

Kde je slunce v poledne

výzkumná práce z matematiky, informatiky a zeměpisu

Tomáš Böhm

prosinec 2021 - leden 2023



Obsah

Úvod.....	3
Jak to funguje.....	3
Poledne.....	3
Výška slunce.....	4
Postup.....	8
Tabulka měření.....	9
Výsledky.....	12
Analemma.....	13
Kdy je poledne v poledne.....	15
Časová pásma.....	15
Takže kdy je poledne v poledne?.....	16
Závěr.....	17

Úvod

V téhle práci budu psát o poledni a o slunci. Celí rok vždycky jednou za 14 dní měřím, jak vysoko je slunce v poledne a jak se to mění.

Jak to funguje

Poledne

V pravé poledne je slunce v nejvyšším bodu a je přímo na jihu. Pravé poledne není každý den v tu samou chvíli, protože nejen že se Země za jeden den otočí o 360 stupňů dokola, ale ještě se o kousek posune vůči Slunci, takže kouká trochu stranou. Země obíhá kolem Slunce různě rychle, protože létá po elipse. Proto kousek, o který se posune, je každý den trochu jiný. Kvůli tomu přesně za 24 hodin není pravé poledne, ale může být později nebo dřív.

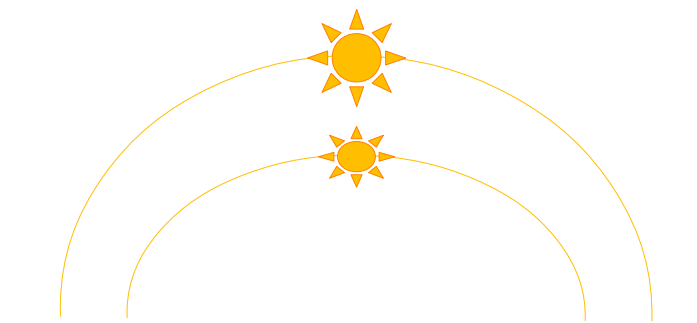
Kdyby si lidi řídili čas podle slunce, tak by dny a hodiny byli na jaře jinak dlouhé než na podzim, což by se závodníkům moc nelíbilo. Proto se vymyslel střední sluneční čas, podle kterého každý střední den trvá 24 hodin a žádné posunování. A střední poledne je vždycky ve 12:00. Tento čas máme na hodinkách.



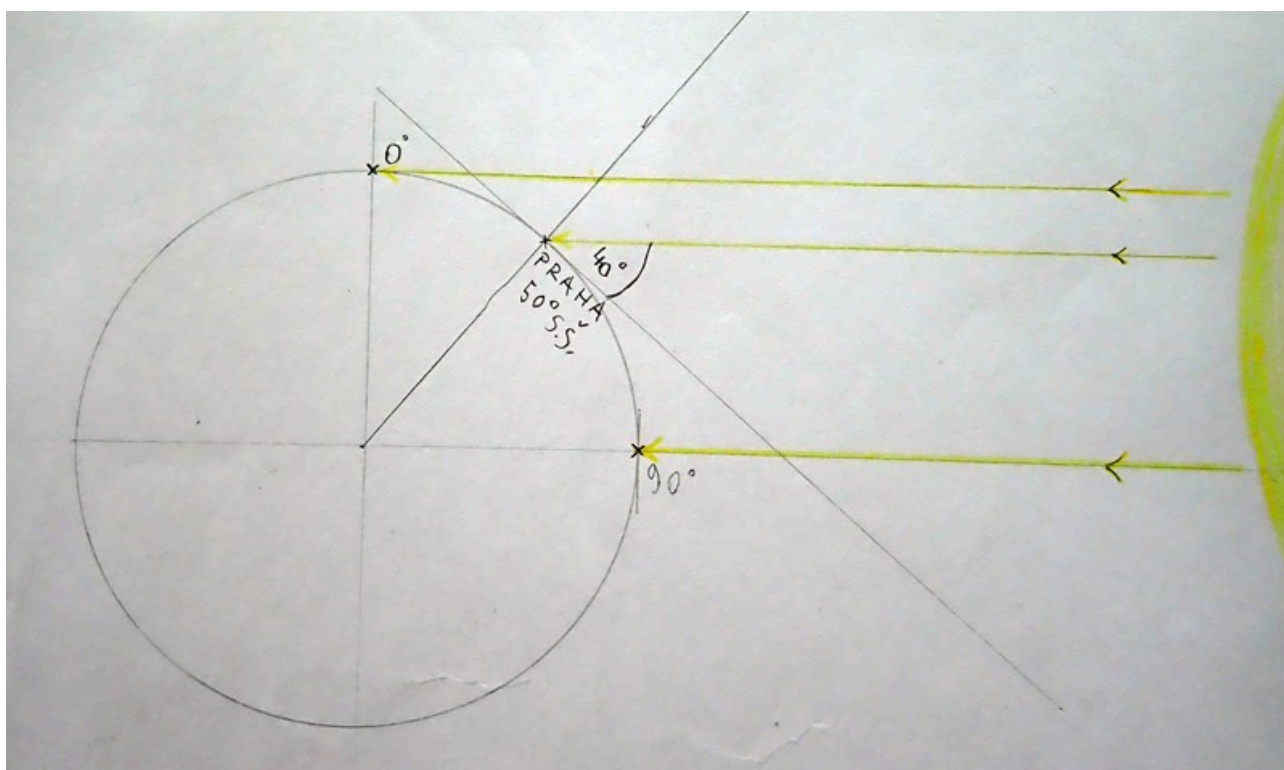
v pravé poledne slunce svítí přesně z jihu

Výška slunce

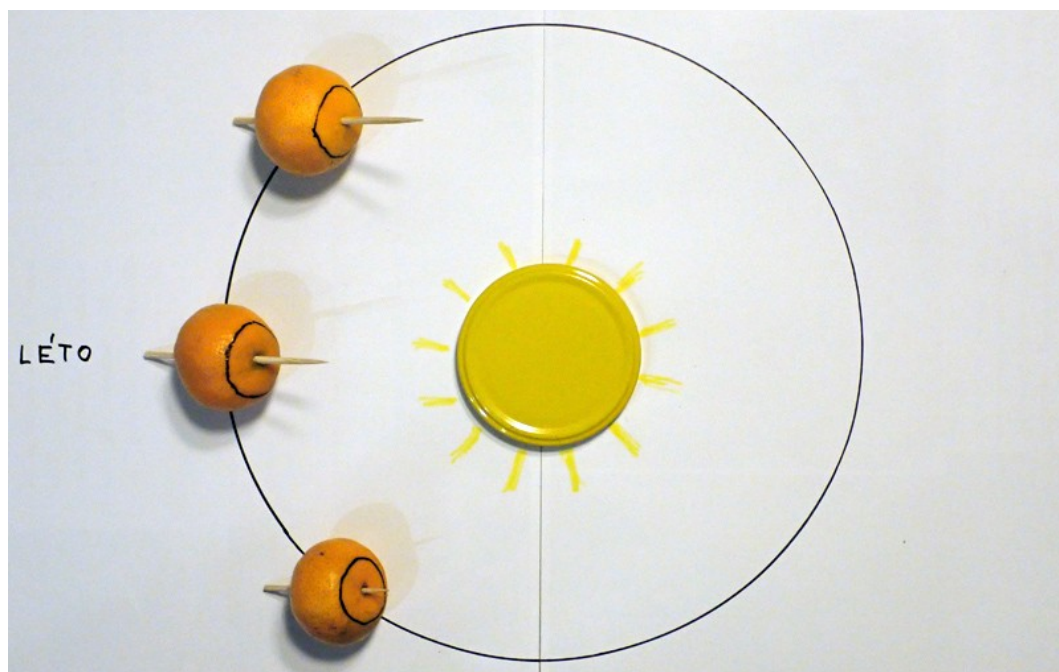
V zimě je slunce níž na obloze než v létě. Jde si toho všimnout třeba ve čtyři hodiny odpoledne, protože v létě ve čtyři hodiny je slunce ještě hodně vysoko, kdežto v zimě už zapadá.



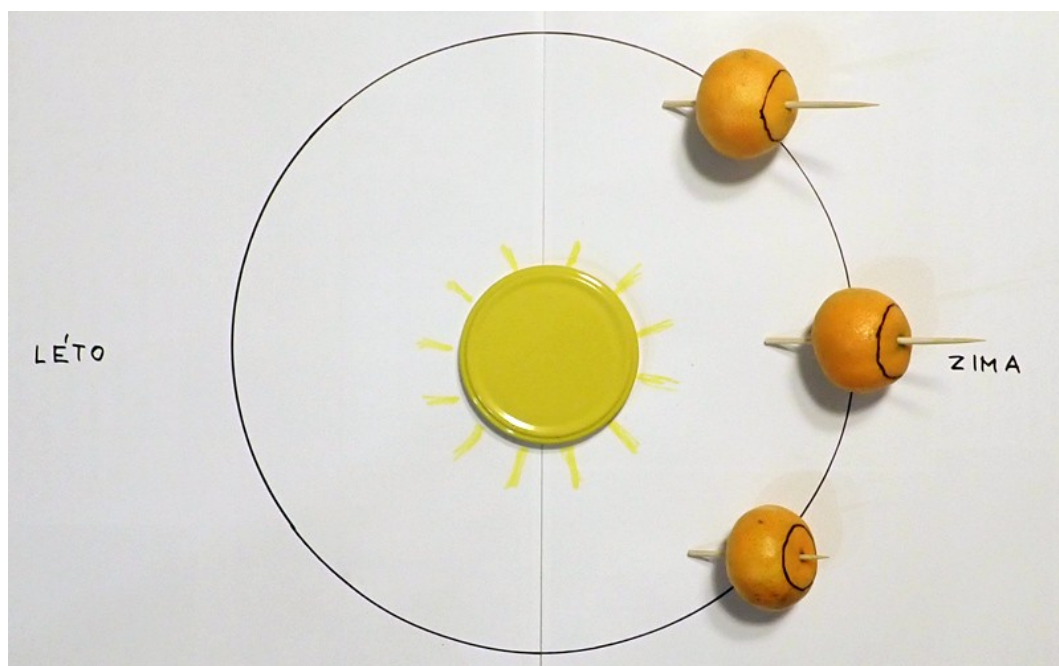
Kdyby se Země točila kolmo ke slunečním paprskům (zemská osa by mířila nahoru), tak by lidi na rovníku měli v poledne slunce nad hlavou. A lidi na pólu by měli v poledne slunce u nohou. Pro Prahu jsem si to narýsoval a vyšlo mi, že slunce v poledne by bylo 40° nad obzorem. A takhle by to bylo během roku pořád.



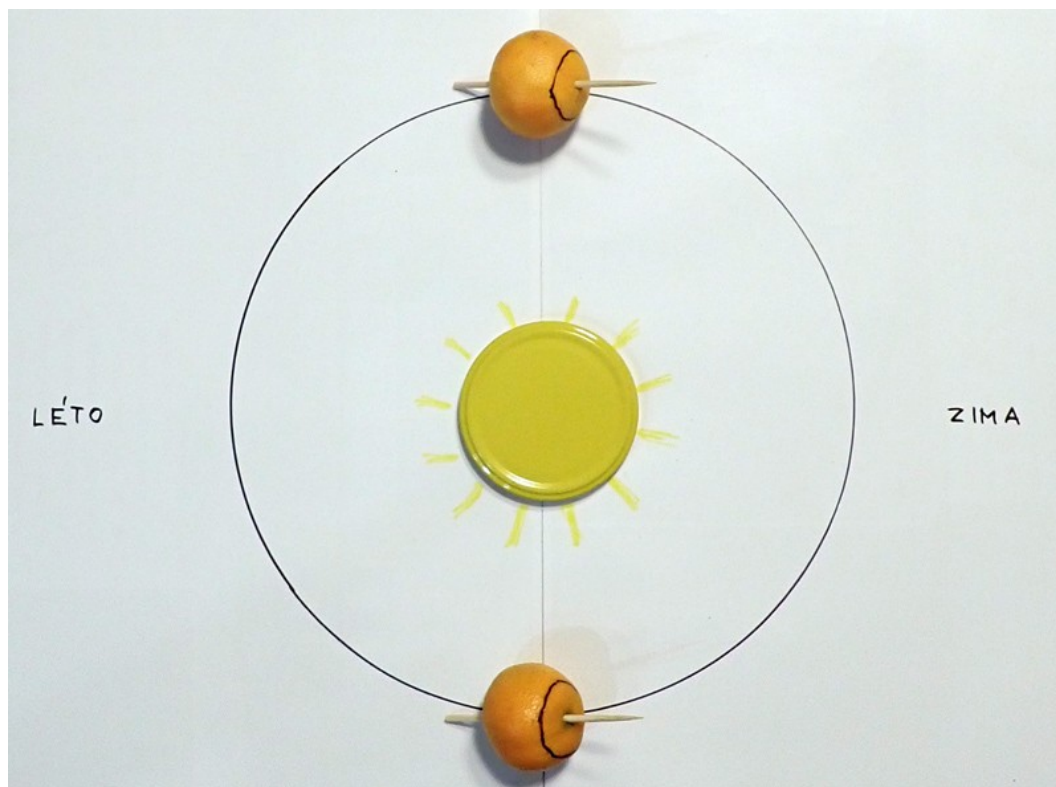
Jenže zemská osa je nakloněná o $23,5^\circ$. Pokusili jsme se nasimulovat, jak se Země pohybuje během roku tak, že jsme probodli mandarinky a nakreslili jsme na ně kolečko vyznačující dráhu, kterou Praha opíše za jeden den. Potom je tam ještě velký kruh, po kterém se pohybuje Země (doopravdy je to elipsa, ale to nevadí) a veprostřed je víčko od okurek jako Slunce. Na prvním obrázku je letní půlka roku, protože Praha je přikloněná ke Slunci. Nejvíc je přikloněná prostřední mandarinka, protože její osa (špejle) kouká nejvíc do Slunce. A slunce v poledne je výš než 40° .



V druhé poloze je pro Prahu zimní půlka roku, protože je odkloněná od Slunce. Nejvíc je odkloněná prostřední mandarinka, protože její osa jde na opačnou stranu než je slunce. A výška slunce v poledne je v zimě menší než 40° .



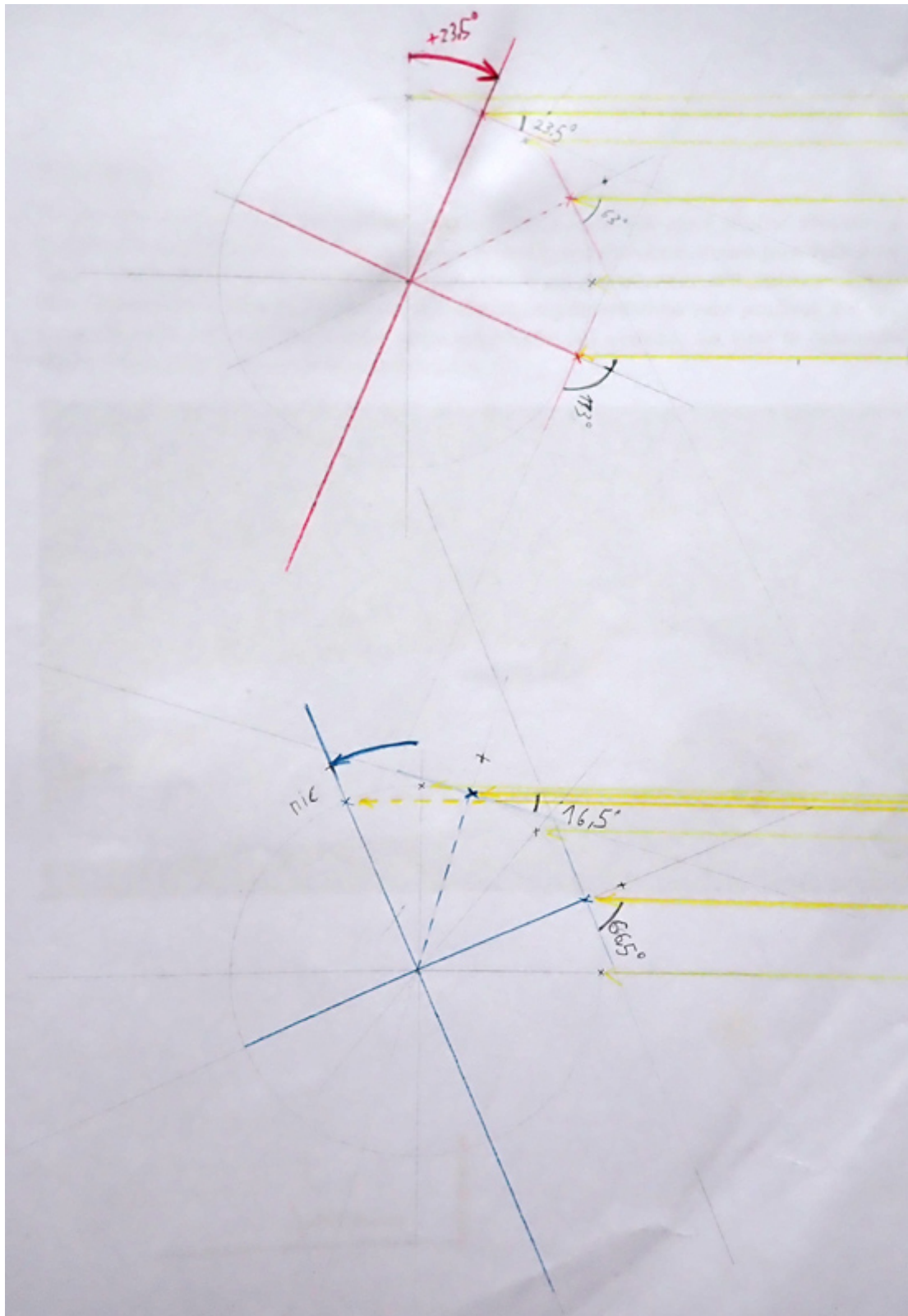
Na posledním obrázku je Země ve chvíli, kdy osa (špejle) není ani přikloněná ani odkloněná ale je přesně rovně. Tento okamžik je jen dvakrát ročně a jmenuje se **rovnodennost**. Slunce v poledne je přesně ve výšce 40° , jak jsme spočítali na začátku.



Letní slunovrat je chvíle, kdy je Praha nejvíc přikloněná ke Slunci, o $23,5^\circ$. V poledne je slunce o $23,5^\circ$ výš než při rovnodennosti. O letním slunovratu je slunce v poledne u nás ve výšce $63,5^\circ$ ($40 + 23,5 = 63,5$), na severním pólu je ve výšce $23,5^\circ$ a na rovníku to bude $113,5^\circ$.

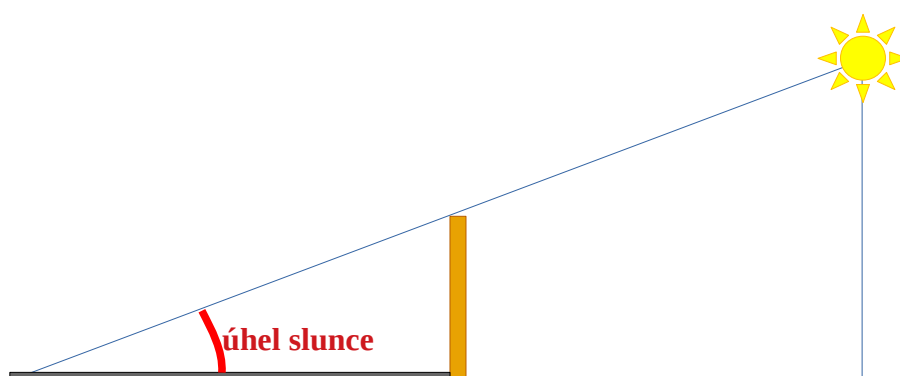
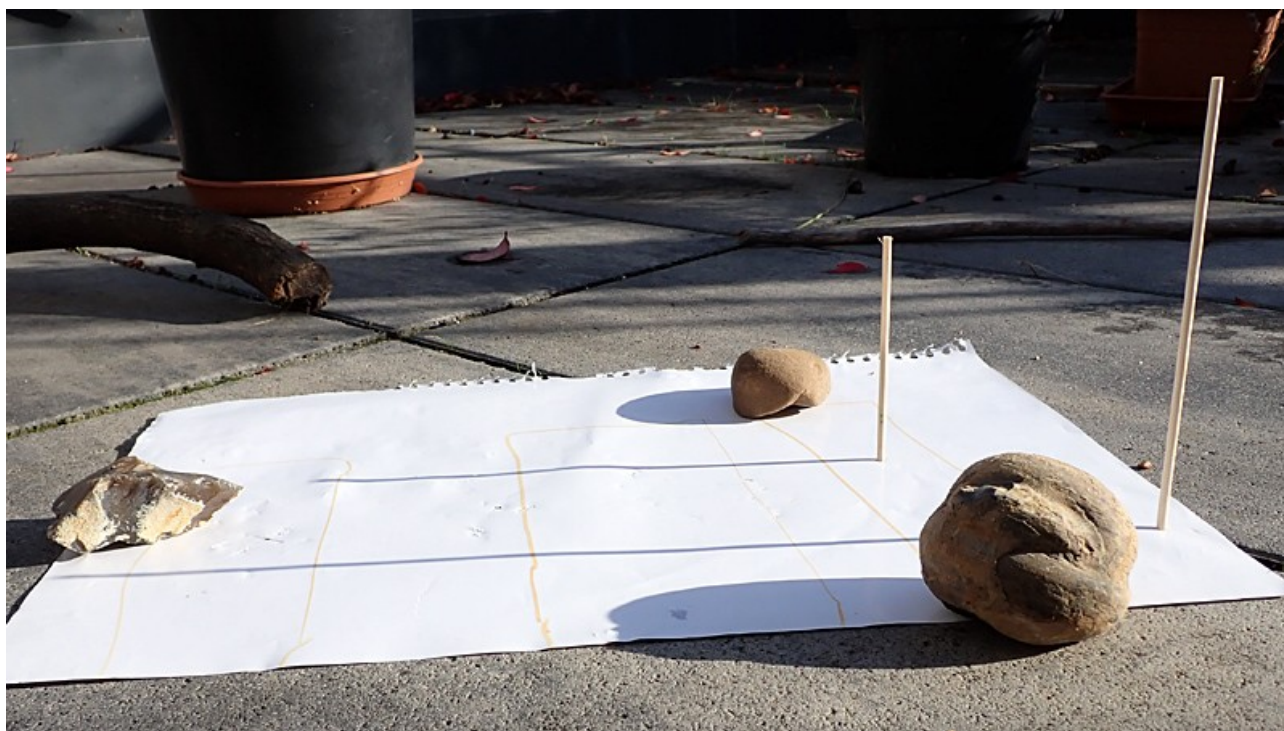
O **zimním slunovratu** je Země nejvíc odkloněná, o $23,5^\circ$. V poledne je slunce o $23,5^\circ$ níž než při rovnodennosti. O zimním slunovratu je slunce v poledne u nás ve výšce $16,5^\circ$ ($40 - 23,5 = 16,5$). Na severním pólu je polární noc, to znamená, že slunce vůbec nevyjde. Na rovníku je to $66,5^\circ$.





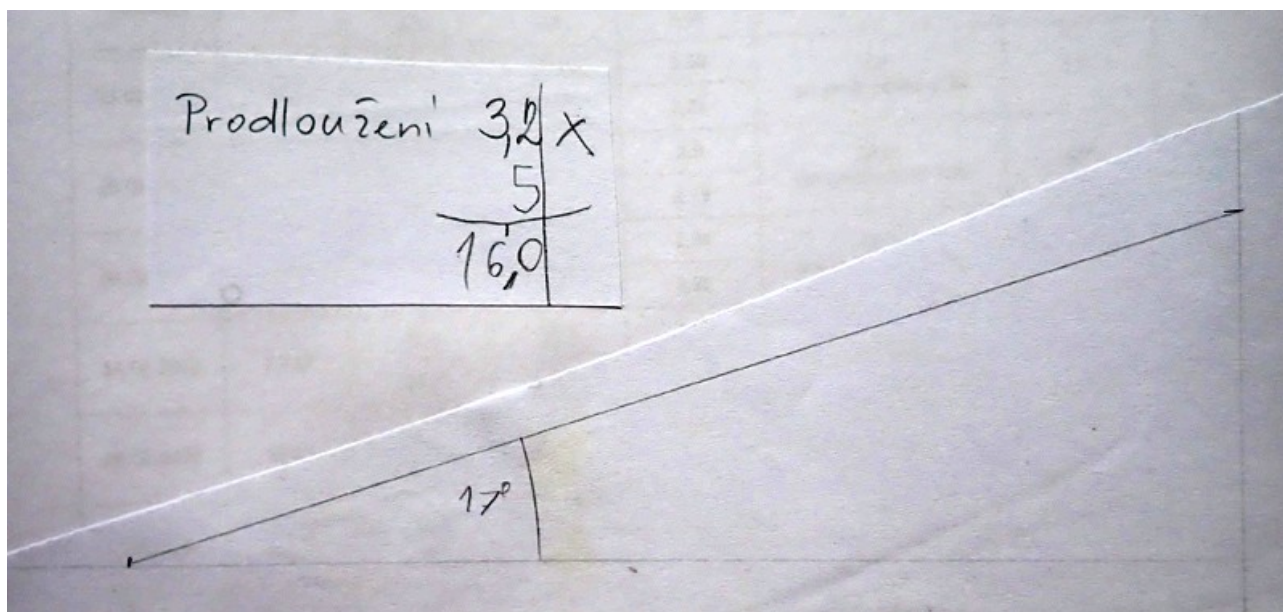
Postup

Nejdřív jsme si na astronomické ročence zjistili a zapsali, v kolik bude pravé poledne. Přes rok bylo poledne nejvíc 17 minut po dvanácté a nejméně 14 minut před dvanáctou. Potom jsme vzali papír a špejli a špejli zabodli do papíru na rovném! povrchu. V poledne zakreslím délku stínu a místo kde byla špejle. Pak změřím délku špejle a délku stínu. Když jsme měřili tak jsme používali dvě špejle kvůli přesnosti, protože kdyby u jedné špejle vyšel hodně jiný výsledek, tak víme že jsme udělali chybu. Měřili jsme na terase, jednou za dva týdny.



V Calcu jsme vyrobili tabulku, do které to zapisujeme. Pomocí vzorce tabulka vydělí délku stínu s délkou špejle a vyjde prodloužení. Pro každé měření jsme měli dvě prodloužení kvůli dvěma špejlím, a tak výsledek zprůměrujeme. Když se výsledky hodně liší, uděláme další den nové měření.

A já potom narýsuju pravoúhlý trojúhelník se stejným prodloužením. A potom změřím úhel v trojúhelníku a to je úhel výšky slunce. Například když je prodloužení 3,2krát, tak svislá strana trojúhelníku bude dlouhá 5 cm a vodorovná strana bude dlouhá 16 cm.



Tabulka měření

V tabulce zapisuji několik věcí: datum, čas poledne podle astronomů, délka stínu v cm, délka špejle v cm, prodloužení, úhel, který mi vyšel, a úhel podle astronomů. Ten zjistím na astronomické ročence: <https://www.hvezdarnacb.cz/cgi-bin/kar.cgi>

Úhel podle astronomů tam je, protože kdyby mi úhel vyšel hodně jiný, tak vím, že jsem udělal chybu. Chyba se mi stala třikrát: když jsme měřili na nerovném povrchu, když jsme použili moc krátkou špejli a když jsme omylem měřili o hodinu dřív kvůli změně času.

Poslední záznam v tabulce je vybarvený žlutě, protože se jen o dva dny liší od prvního měření, takže se to skoro opakuje.

datum	poledne podle astronomů	délka stínu v cm	délka špejle v cm	prodloužení	narysovaný úhel	úhel podle astronomů
10.12.2021	11:55	91,5	28,1	3,26	17° pro prodloužení 3,3x	17°
		38,5	11,5	3,35		
21.12.2021	12:00	92,5	26,8	3,45	16,5° pro prodloužení 3,45x	16°
		25,5	7,4	3,45		
03.01.2022	12:06	69,3	20,5	3,38	17° pro prodloužení 3,3x	17°
		19,9	6,1	3,26		
20.01.2022	12:13	47	16,2	2,9	19,5° pro prodloužení 2,8x	20°
		20,6	7,5	2,75		
02.02.2022	12:16	37,5	16	2,34	23,5° pro prodloužení 2,3x	23°
		15,8	6,8	2,32		
14.02.2022	12:17	42,2	21,3	1,98	27° pro prodloužení 1,97x	27°
		21,6	11	1,96		
28.02.2022	12:15	14,2	8,9	1,6	33° pro prodloužení 1,6x	32°
		34,5	21,3	1,62		
16.03.2022	12:11	9,7	7,8	1,24	39° pro prodloužení 1,25x	38°
		27	21,3	1,27		
28.03.2022	13:07	9,2	8,5	1,08	43° pro prodloužení 1,075x	43°
		22,9	21,4	1,07		
11.04.2022	13:03	9,3	10,3	0,9	49° pro prodloužení 0,9x	48°
		18	21,4	0,84		
29.04.2022	13:00	6,4	8,7	0,74	53,5° pro prodloužení 0,73x	54°
		15,4	21,4	0,72		
11.05.2022	12:59	13,6	21,4	0,64	57,5° pro prodloužení 0,64x	57°
		4,9	7,8	0,63		
01.06.2022	13:00	11,2	21,4	0,52	62° pro prodloužení 0,53x	62°
		6,5	12	0,54		
10.06.2022	13:02	10,7	21,4	0,5	63° pro prodloužení 0,5x	63°
		3,7	7,4	0,5		
19.06.2022	13:05	3,5	7,5	0,47	63,5° pro prodloužení 0,49x	63°
		10,7	21,4	0,5		
02.07.2022	13:06	4,9	9,1	0,54	62° pro prodloužení 0,52x	63°
		10,8	21,4	0,5		

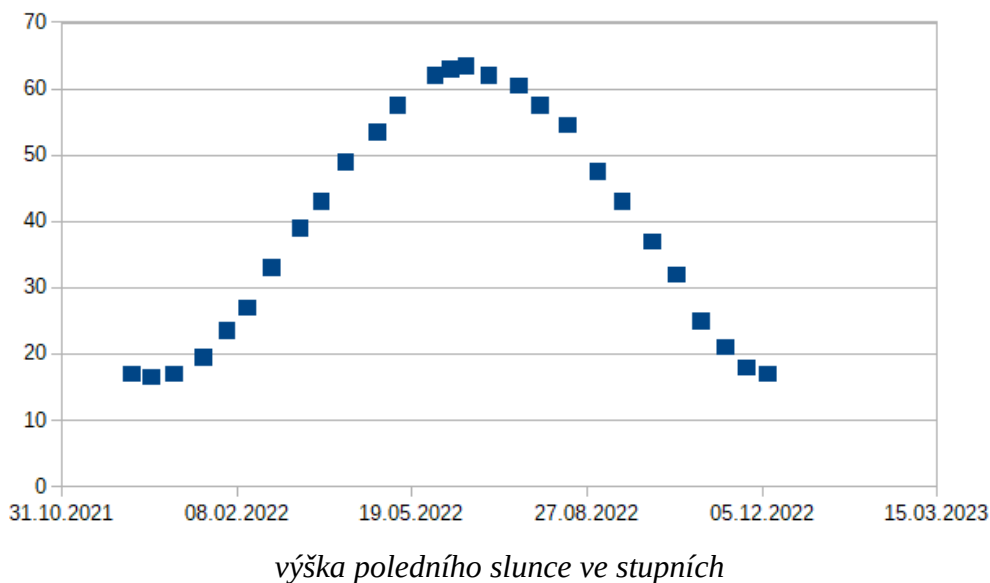
datum	poledne podle astronomů	délka stínu v cm	délka špejle v cm	prodloužení	narýsovaný úhel	úhel podle astronomů
19.07.2022	13:09	5,1	8,9	0,57	60,5° pro prodloužení 0,56x	61°
		11,85	21,4	0,55		
31.07.2022	13:09	5,1	8,1	0,63	57,5° pro prodloužení 0,63x	58°
		13,5	21,3	0,63		
16.08.2022	13:07	15,9	21,3	0,75	54,5° pro prodloužení 0,73x	54°
		7,8	10,9	0,72		
02.09.2022	13:02	19,4	21,3	0,91	47,5° pro prodloužení 0,9x	48°
		9,5	10,7	0,89		
16.09.2022	12:57	23,4	21,3	1,1	43° pro prodloužení 1,08x	42°
		12,5	11,9	1,05		
03.10.2022	12:51	15,9	12,1	1,31	37° pro prodloužení 1,35x	36°
		29,5	21,3	1,38		
17.10.2022	12:48	14,8	9,4	1,57	32° pro prodloužení 1,6x	31°
		34,9	21,3	1,64		
31.10.2022	11:46	20,1	9,9	2,03	25° pro prodloužení 2,1x	26°
		14	6,7	2,09		
14.11.2022	11:47	21,7	8,5	2,55	21° pro prodloužení 2,55x	22°
		40	15,6	2,56		
26.11.2022	11:50	20,1	6,6	3,05	18° pro prodloužení 3x	19°
		40,1	13,5	2,97		
08.12.2022	11:54	25,5	7,9	3,23	17° pro prodloužení 3,2x	17°
		46,6	14,4	3,24		

Výsledky

Moje nejdůležitější data jsou: datum, čas poledne a úhel slunce.

datum	rozdíl mezi polednem a 12:00	výška ve stupních	datum	rozdíl mezi polednem a 12:00	výška ve stupních
10.12.2021	-5	17	10.06.2022	2	63
21.12.2021	0	16,5	19.06.2022	5	63,5
03.01.2022	6	17	02.07.2022	6	62
20.01.2022	13	19,5	19.07.2022	9	60,5
02.02.2022	16	23,5	31.07.2022	9	57,5
14.02.2022	17	27	16.08.2022	7	54,5
28.02.2022	15	33	02.09.2022	2	47,5
16.03.2022	11	39	16.09.2022	-3	43
28.03.2022	7	43	03.10.2022	-9	37
11.04.2022	3	49	17.10.2022	-12	32
29.04.2022	0	53,5	31.10.2022	-14	25
11.05.2022	-1	57,5	14.11.2022	-13	21
01.06.2022	0	62	26.11.2022	-10	18
			08.12.2022	-6	17

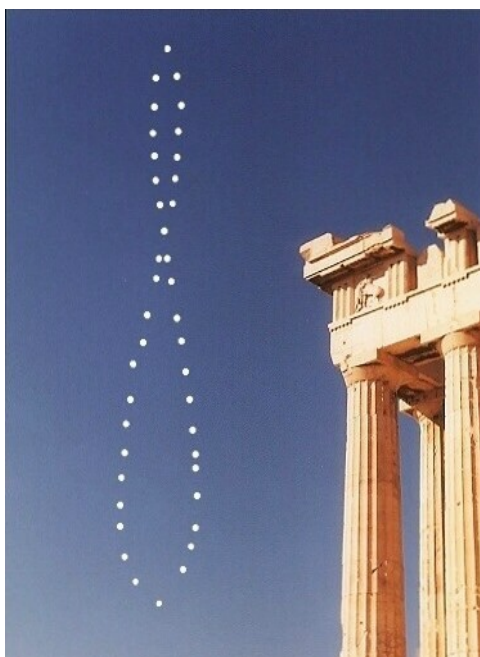
V tabulkovém editoru jsme udělali graf, jak závisí výška slunce na datu. Kolem Vánoc je slunce v poledne nejnižší (16,5°) a to je zimní slunovrat. Pak začne slunce stoupat a v druhé půlce června je letní slunovrat a slunce je nejvyšší (63,5°). Potom slunce klesá až do zimního slunovratu. A tak pořád dokola. Ještě tam jsou dvě místa, kde se něco přihodí. Je to rovnodennost. Slunce je tak vysoko jako když počítáme bez naklonění zemské osi, takže 40°. Rovnodennost podle grafu je v druhé polovině března a v druhé polovině září.



Analemma

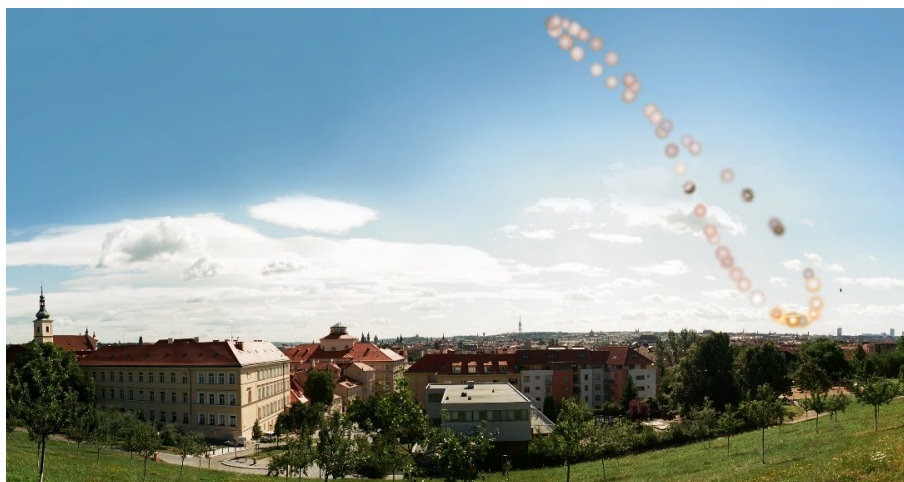
Udělali jsme ještě jeden graf, který jsem kreslil tužkou na papír. Za každý den měření jsem dal do grafu tečku, která říkala jaká je ten den výška slunce v poledne a rozdíl mezi polednem a 12:00. A vznikla velká osmička. Jenže jeden bod po slunovratu máme nějak špatně a je to dost vidět na té osmičce.

Kdyby každý bod říkal výšku slunce a kde je ve 12:00 tak by nám vyšla podobná osmička, ale byla by převrácená zleva doprava (když je poledne deset minut **po** dvanácté, tak je slunce ve 12:00 kousek **před** jihem). Tahle druhá osmička by se dala získat i tak, že by se slunce fotilo ve 12:00. Lidi to opravdu fotí nebo zakreslují a už ve starém Řecku a Římě to takhle dělali a od nich té osmičky říkáme analemma.



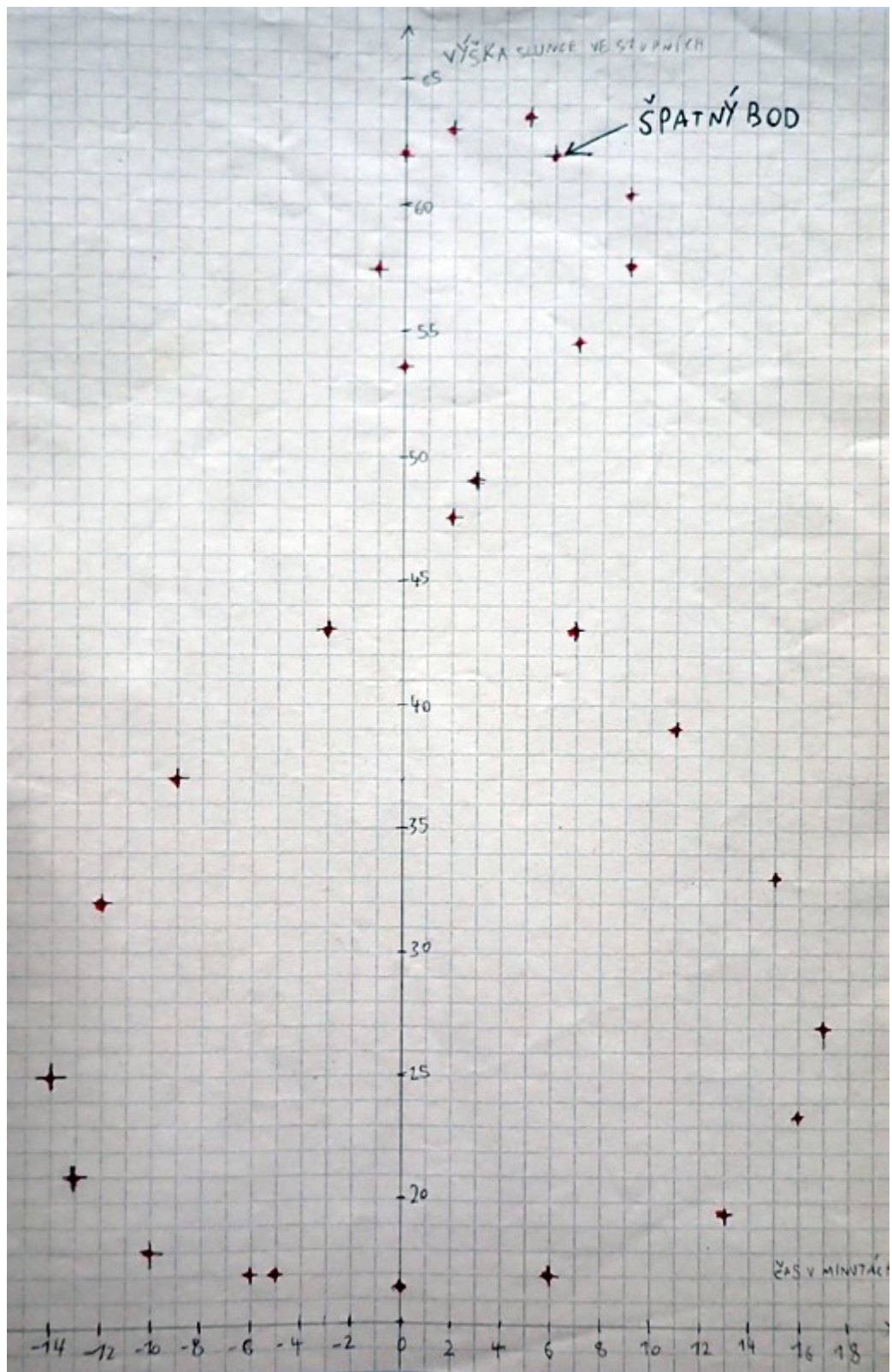
polední slunce během roku v Athénách

<http://www.perseus.gr/Astro-Solar-Analemma-102816.htm>



slunce v půl osmé ráno během roku v Praze

<https://www.astro.cz/fotogalerie/ceska-astrofotografie-mesice.html?id=596>



Kdy je poledne v poledne

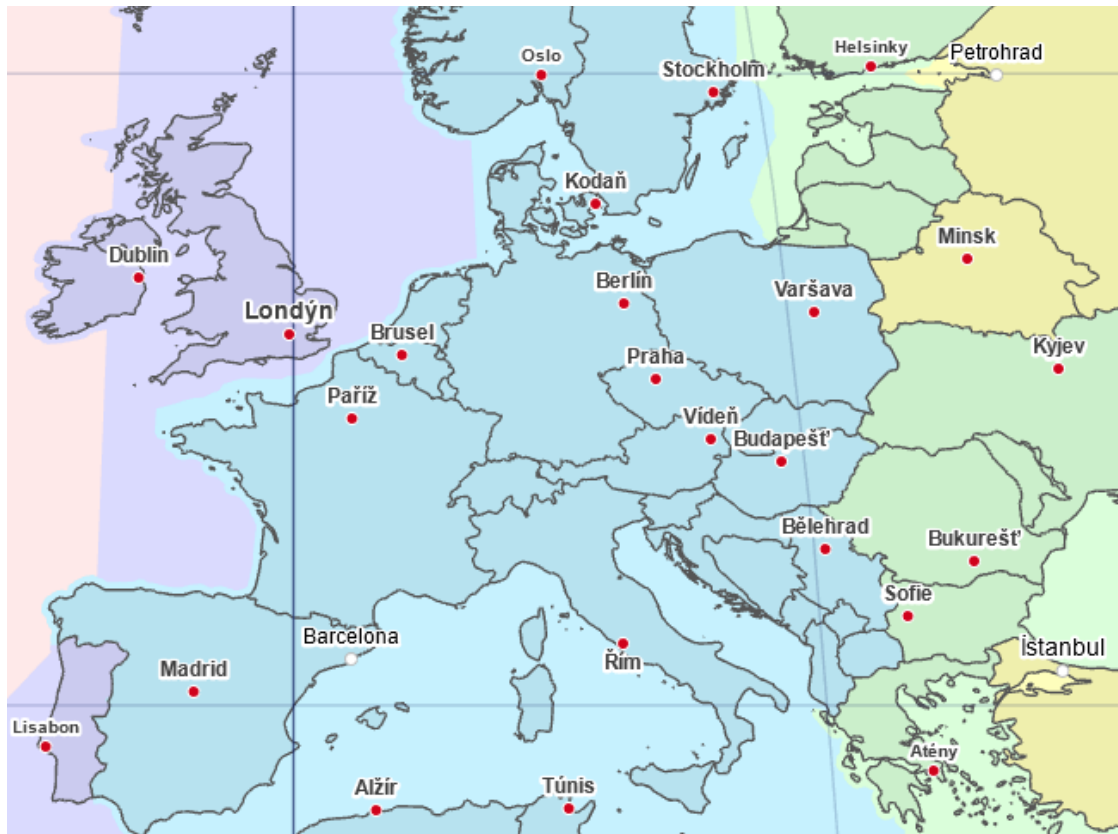
Z osmičky je vidět i kdy je poledne ve 12:00. Tyhle chvíle jsou za rok čtyři, z toho tři mám v tabulce: 21. prosince, 29. dubna, 1. června a někdy v první půlce září. Na ten poslední jsem přišel tak, že 2. září je poledne ve 12:02 a 16. září v 11:57.

Jenže my jsme koukali na [Wikipedii](#) a zjistili jsme, že nemáme správné datum pro poledne ve 12:00. Ta správná data jsou 15./16. dubna, 14./15. června, 1./2. září a 25./26. prosince. Ale alespoň jsme to trefili do měsíce. Ten rozdíl je asi kvůli času 12:00, který se počítá z patnáctého poledníku, ale my nebydlíme na patnáctém poledníku, ale na čtrnáctém a půltém (v Praze).

Časová pásma

V celé České republice máme všichni na hodinkách stejný čas, i když slunce vychází dřív v Ostravě než v Karlových Varech. Protože je to jen o chvíli dřív, tak to moc nevadí. Ale kdyby měl celý svět stejný čas na hodinkách, tak by to bylo hodně popletené, protože ve dvanáct hodin by někdo snídal a někdo by obědval a někdo by chrněl. Ale zas kdyby si lidi při cestování přerizovali hodinky každou minutu, tak by to byla otrava.

A vymyslelo se, že si lidi přenastaví hodinky, až když se tam nastrádá celá hodina. Lidi si tedy rozdělili zeměkouli na 24 měšičků - časových pásem, a každý je jedna hodina. Základní čas je v Londýně na nultém poledníku. A do našeho časového pásma patří skoro celá Evropa a řídí se časem na 15. poledníku, který leží u Nymburka a je tam o hodinu víc než v Londýně. Od nás je nejbližší další časové pásmo u Ukrajiny.



<https://atlas.mapy.cz/?p=011001&id=casova-pasma>

Takže čas pravého poledne máme z hvězdárny pro Prahu, ale 12:00 máme pro Nymburk. A tak se to nedá porovnávat. Jsou dvě možnosti jak to vyřešit - změnit každé pražské pravé poledne na nymburské, nebo změnit nymburských 12:00 na pražských 12:00. Vyberu si spíš to druhé.

Když je v Nymburku 12:00 tak my v Praze sice máme na hodinkách taky 12:00, ale doopravdy to bude až za chvíli. Ale za jakou chvíli?

Kolem Země je 360 poledníků, které dohromady dávají 24 hodin, to je 1440 minut. Na jeden poledník se vejdou jenom 4 minuty, protože $1440 : 360 = 4$. Nymburk je na 15. poledníku a Praha na 14,5. poledníku, takže do Nymburka stačí jen půl poledníku a to jsou dvě minuty.

Takže když je v Nymburku a na hodinkách 12:00, tak je v Praze 11:58.

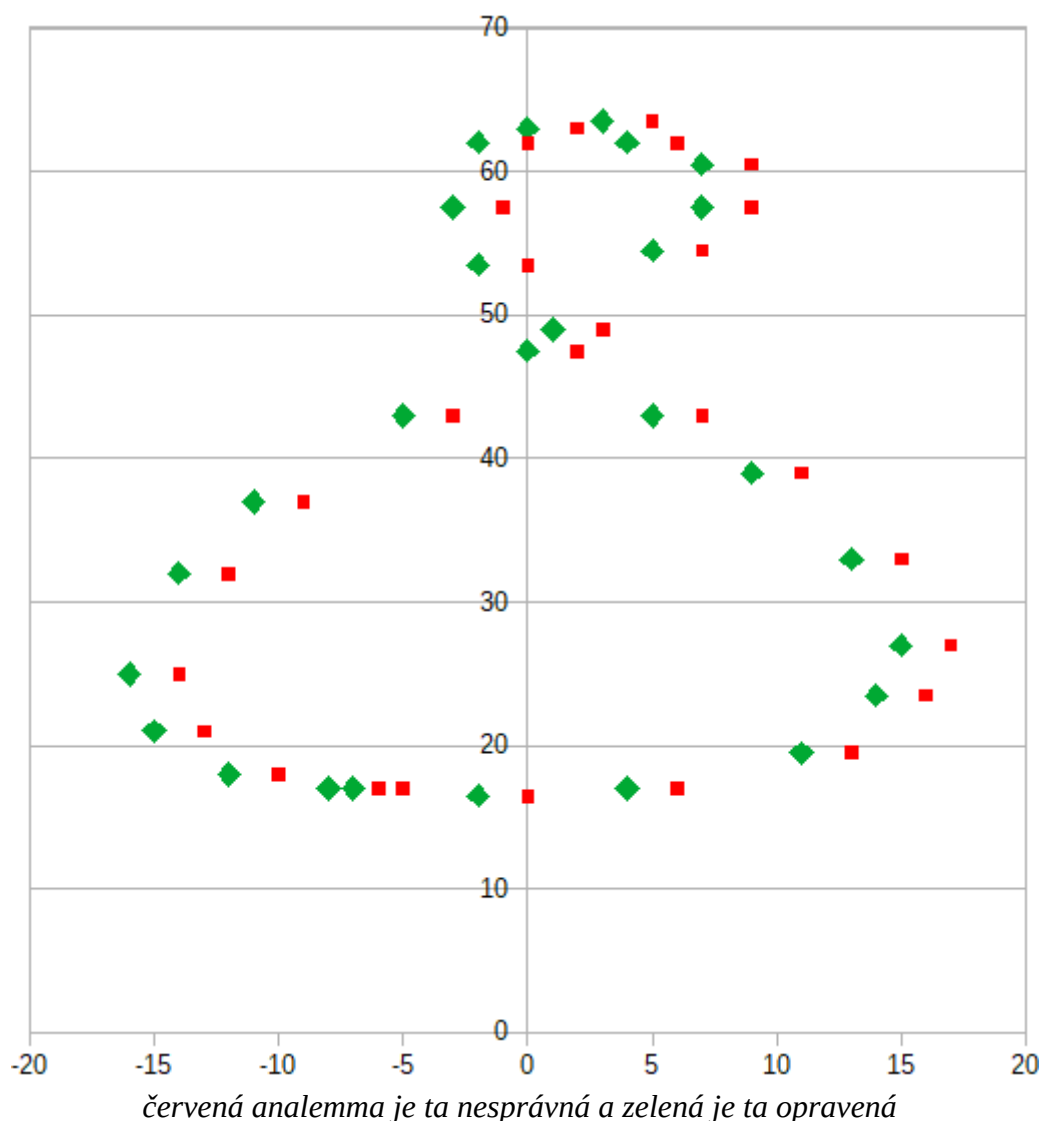
A když v Praze je doopravdy 12:00, tak na hodinkách (a v Nymburku) je 12:02.

Takže kdy je poledne v poledne?

Když jsem nakreslil graf analemmi, tak jsem počítal s rozdílem 12:00 a pravím polednem. Ale těch 12:00 je pro Nymburk a my chceme 12:00 pro Prahu. Jak jsme už spočítali tak pražských 12:00 je vlastně v 12:02 na hodinkách, takže moji narýsovanou analemmu musím posunout o dva časové body doleva, čímž ji opravím.

Zadal jsem do tabulky opravené údaje a všechny rozdíly jsou o dvě minuty menší.

datum	rozdíl mezi polednem a 12:02	výška ve stupních	datum	rozdíl mezi polednem a 12:02	výška ve stupních
10.12.2021	-7	17	10.06.2022	0	63
21.12.2021	-2	16,5	19.06.2022	3	63,5
03.01.2022	4	17	02.07.2022	4	62
20.01.2022	11	19,5	19.07.2022	7	60,5
02.02.2022	14	23,5	31.07.2022	7	57,5
14.02.2022	15	27	16.08.2022	5	54,5
28.02.2022	13	33	02.09.2022	0	47,5
16.03.2022	9	39	16.09.2022	-5	43
28.03.2022	5	43	03.10.2022	-11	37
11.04.2022	1	49	17.10.2022	-14	32
29.04.2022	-2	53,5	31.10.2022	-16	25
11.05.2022	-3	57,5	14.11.2022	-15	21
01.06.2022	-2	62	26.11.2022	-12	18
			08.12.2022	-8	17



Ted' už můžeme říct, že poledne v 12:00 je přibližně 25.12., 17.4., 10.6. a 2.9. a to je mnohem lepší výsledek než předtím.

Závěr

Byla docela otrava celý rok hlídat, kdy je poledne a kdy měříme a jestli máme správné špejle a rýsování. Kratší úkoly jsou lehčí. Ale alespoň jsem se naučil dobře rýsovat a to jsem pak využil na výrobu kartonového stroje, který byl mnohem přesnější než minulý pokus. Naučil jsem se, že slunce dělá na obloze osmičku a že patnáctý poledník jde kolem Nymburka a že máme nymburský čas. V Nymburku je velmi dobrá cukrárna, DOPORUČUJI.