

Martánský čas

Samuel Mázor, 3. ročník, PSA

Školitel': RNDr. Peter Šín, PhD.

106 x 9 m

Saturn 5
111 x 10 m

BFR



USA

Ciele práce

Cieľom tejto práce je navrhnuť martánský kalendár pre prvých kolonistov planéty Mars, prvá ľudská výprava na Mars sa plánuje v priebehu pár pozemských rokov.

Pokiaľ možno, nájsť presný dátum a čas zhody medzi kalendármi a práve v tom čase začať s jeho propagáciou.

Druhým cieľom je zostrojiť funkčné martánské náramkové hodinky, aby sme mali martánský čas stále so sebou.



Časť rakety BFR ktorá poletí na Mars, $\Phi = 9$ m



USA

Atómové a optické hodiny

Definícia sekundy: Jedna pozemská sekunda je čas trvania **9 192 631 770** periód žiarenia, ktoré zodpovedá prechodu medzi dvoma hladinami veľmi jemnej štruktúry základného stavu atómu cézia ($_{133}\text{Cs}$) pri teplote **0** Kelvinov. Ich presnosť je rádovo **10^{-15}** alebo jedna sekunda za **30 miliónov rokov**.

Optické hodiny pracujú so stotisíc krát vyššími frekvenciami. Pracujú na princípe počítania frekvencie fotónov medzi energetickými hladinami. Ako možný etalón poslúžia stronciové optické hodiny s frekvenciou **429 228 004 229 873** Hertzov. Ich presnosť je rádovo **10^{-17}** alebo 1 sekunda za **3 miliardy rokov**.



Atómové hodiny z roku 1990 (vľavo). Optické hodiny ako možný nástupca atómových hodín.

Brzdenie Zeme a Marsu

Mesiace brzdi rotujúcu Zem. Atómové či optické hodiny je potrebné pravidelne nastavovať vkladáním prestupnej sekundy o **23:59:60** svetového času **UTC** na konci polroka podľa potreby. **UTC je vážený priemer času všetkých atómových hodín na svete opravený na nulovú nadmorskú výšku.**

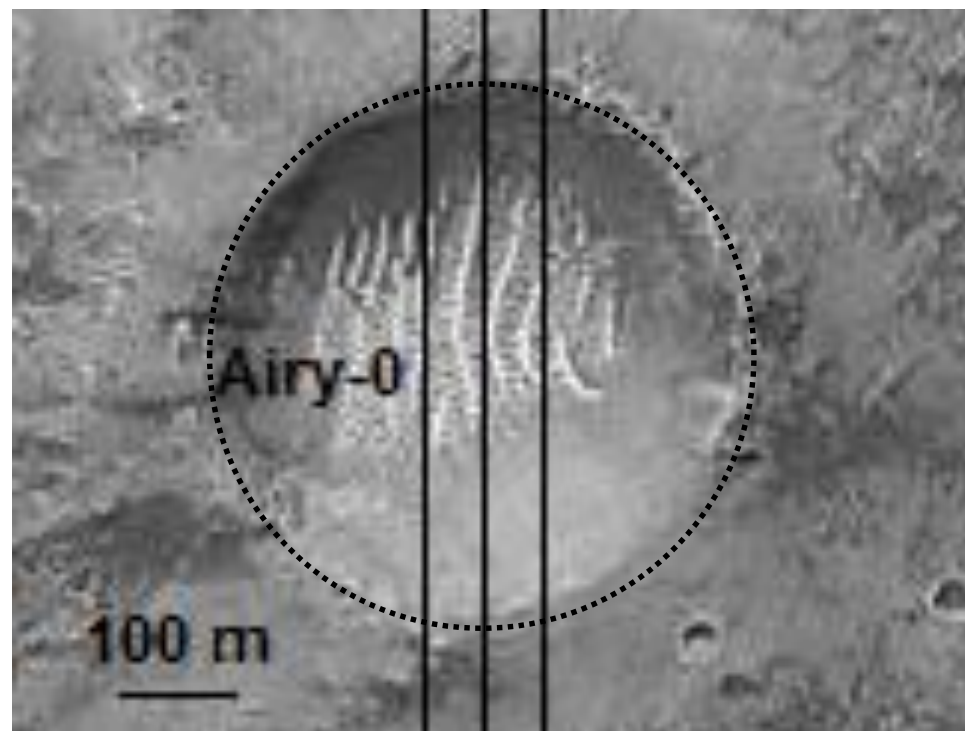
Podobne ako Zem, aj rotácia Marsu je brzdená blízkym Jupiterom a Slnkom. Následkom toho dochádza k predlžovaniu marťanského dňa. Tento vplyv je dokonca desaťnásobne vyšší ako na Zemi. **Vkladanie prestupných sekúnd by sa stalo rýchlo nepraktickým, možno sa budú vkladať celé prestupné minúty.**

Nultý poludník na Zemi a na Marse



00°00'05,3" Z 00°00'00,0" V

11:59:59,648 12:00:00,000



00°00'00,0" ± 3,6"

12:00:00,000 ± 0,240

0. poludník (zdanlivý) (čiarkovaný) r. 1884, rozdiel -0,352 sek.

0. poludník (pravý) (plná čiara) podľa GPS 101,8 m východne.

Rovina zdanlivého 0. poludníka je **kolmá** na povrch Zeme, rovina pravého 0. poludníka smeruje **do stredu** Zeme, ale tieto dva poludníky nespływajú, Zem je rotačný elipsoid.

0. poludník marťanský (stredná čiara) daný meraním z orbitu.

Tolerancia poludníka (krajné čiary) **59,3 m**, rozdiel **±0,240 s**.

Tolerancia vychádza z **nepresnosti** určenia stredu krátera Airy-0, ktorý nie je úplne presne **kruhový**, je ťažké určiť jeho **presný** stred a tým pádom aj polohu 0. poludníka.



UTC-12 Enivetokský čas

UTC+01 Stredoeurópsky *

UTC-11 Samoaský čas

UTC+02 Východoeurópsky**

UTC-10 Havajský čas

UTC+03 Moskovský čas

UTC-09 Aljašský čas

UTC+04 Arabský čas

UTC-08 Tichomorský čas

UTC+05 Západoruský čas

UTC-07 Západoamerický čas

UTC+06 Stredoruský čas

UTC-06 Stredoamerický čas

UTC+07 Východoruský čas

UTC-05 Východoamerický čas

UTC+08 Pekingský čas

UTC-04 Atlantický čas

UTC+09 Japonský čas

UTC-03 Západoatlantický čas

UTC+10 Sydneyjský čas

UTC-02 Stredatlantický čas

UTC+11 Šalamúnský čas

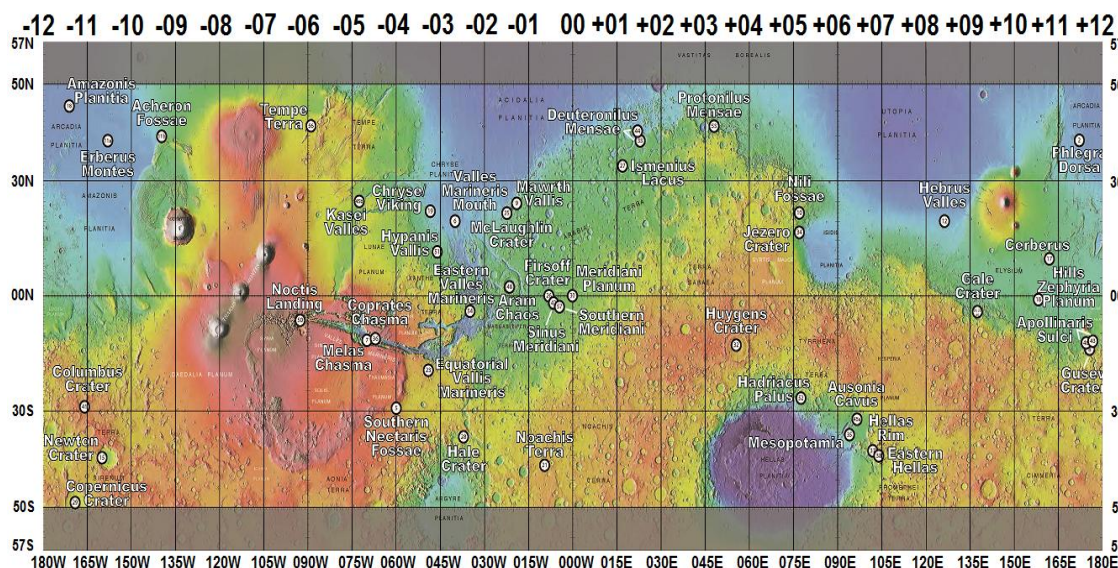
UTC-01 Východoatlantický č.

UTC+12 Novozélandský čas

UTC+00 Svetový čas

SVK v *zime a v ** lete

Č. pásma Zeme a Marsu



MTC-12 Západoamazonský

MTC+01 Západoarabský čas

MTC-11 Stredoamazonský

MTC+02 Stredoarabský čas

MTC-10 Východoamazonský

MTC+03 Východoarabský čas

MTC-09 Západotharsijský č.

MTC+04 Západosyrtijský čas

MTC-08 Stredotharsijský č.

MTC+05 Stredosyrtijský čas

MTC-07 Východotharsijský

MTC+06 Východosyrtijský čas

MTC-06 Západolunárny čas

MTC+07 Západoamentanský

MTC-05 Stredolunárny čas

MTC+08 Stredoamentanský

MTC-04 Východolunárny č.

MTC+09 Východoamentanský**

MTC-03 Západooxijský čas

MTC+10 Západoelyzejský čas

MTC-02 Stredooxijský čas

MTC+11 Stredoelyzejský čas

MTC-01 Východooxijský*

MTC+12 Východoelyzejský

MTC+00 Marťanský čas

*Opportunity **Curiosity

Juliánsky a **marťanský solárny dátum**

JD = juliánsky dátum, pozoruhodný tým, že sa v ňom nečísľujú roky, ale dni od **01.01.4714 pnl od poludnia UTC** juliánskeho kalendára.

MJD = modifikovaný juliánsky dátum, ktorý je od juliánskeho dátumu menší presne o **2 400 000,5 dňa**, jeho počiatok je **17.11.1858 nl od polnoci UTC**.

UTC = svetový čas koordinovaný, je to čas na 0. poludníku v Londýne, V. Británia.

MTC = marťanský čas koordinovaný je čas na 0. poludníku v kráteri Airy-0, Mars.

MSD = marťanský solárny dátum je počítanie marťanských dní, ktoré sú dlhé **1,02749125170** pozemského dňa od **29.12.1873 nl o 12:03:36,46 UTC**.

Z juliánskeho dátumu sa marťanský solárny dátum vypočíta rovnicou

$$\text{MSD}_{\text{MTC}} = (\text{MJD}_{\text{UTC}} - \text{MJD}_{\text{MSD0}} + \Delta T) / T_{\text{MJD}}$$

MSD_{MTC} = marťanský solárny dátum používajúci marťanský čas koordinovaný

MJD_{UTC} = modifikovaný juliánsky dátum používajúci svetový čas koordinovaný

MJD_{MSD0} = **5 521,502 505 4** je MJD v okamihu nulového MSD v čase zhody

$\Delta T = (\text{TAI} - \text{UTC}) / 86\,400$ je rozdiel atómového a svetového času od r. 1958

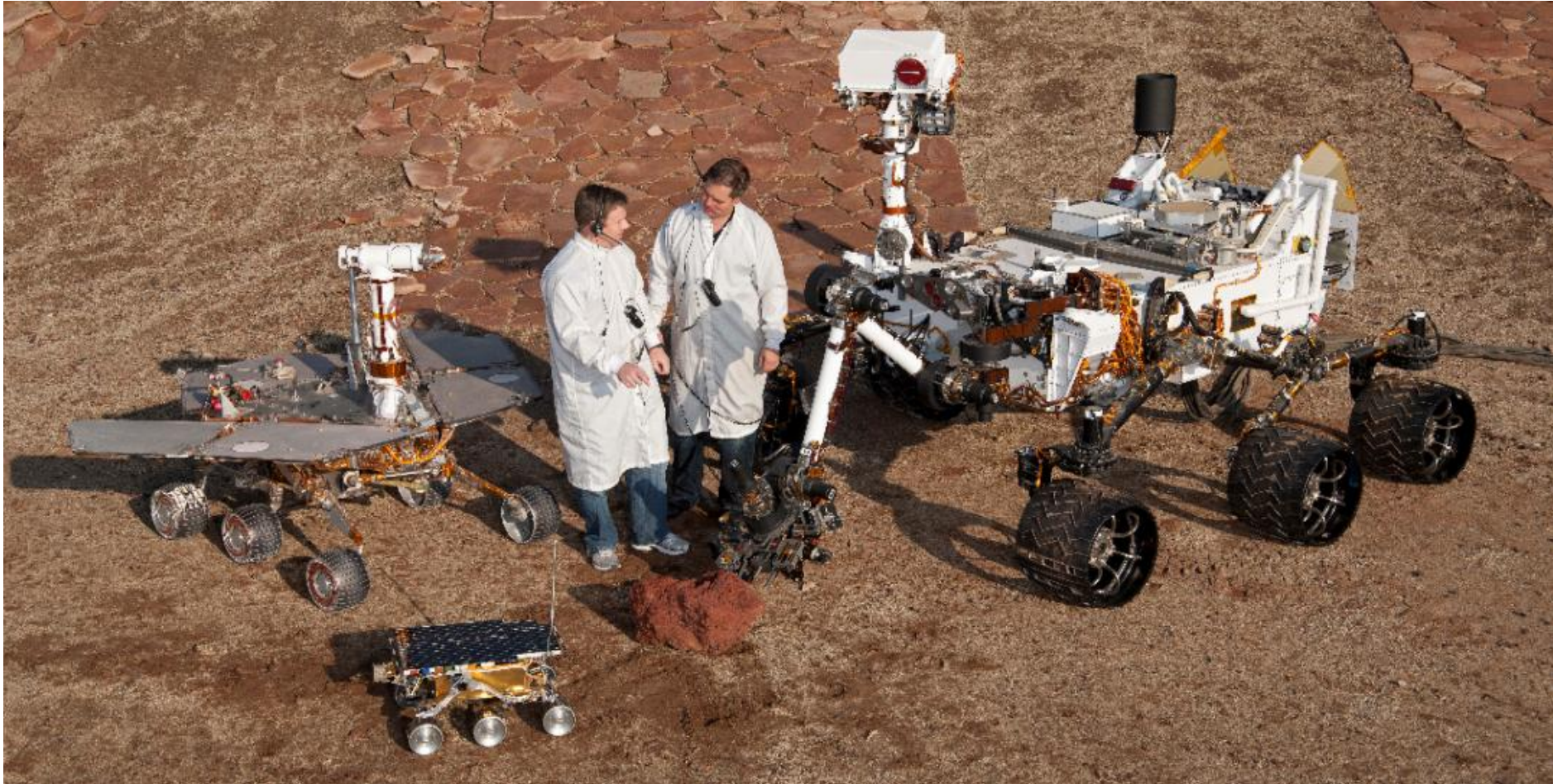
$T_{\text{MJD}} = \mathbf{1,027\,491\,251\,70}$ je perióda otáčania Marsu v pozemských dňoch

Martánský čas a kalendár

Musia byť splnené tri podmienky. Treba:

1. Poznať presnú dĺžku martánskeho dňa
 - 1a. Zostaviť presné martánske hodiny
2. Poznať presnú dĺžku martánskeho roka
 - 2a. Zostaviť presný martánský kalendár
3. Poznať 1 bod, vyjadrený 2 kalendármi
 - 3a. Zostaviť prevod medzi kalendármi

Martánský čas a kalendár

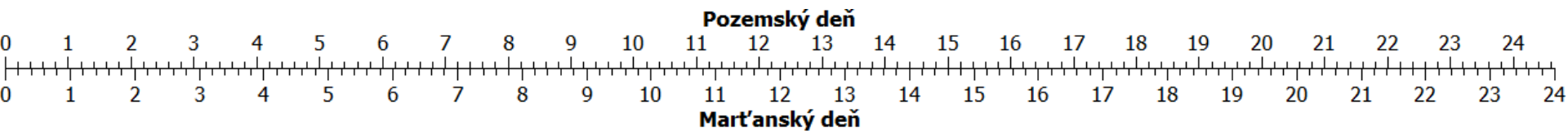


Prieskumné vozidlá. Dole je Sojourner, vľavo Spirit / Opportunity a vpravo Curiosity. Tieto sa riadia miestnym martánskym časom a číslom martánskeho dňa od pristátia. Boli navrhnuté aj martánske časové pásma, zatiaľ sa používa miestny martánský čas.

Martánský čas

1. Poznať presnú dĺžku martánskeho dňa

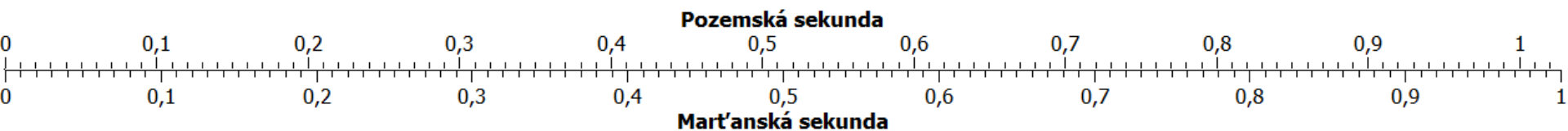
Pozemský solárny deň trvá: **24** hodín **00** minút **00,000 000** sekúnd



Martánský solárny deň trvá: **24** hodín **39** minút **35,244 147** sekúnd

1a. Zostaviť presné martánske hodiny

Pozemská solárna sekunda: **1,000 000 000 00** pozemskej sekundy



Martánská solárna sekunda: **1,027 491 251 70** pozemskej sekundy

Martánský dátum

2. Poznať presnú dĺžku martánskeho roka

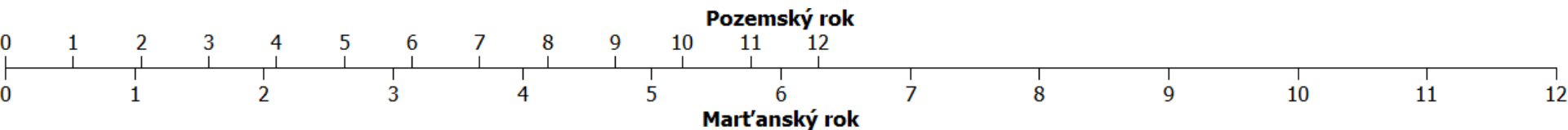
Pozemský solárny rok trvá: **365,2422** pozemských solárnych dní



Martánský solárny rok trvá: **668,5921** martánských solárnych dní

-2a. Zostaviť presný martánský kalendár

Pozemský solárny rok: **12** pozemských mesiacov po **30,4** pozemských dní

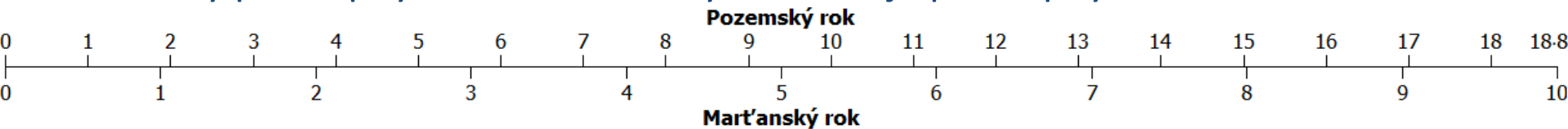


Martánský solárny rok: **12** martánských mesiacov po **55,7** martánských dní

Prestupné roky

1. Roky končiace na 1, 3, 5, 6, 8, 0 sú prestupné

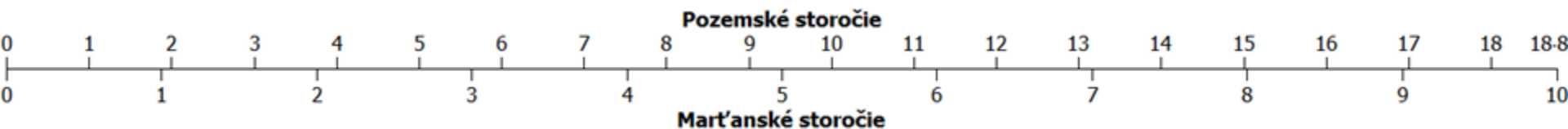
Pozemský prestupný rok: rok deliteľný číslom 4 je prestupný



Mart'anský prestupný rok: rok končiaci na 1, 3, 5, 6, 8, 0 je prestupný

2. Storočia deliteľné 5 sú prestupné

Pozemské prestupné storočie: storočie deliteľné číslom 4 je prestupné



Mart'anské prestupné storočie: storočie deliteľné číslom 5 je prestupné

Martánský letopočet

3. 1 časový bod, ktorý sa dá vyjadriť 2 kalendármi

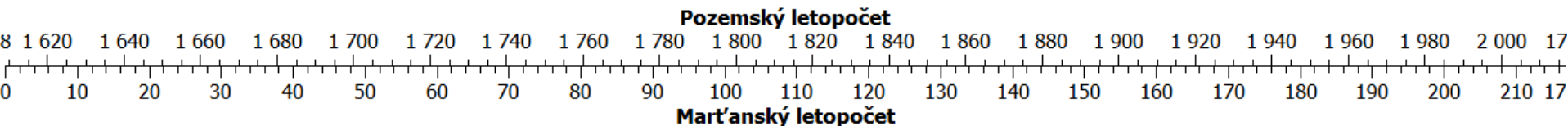
Pozemský čas
06.01.2000 00:00:21.27

Martánský čas
06.01.0208 00:00:00.00

-3a. Zostaviť čo najlepší prevod medzi kalendármi

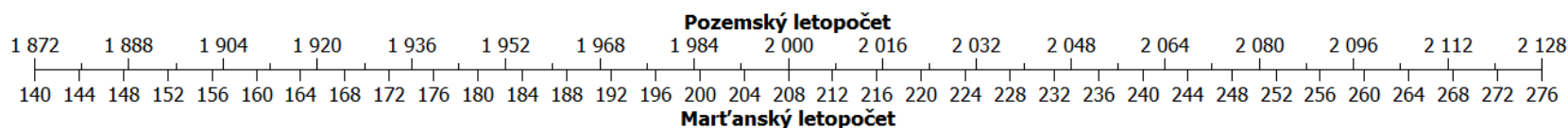
1608 – vynájdenie teleskopu je martánský rok 0

2017/2018 sa zhoduje s martánským rokom 217

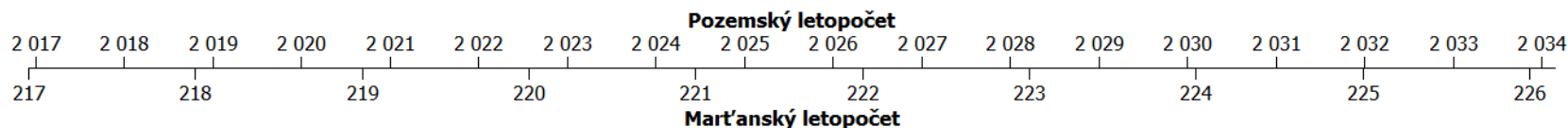


Cyklus zhodnutia dátumov

Veľký cyklus zhody dátumov na Zemi a Marse má **252** rokov a **13** dní alebo **92055** dní. Za tento čas ubehne na Marse **134** martánských rokov alebo **89592** martánských dní. Zároveň je to **118** synodických periód a **31** dní. Stred cyklu bol **06.01.2000** o **00:00:21**



Malý cyklus zhody dátumov na Zemi a Marse je **17** rokov a **1** mesiac alebo **6241,65** dní. Za tento čas ubehne na Marse **9** rokov **1** mesiac alebo tiež **6074,65** martánských dní. Zároveň je to **8** synodických periód a **1** deň. Začiatok cyklu bol **06.02.2017** o **15:40:10**

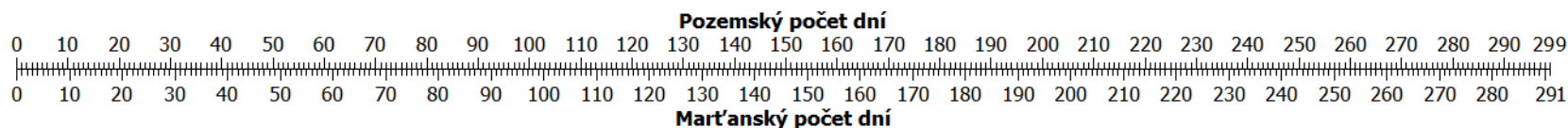


Cyklus zhodnutia časov

Veľký cyklus zhody časov na Zemi a Marse má **299** dní.

Za tento čas ubehne na Marse **291** martánských dní.

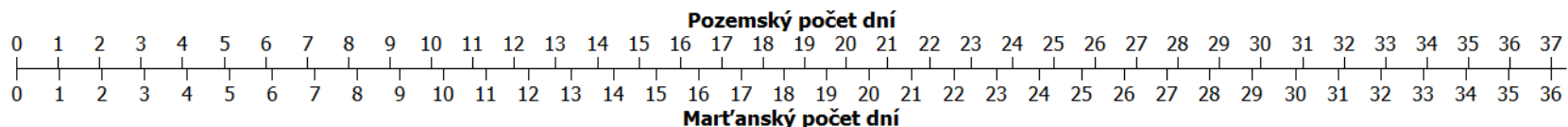
Začiatok posledného cyklu bol **09.01.2018** o **00:42**.



Malý cyklus zhody časov na Zemi a Marse má **37** dní **9** hodín.

Za tento čas ubehne na Marse **36** martánských dní **9** hodín.

Začiatok posledného cyklu bol **24.03.2018** o **18:43**.



Pôvod martánských hodín je práve v tomto cykle.

Čas potrebný na let na Mars

Variant 1: použitie najmenšieho množstva paliva

$259 + 582 + 259 = 1100$ dní, alebo 3 roky a 5 dní

Teda 259 dní let, 582 dní na povrchu, 259 dní let,

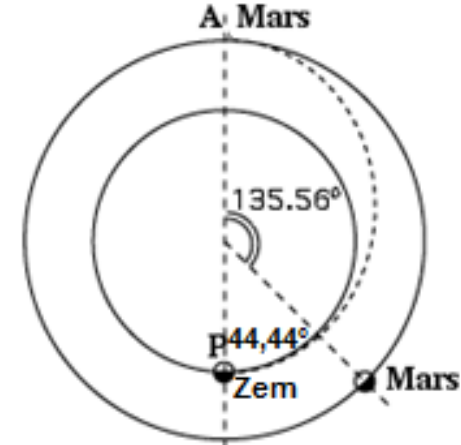
Najmenšia možná polos elipsy bude asi 1,259 AU.

Použitím tretieho Keplerovho zákona $T^2 / a^3 = \text{konštanta}$, kde T je perióda obehu planéty a a je veľká polos dráhy planéty ($a = r$ pri kruhovej dráhe). Pokiaľ pre Zem $T = 1$ (rok) a $a = 1$ (AU), potom $T^2 / a^3 = 1$. Vynásobením rovnice a^3 je $T^2 = a^3$

Hlavná polos letovej elipsy je $a = (r_1 + r_2) / 2 = (1 + 1,523691) / 2 = 1,261845$ AU. Preto $a^3 = T^2 = 2,00918$, odkiaľ $T = 1,417454$ pozemského roka. Prelet zo Zeme na Mars je polovička periódy elipsy $T/2 = 0,70873$ roka alebo 258,86 dní.

Obežná doba Marsu je približne 1,8808 pozemského roka. Predpokladaním kruhových obežných dráh Zeme a Marsu za 0,70873 roka by mal Mars prejsť po orbite $360^\circ * (0,70886 / 1,8808) = 135,681^\circ$. Uhol Zem – Slnko – Mars by mal byť pri štarte $180^\circ - 135,681^\circ = 44,319^\circ$.

Následne budú na povrchu Marsu a počkajú kým uhol Zem – Slnko – Mars nebude znova $135,681^\circ$. Mars opíše uhol $44,319^\circ + 360^\circ - 135,681^\circ = 268,638^\circ$ za čas $268,638^\circ / (360^\circ/\text{rok} - (360^\circ/1,8808)^\circ/\text{rok}) = 1,593420$ roka = 581,94 dní. Spiatočný let trvá 258,86 dní, spolu 1099,66 dní alebo 3,010704 roka.

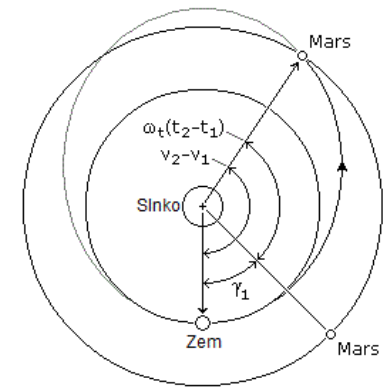


Čas potrebný na let na Mars

Variant 2: použitie väčšieho množstva raketového paliva:

163 + 574 + 163 = 900 dní, alebo 2 roky 6 mesiacov

Čas letu na Mars sa skráti využitím elipsy s väčšou polosou



napr. $a_{tx} = 1,371$ AU. Gravitačná konštanta * hmotnosť Slnka $GM = 4\pi^2$ AU³/rok².

Spočítajme excentricitu príletovej elipsy $e = 1 - r_1 / a_{tx} = 1 - 1 / 1,371 = 0,270605$.

Určením uhla príletovej elipsy medzi dráhami Zeme a Marsu máme $v = \arccos [(a_{tx} \times (1 - e^2) / r_2 - 1) / e] = \arccos [(1,371 \times (1 - 0,270605^2) / 1,524 - 1) / 0,270605] = 127,911^\circ$.

Excentrická anomália elipsy vyjde ako $E = \arctan[(1 - e^2)^{1/2} \times \sin v / (e + \cos v)] = \arctan[(1 - 0,270605^2)^{1/2} \times \sin(127,911^\circ) / (0,270605 + \cos(127,911^\circ))] = 114,356^\circ$.

Čas letu na Mars $T = (E - e \times \sin E) \times [a_{tx}^3 / GM]^{1/2} = (114,356^\circ - 0,270605 \times \sin(114,356^\circ)) \times [(1,371 \text{ AU})^3 / (4\pi^2 \text{ AU}^3/\text{rok}^2)]^{1/2} = 0,446946$ roka = 163,247 dní.

Pre $v = 127,911^\circ$, $T = 0,446946$ roka a uhlovú rýchlosť Marsu $\omega = (360 / 1,8808)^\circ / \text{rok}$ a uhlovú rýchlosť Zeme $\omega = 360^\circ / \text{rok}$ máme uhol Zem-Mars-Slnko $\gamma_1 = v - \omega \times T = 127,911^\circ - 360^\circ / \text{rok} \times 0,446946 \text{ r.} = 42,362^\circ$. Mars prejde $180^\circ - 42,362^\circ = 137,638^\circ$.

Následne budú na povrchu Marsu a počkajú kým uhol medzi Slnkom a planétami nebude znova $137,638^\circ$. Mars opíše uhol $42,362^\circ + 360^\circ - 137,638^\circ = 264,724^\circ$ za $264,724^\circ / (360^\circ / \text{rok} - (360 / 1,8808)^\circ / \text{rok}) = 1,570202$ roka = 573,516 dní.

Spiatočný let trvá 163,247 dní. Spolu 900,011 dní alebo 2,464095 roka.

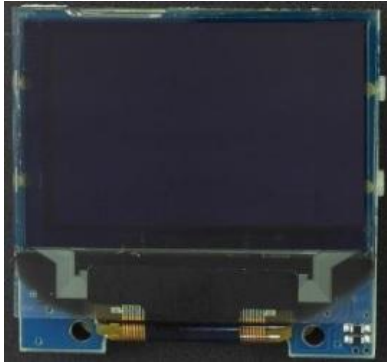
Dôvod vzniku martánských hodiniek

Mars sa otáča okolo svojej osi pomalšie ako Zem. Z uvedeného vyplýva, že na Marse neplnia pozemské hodiny svoju úlohu, a síce sledovať pohyb Slnka po martánskej oblohe, nakoľko sa rozchádzajú so skutočnosťou. Preto má zmysel na Marse zaviesť iný, takzvaný martánsky čas, ktorý bude reprezentovaný pomocou hodín, ktoré budú bežať pomalšie ako pozemské hodiny. To znamená, že martánske sekundy, minúty a hodiny budú dlhšie ako pozemské.

Aj keď na Marse ešte nie sú žiadni ľudia, už sú tam prítomné vozidlá, ktoré boli vyslané zo Zeme. Tie majú solárne panely, ktoré zbierajú energiu počas martánskeho dňa, a aj vedecké práce týchto vozidiel sa vykonávajú počas martánskeho dňa. Aj keď vedci pracujú na Zemi, musia sa riadiť martánskym časom a vstávať do roboty každý deň o niečo neskôr, aby boli prítomní počas martánskeho dňa v práci. Potreba martánskeho času je už teraz aktuálna.

Títo veci na rukách nosia špeciálne vyrobené martánske hodinky, ktoré ukazujú martánsky čas a doma vstávajú podľa špeciálne vyrobeného martánskeho budíka, ktorý ich budí podľa martánskeho času. Nanešťastie, výroba takýchto hodín bola doteraz drahá, pretože sa predávalo len pár kusov pre vedcov pracujúcich s martánskymi vozidlami, bola to malosériová výroba.

Martánské hodinky TinyScreen+



TinyScreen+ (vľavo), externá batéria (v strede), púzdro hodín (vpravo)

RESET	nastavenie sekúnd
LOWER RIGHT	nastavenie minút
UPPER RIGHT	nastavenie hodín
UPPER LEFT	nastavenie dní a cyklu
LOWER LEFT	zapnutie/vypnutie displaya

Letný čas sa nastaví automaticky

Presnosť hodín je asi 10^{-5} (**1 s/deň**) pri rovnakej teplote. Riadi ich kryštál kremeňa.

Ciele práce boli splnené

Nájdený čas zhody kalendárov je určený na 06.02.2017 nL alebo 06.02.0217 ml v čase
15:40:09,992 601 UTC $\pm$ 0,025 708 sekundy **$\pm$ 0,960 851 pozemskej sekundy**
15:40:09,992 601 MTC $\pm$ 0,025 020 sekundy **$\pm$ 0,935 143 marťanskej sekundy**

Zdroje chýb času zhody sú dva:

Zhoda času polnoci	Dĺžka marťan. dňa
0,161 461 poz. sek.	0,799 390 poz. sek.
0,157 141 mar. sek.	0,778 002 mar. sek.

Boli vytvorené prvé marťanské náramkové hodinky a ...



Marťanské náramkové hodinky (vlastná fotografia)

Zdroje chýb chodu hodín sú dva:

Zhoda času polnoci	Dĺžka marťan. dňa
0,004 320 poz. sek.	0,021 388 poz. sek.
0,004 204 mar. sek.	0,020 816 mar. sek.

...marťanský kalendár na rok 0217 marťanského letopočtu. Ďakujeme za pozornosť.

Január 0217 m. l.

	06	13	20	27	34	41	48	55
	07	14	21	28	35	42	49	56
01	08	15	22	29	36	43	50	
02	09	16	23	30	37	44	51	
03	10	17	24	31	38	45	52	
04	11	18	25	32	39	46	53	
05	12	19	26	33	40	47	54	

Február 0217 m. l.

	06	13	20	27	34	41	48	55
	07	14	21	28	35	42	49	56
01	08	15	22	29	36	43	50	
02	09	16	23	30	37	44	51	
03	10	17	24	31	38	45	52	
04	11	18	25	32	39	46	53	
05	12	19	26	33	40	47	54	

Marec 0217 m. l.

	06	13	20	27	34	41	48	55
	07	14	21	28	35	42	49	
01	08	15	22	29	36	43	50	
02	09	16	23	30	37	44	51	
03	10	17	24	31	38	45	52	
04	11	18	25	32	39	46	53	
05	12	19	26	33	40	47	54	

Apríl 0217 m. l.

	07	14	21	28	35	42	49	56
01	08	15	22	29	36	43	50	
02	09	16	23	30	37	44	51	
03	10	17	24	31	38	45	52	
04	11	18	25	32	39	46	53	
05	12	19	26	33	40	47	54	
06	13	20	27	34	41	48	55	

Máj 0217 m. l.

	07	14	21	28	35	42	49	56
01	08	15	22	29	36	43	50	
02	09	16	23	30	37	44	51	
03	10	17	24	31	38	45	52	
04	11	18	25	32	39	46	53	
05	12	19	26	33	40	47	54	
06	13	20	27	34	41	48	55	

Jún 0217 m. l.

	07	14	21	28	35	42	49	
01	08	15	22	29	36	43	50	
02	09	16	23	30	37	44	51	
03	10	17	24	31	38	45	52	
04	11	18	25	32	39	46	53	
05	12	19	26	33	40	47	54	
06	13	20	27	34	41	48	55	

Júl 0217 m. l.

01	08	15	22	29	36	43	50	
02	09	16	23	30	37	44	51	
03	10	17	24	31	38	45	52	
04	11	18	25	32	39	46	53	
05	12	19	26	33	40	47	54	
06	13	20	27	34	41	48	55	
07	14	21	28	35	42	49	56	

August 0217 m. l.

01	08	15	22	29	36	43	50	
02	09	16	23	30	37	44	51	
03	10	17	24	31	38	45	52	
04	11	18	25	32	39	46	53	
05	12	19	26	33	40	47	54	
06	13	20	27	34	41	48	55	
07	14	21	28	35	42	49	56	

September 0217 m. l.

01	08	15	22	29	36	43	50	
02	09	16	23	30	37	44	51	
03	10	17	24	31	38	45	52	
04	11	18	25	32	39	46	53	
05	12	19	26	33	40	47	54	
06	13	20	27	34	41	48	55	
07	14	21	28	35	42	49		

Október 0217 m. l.

	02	09	16	23	30	37	44	51
	03	10	17	24	31	38	45	52
	04	11	18	25	32	39	46	53
	05	12	19	26	33	40	47	54
	06	13	20	27	34	41	48	55
	07	14	21	28	35	42	49	56
01	08	15	22	29	36	43	50	

November 0217 m. l.

	02	09	16	23	30	37	44	51
	03	10	17	24	31	38	45	52
	04	11	18	25	32	39	46	53
	05	12	19	26	33	40	47	54
	06	13	20	27	34	41	48	55
	07	14	21	28	35	42	49	56
01	08	15	22	29	36	43	50	

December 0217 m. l.

	02	09	16	23	30	37	44	51
	03	10	17	24	31	38	45	52
	04	11	18	25	32	39	46	53
	05	12	19	26	33	40	47	54
	06	13	20	27	34	41	48	55
	07	14	21	28	35	42	49	
01	08	15	22	29	36	43	50	