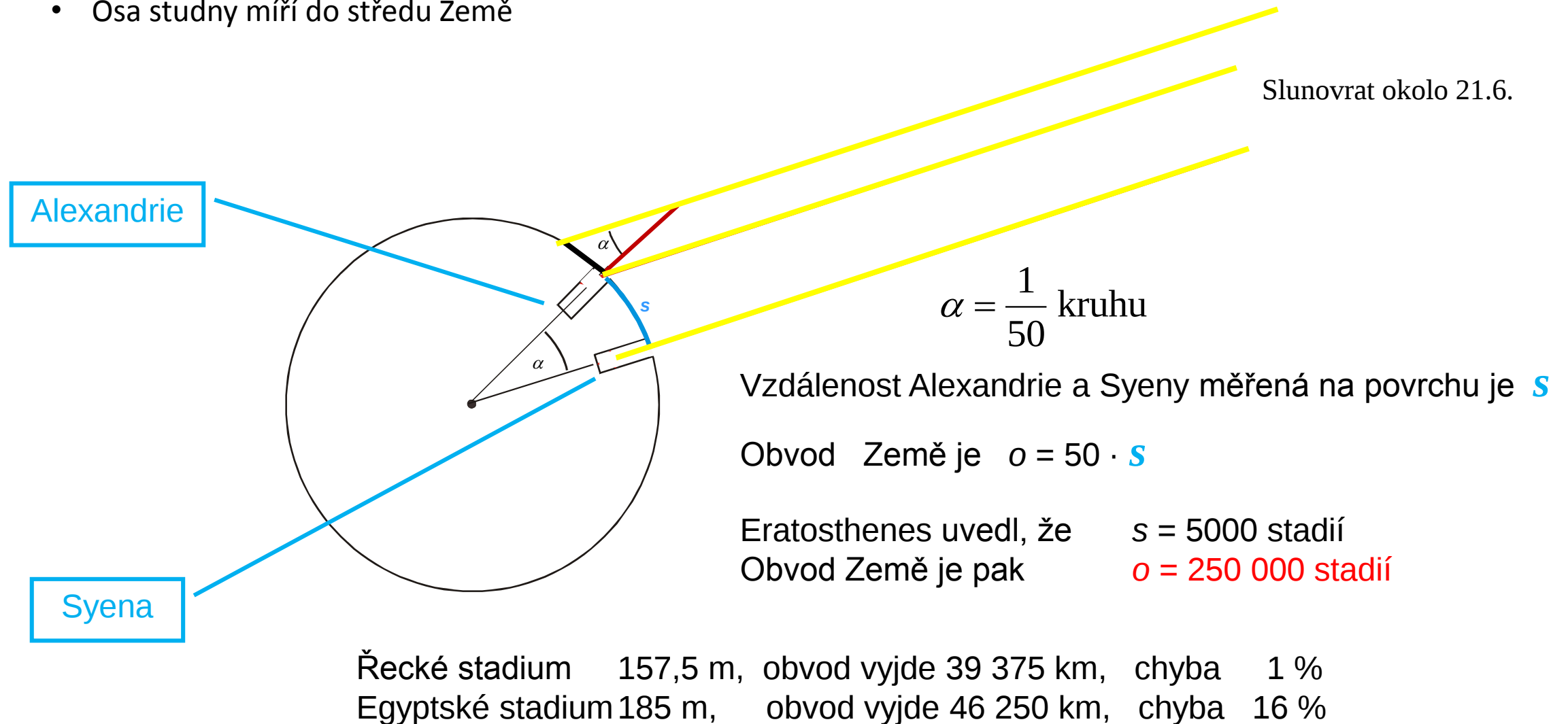
**Za letního slunovratu v Syeně svítí slunce na dno studny, ale v Alexandrii ne.
To musí souviset se zakřivením Země (asi 240 př. n. l.).**



Města jsou přibližně
na poledníku

Předpoklady:

- Země je koule
- Slunce je tak daleko, že paprsky dopadající v Alexandrii i v Syeně jsou rovnoběžné
- Osa studny míří do středu Země





Jak mohl Eratosthenes určit vzdálenost Alexandrie a Syeny? Mohl to změřit počítáním otáček kola, jak tvrdí některé zdroje?

Týmový úkol:

1. Porovnejte Eratosthenovu hodnotu 39 375 km s délkou poledníku, která je publikována v dnešní době.
2. Změřte vzdálenost Alexandrie a Asuánu na mapy.com a na Google maps a porovnejte s Eratosthenovou hodnotou.
3. Určete zeměpisné souřadnice vlakového nádraží v Alexandrii a v Asuánu.
4. Najděte po jaké křivce se měří vzdálenost bodů na povrchu koule. Najděte vzorec, jak ze souřadnic a poloměru Země vypočítat vzdálenost vlakového nádraží v Alexandrii a v Asuánu. Vypočtěte tuto vzdálenost.
5. Najděte časově nejkratší cestu autem z vlakového nádraží v Alexandrii a v Asuánu. Určete vzdálenost, dobu jízdy a převýšení.

5) Na internetu se vzdálenost 2 bodů měří po křivce ortodromě. Vzorček se nazývá Haversin a po zadání do kalkulačky vychází 842 km.

d ... vzdálenost po povrchu; R ... poloměr země

$$d = 2 \cdot R \cdot \arcsin \left(\sqrt{\operatorname{hav}(\varphi_2 - \varphi_1) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \operatorname{hav}(\lambda_2 - \lambda_1)} \right)$$

$\operatorname{hav}(\theta)$... haversin funkce

$$\operatorname{hav}(\theta) = \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

φ ... zeměpisné šířky

λ ... zeměpisné délky (převáděno na radiány)

ortodromě

Haversin

b) nejkratší cesta autem, je 1068 km a dle map.cz trvá 9:35h,
z Alexandrie do Asuánu

převýšení na této trase je nahoru 1595 m a dolů 1521 m

Plánovač trasy vypočítal, že pěšky je to 1043 km a doba chůze 260 hodin

Závěr: Valení kola jsme vyhodnotili jako málo pravděpodobné.



Mayové

Nejrozvinutější období 2. stol. až 9. stol. n. l.

Neuvěřitelně přesní pozorovatelé oblohy
Propracovaná matematika, kalendář a písmo

Znalost synodické oběžné doby Venuše



https://en.wikipedia.org/wiki/Maya_civilization#/media/File:Tikal_3.jpg

stély



https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Stela_A_of_Cop%C3%A1n#/media/File:Cop%C3%A1n_Stela_A_01.jpg



<https://www.pbs.org/wgbh/nova/mayacode/map-nf.html>

Mayské číslice

dvacítková poziční soustava



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19		

Postřeh: Každá číslice je tvořena maximálně čtyřmi tečkami a třemi čárkami.

Mayská čísla - **poziční** dvacítková soustava

Naše poziční desítková soustava:

$$584 = 5 \cdot 100 + 8 \cdot 10 + 4 \cdot 1$$



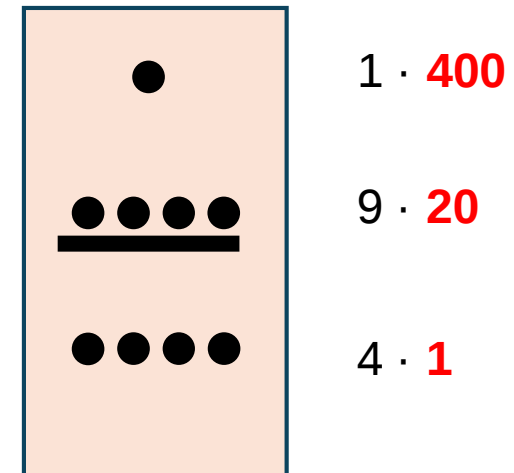
Drážďanský kodex, 1220 -1250

Mayská poziční dvacítková soustava:

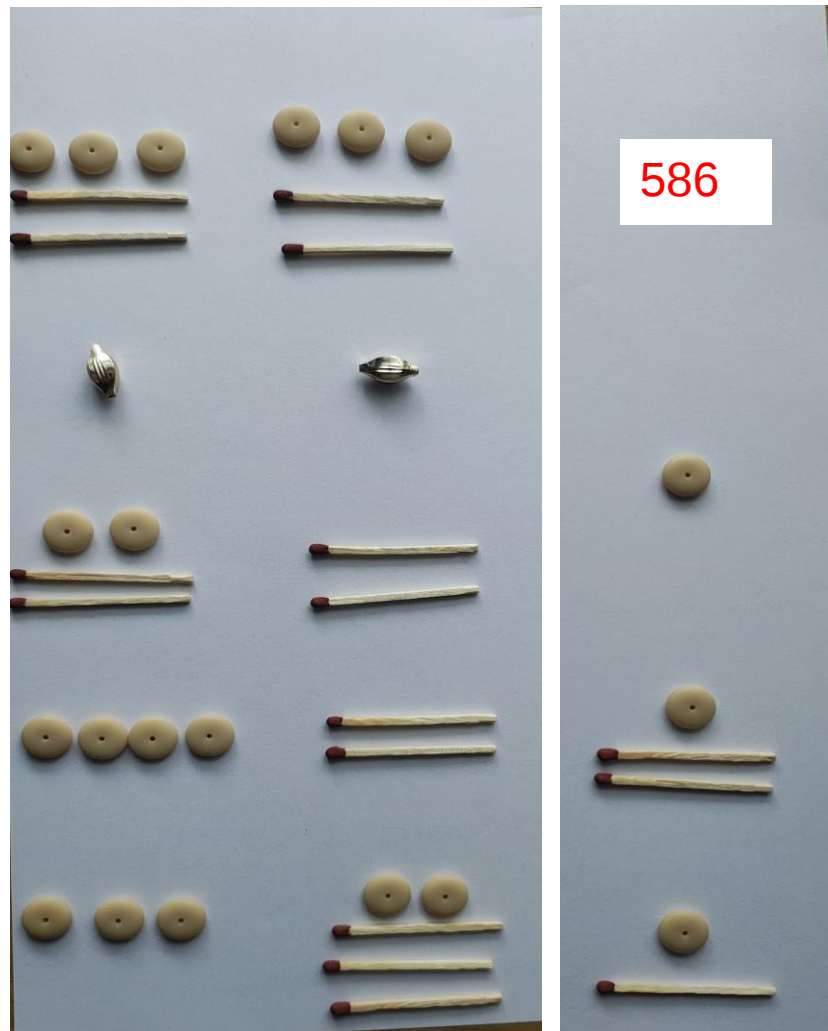
$$584 = 1 \cdot 400 + 9 \cdot 20 + 4 \cdot 1$$

Mayové psali číslíce zdola nahoru.

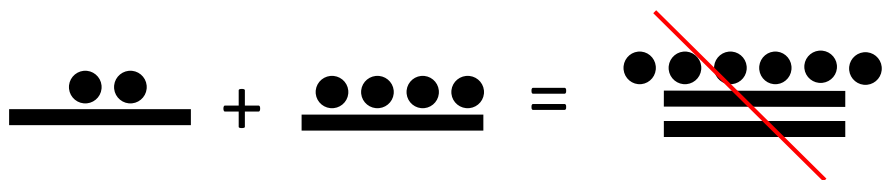
Nejnižší pozice odpovídala nejnižšímu řádu.



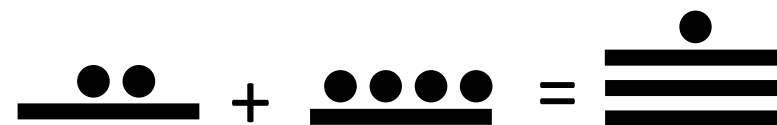
Trénujeme se sirkami a korálky



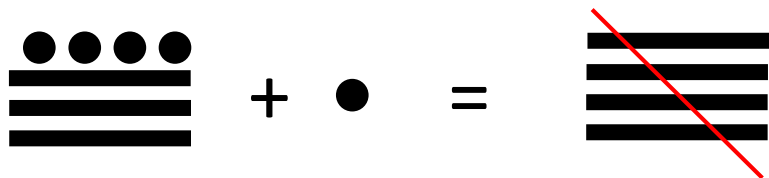
Naučme se sčítat do dvaceti. Vše se odehrává „v přízemí“.



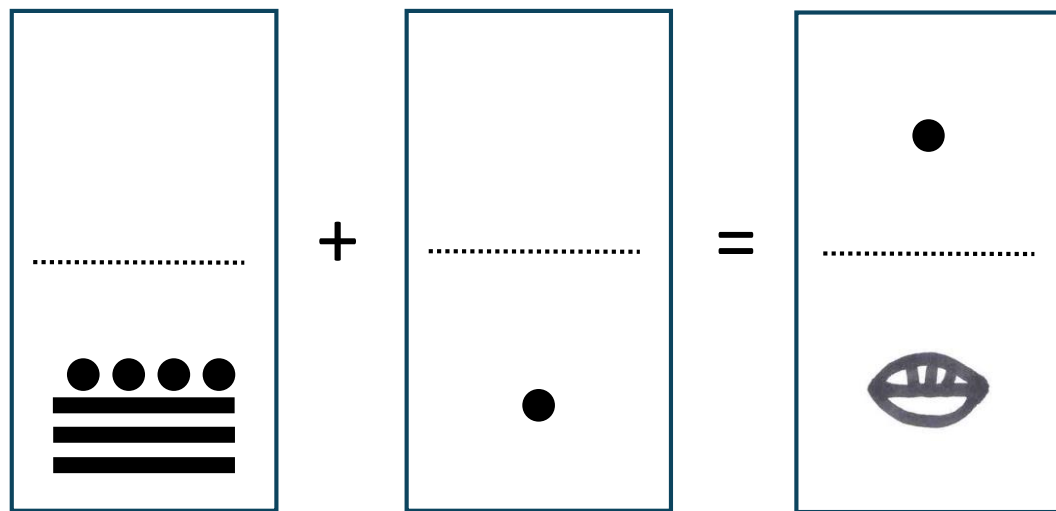
Neexistuje. Šest teček nahradí jedna čárka a jedna tečka.



Naučme se sčítat přes devatenáct. Budeme potřebovat další „poschodí“.



Neexistuje. Pět čárek nahradí jedna tečka o poschodí výš



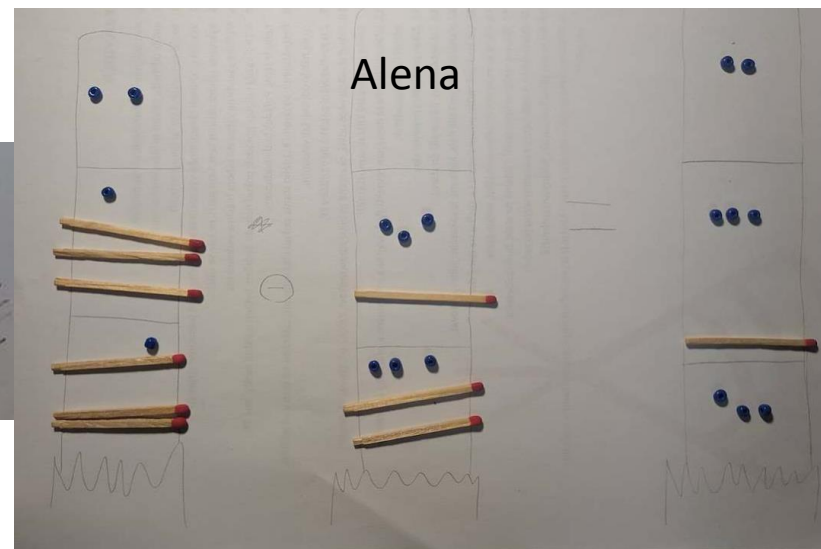
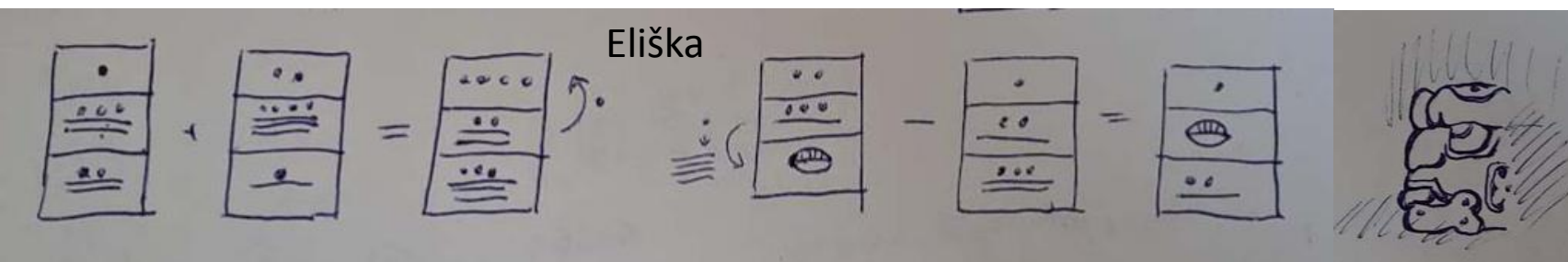
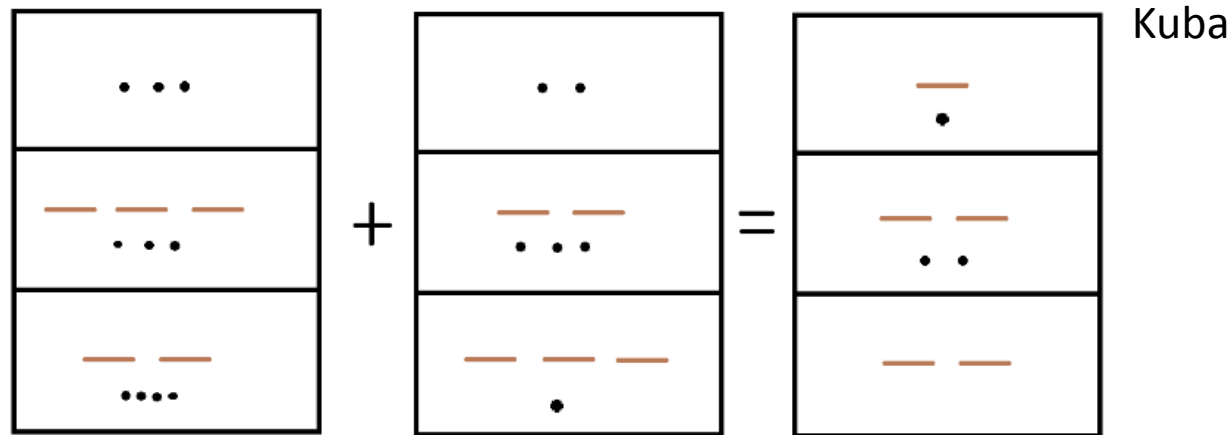
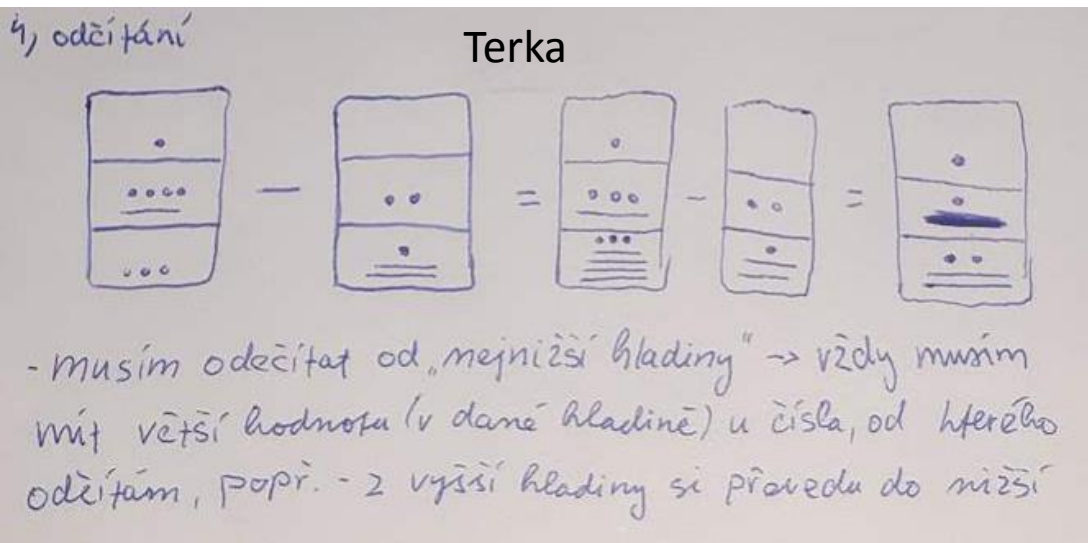
Mayové potřebovali nulu! V Evropě až kolem roku 1200 n.l.



Jak asi Mayové sčítali a odečítali?

Domácí práce:

1. Provedte součet dvou mayských čísel větší než 500 a menší než 2000.
2. Provedte rozdíl dvou mayských čísel větší než 500 a menší než 2000.





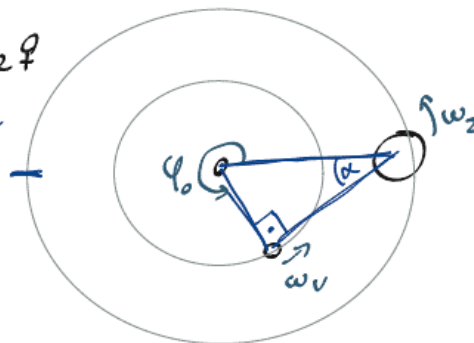
Co zjistili Mayové o pohybu Venuše?

Domácí práce:

1. Vypočtete synodickou oběžnou dobu Venuše. Vyjde 584 dní.
2. Najděte v **Drážd'anském kodexu** stránky, na které se vyskytuje číslo 584.
3. Pomocí programu Stellarium najděte poslední večerní elongaci Venuše.
4. Najděte tři poslední maximální večerní elongace Venuše. K těmto dnům určete hodnoty v mayském kalendáři **Long count**. Odečtete mayská čísla a porovnejte s vypočtenou hodnotou 584 dní.

① Synodická oběhová dráha ♀

α = elongace ♀
 α = max elongace

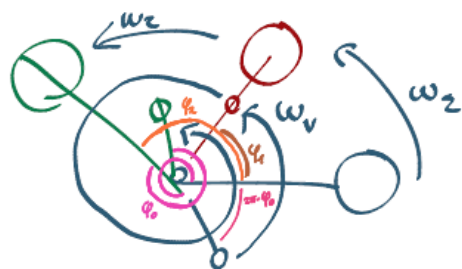


$$\begin{aligned} \omega_V &> \omega_Z \\ \varphi_Z &= \omega_Z \cdot t \\ \varphi_V &= \varphi_0 + \omega_V \cdot t \\ \omega &= \frac{2\pi}{T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= 0 \\ \varphi_Z &= 0 \\ \varphi_V &= \varphi_0 \\ \Delta &= ? \\ T_Z &= 365,24 \text{ d} \\ T_V &= 224,7 \text{ d} \\ \text{ktý poslední} \\ \text{elongace} \\ &+ \text{obě stelařim} \end{aligned}$$

② Naposledy maximální elongace nastala → 1.6.25 východní elongace → Jitřenka
 10.1.25 západní elongace → Večernice

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \omega_Z \cdot \Delta_1 \\ 2\pi - \varphi_0 + \varphi_1 &= \omega_V \cdot \Delta_1 \\ \varphi_2 &= \omega_Z \cdot \Delta \\ 2\pi - \varphi_0 + \varphi_2 &= \omega_V \cdot \Delta \end{aligned}$$



$$\varphi_V = \varphi_Z + 2\pi$$

$$\omega_V \Delta = \omega_Z \Delta + 2\pi$$

$$\Delta = \frac{2\pi}{\omega_V - \omega_Z}$$

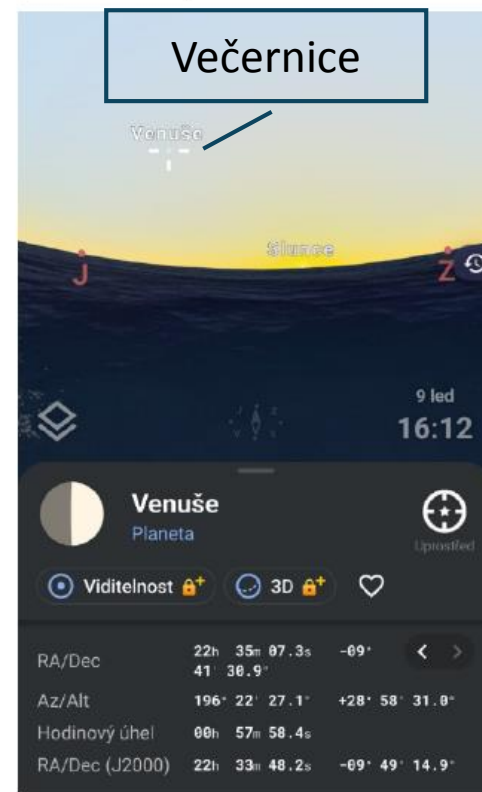
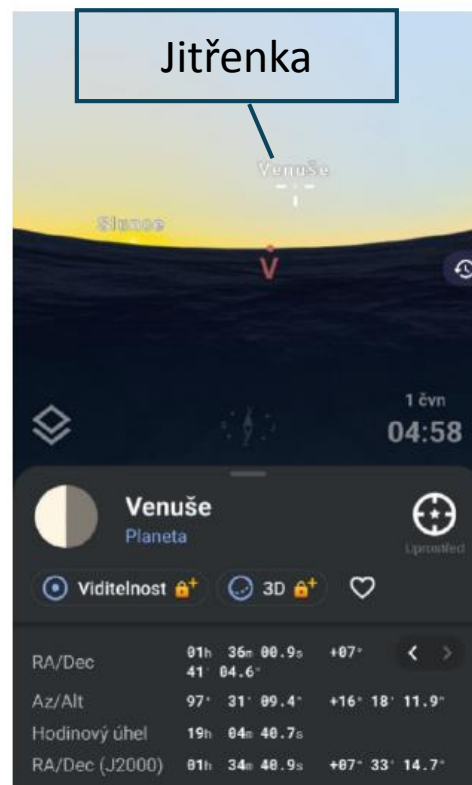
$$\Delta = \frac{2\pi}{\frac{2\pi}{T_V} - \frac{2\pi}{T_Z}} = \frac{2\pi}{2\pi(\frac{T_Z - T_V}{T_V \cdot T_Z})}$$

$$\Delta = \frac{T_Z T_V}{T_Z - T_V}$$

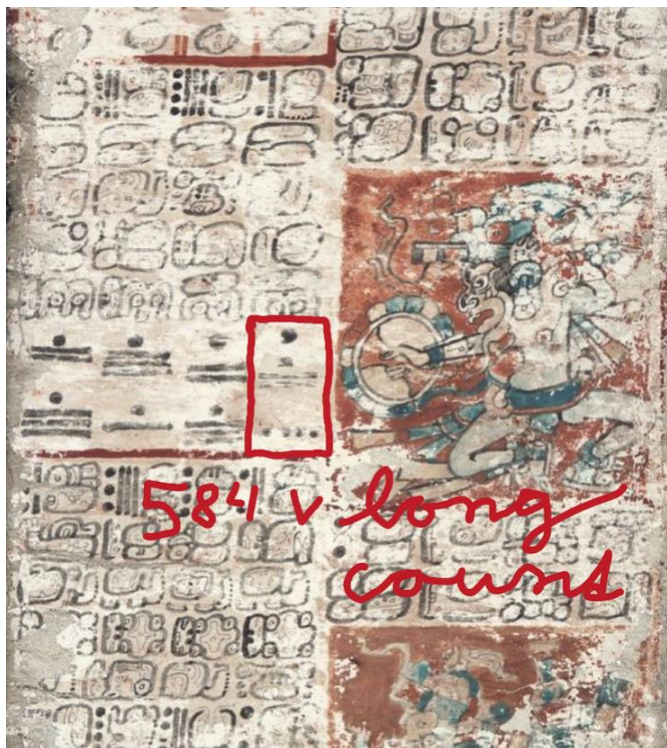
$$\Delta = \frac{224,7 \cdot 365,24}{365,24 - 224,7}$$

$$\Delta = 584,0 \text{ dní}$$

584 dní

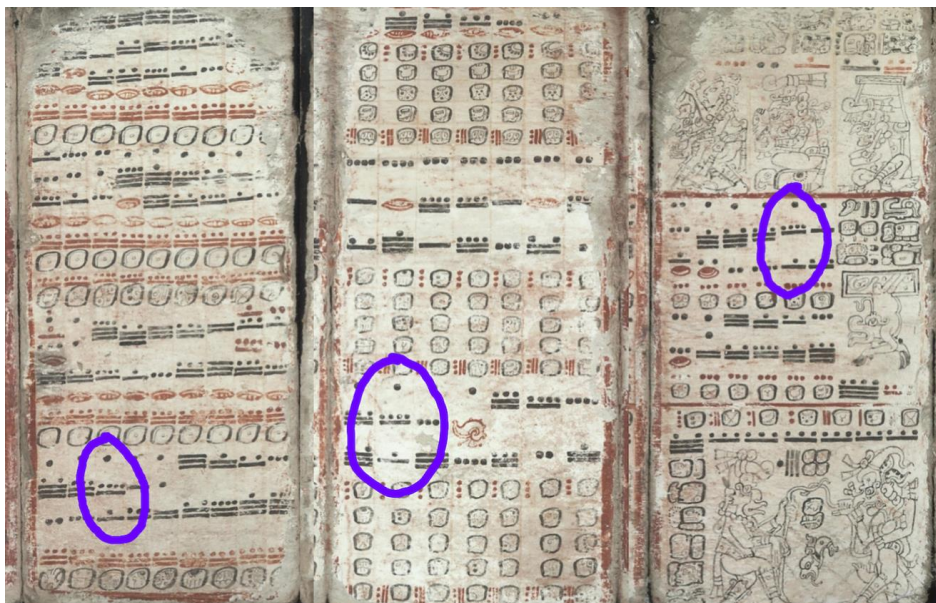


Eliška



Filip
584

Honza
třikrát 586



Mayská astronomie

Tabulka posledních 10 maximálních elongací Venuše (na stejné světové straně):

Datum (gregoriánské)	Mayské datum (Long Count)	Rozdíl od předchozí (dny)
2010-08-20	12.19.17.11.6	—
2012-03-27	12.19.19.4.11	585
2013-11-01	13.0.0.15.15	584
2015-06-06	13.0.2.8.17	582
2017-01-12	13.0.4.2.3	586
2018-08-17	13.0.5.13.5	582
2020-03-24	13.0.7.6.10	585
2021-10-29	13.0.8.17.14	584
2023-06-04	13.0.10.10.17	583
2025-01-10	13.0.12.4.3	586

zdroj: https://skycaramba.com/greatest_elongations.shtml

Z tabulky jde vidět že rozdíl dní nemusí být přesně 584, ale průměrně se pohybuje okolo této hodnoty.

Mayský kalendář LONG COUNT

Začíná od nuly 0.0.0.0.0, číslo se zvětšuje po dnech - KINy

BAKTUN	20 KATUN = 144 000 dní
KATUN	20 TUN = 7200 dní
TUN	18 UINAL = 360 dní
UINAL	20 KIN = 20 dní
KIN	1 den

https://maya.nmai.si.edu/calendar/maya-calendar-converter?utm_source=chatgpt.com



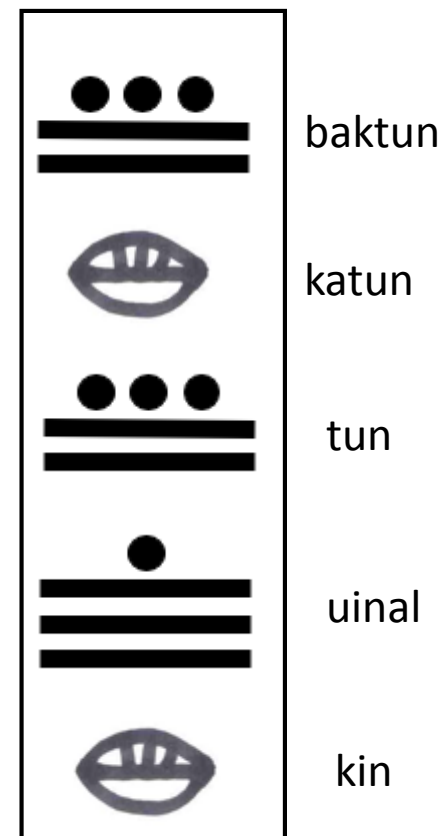
MONTH: DAY: YEAR:

August302026

CONVERT-1 Day+1 Day

Long Count Date
13.0.13.16.0

30. 8. 2026



Co ještě Mayové o Venuši zjistili

Posledních 11 maximálních elongací večernice

Gregoriánský	Long count	Haab
20.8.2010	12.19.17.11	Haab Date: 19 Yaxk'in 
27.3.2012	12.19.19.4.11	Haab Date: 19 kumk'u 
1.11.2013	13.0.0.15.15	Haab Date: 13 Sak' 
6.6.2015	13.0.2.8.17	Haab Date: 5 Sotz' 
12.1.2017	13.0.4.2.3	Haab Date: 6 Muwan 
17.8.2018	13.0.5.13.5	Haab Date: 18 Yaxk'in 
24.3.2020	13.0.7.6.10	Haab Date: 18 kumk'u 
29.10.2021	13.0.8.17.14	Haab Date: 12 Sak' 
4.6.2023	13.0.10.10.17	Haab Date: 5 Sotz' 
10.1.2025	13.0.12.4.3	Haab Date: 6 Muwan 
15.8.2026	13.0.13.15.15	Haab Date: 18 Yaxk'in 

Po 5 cyklech Venuše se téměř přesně opakuje tentýž den haabu.

Je vidět, že 5 cyklů Venuše trvá 8 roků.

$5 \cdot 584 = 2920$ a také $8 \cdot 365 = 2920$

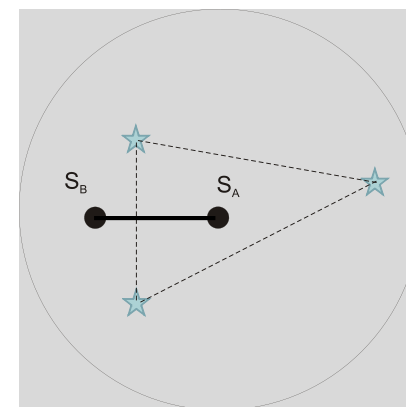
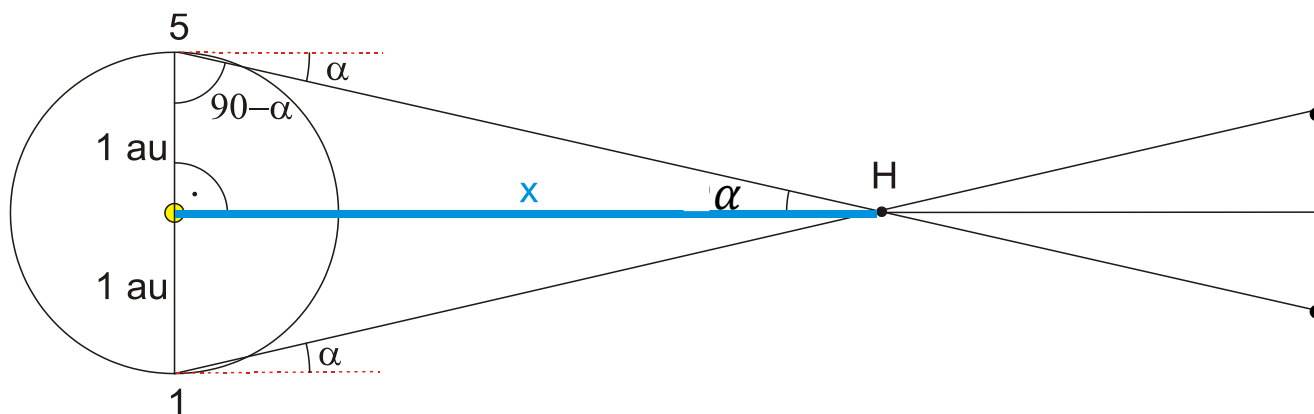
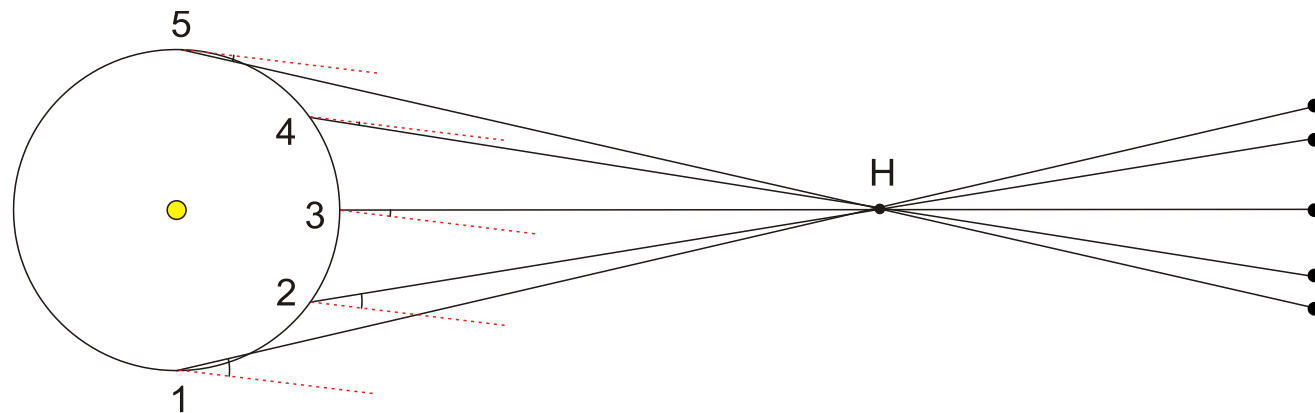
A ještě jinak: Nejmenší společný násobek čísel 584 a 365 je 2920.

<https://i.pinimg.com/originals/02/bc/d1/02bcd11d895aa5cee204bff34d08c2c8.jpg>



Roční paralaxa - trigonometrická metoda

objekt je v rovině ekliptiky



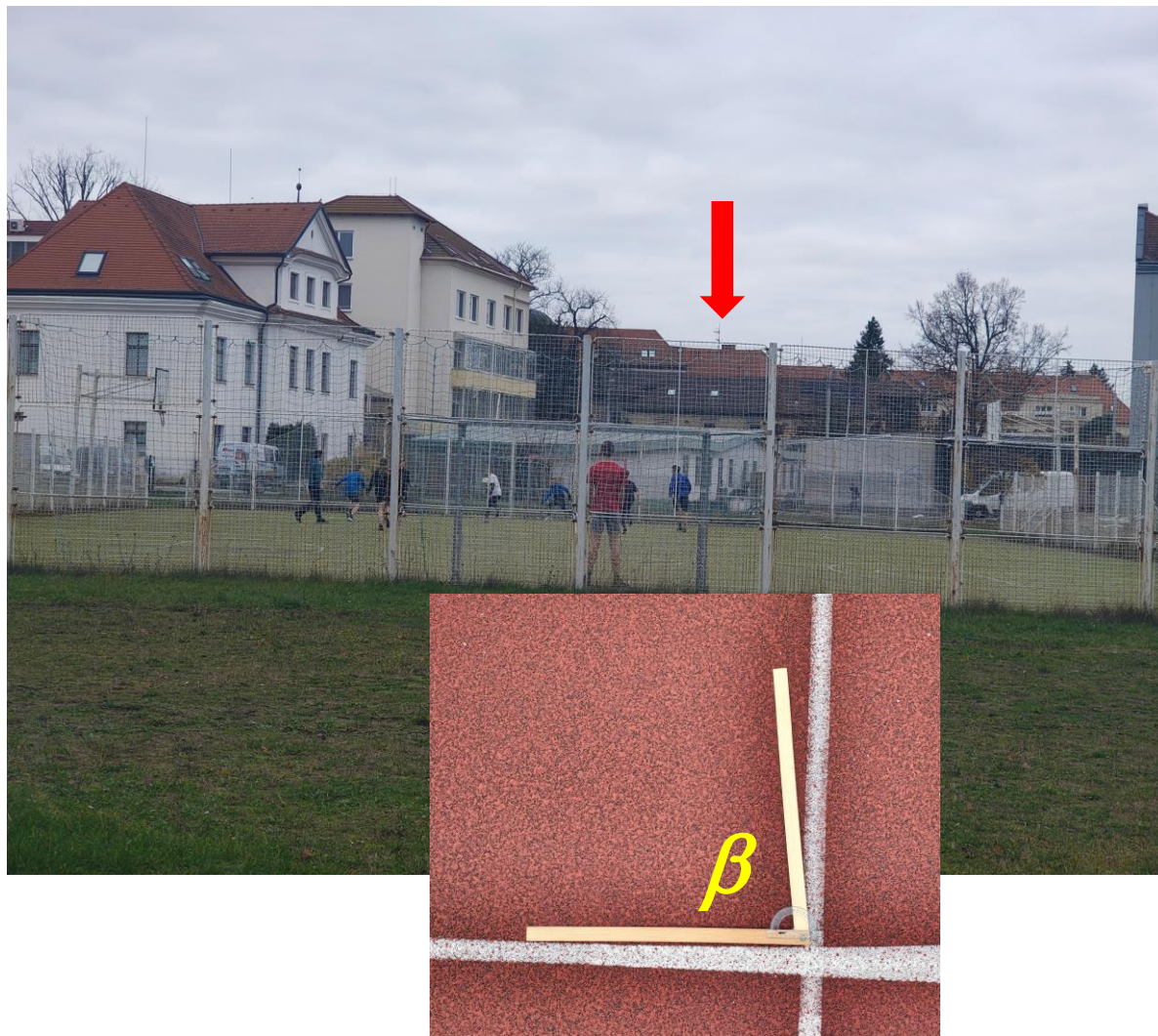
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1 \text{ au}}{x}$$

$$x = \frac{1 \text{ au}}{\operatorname{tg} \alpha}$$

Pro malé úhly α :

$$x = \frac{1 \text{ au}}{\alpha(\text{rad})}$$

Měření v terénu – vzdálenost k anténě



Vypočtete vzdálenost antény od základny $\underline{z}$ trojúhelníku. Víme, že $\underline{z} = 47$ m.





Dřevěným úhloměrem určíme $\alpha \approx \beta = 85^\circ$

Trojúhelník je přibližně rovnoramenný.
Pak platí:

$$x = \frac{z}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$x = \frac{47}{2} \cdot \operatorname{tg} 85^\circ = 269 \text{ m}$$

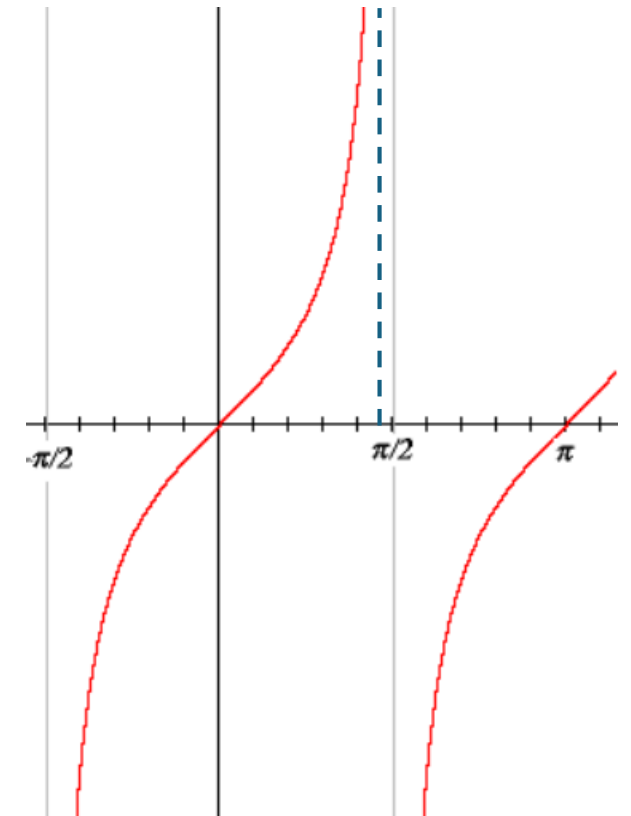


A jaké byly výsledky?

Pro úhel 85° vychází vzdálenost 269 m a měřením z mapy.com dává hodnotu asi 266 m .

Vypočtené vzdálenosti se u jednotlivých týmů pohybovaly od 190 m do asi 400 m.
Že by studenti neuměli počítat, nebo měřit?

$\alpha (^\circ)$	82	83	84	85	86	87	88
x (m)	167	191	224	269	336	448	673
odch. (%)	-38	-29	-17	0	25	67	151



Přesné měření úhlů je pro astronomy naprosto klíčové!

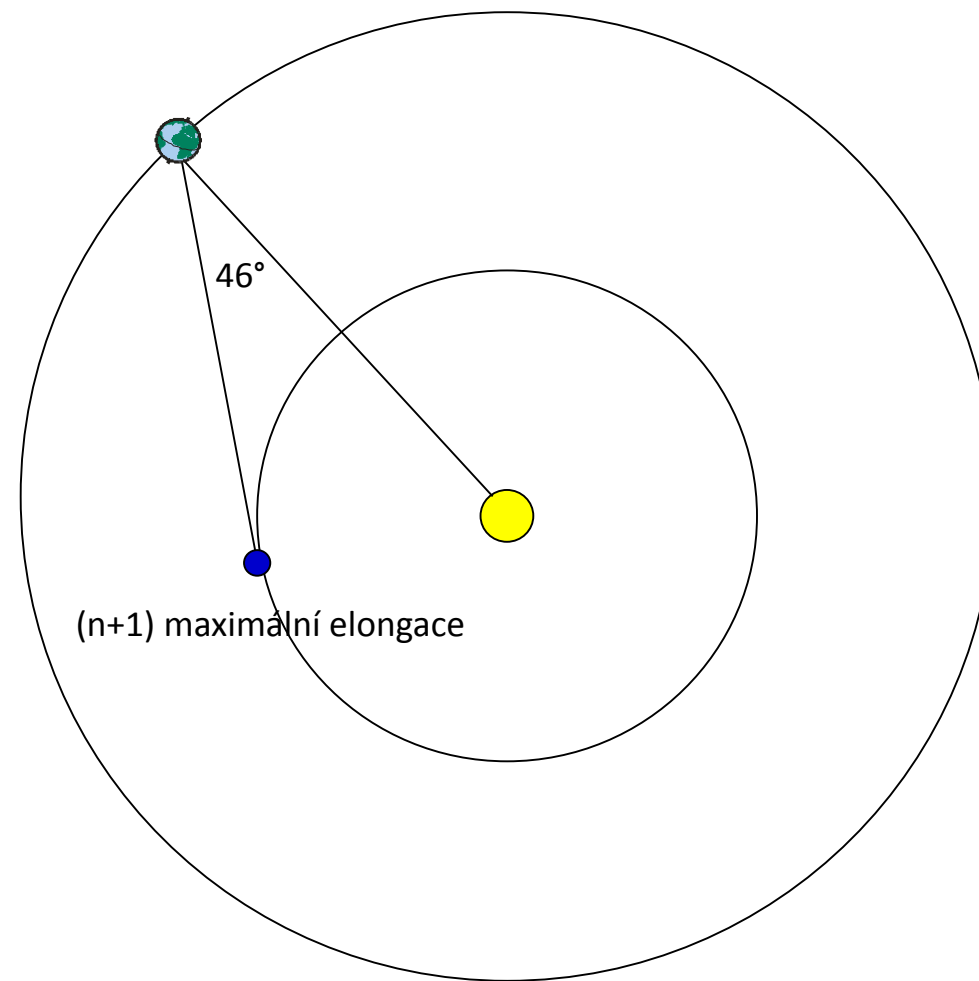
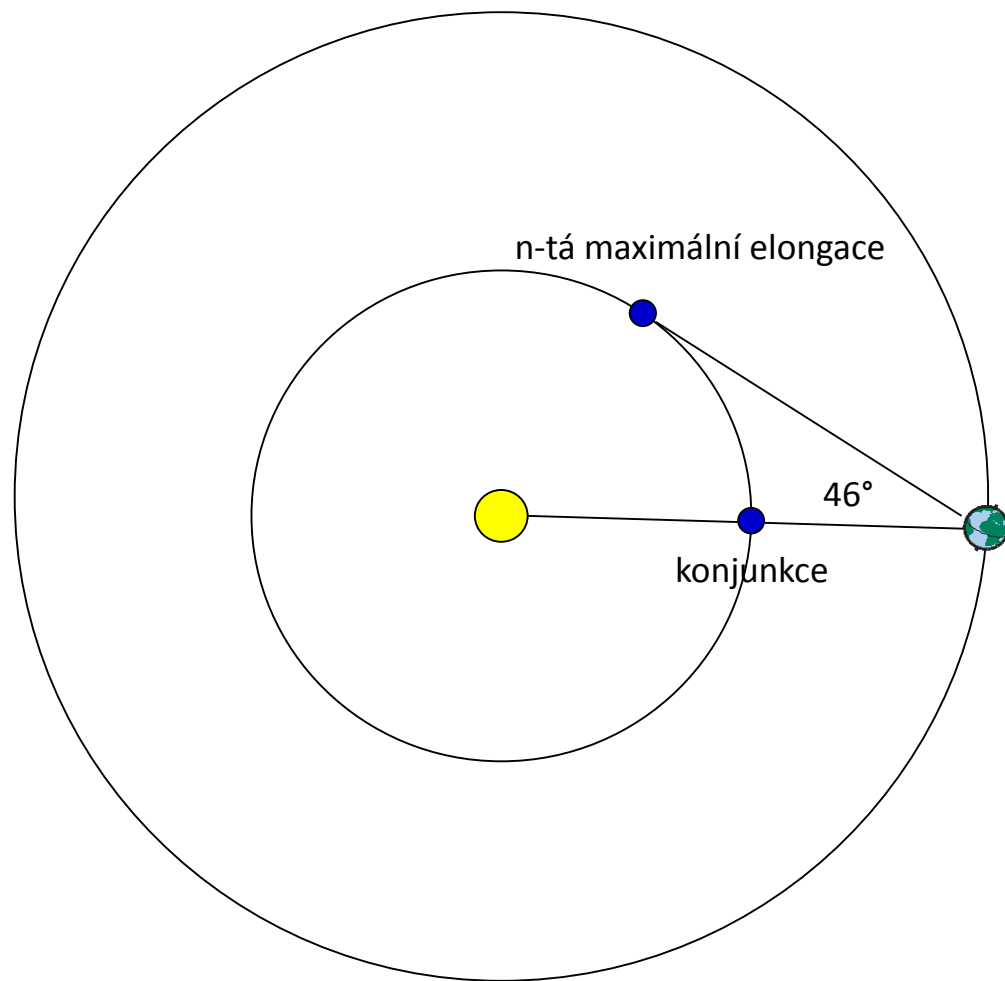
Noční pozorování ve Svítkově



Děkuji za pozornost

Jak Mayové určili synodickou oběžnou dobu Venuše 584 dní?

Z konjunkce? Nebo maximální elongace?



Těžko se hledá odpověď

Nedochoval se zřejmě žádný záznam, který by metodu jak Mayové hledali cyklus Venuše podrobně popsal.
V Drážďanském kodexu se však našla tato čísla:



236
jitřenka

90
není vidět

250
večernice

8
není vidět

236 + 90 + 250 + 8 = 584

Moje domněnka:
Asi zaznamenávali dny, kdy je a není vidět Venuše
do long count:



Long count	Viditelnost
13.0.12.4.3	ano
13.0.12.4.4	ano
13.0.12.4.5	ano
13.0.12.4.6	ano
13.0.12.4.7	ano
13.0.12.4.8	ano
13.0.12.4.9	ano
13.0.12.4.10	ano
13.0.12.4.11	ano
13.0.12.4.12	ano
13.0.12.4.13	ne
13.0.12.4.14	ne
13.0.12.4.15	ne
13.0.12.4.16	ne
13.0.12.4.17	ne
13.0.12.4.18	ne
13.0.12.4.19	ne
13.0.12.5.0	ne
13.0.12.5.1	ne
13.0.12.5.2	ano
13.0.12.5.3	ano
13.0.12.5.4	ano
13.0.12.5.5	ano

