

ASTROLÁB ORLOJE A NEBESKÁ MECHANIKA

Čas na astrolábu orloje by měl být nařízen na místní střední sluneční čas, z praktického důvodu je ale trvale nařízen na čas středoevropský (SEČ), který se oproti místnímu střednímu slunečnímu času pouze o 138 sec předchází. Sluneční rafije se Sluncem, Měsícem a ekliptikou se tak stále oproti místnímu střednímu slunečnímu času o $0,575^0$ předchází. Tato chyba není prakticky zjištělná.

Měsíc se na orloji otáčí pomaleji než Slunce, ekliptika se otáčí rychleji. Pomineme-li neustálé otáčení celého systému Slunce, Měsíc a ekliptika doprava, pak se vzhledem ke Slunci otáčí Měsíc doleva proti směru otáčení celého systému a ekliptika doprava po směru otáčení.

Ekliptika se za 1 den pootočí vzhledem ke Slunci o $0,986^0$ dopředu po směru otáčení ($360^0:365 \text{ dnů} = 0,986^0$). Měsíc se za 1 den pootočí vzhledem ke Slunci o $12,19^0$ nazpět, o $13,17^0$ nazpět vzhledem k ekliptice ($13,176349^0$).

Vezmeme-li jako výchozí situaci, kdy je na orloji nov, na stejné místo na ekliptice se Měsíc dostane za 27,32 dní. Za tuto dobu se Slunce ale pootočilo vůči ekliptice o téměř 27^0 v témž směru, v jakém se otáčí Měsíc vzhledem ke Slunci a pootočí se ještě o další 2^0 , než jej za dalších 2,2 dne Měsíc dostihne a nastane opět nov. V tom okamžiku bude ekliptika vzhledem ke Slunci a Měsíci pootočena oproti minulému novu o $29,12^0$.

Siderický měsíc (1 oběh Měsíce po ekliptice) má v přírodě délku 27,32166 dne, na orloji 27,32168 dne. Rok má 13,368 siderických měsíců (tropický rok 365,2422 : siderický měsíc 27,32166 dní).

Synodický měsíc (1 oběh Měsíce vzhledem ke Slunci - od novu k novu) má v přírodě délku 29,530588 dne, na orloji 29,5323 dne. Rok má 12,368 synodických měsíců (tropický rok 365,2422 : synodický měsíc 29,53059). Měsíc se po ekliptice posune o 1^0 za 1 hodinu a 49 minut (přesněji 109,3 minuty), vzhledem ke Slunci se posune o 1^0 za necelé dvě hodiny (118,13 minut).

Měsíční den - 360^0 na ciferníku orloje oběhne měsíční rafije za $29,5323 / 28,5323 = 1,035$ dne. Měsíc se otáčí na ciferníku pomaleji než Slunce, měsíční den je tedy delší a trvá 24 h 50 min 28 sec.

Fáze měsíce - měsíční koule na orloji by se měla otočit o 360^0 kolem své osy směřující do středu ekliptiky za orlojní synodický měsíc - 29,5323 dne. Měsíční rafije, na které je Měsíc upevněn, se za tuto dobu otočí o 1 otáčku méně - 28,5323 krát. Za jednu otočku měsíční rafije na ciferníku (měsíční den) by se tedy měla měsíční koule pootočit o $360^0/28,5323 = 12,6172^0$, vnitřní převod ale měsíční koulí otočí o $12,6315^0$ ($360^0/28,5$).

CHYBY V OTÁČENÍ MĚSÍČNÍ RAFIJE, KOULE MĚSÍCE A EKLIPTIKY NA ORLOJI

Původní chyba v rychlosti otáčení Měsíce - měsíční rafije byla 0,3767 dne za synodický měsíc. Jedna otáčka měsíční rafije vzhledem ke Slunci (synodický měsíc), původně na orloji trvala jen 29,153846 dne. Měsíc se otáčel příliš pomalu, Slunce jej na orloji dostihlo o 9 hodin a 2 minuty dříve. Chyba polohy Měsíce na orloji byla v tom okamžiku $4,6^0$.

Po vložení Daňkova a Schmidtova opravného převodu měsíční rafije po velké opravě na jaře roku 1866 se měsíční rafije otočí vzhledem k ekliptice za 27,32168 dne, vzhledem ke Slunci za 29,5323 dne (29,53229294).

Současná chyba v rychlosti otáčení Měsíce za 1 siderický měsíc (vzhledem k ekliptice) je 0,000025 dne (2,16 sec), tedy prakticky nulová.

Současná chyba v rychlosti otáčení Měsíce za 1 synodický měsíc (vzhledem ke Slunci) je 0,0017 dne (2 min. 27 sec za měsíc, 30 min. 16,6 sec za rok). Délka synodického Měsíce je na orloji 29,5323 dne (29,53229294). Měsíc se otáčí na ciferníku orloje nepatrně rychleji (vzhledem k ekliptice pomaleji) a Slunce jej tedy dostihne o něco později. Za 47 a půl roku by se poloha Měsíce vzhledem k jeho pohybu vůči Slunci zpozdila (měsíční rafije předešla) o 1 den, tedy o $12,19^0$. Chyba 1^0 tedy vznikne za 3 roky a 11 měsíců (3,89 roku).

Koule Měsíce při otáčení (znázornění měsíčních fází) má teoreticky chybu 1 celou otáčku navíc za 882,35 synodických měsíců, to je 71,3 roku. Za synodický měsíc oběhne měsíční koule ciferník astrolábu 28,5323 x. Pevod by měl být $1/28,5323 = 2/57,0646$, zubů šnekového kola je ale pouze 57. Otáčí se proto rychleji. Za synodický měsíc se otočí měsíční koule o $0,408^0$ více

$(360^0 : (57:0,0646) = 0,408^0)$. Měsíční rafije se otočí na orloji 352,9x za rok (rok má 352,9 měsíčních dní). Chyba v otáčení měsíční koule je $12,6315^0 - 12,6172^0 = 0,0143^0$ za jedno otočení měsíční rafije, $0,408^0$ za synodický měsíc, 5^0 za rok. (Měsíční fázi na orlojním Měsíci musíme číst tak, že si vodící tyčku Měsíce představíme jako svislici směřující od Měsíce dolů. Když je světlý okraj Měsíce vlevo a tvoří písmeno C, Měsíc „Couvá“, je-li světlý okraj vpravo a vytváří oblouček písmena D, Měsíc „Dorůstá“.)

Chyba ekliptiky na orloji je cca 1^0 za 4 roky. Slunce na orloji se pohybuje po ekliptice rychleji, nemá zpoždění čtvrt dne za kalendářní rok jako Slunce na své dráze po ekliptice v přírodě, pro které je třeba vkládat každé čtyři roky jeden přestupný den.

DOČASNÉ CHYBY V POSTAVENÍ SLUNCE A MĚSÍCE NA EKLIPTICE ORLOJE

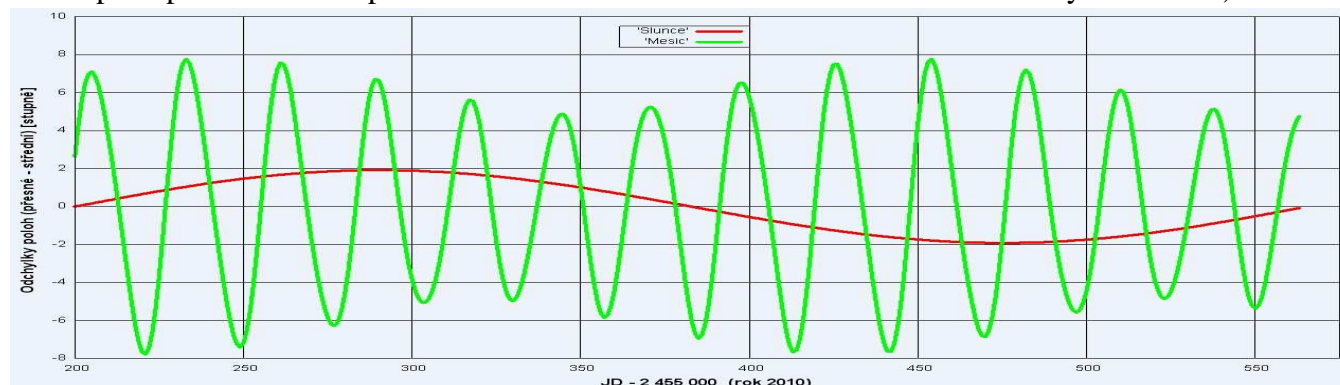
Mechanismus orloje se pohybuje rovnoměrnou rychlostí. V přírodě je pohyb Země a Měsíce složitější, proto průmět Slunce a Měsíce na pozadí - ekliptiku s celou hvězdnou oblohou, nepostupuje rovnoměrně. Pohyb samotné hvězdné oblohy včetně ekliptiky je však rovnoměrný, protože je důsledkem rovnoměrné rotace Země. Proto indikace hvězdného času odchylky oproti přírodě nemá. (Pomineme-li mechanickou chybu v otáčení orlojní ekliptiky čtvrt stupně za rok a stálou chybu cca půl stupně vzniklou nastavením orloje na SEČ.)

Během roku tak vznikají přechodné rozdíly v poloze Slunce a Měsíce na ekliptice na orloji oproti jejich skutečné poloze v přírodě. Odchytky jsou způsobeny eliptickým tvarem dráhy, po které se pohybuje Země (spolu s Měsícem) kolem Slunce a tím změnou úhlové i obvodové rychlosti během oběhu a sklonem zemské osy. U Měsíce je to rovněž mírně eliptická dráha, navíc její proměnlivý sklon vůči rovině ekliptiky okolo 8^0 (s precesí osy dráhy rotace s periodou přes 18 let) způsobuje libraci Měsíce - pohyb nad a pod ekliptiku a ovlivňuje rozdíl mezi východy a západy Měsíce na orloji oproti přírodě. (Východy a západy Slunce a Měsíce na orloji nastávají v okamžiku průchodu průsečíku sluneční nebo měsíční rafije s okrajem ekliptiky přes čáru obzoru vyznačenou OCCASVS nebo ORTVS.)

Rozdíl v poloze **Slunce na ekliptice** v přírodě oproti poloze Slunce na orloji může být nejvýš necelé dva stupně. Počátkem ledna a července je chyba minimální, počátkem dubna se Slunce na orloji se při svém pohybu doleva po ekliptice oproti přírodě o $1,9^0$ pozdí a počátkem října se orlojní Slunce o $1,9^0$ předchází.

Chyba aktuální polohy **Měsíce na ekliptice** orloje může být někdy až 8^0 oproti současné poloze Měsíce na ekliptice v přírodě. Tato chyba je ale velmi krátkodobá, mění se až o 1 stupeň za den a proto polohu Měsíce na orloji není možné nastavovat podle aktuálního stavu v přírodě. (Odchytky 8^0 v ekliptikální délce způsobí také zpoždění nebo předejití západu nebo východu Měsíce na orloji o 33 minut. Chybu v okamžicích západů a východů Měsíce na orloji oproti situaci v přírodě pak zmenšuje nebo zvětšuje i librace Měsíce - aktuální poloha Měsíce v přírodě nad nebo pod ekliptikou.)

Odchytky okamžiku novu nebo úplňku na orloji oproti okamžiku novu nebo úplňku v přírodě (poloha Měsíce vzhledem ke Slunci při pohledu ze Země) je součtem aktuální odchytky polohy Slunce a odchytky polohy Měsíce na orloji od jejich skutečných poloh v přírodě. Rozdíl v časech úplňků a novů na orloji oproti přírodě může být někdy více než 13 hodin. (Při chybě v poloze na ekliptice přes 7^0 . O 1^0 se posune Měsíc vzhledem ke Slunci za necelé dvě hodiny - 118 min.)



Graf průběhu odchytky polohy orlojního Měsíce na ekliptice oproti stavu v přírodě v roce 2010 při nastavení na vypočítanou střední polohu Měsíce (linka s nulovou hodnotou). Křivka odchytky protíná linku nulových hodnot přibližně po 14 dnech, dolní výkyvy značí předcházení orlojního Měsíce. Červená křivka je odchytky polohy Slunce způsobená elipticitou dráhy Země.

OPRAVY CHYB

Opravovat polohu měsíční rafije a rafije ekliptiky lze snadno odtlačení velkého kola ukazovacího stroje ze záběru v pastorcích se 24 zuby a pak jeho pootočením. Kola jsou pružná a nekladou velký odpor. Kolo ekliptiky je od ciferníku astrolábu nejdále, nejbližší ciferníku je kolo Měsíce.

Dočasná chyba polohy **Slunce na ekliptice** není příliš velká a její korekce nemá smysl již proto, že je prakticky stejně velká jako součet nepřesností v dělení prstence ekliptiky příčkami po 5^0 (např. jen chybné rozdělení každého znamení příčkami stejně od sebe vzdálenými způsobuje uprostřed znamení Berana a Panny odchylku až $0,9^0$) a nepřesností v ozubení kol ukazovacího stroje. Především však orloj ukazuje střední sluneční čas (SEČ) a tak musí být Slunce na orlojní ekliptice stále v poloze středního Slunce. Nastavením pravé polohy Slunce na ekliptice pootočením ekliptiky bychom vnesli chybu do postavení středního Měsíce a do indikace hvězdného času. Nastavení střední polohy Slunce na ekliptice provedeme podle výpočtů nebo podle aktuální polohy v přírodě v okamžicích nulové chyby - počátkem ledna a července. V týdnu okolo 3. dubna se pak musí Slunce na orloji oproti současné poloze v přírodě o $1,9^0$ opožďovat a okolo 5. října o $1,9^0$ předcházet.

Polohu **Měsíce na ekliptice** orloje je nutné nastavit podle výpočtů polohy středního Měsíce a pak tolerovat odchylky, které v průběhu času vznikají (viz graf průběhu odchylky polohy orlojního Měsíce oproti stavu v přírodě). Nastavení a kontrolu polohy Měsíce musíme dělat přesně v době, pro kterou jsou výpočty provedeny. V letním čase je třeba si uvědomit, že mohou být vypočteny pro SEČ a při kontrole v jinou hodinu vzít v úvahu, že se Měsíc se po ekliptice posune o $0,55^0$ za hodinu.

Opravovat stav fáze Měsíce lze tak, že Měsíc demontujeme z astrolábu a otáčíme vodící tyčkou s Měsíčkem. Jednou otáčkou přetočíme Měsíc o $12,63^0$. Otočíme-li Měsíc 28 x po směru otáčení měsíční rafije, docílíme pootočení o $6,3^0$ zpět, otočíme-li Měsíc 29 x, docílíme pootočení o $6,3^0$ dopředu vzhledem k výchozímu stavu. Menší oprava polohy není možná.

Oprava teoreticky připadá v úvahu v intervalu 1 a čtvrt roku (444 měsíčních dní = 459,5 dne), za které se fáze Měsíce předejde o $6,35^0$. Přesnou kontrolu nastavení měsíční fáze provádíme při novu nebo úplňku, případně při čtvrti.

Při přestupném roce je potřeba udělat opravu postavení Slunce na ekliptice. Přibyl jeden den, je tedy nutné o tento 1 den ekliptiku vrátit zpět.

Ekliptiku posuneme o 1 zub (z celkových 365) a tedy cca o 1^0 proti směru pohybu hodinových ruček. Tím se opraví poloha Slunce na ekliptice, ale způsobí se chyba Měsíce vůči ekliptice o 1^0 . Protože je zároveň třeba opravit chybu Měsíce 1^0 za 3,89 roku vůči Slunci způsobenou rychlejším pohybem Měsíce (vzhledem ke Slunci), vrátíme spolu s ekliptikou měsíční rafiji stejným směrem o jeden zub (z celkových 379) proti směru pohybu hodinových ruček, čímž se obě chyby prakticky odstraní.

Současně s tím posuneme kalendárium o jeden den zpět (vyvineme rukou tah na lanový bubínek a kolo s kolíky doleva proti tahu závaží a zdvihneme a pustíme výpustnou páku) a také vrátíme o jeden den zpět čtyřadvacetník. V době od zimního do letního slunovratu se čtyřadvacetník obtížně posouvá zpět, proto buď posun na čas zastavíme zablokováním větrníku na stroji otáčejícím vačkou a po několika dnech posuneme dopředu do správné polohy, nebo pomocník z lávky pootočí prstencem čtyřadvacetníku proti směru pohybu hodinových ruček, tím odstraní odpor působící na vačku a umožní tak nařízení čtyřadvacetníku zpět. Na výstupu ze stroje u kardanového kloubu povolíme aretační šroub, stiskneme rameno rohatky a pootočíme rohatkovým kolem o 12 zubů zpět.

Při změně občanského času na letní čas (SELČ) se provádí nastavení letního času pouze na postranních skleněných cifernících, současně se nařizuje doba chodu apoštolů na 9 - 21 hodin letního času, tj. 8 - 20 hodin SEČ. Bicí stroj i o letním čase odbíjí hodiny podle sluneční rafije astronomického ciferníku, tedy SEČ.

Nastavení postranních ciferníků se provádí na spojce pod velkým kolem úhlového převodu točivého momentu k ciferníkům. Nastavení doby chodu apoštolského stroje se nastavuje změnou polohy vačky aktivující propojení spouštěcího mechanismu bicího stroje se spouštěcím mechanismem apoštolského stroje.