



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA V BRATISLAVE
STAVEBNÁ FAKULTA

Študentská vedecká konferencia
Akademický rok 2017/2018

Mart'anský čas

Meno a priezvisko študenta, ročník, odbor: Samuel Mázor, 3. Roč. PSA

Vedúci práce:

RNDr. Peter Šín, PhD.

Katedra / Ústav:

Katedra Fyziky

Bratislava 19. apríl 2018

Obsah

Abstrakt	03
Abstract	03
1 Historický úvod	04
2 Teoretický úvod	07
3 Marťanský kalendár	11
4 Korekcia sústavy jednotiek na marťanský čas	14
5 Marťanský kalendár roky 2017/2018 n. l. (217 m. l.)	15
6 Čas potrebný na let na Mars	17
7 Dôvod vzniku marťanských hodín	18
8 Marťanské hodinky TinyScreen+	19
9 Diskusia a záver.	20
Literatúra	20

Abstrakt

Cieľom tejto práce je navrhnúť marťanský kalendár pre prvých kolonistov planéty Mars, nakoľko prvá ľudská výprava na Mars sa plánuje v priebehu niekoľkých pozemských rokov. Druhým cieľom je zostrojiť funkčné marťanské hodinky aby sme mali marťanský čas stále so sebou. Pokiaľ možno, nájsť presný dátum a čas zhody medzi kalendármi a práve v tom čase začať s jeho masívnou propagáciou. Prvá kapitola sa zaoberá podrobným vývojom kalendárov na Zemi od staroveku až po súčasnosť. Ďalšia kapitola sa podrobne zaoberá doterajšími návrhmi kalendárnych a časových systémov na Marse, z ktorých niektoré sa už používajú pri výskume Marsu prieskumnými vozidlami. Ďalšia kapitola predstavuje samotné jadro tejto práce, čiže návrh kompletného marťanského kalendára a času, ktorý vychádza z už navrhnutých systémov a plynule na ne nadväzuje. Následne sa venujeme oprave jednotiek sústavy SI na marťanskú sekundu, ktorá je o $2\frac{3}{4}\%$ dlhšia ako sekunda pozemská. Posledná kapitola predstavuje podrobný denný marťanský kalendár na začiatok roka 2018 n. l. Najdôležitejšie kapitoly tejto práce popisujú zhotovenie marťanských náramkových hodínok. Záver zhŕňa túto prácu a odôvodňuje skladbu vybraného kalendára z mnohých navrhovaných marťanských kalendárov.

Abstract

The aim of this work is to suggest Martian calendar for the first colonists of Mars, because first human mission on Mars is planned to happen in the next few terrestrial years. The second aim of this work is to construct functional martian wrist watch so it is possible to have martian time always with you. If possible, also to find exact time and date of their coincidence and at that time to begin with his massive propagation. First chapter deals with detailed genesis of calendars on Earth from ancient times until present. Next chapter deals in detail by so far suggestions of calendar and time systems for Mars some of which are already in use by research of Mars by exploration vehicles. Next chapter features the core of this work that means suggestion of complete Martian calendar and clock which outgoes from already suggested systems and continuously arises from them. In the next part we deal with correction of SI units on Martian second which is about $2\frac{3}{4}\%$ longer than terrestrial second. Last chapter features detailed daily Martian calendar for beginning of year 2018 C. E. Most important chapters of this work describes construction of Martian wrist watch. Conclusion summarizes this work and reasons the structure of chosen calendar from various suggested Martian calendars.

1 Historický úvod

Vývoj ľudstva si vyžiadala vznik systému merania času. Tento systém sa pozorovaním prírody a javov okolo seba začal zdokonaľovať, aby čo najlepšie odrážal potreby ľudstva.

Keď si ľudia všimli pravidelné striedanie mesačných fáz, zistili, že majú k dispozícii prvú dlhšiu časovú jednotku, ktorá trvá približne 30 dní. A tak začali počítať dni v mesiaci od novu (Židia), alebo od prvého dňa, keď bol Mesiac viditeľný (Moslimovia – asi 2 dni po nove). Najprv začali počítať dĺžku mesiaca na 30 dní. Zistili, že existuje určitá perióda opakovaní ročných období, pozorovaním ju stanovili na 12 lunárnych mesiacov a nazvali ju rok.

Ďalším postupným pozorovaním zistili, že dĺžka trvania mesačných fáz nie je celočíselný násobok dĺžky trvania dňa, čo si vyžiadalo znova zadeliť dni do mesiacov. Určili si pevný bod, od ktorého začali pozorovať fázy Mesiaca, čo bol napríklad zimný slnovrat, letný slnovrat, jesenná rovnodennosť (u Židov) alebo jarná rovnodennosť a zistili, že fázy Mesiaca sa opakujú po 30, 29, 30, 29... dňoch, Tab. 1.

Tab. 1 Delenie dní do lunárnych mesiacov a rokov v Metonovom cykle

Mesiac	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	
2.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	
3.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	30	30
4.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	
5.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	
6.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	30	29
7.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	
8.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	30	30
9.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	
10.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	
11.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	30	29
12.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	
13.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	
14.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	30	30
15.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	
16.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	30	29
17.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	
18.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	
19.rok	30	29	30	29	30	29	30	29	30	29	30	30	30

Na určenie ročného obdobia bolo potrebné zaviesť aj počítanie lunárnych mesiacov v roku. Zistili, že dĺžka roka nie je celočíselným násobkom dĺžky lunárneho mesiaca. Dnešný výpočet hovorí, že rok má 12 lunárnych mesiacov a 10,875 dňa. Zaviedli teda roky s 12 a s 13 lunárnymi mesiacmi, aby sa takmer 11 denný rozdiel na konci každého roku vyrovnal. Po dlhom období pozorovania prišli ľudia na to, že mesačné fázy sa takmer presne opakujú po 19 solárnych rokoch. Všimli si, že 235 lunárnych mesiacov trvá približne $235 \times 29,5305882 = 6939,688227$ dňa a 19 solárnych rokov trvá približne $19 \times 365,2422 = 6939,6018$ dňa [1].

Na počesť gréckeho astronóma Metona, ktorý tento cyklus objavil, ho pomenovali Metonov cyklus, ktorý má po zaokrúhlení 6940 dní. Tieto dni sú rozdelené do 235 lunárnych mesiacov po 29 alebo 30 dňoch. Lunárne mesiace sú rozdelené do 19 solárnych rokov po 12 alebo 13 lunárnych mesiacoch. Metonov cyklus je najmenším spoločným násobkom dĺžky solárneho dňa, lunárneho mesiaca a solárneho roka, Tab. 1.

V tejto dobe sa začal zostrojovať kalendár, ktorého dĺžka by bola každý rok rovnaká. Egypťania počítali rok na 360 dní, rozdelených na 12 mesiacov po 30 dňoch. Neskôr ešte pridali 5 dodatočných dní a ich rok mal dĺžku 365 dní, Tab. 2.

Tab. 2 História vývoja nášho kalendára založená na solárnom roku

Kalendár	Vynálezca	Obdobie	Dni v roku	Prestupné	Odchýlka
Egyptský 1.dynastia	Džer* 3.faraón	21.07.3056pnl 18.07.2781pnl	360,00000	Neboli	-5d5h48'/r
Egyptský 2.dynastia	Nynetjer* 3.faraón	19.07.2781pnl 29.12.0046pnl	365,00000	Neboli	-5h48'46"/r
Juliánsky	Július Cézar	30.12.0046pnl 14.10.1582 nl	365,25000	Deliteľné číslo 4	+11'14"/rok
Gregoriánsky	Gregor XIII	15.10.1582 nl súčasnosť	365,24250	/4 /100 nie /400 áno	+ 26" / rok
Novo- gregoriánsky	John Herschel	01.01.1851 nl súčasnosť	365,24225	/4/100/400 /4000 nie	+ 5" / rok
Novo- juliánsky	Milutin Milankovic	01.01.1923 nl súčasnosť	365,24222	/4/100 nie /900 so zv. 200 al. 600	+ 2" / rok

*Nepanuje úplná historická zhoda v období vládnutia egyptských faraónov.

Juliánska perióda je najmenším spoločným násobkom cyklu juliánskeho kalendára, čo znamená, že dátum, ktorý pripadne na určitý deň v týždni, pripadne na ten istý deň v týždni každých 28 rokov, Metonovho cyklu (19 rokov) a indikcie (15 rokov), čo je cyklus, súvisiaci s návratom rímskych vojakov z vojny. Vtedy sa chodilo odslužiť 15 rokov na vojnu. Vzhľadom na ňu sa určovali dôležité historické udalosti.

Dokopy to dáva $28 \times 19 \times 15 = 7980$ juliánskych rokov, čo je trvanie juliánskej periódy, teda $7980 \times 365,25 = 2\,914\,695$ dní. Potom sa cyklus vynuluje a 2. juliánska perióda začne 23.01.3266 n. l. o 12:00 UTC. V počiatocnom roku 4714 p. n. l mali roky týchto cyklov hodnotu 1,1,1, kde 1. číslo znamená juliánsky cyklus, 2. číslo je Metonov cyklus a 3. číslo je indikcia. Tieto 3 jednotky sa zopakujú v roku 3266 n. l. Prišiel na to Scalinger v 16. storočí, preto sa volá aj Scalingerova juliánska perióda.

Tab. 3 Prehľad súbežne používaných kalendárnych systémov na Zemi

Názov systému	Začiatok	Ekvivalent n. l.	Koniec	Ekvivalent n. l.
Juliánsky dátum JD	0000000	01.01.4714 p. n. l.	2914694	31.12.3265 n. l.
Modifikovaný MJD	00000	17.11.1858 n. l.	99999	31.08.2132 n. l.
Redukovaný RJD	0000	10.10.1995 n. l.	9999	24.02.2023 n. l.
Deň v roku DOY	000	01.01.2018 n. l.	364	31.12.2018 n. l.

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}Cs) pri teplote 0 Kelvinov (podľa 13. CGPM, 1967–1968).

Mesiac brzdí rotujúcu Zem, ktorá sa otáča nepravidelne. Pozemské dni sa pomaly ale postupne predlžujú. Následkom toho treba aj tie najpresnejšie atómové hodiny pravidelne nastaviť podľa nepresne sa otáčajúcej Zeme.

Atómové hodiny boli spustené v roku 1958. Do roku 1971 boli tieto hodiny spomaľované, ich relatívne spomalenie bolo (130; 170; 150; 130; 150; 300). 10^{-10} a pridávali sa prestupné úseky, veľkosť bola (10; 20; 50; 100) milisekúnd, Tab. 4.

Keď v roku 1972 dosiahol rozdiel 10 sekúnd, rozhodlo sa, že atómové hodiny sa spomaľovať nebudú a budú sa vkladať celé prestupné sekundy. Prestupná sekunda je realizovaná časom 23:59:60 UTC na konci polroka podľa potreby, Tab. 4.

Tab. 4 Rozdiel medzi atómovým časom TAI a svetovým časom UTC na Zemi

TAI - UTC	Začína	TAI - UTC	Začína	TAI - UTC	Začína
0,002340s+DOY ₅₈ *0,0011232s	1.1958	4,2131700s+DOY ₆₆ *0,0025920s			2.1968
0,412308s+DOY ₅₉ *0,0014688s	1.1959	10,0000s	1.1972	24,0000s	1.1988
0,948420s+DOY ₆₀ *0,0012960s	1.1960	11,0000s	7.1972	25,0000s	1.1990
1,422818s+DOY ₆₁ *0,0012960s	1.1961	12,0000s	1.1973	26,0000s	1.1991
1,372818s+DOY ₆₁ *0,0012960s	8.1961	13,0000s	1.1974	27,0000s	7.1992
1,845858s+DOY ₆₂ *0,0011232s	1.1962	14,0000s	1.1975	28,0000s	7.1993
1,945858s+DOY ₆₂ *0,0011232s	11.1963	15,0000s	1.1976	29,0000s	7.1994
3,240130s+DOY ₆₅ *0,0012960s	1.1964	16,0000s	1.1977	30,0000s	1.1996
3,340130s+DOY ₆₅ *0,0012960s	4.1964	17,0000s	1.1978	31,0000s	7.1997
3,440130s+DOY ₆₅ *0,0012960s	9.1964	18,0000s	1.1979	32,0000s	1.1999
3,540130s+DOY ₆₅ *0,0012960s	1.1965	19,0000s	1.1980	33,0000s	1.2006
3,640130s+DOY ₆₅ *0,0012960s	3.1965	20,0000s	7.1981	34,0000s	1.2009
3,740130s+DOY ₆₅ *0,0012960s	7.1965	21,0000s	7.1982	35,0000s	7.2013
3,840130s+DOY ₆₅ *0,0012960s	9.1965	22,0000s	7.1983	36,0000s	7.2015
4,313170s+DOY ₆₆ *0,0025920s	1.1966	23,0000s	7.1985	37,0000s	1.2017

2 Teoretický úvod

Mars ako prvá z vonkajších planét obieha Slnko po dráhe tvaru elipsy s veľkou polosou 228 miliónov km. Je teda o 50% ďalej od Slnka ako Zem. Dráha Marsu s excentricitou 0,0934 leží v rovine sklonenej k ekliptike pod uhlom $1^{\circ}48'$. Pomerne veľká excentricita dráhy je príčinou veľkého rozdielu medzi minimálnou a maximálnou vzdialenosťou Marsu od Slnka. Najmenšia vzdialenosť je 206 miliónov km a najväčšia je 250 miliónov km. V perihéliu na planétu dopadá až o 45 % viac svetla ako v apohéliu, čo spôsobuje teplotné rozdiely medzi letom a zimou. Doba obehu planéty okolo Slnka je 686,98 pozemského dňa.

Rotačná os planéty Mars je iba o $1^{\circ}42'$ viac naklonená k rovine jeho dráhy ako rotačná os Zeme. Pretože aj sklon rotačnej osi Marsu ku kolmici na jeho rovinu dráhy je nevelký, sú na Marse ročné obdobia ako na Zemi. Mars sa otočí okolo osi raz za 24h 37m 22,663010s, čo je doba trvania marťanského hviezdneho dňa. Trvanie zemského hviezdneho dňa je 23h 56m 04,090540s. Keďže Mars sa (podobne ako Zem) pohybuje aj po dráhe okolo Slnka, jeho stredný slnečný deň (ktorý sa nazýva sol) trvá 24h 39m 35,244147s, zemský stredný slnečný deň 24h 00m 00s.

Tvar Marsu je trojosí elipsoid s najdlhšou osou 6768 km, t.j. má polovicu priemeru Zeme. Druhú os má o 3 km a tretiu o 40 km kratšiu. Hmotnosť planéty je 11% hmotnosti Zeme, stredná hustota je $3,93 \text{ g/cm}^3$. Gravitačné zrýchlenie na povrchu dosahuje $3,77 \text{ m/s}^2$ (38% zemského), úniková rýchlosť je 5,03 km/s (45% zemskej). Rozdiely teplôt medzi dňom a nocou sú na Marse väčšie ako u nás, lebo Mars má príliš riedku atmosféru, ktorá nezabraňuje nočnému vyžarovaniu tepla.

Pretože Mars sa pohybuje omnoho ďalej od Slnka ako Zem, sú teploty na jeho povrchu podstatne nižšie ako u nás. Teplota v rovníkových oblastiach dosahuje cez deň v lete $17 - 27^{\circ}\text{C}$, ale nad ránom poklesne až na -73°C . To sa podobá na náš antarktický polárny deň a antarktickú polárnu noc. Na póloch je podstatne chladnejšie. Cez marťanský polárny deň je tu maximálne -53°C a cez marťanskú polárnu noc je tu až -123°C . To je tak nízka teplota, že sa tu okrem vodného ľadu nachádza aj „suchý“ ľad (ľad CO_2 , ktorý sa používa v hasiacich prístrojoch).

Vzdušný obal Marsu je oveľa menší a redší, ako je vzdušný obal Zeme. Pri povrchu dosahuje atmosférický tlak 400 – 700 Pa, čo je 140 – krát menej ako na povrchu Zeme, kde je na hladine mora tlak 101 325 Pa. Na Marse sa berie za nulovú hladinu „nadmorskej výšky“ výška, v ktorej je tlak marťanskej atmosféry 610 Pa, čo je s teplotou 0°C trojný bod vody. Na Marse ale žiadne more nie je, preto je nadmorská výška čisto teoretická hodnota. Pri nižšej teplote alebo pri nižšom tlaku voda nemôže existovať v kvapalnom skupenstve. V oblastiach so zápornou nadmorskou výškou, ktoré sú nižšie položené ako nulová hladina, kde je vyšší tlak ako 610 Pa, by teoreticky mohla existovať voda v kvapalnom skupenstve vo veľmi nízkom teplotnom rozmedzí. V najnižších oblastiach s výškou -4 km, kde je tlak asi 1200 Pa, by voda vrela pri 7°C . Keďže teploty sa menia v oveľa vyššom rozsahu ako od 0 do 7°C , voda nemôže ani tu existovať v kvapalnom skupenstve dlhšiu dobu.

V atmosfére Marsu je až 95% CO_2 . Zvyšok tvorí 2,7% Ar, 0,15% O_2 a nepatrné množstvo CO, vodných pár, Kr a Xe. Teplota atmosféry je cez deň o $20 - 30^{\circ}\text{C}$ nižšia ako teplota povrchu, atmosféra má v marťanskom lete cez deň teplotu asi $-15 - 0^{\circ}\text{C}$. V noci sa teploty vyrovnávajú. Najnovšie vedci objavili veľmi slasnú kvapalnú vodu pod povrchom Marsu, kde je kvôli nadložným vrstvám o niečo vyšší tlak a kvapalná slaná voda zamrzá pri podstatne nižšej teplote, ako sladká, ktorá mrzne pri 0°C .

Vo výškach asi 15 km nad povrchom Marsu sa formujú sivomodré oblaky z ľadu a CO_2 . Nižšie nad povrchom sú biele oblaky, z ktorých niektoré by mohli pozostávať

i z ľadových kryštálov vody. Charakteristickými oblakmi červenej planéty sú žlté oblaky prachových častíc, ktoré vietor dvíha do niekoľkokilometrovej výšky. Vznikajú pri silných pieskových búrkach, ktoré sa vyskytujú cez marťanskú jeseň, keď rýchlosť vetra dosahuje viac ako 200 km/h a búrky môžu byť celoplanetárne. Trvajú aj 6 mesiacov, t.j. celú marťanskú jeseň. Ale typická rýchlosť vetra je asi 35 – 50 km/h [2].

Mars nemá ozónovú vrstvu, na jeho povrch preto dopadá 6-krát viac rádioaktívneho žiarenia ako je povolený limit pre pracovníkov v atómovej elektrárni.

Z hore uvedenej charakteristiky vyplýva, že Mars nie je až taký vhodný na osídlenie pre ľudí. Ale podmienky na tejto planéte sa zo všetkých miest slnečnej sústavy najviac blížia podmienkam na Zemi. Navyše, objav zamrznutej vody na Elysejskej planine jednoznačne určuje miesto osídlenia. Ak by sa chceli ľudia dostať na Mars, museli by si vybrať nejaké vhodné miesto. Muselo by byť čo najbližšie pri rovníku, aby tam boli najvyššie možné teploty, a čo najnižšie položené, aby teploty boli ešte vyššie. Navyše, muselo by tam byť aspoň trocha vody. Tieto podmienky výborne spĺňa Elysejská planina. Nachádza sa len 5° severne od marťanského rovníka a jej nadmorská výška je asi –0,5 km, čo je pod nulovou hladinou. Navyše, obsahuje vodný ľad na ploche 800 x 900 km, ktorý siaha do hĺbky 45 m.

Čisto teoreticky, vo veľmi vzdialenej budúcnosti, bude možné terraformovať planétu Mars tak, aby stúpol atmosférický tlak natoľko, že nebudú potrebné ani skafandre, a keď stúpne ešte viac, ani kyslíkové masky. Atmosférický tlak bude môcť stúpnuť až na 60 000 Pa, čo umožní dýchať ľuďom podobne ako vysoko v horách na Zemi. Ľudské telo sa postupom času adaptuje na nízky tlak podobne ako vysokohorské národy na Zemi, napríklad Inkovia v Andách, alebo Šerpovia v Nepále. Nakoniec sa na Marse vytvorí nová ľudská civilizácia a celý nový ekosystém.

Ak však človek na Marse použije pozemské hodiny, budú sa mu rozchádzať o 39,6 minúty za deň. Ak Slnko vyjde 1. deň po pristáť na Marse o 6:00, po uplynutí jedného marťanského dňa (1d 39,6m) vyjde na 2. deň o 6:39. Na 4. deň vyjde Slnko o 7:59, na 7. deň o 9:58 a na 10. deň o 11:56. Za 37 dní vyjde Slnko o 5:45, ale vyjde len 36. raz, lebo rozdiel časov je 23 h 45 m. Za 37 dní a 9 hodín sa časy zhodnú.

Treba čas donútiť k zhode, aby sa východy Slnka neposúvali tak výrazne. Bolo navrhnutých vyše 60 systémov delenia času na Marse. Z nich spomenieme niektoré. Ak sa zoberie za základnú jednotku pozemská sekunda, raz denne sa nazbiera ešte 39 minút a 35,244147 sekundy, o ktoré sa čas bude rozchádzať.

Najjednoduchší spôsob korekcie je vložiť 2 prestupné hodiny raz za 3 dni, a teda sa budú striedať 24 a 25 hodinové dni (autorom je Sherwood).

Ďalším riešením je pridať 99 sekúnd na konci každej hodiny, ale na konci dňa vznikne rozdiel 0,755813 sekundy (tú treba ubrať – autorom je Fischer).

Forward navrhuje pridať na konci každej hodiny 1 alebo 2 minúty. Fischer a Schmidt navrhujú pridať na konci každej minúty 1 alebo 2 sekundy.

Posledným riešením je nechať bežať hodiny od 00:00:00,000000 až do 24:39:35,244147, keď sa vynulujú na 00:00:00,000000. Autori sú Robinson a Strom.

Ďalším návodom je rozpočítať asi 88775 pozemských sekúnd, ktoré trvá marťanský deň, na 25 hodín po 53 minút po 67 sekúnd, lebo $25 \times 53 \times 67 = 88775$.

Sú tu aj iné systémy. Tieto majú za základnú jednotku inú ako pozemskú sekundu a deň sa delí všetkými možnými spôsobmi. Napríklad na 10 x 100 x 100, 24 x 60 x 100, 24 x 100 x 100, atď. Tieto nepotrebujú prestupnú sekundu.

Iný spôsob je zobrať marťanskú sekundu za základnú jednotku a rozdeliť marťanský deň klasicky na 24 x 60 x 60. Marťanská sekunda je $k = 1,027\ 491\ 251\ 70$ pozemskej sekundy. Je to definícia marťanskej sekundy pomocou pozemskej sekundy v sústave SI. To podporuje 19 návrhov zo 60 (tretina autorov).

Človek na Marse bude potrebovať aj kalendár. Ak by použil pozemský kalendár s marťanskými dňami, rozchádzal by sa o 25 dní za mesiac. Treba upraviť počet dní v mesiacoch, aby sa ročné obdobia neuposúvali. Takmer všetky navrhnuté kalendáre majú roky s 668 marťanskými dňami v neprestupnom a s 669 v prestupnom roku [3].

NASA používa na Marse Mars Sol Date MSD, čo je marťanský solárny dátum, obdoba modifikovaného juliánskeho dátumu na Zemi, Deň tu začína o polnoci MTC, čo je Mars Time Coordinated, marťanský čas koordinovaný, verzia svetového času koordinovaného. Na Marse zaviedli 0. poludník, prechádza stredom krátera Airy-0.

Marťanský solárny dátum MSD sa vypočíta z MJD podľa vzorca

$$MSD_{MTC} = (MJD_{UTC} - 5\,521,502\,505\,4 + (TAI - UTC) / 86\,400) / 1,027\,491\,251\,70$$

TAI – UTC je posun svetového času UTC oproti atómovému času TAI na Zemi, a pre rok 2018 má hodnotu 37 sekúnd.

Tab. 5 Chyba určenia marťanského času a času zhody

Zdroj chyby	Chyba času	Násobiť $1+(k-1)^{-1}$	Chyba zhody
Chyba zhody poludní 0,5 x 0,000 000 1 dňa x 86400 sek. v dni	0,004 320 s_z 0,004 204 s_m	x 37,375 208 042 98 = x 37,375 208 042 98 =	0,161 461 s_z 0,157 140 s_m
Chyba dĺžky mar. dňa $4,736045 \cdot 10^{-12} \times 86400 \text{ s}$ x 52 269,15039 dňa	0,021 388 s_z 0,020 816 s_m	x 37,375 208 042 98 = x 37,375 208 042 98 =	0,799 390 s_z 0,778 002 s_m
Súčet chýb zhody	0,025 708 s_z 0,025 020 s_m	x 37,375 208 042 98 = x 37,375 208 042 98 =	0,960 851 s_z 0,935 142 s_m

Tab. 6 Zhoda dátumov a časov vo veľkom cykle marťanského kalendára

Deň a čas na planéte	Zem (pozemský čas)	Mars (marťanský čas)
Zhoda obed / polnoc	MJD 05521,502 50 29.12.1873 12:03:36	MSD 00000,000 00 05.01.0141 00:00:00
Zhoda polnoc / polnoc	MJD 51549,000 24 06.01.2000 00:00:21	MSD 44796,000 00 06.01.0208 00:00:00
Zhoda obed / polnoc	MJD 97576,498 29 12.01.2126 11:57:32	MSD 89592,000 00 06.01.0275 00:00:00

Tab. 7 Trvanie veľkého cyklu zhody dátumov a časov marťanského kalendára

Cyklus	Rokov	Dní	Synod. p.*	Rokov	Dní	Synod. p.*
Zem	126 r 6,5 d	46027,5	59 p 15,5 d	252 r 13 d	92055	118 p 31 d
Mars	067 r 0,0 d	44796,0	59 p 15,0 d	134 r 00 d	89592	118 p 30 d

*Synodická perióda je doba, keď sa vzájomné pozície planét opakujú [4, 5].

Takisto sú na Marse aj časové pásma, ktorých je 24. V každom ďalšom časovom pásme na východ je čas posunutý o jednu marťanskú hodinu dopredu tak, ako je to na Zemi. Časové pásma na Marse označujeme od MTC-12, ktoré je o 12 hodín pozadu oproti MTC, až po MTC+12, ktoré je o 12 hodín dopredu oproti MTC.

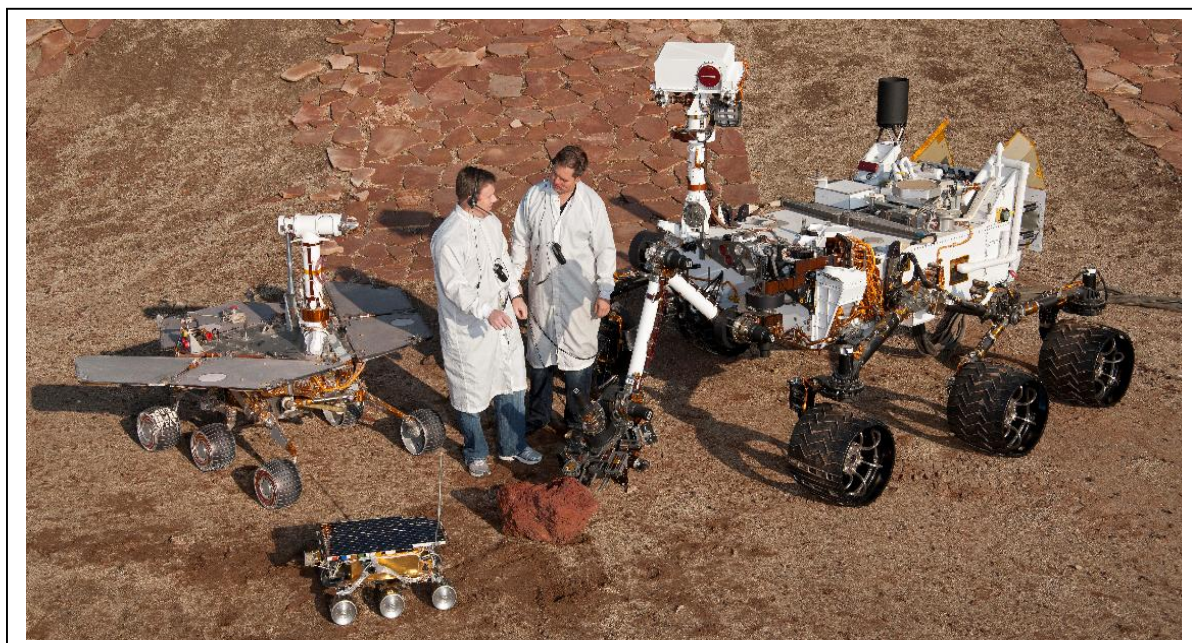
Takisto na Marse existuje aj Marťanská dátumová hranica, ktorá ide presne po 180° východnej marsopisnej dĺžky a nie je taká dokrivená ako na Zemi, kde sa musia rešpektovať hranice štátov. Ak ju prejdeme zo západu na východ, musíme si marťanské hodinky posunúť o 1 marťanský deň vzad, ak z východu na západ, musíme si ich posunúť o 1 marťanský deň vpred tak, ako je to na Zemi.

Tab. 8 Zoznam úspešných pristátí a priekumných jazd na Marse

Číslo	Meno misie	Začiatok	Koniec	Č.pásmo*	Trvanie**	Typ
1.	Viking 1	20.07.1976	13.11.1982	-03:19:53	2307/2245	Pristátie
2.	Viking 2	09.03.1976	11.04.1980	+08:57:02	1316/1281	Pristátie
3.	Pathfinder	04.07.1997	27.09.1997	-02:13:01	0086/0084	Pristátie
	Sojourner	05.07.1997	27.09.1997	-02:13:01	0085/0083	Jazda
4.	Spirit	04.01.2004	22.03.2010	+11:00:04	2269/2208	Jazda
5.	Opportunity	25.01.2004	Stále jazdí	-01:01:06	Stále trvá	Jazda
6.	Phoenix	25.05.2008	02.11.2008	-08:22:48	0161/0157	Pristátie
7.	Curiosity	06.08.2012	Stále jazdí	+09:09:46	Stále trvá	Jazda

* Časové pásmo udáva časový posun oproti marťanskému času koordinovanému

** Trvanie misie od pristátia po poslednú aktivitu v pozemských/marťanských dňoch



Obr. 1: Vozidlá. Dole je Sojourner, vľavo Spirit / Opportunity a vpravo Curiosity.

NASA vo svojich misiách používa ešte inú chronológiu, ale pre každú misiu zvlášť. Potom sa ale dátumy jednotlivých misií nedajú navzájom porovnať. Automatické sondy používajú miestny marťanský čas, ktorý je presne v mieste pristátia a líši sa od marťanského koordinovaného času o nejaký počet hodín, minút a sekúnd. Marťanský deň sa nazýva sol, čo znamená solar day, t. j. slnečný deň, aby sa nezamieňal s o trochu kratším dňom na Zemi. Ak sonda pristane na Marse v určitý marťanský deň podľa miestneho marťanského času, tento marťanský deň má sonda v pamäti uložený ako marťanský deň 1, respektíve marťanský deň 0 a odvtedy začne počítat' marťanské dni na Marse, až kým neukončí svoj život. Nevýhodou je, že každá počíta s iným miestnym marťanským časom a začína v iný marťanský dátum.

Ale NASA ani ESA neprijali žiadny z navrhovaných marťanských kalendárov. Pre účely marťanských misií zatiaľ úplne postačuje MSD, čo znamená Mars Sol Date, t. j. marťanský solárny dátum, obdoba modifikovaného juliánskeho dátumu na Zemi. Ak človek pôjde na Mars, čo sa očakáva v roku 2024 n. l., bude potrebovať marťanský kalendár na určenie ročného obdobia. Je pravdepodobné, že do prvého pristátia človeka na Marse NASA, prípadne ESA prijme jeden z navrhovaných kalendárov. Ktorý, to sa dá povedať ťažko. Jedno je isté. Človek pochádza zo Zeme a tak bude chcieť mať časové jednotky príbuzné pozemským. Prví kolonisti prídu na Mars asi na pozemský rok a pol, pretože to je doba potrebná na to, aby sa obe planéty natočili z pozície vhodnej na pristátie do pozície vhodnej na návrat domov, teda na Marse budú len trištvrté marťanského roka. Ak marťanské mesiace budú mať takmer dvakrát toľko dní, čo pozemské mesiace, tak marťanský rok, ktorý je takmer dvakrát dlhší ako pozemský, bude mať takisto dvanásť mesiacov.

3 Marťanský kalendár

Z teoretického úvodu vieme, že Mars obieha okolo Slnka raz za 686,98 pozemského dňa. Ak toto číslo vydáme konštantou $k = 1,027\ 491\ 251\ 70$, čo je vlastne číslo udávajúce, koľkokrát je doba trvania marťanského dňa dlhšia ako doba trvania pozemského dňa podľa atómových hodín, vyjde nám, že Mars obehne Slnko raz za 668,5994 marťanského dňa, v prípade Zeme je to 365,2564 pozemského dňa. To je čas, keď Mars prejde na dráhe okolo Slnka $360^{\circ}00'00''$.

Na marťanskú os však pôsobí, rovnako ako na pozemskú os, aj precesia, čo je stáčanie rotačnej osi planéty v priestore. Vplyvom gravitácie ostatných planét vykreslí marťanská os na oblohe precesnú kružnicu raz za 92 tisíc marťanských rokov, čo je 173 tisíc pozemských rokov, na Zemi trvá tento proces 26 tisíc pozemských rokov.

Os Marsu teda opíše za svoj obeh uhol 360° vzhľadom na Slnko, pretože jeho os si zachováva svoj smer v priestore, plus malý uhol spôsobený precesiou, čo je $14''$ za marťanský rok, na Zemi je to $50''$ za pozemský rok. Teda os Marsu opíše za jeden obeh okolo Slnka, čo je 668,5994 marťanského dňa, vzhľadom na Slnko uhol $360^{\circ}00'14''$, pričom os Zeme opíše za jeden obeh okolo Slnka, čo je 365,2564 pozemského dňa, aj s precesiou uhol $360^{\circ}00'50''$.

Ak dĺžku marťanského roka opravíme o precesiu, potom marťanská rotačná os planéty opíše uhol $360^{\circ}00'00''$ vzhľadom na Slnko raz za 668,5921 marťanského dňa, čo je čas, keď sa na Marse vystriedajú všetky ročné obdobia, čo je základom pre konštrukciu marťanského kalendára. Na Zemi je to 365,2422 pozemského dňa.

Povedzme, že marťanský kalendár bude využívať marťanský čas koordinovaný. Marťanský deň trvá 24 hodín marťanského času koordinovaného, ktorý sa delí ako na Zemi na $24 \times 60 \times 60$ marťanských sekúnd. Keďže marťanský deň je asi o $2\frac{3}{4}\%$

dlhší, bude aj marťanská sekunda asi o $2 \frac{3}{4} \%$ dlhšia, lebo v pozemskom aj marťanskom dni je 86 400 sekúnd, či už pozemských, alebo marťanských.

Povedzme ďalej, že deň na Marse na 0. poludníku bude začínať o polnoci marťanského času tak, ako deň na Zemi začína o polnoci pozemského času.

Ak vieme, že marťanský rok trvá 668,5921 marťanského dňa, marťanský kalendárny rok bude obsahovať 668 marťanských dní v neprestupnom roku a 669 marťanských dní v prestupnom roku. Dĺžka marťanského roka sa blíži viac k 669 marťanským dňom, ako k 668, čo znamená, že prestupných rokov so 669 marťanskými dňami bude väčšina, a nie menšina, ako je to na Zemi.

Ako však rozdeliť 668 marťanských dní do mesiacov v marťanskom roku? A koľko mesiacov v roku vlastne bude? Prví ľudia na Marse budú chcieť mať mesiace rovnakého počtu a mena ako na Zemi, pretože sú na ne zvyknutí zo Zeme.

Ak je teda marťanský rok takmer dvakrát taký dlhý ako pozemský, musíme mu dať takmer dvojnásobnú dĺžku mesiacov, aby mesiace bolo dvanásť ako na Zemi. Potom 668 marťanských dní v marťanskom roku rozpočítame do dvanástich marťanských mesiacov nasledovne. Mesiace deliteľné 3 budú mať 55 marťanských dní a ostatné mesiace budú mať 56 marťanských dní. To je $56 \times 12 - 4 = 668$ marťanských dní.

V prestupnom roku bude mať dvanásť mesiac 56 marťanských dní namiesto obvyklých 55, čo nám dáva rok so 669 marťanskými dňami. Toto je Schmidtov systém členenia marťanských mesiacov a marťanských dní do marťanského roka [3].

Myslíme si, že je pre kolonistov najprehľadnejší a najlepší. Je to najjednoduchší možný systém. Preto sme ho zobrali ako systém členenia marťanského roka na marťanské mesiace a marťanské dni v marťanskom kalendári.

Tab. 9 Delenie marťanských dní do marťanských mesiacov v marťanskom roku

Marťan. mesiac	Marťan. dni	Marťan. mesiac	Marťan. dni	Marťan. mesiac	Marťan. dni	Marťan. mesiac	Marťan. dni
Január	56	Apríl	56	Júl	56	Október	56
Február	56	Máj	56	August	56	November	56
Marec	55	Jún	55	September	55	December	55/56*

*V prestupnom roku má december 56 marťanských dní, v neprestupnom len 55.

Marťanský kalendár je oveľa homogénnejší ako pozemský. Udáva jasné členenie marťanských mesiacov a marťanských dní do polrokov, kvartálov a oktantov marťanského roka. Marťanský rok trvá 668 alebo 669 marťanských dní.

Zaoberajme sa len neprestupnými rokmi. Marťanský polrok trvá 334 marťanských dní, čo je blízko trvania pozemského roka, asi 365 pozemských dní. Marťanský štvrťrok trvá 167 marťanských dní, čo je blízko trvania pozemského polroka, asi 182 pozemských dní. Marťanský oktant trvá striedavo 84 a 83 marťanských dní, čo je blízko trvania pozemského štvrťroka, asi 91 pozemských dní.

Ako vieme, pozemské polroky a kvartály nie sú rovnako dlhé, pretože počet dní v pozemských mesiacoch je nepravidelný. V marťanskom roku je však počet marťanských dní v polrokoch, kvartáloch a oktantoch taký pravidelný, ako je možné.

Ďalej treba upraviť systém prestupných rokov. Ak je dĺžka marťanského roka 668,5921 marťanského dňa, v prvom priblížení môžeme povedať, že treba asi šesť prestupných rokov v každom desaťročí marťanského kalendára. Sú to roky končiace

na 1,3,5,6,8,0. Tieto roky budú mať 669 marťanských dní a ostatné budú mať 668 marťanských dní. Desať marťanských rokov bude mať $668 \times 4 + 669 \times 6 = 6686$ marťanských dní. Jeden marťanský rok bude mať priemerne 668,6 marťanských dní.

Tab. 10 Delenie marťanských dní do marťanských rokov v desaťročnom cykle

Marťanský rok	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Marťanských dní	669	669	668	669	668	669	669	668	669	668

Roky deliteľné 100 okrem rokov deliteľných 500 sú neprestupné. Potom 500 marťanských rokov bude mať $668,6 \times 500 - 5 + 1 = 334\,296$ marťanských dní. Jeden marťanský rok bude mať priemerne 668,592 marťanských dní. To je tak blízko skutočnej dĺžke marťanského roka, že toto pravidlo môžeme pokladať za konečné. Vznikne chyba 1 marťanský deň za 10000 marťanských (18808 pozemských) rokov.

Tab. 11 Delenie marťanských dní do marťanských rokov v tisícročnom cykle

Marťanský rok	000	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Marťanských dní	669	668	668	668	668	669	668	668	668	668

Chyba, ktorá vznikne pri zrýchľovaní rotácie Marsu jeho mesiacmi Fobosom a Deimosom, sa nedá predpovedať. Ale pravdepodobne spôsobí väčší rozdiel pri meraní času, ako chyba marťanského kalendára. Preto sa ňou nebudeme zaoberať. Toto je Dechertov systém prestupných rokov, ktorý je najjednoduchší a najprehľadnejší, preto sme ho zobraли ako základ pri zostavení kalendára.

Ako vidieť, marťanský kalendár pracuje v 500 ročných cykloch, podobne ako náš pozemský kalendár pracuje v 400 ročných cykloch. S tým rozdielom, že ak ku marťanskému kalendáru pridáme aj dni v týždni, nezopakuje sa po 500 marťanských rokoch, 334 296 marťanských dní nie je deliteľné 7 ($334\,296 / 7 = 47\,756$ zvyšok 4), ale až po 3 500 marťanských rokoch, čo je 2 340 072 marťanských dní.

Posledný problém je synchronizácia marťanského kalendára vzhľadom na náš pozemský kalendár, aby sa dali robiť prevody medzi týmito dvomi kalendármi. Vyjdeme z Dechertovej synchronizácie vzhľadom na náš pozemský kalendár. Prvý predpoklad je zhoda poľnoci. Druhý predpoklad je zhoda začiatkov rokov.

Počiatok kalendára je najvýhodnejšie stanoviť na rok 1609/1610 n. l., čo zodpovedá vynájdeniu teleskopu na Zemi. Teleskop bol patentovaný 02.10.1608 n.l., čo je len pár dní pred začiatkom kalendára. Predtým sa Mars javil iba ako bod na oblohe, potom sa už javí ako disk. V roku 1609 n. l. boli objavené Keplerove zákony.

Tab. 12 Zhoda začiatku letopočtu na Zemi a na Marse

Kalendár a čas	Zem (pozemský kalendár)	Mars (marťanský kalendár)
Začiatok n. l.	01.01.0001 n. l. 00:00 UTC	17.03.0855p.m.l. 11:34 MTC
Začiatok m. l.	11.10.1608 n. l. 17:41 UTC	01.01.0000 m. l. 00:00 MTC

Tab. 13 Malý cyklus zhodnutia časov a dátumov na Zemi a na Marse

Cyklus	Rokov : Mesiacov : Dní	Dní : Hod : Min : Sek	Synod. p.*
Pozemských	17:01:00,661 85	6241:15:53:04	8 p 1,97 d
Mart'anských	09:01:00,661 85	6074:15:53:04	8 p 1,92 d

*Synodická perióda je doba, keď sa vzájomné pozície planét opakujú [4, 5].

Tab. 14 Zhoda časov, dátumov a letopočtov na Zemi a na Marse

Kalendár a čas	Zem (pozemský kalendár)	Mars (mart'anský kalendár)
Zhoda časov	05.01.2000 23:47:06 UTC	05.01.0208 23:47:06 MTC
Zhoda kalendárov	06.02.2017 15:40:10 UTC	06.02.0217 15:40:10 MTC

Mars bol najbližšie za 60 tisíc rokov dňa 26.08.2003 n. l., čo bolo 16.11.0209 m. l.

Tab. 15 Zhoda časov na Zemi a na Marse v roku 2018, letný stredoeurópsky čas

Č.	Zem (Mars – celá hodina)	Č.	Zem (Mars – celá hodina)
0.	2018.01.06 00:00:03,6 (217.07.53)	5.	2018.07.11 21:00:01,1 (217.11.11)
1.	2018.02.12 09:00:03,1 (217.08.33)	6.	2018.08.18 06:00:00,6 (217.11.48)
2.	2018.03.21 18:00:02,6 (217.09.13)	7.	2018.09.24 15:00:00,1 (217.12.28)
3.	2018.04.28 03:00:02,1 (217.09.50)	8.	2018.10.31 23:59:59,6 (218.01.09)
4.	2018.06.04 12:00:01,6 (217.10.31)	9.	2018.12.08 08:59:59,1 (218.01.46)

4 Korekcia sústavy jednotiek na mart'anský čas

Ak kolonisti pristanú na Marse, sústava jednotiek bude pozemská. Ale je praktickejšie rozdeliť mart'anský deň na 86 400 mart'anských sekúnd.

Bude ich zaujímať úniková rýchlosť z povrchu Marsu a gravitačné zrýchlenie na povrchu Marsu, ale v mart'anských jednotkách, čo ovplyvní rýchlosť aj zrýchlenie.

Tab. 16 Oprava únikovej rýchlosti a gravitačného zrýchlenia na mart'anský čas

Veličina / Jednotky	[km / sz]	Násobiť k sz / SM	[km / SM]
Úniková rýchlosť	5,03 km / sz	x 1,027 491 251 7 sz / SM =	5,17 km / SM
Veličina / Jednotky	[m / sz ²]	Násobiť (k sz / SM) ²	[m / SM ²]
Gravitačné zrýchlenie	3,77 m / sz ²	(1,027 491 251 7 sz / SM) ² =	3,98 m / SM ²

5 Mart'anský kalendár na roky 2017/2018 n. l. (217 m. l.)

Tabuľky ukazujú mart'anský kalendár na každý deň pre pol mart'anského mesiaca. Prvý stĺpec ukazuje mart'anský dátum, druhý pozemský dátum, a tretí čas UTC, zodpovedajúci mart'anskej polnoci mart'anského dátumu z prvého stĺpca.

Tab. 17 Počiatky rokov 208 - 217 m. l. (2000 - 2018 n. l.)

m. l.	n. l.	UTC ΔT	ΔT	m. l.	n. l.	UTC ΔT	ΔT
0208.01.01	1999.12.31	20:42:25	32	0213.01.01	2009.05.27	18:23:04	34
0209.01.01	2001.11.18	06:06:23	32	0214.01.01	2011.04.15	03:47:02	34
0210.01.01	2003.10.05	14:50:46	32	0215.01.01	2013.03.01	12:31:25	34
0211.01.01	2005.08.23	00:14:44	32	0216.01.01	2015.01.17	21:55:22	35
0212.01.01	2007.07.11	09:38:42	33	0217.01.01	2016.12.05	07:19:20	36

Tab. 18 Počiatky mesiacov 217 m. l. (05.12.2016 - 22.10.2018 n. l.)

m. l.	n. l.	UTC ΔT	ΔT	m. l.	n. l.	UTC ΔT	ΔT
0217.01.01	2016.12.05	07:19:20	36	0217.07.01	2017.11.13	11:41:30	37
0217.02.01	2017.01.31	20:16:12	37	0217.08.01	2018.01.10	00:38:24	37
0217.03.01	2017.03.30	09:13:06	37	0217.09.01	2018.03.08	13:35:18	37
0217.04.01	2017.05.25	21:30:25	37	0217.10.01	2018.05.04	01:52:36	37
0217.05.01	2017.07.22	10:27:18	37	0217.11.01	2018.06.30	14:49:30	37
0217.06.01	2017.09.17	23:24:12	37	0217.12.01	2018.08.27	03:46:23	37

Tab. 19 Mart'anský kalendár na pol septembra 217 m.l. (06.04.2018-04.05.2018 n. l.)

m. l.	n. l.	UTC $_{37}$	ΔT	m. l.	n. l.	UTC $_{37}$	ΔT
0217.09.29	2018.04.06	08:03:45	37	0217.09.43	2018.04.20	17:17:58	37
0217.09.30	2018.04.07	08:43:20	37	0217.09.44	2018.04.21	17:57:34	37
0217.09.31	2018.04.08	09:22:56	37	0217.09.45	2018.04.22	18:37:09	37
0217.09.32	2018.04.09	10:02:31	37	0217.09.46	2018.04.23	19:16:44	37
0217.09.33	2018.04.10	10:42:06	37	0217.09.47	2018.04.24	19:56:19	37
0217.09.34	2018.04.11	11:21:41	37	0217.09.48	2018.04.25	20:35:55	37
0217.09.35	2018.04.12	12:01:17	37	0217.09.49	2018.04.26	21:15:30	37
0217.09.36	2018.04.13	12:40:52	37	0217.09.50	2018.04.27	21:55:05	37
0217.09.37	2018.04.14	13:20:27	37	0217.09.51	2018.04.28	22:34:40	37
0217.09.38	2018.04.15	14:00:02	37	0217.09.52	2018.04.29	23:14:16	37
0217.09.39	2018.04.16	14:39:37	37	0217.09.53	2018.04.30	23:53:51	37
0217.09.40	2018.04.17	15:19:13	37	0217.09.54	2018.05.02	00:33:26	37
0217.09.41	2018.04.18	15:58:48	37	0217.09.55	2018.05.03	01:13:01	37
0217.09.42	2018.04.19	16:38:23	37				

Tab. 20 Marťanský kalendár na roky 2017/2018 n. l. (217 m. l.) na Marse

Prvý polrok 217 marťanského letopočtu									Druhý polrok 217 marťanského letopočtu										
Január 217		06	13	20	27	34	41	48	55	Júl 217		01	08	15	22	29	36	43	50
		07	14	21	28	35	42	49	56			02	09	16	23	30	37	44	51
	01	08	15	22	29	36	43	50			03	10	17	24	31	38	45	52	
	02	09	16	23	30	37	44	51			04	11	18	25	32	39	46	53	
	03	10	17	24	31	38	45	52			05	12	19	26	33	40	47	54	
	04	11	18	25	32	39	46	53			06	13	20	27	34	41	48	55	
05	12	19	26	33	40	47	54		07	14	21	28	35	42	49	56			
Február 217		06	13	20	27	34	41	48	55	August 217		01	08	15	22	29	36	43	50
		07	14	21	28	35	42	49	56			02	09	16	23	30	37	44	51
	01	08	15	22	29	36	43	50			03	10	17	24	31	38	45	52	
	02	09	16	23	30	37	44	51			04	11	18	25	32	39	46	53	
	03	10	17	24	31	38	45	52			05	12	19	26	33	40	47	54	
	04	11	18	25	32	39	46	53			06	13	20	27	34	41	48	55	
05	12	19	26	33	40	47	54		07	14	21	28	35	42	49	56			
Marec 217		06	13	20	27	34	41	48	55	September 217		01	08	15	22	29	36	43	50
		07	14	21	28	35	42	49			02	09	16	23	30	37	44	51	
	01	08	15	22	29	36	43	50			03	10	17	24	31	38	45	52	
	02	09	16	23	30	37	44	51			04	11	18	25	32	39	46	53	
	03	10	17	24	31	38	45	52			05	12	19	26	33	40	47	54	
	04	11	18	25	32	39	46	53			06	13	20	27	34	41	48	55	
05	12	19	26	33	40	47	54		07	14	21	28	35	42	49				
Apríl 217		07	14	21	28	35	42	49	56	Október 217		02	09	16	23	30	37	44	51
	01	08	15	22	29	36	43	50			03	10	17	24	31	38	45	52	
	02	09	16	23	30	37	44	51			04	11	18	25	32	39	46	53	
	03	10	17	24	31	38	45	52			05	12	19	26	33	40	47	54	
	04	11	18	25	32	39	46	53			06	13	20	27	34	41	48	55	
	05	12	19	26	33	40	47	54			07	14	21	28	35	42	49	56	
06	13	20	27	34	41	48	55	01	08	15	22	29	36	43	50				
Máj 217		07	14	21	28	35	42	49	56	November 217		02	09	16	23	30	37	44	51
	01	08	15	22	29	36	43	50			03	10	17	24	31	38	45	52	
	02	09	16	23	30	37	44	51			04	11	18	25	32	39	46	53	
	03	10	17	24	31	38	45	52			05	12	19	26	33	40	47	54	
	04	11	18	25	32	39	46	53			06	13	20	27	34	41	48	55	
	05	12	19	26	33	40	47	54			07	14	21	28	35	42	49	56	
06	13	20	27	34	41	48	55	01	08	15	22	29	36	43	50				
Jún 217		07	14	21	28	35	42	49		December 217		02	09	16	23	30	37	44	51
	01	08	15	22	29	36	43	50			03	10	17	24	31	38	45	52	
	02	09	16	23	30	37	44	51			04	11	18	25	32	39	46	53	
	03	10	17	24	31	38	45	52			05	12	19	26	33	40	47	54	
	04	11	18	25	32	39	46	53			06	13	20	27	34	41	48	55	
	05	12	19	26	33	40	47	54			07	14	21	28	35	42	49		
06	13	20	27	34	41	48	55	01	08	15	22	29	36	43	50				

Pondelok 6.2.2017 n.l. 15:40:10 ± 1 UTC = Pondelok 6.2.0217 m.l. 15:40:10 ± 1 MTC

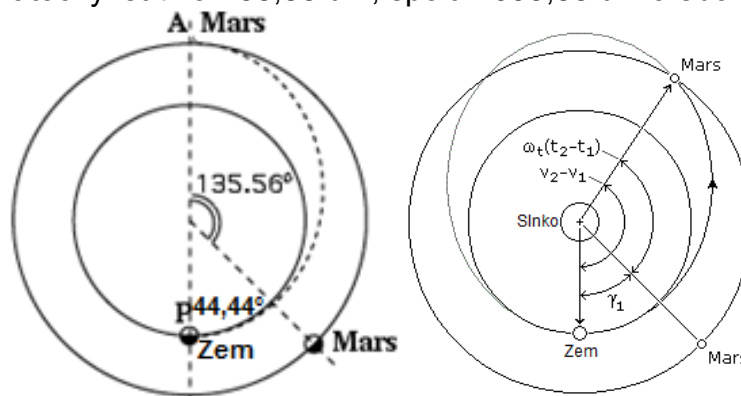
6 Čas potrebný na let na Mars

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.

Kde bude Mars v čase štartu kozmickej lode? 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 $360^\circ \cdot (0,70886 / 1,8808) = 135,681^\circ$. Uhol Zem – Slnko – Mars by mal byť pri štarte $180^\circ - 135,681^\circ = 44,319^\circ$ (Obr. 2a).

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



Obrázok 2. Pozícia planét počas letu kozmickej lodi k Marsu.

Obrázok 2a vľavo. Najúspornejšia dráha, ale dlhý čas letu.

Obrázok 2b vpravo. Menej úsporná dráha, ale kratší čas.

Čas letu na Mars sa dá skrátiť využitím rýchlejšej ale menej úspornej dráhy s polosou napríklad $a_{tx} = 1,371$ AU. Gravitačná konštanta násobená hmotnosťou Slnka je $GM = 1,327124 \times 10^{20} \text{ m}^3/\text{s}^2 = 4\pi^2 \text{ AU}^3/\text{rok}^2$. Najprv spočítame excentricitu príletovej elipsy $e = 1 - r_1 / a_{tx} = 1 - 1,0 / 1,371 = 0,270605$. Určením uhla príletovej elipsy medzi dráhami Zeme a Marsu dostávame $v = \arccos [(a_{tx} \times (1 - e^2) / r_2 - 1) / e] = \arccos [(1,371 \times (1 - 0,270605^2) / 1,524 - 1) / 0,270605] = 127,911^\circ$. Určením excentrickej anomálie elipsy dostávame $E = \arctan[(1 - e^2)^{1/2} \times \sin v / (e + \cos v)] = \arctan[(1 - 0,270605^2)^{1/2} \times \sin(127,911^\circ) / (0,270605 + \cos(127,911^\circ))] = 114,356^\circ$.

Následne vypočítame 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 pozemských dní (Obr. 2b).

Pozícia Marsu pre $v = 127,911^\circ$, $T = 0,446946$ roka a pre uhlovú rýchlosť Marsu $\omega = (360/1,8808)^\circ / \text{rok}$ a uhlovú rýchlosť Zeme $\omega = 360^\circ / \text{rok}$ dostávame pre uhol Zem-Mars-Slnko $\gamma_1 = v - \omega \times T = 127,911^\circ - (360/1,8808)^\circ / \text{rok} \times 0,446946 \text{ roka} = 42,362^\circ$. Mars teda prejde uhol $180^\circ - 42,362^\circ = 137,638^\circ$. Následne ostanú na povrchu Marsu a počkajú na uhol medzi Slnkom a planétami $137,638^\circ$. Mars opíše $42,362^\circ + 360^\circ - 137,638^\circ = 264,724^\circ$ za $264,724^\circ / (360^\circ / \text{rok} - (360 / 1,8808)^\circ / \text{rok}) = 1,570202$ roka = 573,516 dní. Spiatočný let potrvá 163,247 dní. Spolu 900,011 dní alebo 2,464095 roka.

7 Dôvod vzniku mart'anských hodín

Mars sa otáča okolo svojej osi pomalšie ako Zem. Pretože jeho solárny deň alebo sol trvá 24 hodín 39 minút 35,244147 sekundy, alebo 1,02749125170 pozemského dňa, na povrchu Marsu by oproti pozemským hodinám pravé poludnie nastávalo o 39 pozemských minút 35,244147 sekúnd denne neskôr. Podobne by sa posúvali aj časy polnoci, poludní, východov a západov Slnka. Z uvedeného vyplýva, že na Marse neplnia pozemské hodiny svoju úlohu, a síce sledovať pohyb Slnka po mart'anskej oblohe, nakoľko sa rozchádzajú so skutočnosťou. Preto má zmysel na Marse zaviesť iný, takzvaný mart'anský čas, ktorý bude reprezentovaný pomocou hodín, ktoré budú bežať o 2,749125170 percenta pomalšie ako pozemské hodiny. To znamená, že mart'anské sekundy, minúty a hodiny budú o 2,749125170 percenta dlhšie. Budú oproti pozemskému času meškať o 39 pozemských minút 35,244147 sekúnd denne.

Polnoci na Zemi a na Marse sa súčasne (približne) zhodovali dňa 06.01.2000 00:00:00 svetového času na Zemi a o 21 sekúnd neskôr na Marse, a dá sa vypočítať, že sa budú zhodovať každých 37,37520804298 pozemského dňa alebo pozemských 37 dní 09 hodín 00 minút 17,974913 sekundy. Na Marse uplynie presne o 1 deň menej, teda 36,37520804298 mart'anského dňa alebo mart'anských 36 dní 09 hodín 00 minút 17,974913 sekundy, teda časy sa znova zhodnú. Po ôsmich takýchto cykloch ubehne 299,00166434385 pozemského dňa alebo pozemských 299 dní 00 hodín 02 minút 23,799308 sekundy. Na Marse uplynie presne o 8 dní menej, teda 291,00166434385 mart'anských dní alebo mart'anských 291 dní 00 hodín 02 minút 23,799308 sekundy. Dá sa povedať, že každých 37 dní a 09 hodín sa tieto dva časy približne zhodnú a každých 299 dní sa tieto dva časy približne zhodnú o polnoci.

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 mart'anského dňa, a aj vedecké práce týchto vozidiel sa vykonávajú počas mart'anského dňa. Aj keď vedci pracujú na Zemi, musia sa riadiť mart'anským časom a vstávať do roboty každý deň o 39 pozemských minút 35,244147 sekundy neskôr, aby boli prítomní počas mart'anského dňa v práci. Na rukách nosia špeciálne vyrobené mart'anské hodinky, ktoré ukazujú mart'anský čas a doma vstávajú podľa špeciálne vyrobeného mart'anského budíka, ktorý ich budí podľa mart'anského času. Teda potreba mart'anského času je už teraz aktuálna. Nanešťastie, výroba takýchto hodín bola doteraz drahá, pretože sa nepredávajú vo veľkých množstvách, len pár kusov pre vedcov pracujúcich s mart'anskými vozidlami, je to malosériová výroba. Práve to bolo podnetom na zostrojenie lacných mart'anských hodín a hodínok.

Mart'anské vozidlá cez mart'anskú zimu odpočívajú, pretože je vtedy Slnko nízko nad miestnym obzorom, a preto nedodáva solárnym panelom dostatok energie na ich pohyb po mart'anskom povrchu. Energia stačí iba na úsporný režim. Potreba kalendára bude aktuálna pravdepodobne až s pristátím prvého človeka na Marse, avšak už teraz by bola praktická a žiadateľná na jednoduché zistenie ročného obdobia na Marse pre mart'anské vozidlá. Predtým, ako boli prítomné mart'anské vozidlá na jeho povrchu, sa Mars pozoroval cez ďalekohľad, a to už od roku jeho vynájdenia. Bolo jasne pozorované striedanie ročných období na Marse, nárast a zmenšenie mart'anských polárnych čiapočiek, mart'anské prachové búrky a bolo by praktické aj pre toto obdobie zaviesť mart'anský kalendár. Nakoľko ďalekohľad bol vynájdený v roku 1608/9, tak tomuto dvojroku by zodpovedal mart'anský rok 000 mart'anského letopočtu. Počiatku mart'anského letopočtu 01. 01. 000 o 00:00 mart'anského času by zodpovedalo 11. 10. 1608 pozemského letopočtu o 17:40 svetového času.

8 Mart'anské hodinky TinyScreen+

Mart'anské hodinky neboli dostatočne malé na to, aby sa pohodlne nosili na ruke. Na vytvorenie mart'anských náramkových hodiniiek bol použitý mikropočítač TinyScreen (rozmary 25,4 x 25 mm) s externou batériou, Obr. 4.



Obr. 4: TinyScreen+ (vľavo), externá batéria (v strede), púzdro hodiniiek (vpravo).

Na vytvorenie programu pre mart'anské hodinky boli použité dodatočné knižnice z oficiálnej webstránky pre mikropočítač TinyScreen+ [8]. Tento mikropočítač sa chová ako Arduino, preto sme vytvorili podobný program ako pre počítač Arduino [6].

Program umožnil naprogramovať jednotlivé tlačidlá kde tlačidlo:

RESET	slúži na vynulovanie hodín a nastaví sekundy na 00,
LOWER RIGHT	slúži na nastavenie minút (držaním od 00 do 59),
UPPER RIGHT	slúži na nastavenie hodín (držaním od 00 do 23),
UPPER LEFT	slúži na nastavenie dní a cyklu (od 00 do 37 al. 38),
LOWER LEFT	slúži na zapnutie/vypnutie displaya hodiniiek.

Časové pásmo sa nastaví automaticky, lebo ďalšie tlačidlo nemáme.

Maximálny rozsah hodín je 2^{32} milisekúnd, čo je 49 dní 17 hodín 02 minút 47,296 sekúnd. Cykly zhodnutia sa nulujú po 37 alebo 38 dňoch podobne ako v hodinách Arduino. Deň 00 jednotlivých cyklov je uvedený v Tab. 15.

Aby boli hodinky prenosné, napojili sme ich na externú batériu LiPol 170 mAh, ktorá sa dá zapojiť súčasne na sieť 220 V cez micro USB port a zároveň na mikropočítač Microview cez jeho USB redukciu.

Objednaním púzdra z plastu s vyrezaním otvoru na OLED display a otvoru na nabíjanie batérie a tlačidlá a prídáním remienka sme zakončili konštrukciu mart'anských náramkových hodiniiek. S rozmermi 25,4 x 25 mm sa vojdú na ruku.

Presnosť hodiniiek je asi sekunda za deň. Na počiatku je ale treba nastaviť ich rýchlosť, pretože táto závisí od teploty, od baterky, aj od mikropočítača.

Náramkové hodinky treba raz za cyklus nastaviť tlačidlami, pričom program nemusíme meniť celý rok. Náramkové hodinky vydržia na jedno nabitie batérie asi 12 hodín. Je možné ich nosiť na ruke a nabiť ich večer a cez noc z USB nabíjačky.

Nabíjanie hodiniiek trvá približne 1-2 hodiny, odporúča sa preto mať k dispozícii dostatok elektrických zásuviek aby bolo možné spolu nabíjať hodinky a telefón naraz.

Celkové odhadované náklady boli asi 70 Euro za náramkové mart'anské hodinky TinyScreen+ a púzdro okrem vývoja programu a nabíjačiek z telefónov.

9 Diskusia a záver

Vychádzali sme z návrhov kalendárov a časových systémov pre Mars a snažili sme sa ich kombináciou zostaviť ten najvhodnejší marťanský kalendár a čas. Ako sa ukazuje, najlepší časový systém pre Mars je marťanský čas koordinovaný, ktorý je obdobou svetového času koordinovaného na Zemi. Vychádza z polohy 0. poludníka na Marse a časové pásma a dátumová hranica vychádzajú z polôh oblastí na Marse.

Čo sa týka kalendára, brali sme ohľad na prvých kolonistov, ktorí potrebujú mať jednoduchý a prehľadný kalendár. Použili sme Dechertov systém prestupných rokov, pretože je najprehľadnejší a najpresnejší a Dechertovu synchronizáciu vzhľadom na náš kalendár, pretože je najjednoduchšia a najprehľadnejšia [3].

Za základ v našom kalendári sme zobrali Schmidtov systém členenia počtu marťanských dní v marťanských mesiacoch a marťanských mesiacov v marťanskom roku, pretože prví kolonisti na Marse budú potrebovať mesiace rovnakého mena a počtu ako na Zemi, pokiaľ možno členené do marťanských dní čo najpravidelnejšie. Náš kalendár je kombináciou rôznych druhov navrhnutých marťanských kalendárnych systémov, aby sme zostrojili najprehľadnejší marťanský kalendár.

Naším prvým cieľom bolo predstaviť marťanský kalendár a čas pre planétu Mars a pokiaľ možno spočítať presný čas a dátum zhody medzi nimi, čo sa nám aj podarilo. Práve v tomto čase by mala vrcholiť propagácia marťanského kalendára.

V pozemských časových jednotkách je čas zhody 06.02.2017 n. l. o (15:40:09,992 601 ± 0,960 851) UTC. Neistota času zhody je 0,960 851 pozemskej sekundy, neistota marťanského času je 0,025 708 pozemskej sekundy.

V marťanských časových jednotkách je čas zhody 06.02.0217 m. l. o (15:40:09,992 601 ± 0,935 142) MTC. Neistota času zhody je 0,935 142 marťanskej sekundy, neistota marťanského času je 0,025 020 marťanskej sekundy.

Naším druhým cieľom bolo zostrojiť funkčné marťanské hodiny a ich marťanské náramkové hodinky, aby sme mali marťanský čas neustále so sebou, čo sa nám aj podarilo. Podmienkou bolo, aby vydržali aspoň pol dňa nabité, čo bolo splnené.

Literatúra

- [1] Aveni, A. *Schody ke hvězdám Astronomie dávných civilizací*. Dokořán a Argo, Praha, 2004.
- [2] Čerman, R., Pittich E. *VESMÍR 1 Slnečná sústava*. Slovenská Grafia, a.s., Bratislava, 2002.
- [3] http://ops-alaska.com/time/gangale_mst/darian.htm
- [4] Košková, K. *Slovenská moderná encyklopédia Zväzok 1 VESMÍR*. Ottovo nakladatelství s.r.o., Bratislava, 1999.
- [5] Allison, M., Schmunk, R. *Technical Notes on Mars Solar Time as Adopted by the Mars24 Sunclock*, NASA Goddard Institute for Space Studies, Updated July 30, 2015.
- [6] https://sk.wikipedia.org/wiki/Časomiera_na_Marse
- [7] https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/LED_Keypad_Shield_V1.0_SKU:DFR0382
- [8] www.theowatch.com