# Úvaha nad slunečními extrémy - 2
# A consideration about solar extremes – 2

*Jiří Čech*

Abstrakt:

Autor navazuje na svůj referát z r. 2014; pokusil se porovnat hodnoty extrémů některých slunečních cyklů s pohybem Slunce kolem barycentra

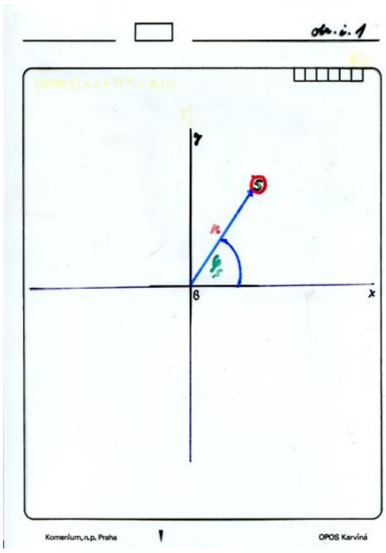
Abstract:

The author refers to his essay from 2014; he tried to compare values of the extremes of some solar cycles with the movement of the Sun around the barycenter

Od Newtonových dob je známo, že planety a Slunce ve Sluneční soustavě představují izolovaný systém s konstantním momentem hybnosti v každém okamžiku.

Střed systému – nebo také počátek tohoto souřadného systému- je nazýván barycentrum; je to vlastně bod, v němž se součet momentů hybnosti všech těles Sluneční soustavy rovná nule.

Viz obr. č.1




Moment hybnosti je vektorová fyzikální veličina, která popisuje rotační pohyb tělesa. Moment hybnosti se určuje vzhledem k bodu nebo ose

Moment hybnosti **L** hmotného bodu vzhledem k počátku soustavy souřadnic (barycentru) je určen vektorovým součinem jeho průvodiče **r** (vzdálenost hmotného středu tělesa od počátku soustavy souřadnic) a hybnosti **p**

$$(1) \qquad \mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}$$

$$(1^{+}) \qquad p = m \,.\, v,$$

kde m je hmotnost tělesa , v jeho rychlost vztažená k počátku soustavy souřadnic.

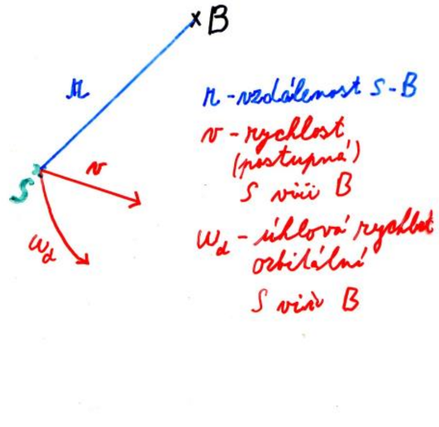
Moment hybnosti má při rotačním pohybu podobný význam jako hybnost při pohybu přímočarém (V dalším bude pro zjednodušení a srozumitelnost výpočtů uvažován pohyb rovnoměrný kruhový.)

Moment hybnosti vztažený na rotaci tělesa je rotační moment hybnosti, moment hybnosti vztažen na oběh (orbit) tělesa je orbitální moment hybnosti .

Ve Sluneční soustavě jsou rotační a orbitální momenty hybnosti těles známy poměrně dlouho.

Jinak je to však s orbitálním momentem Slunce.

Viz obr. č.2

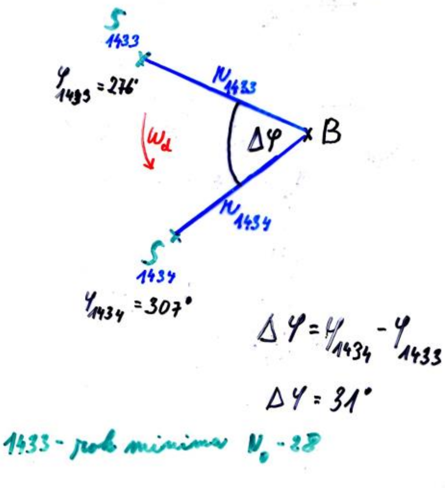



obr. 2

$\omega_d$ je úhlová orbitální rychlost Slunce S při jeho pohybu rychlostí v vůči barycentr B a r je vzdálenost S od B

$$(2) \qquad \omega_d = \frac{v}{r}$$

Při pohybu Slunce S vůči barycentru B během dvou po sobě následujících roků urazí Slunce S úhel $\Delta\varphi$;
Viz obr. č.3




obr. č. 3

obecně platí

$$(3) \qquad \omega = \frac{\varphi}{t} = \Delta\varphi \, . \, \frac{\pi}{180} \, . \, \frac{1}{t}$$

Pro následující případy bude uvažován krok jednoho roku, což představuje hodnotu $t = 3,156 \, . \, 10^{7}$ s,
takže orbitální úhlová rychlost Slunce vůči barycentru (za jeden rok) bude obecně

$$(4) \qquad \omega_d = 5,53 \, . \, 10^{-10} \, . \, \Delta\varphi \qquad s^{-1}$$

Do upravené rovnice (2) $v = r \cdot \omega_d$ po dosazení $\omega_d$ z rovnice (3)

je (5) $v = 5{,}53 \cdot 10^{-10} \cdot \Delta\varphi \cdot r \quad m \cdot s^{-1}$

Hodnoty vzdálenosti Slunce $r_S$ od barycentra jsou čerpány z katalogu (.Střeštík,2007)
kde $r_S$ je uváděno v jednotkách $10^{-3}$ AU, takže

(6) $r = r_S \cdot 1{,}5 \cdot 10^8$ m,

Po dosazení do (5)

(7) $v = 0{,}083 \cdot \Delta\varphi \cdot r_S \quad m \cdot s^{-1}$

Hodnoty rychlosti pohybu Slunce vůči barycentru ukazuje na obrázcích A1-A4, B1-B4, C1-C4 ,D1-D3 spodní červená křivka; jednotky jsou $m \cdot s^{-1}$ .

Pro ilustraci ukázka výpočtu :
V r. 1433 byla vzdálenost Slunce od barycentra $r_S = 4{,}089$
v roce 1434 to bylo $r_S = 3{,}857$ ve Střeštíkově katalogu .
Po dosazení do (7).

$$v_{1433} = 0{,}083 \cdot 30{,}58 \cdot 4{,}089 \ m.s^{-1} = 10{,}4 \ m \cdot s^{-1}$$
$$v_{1433} = 0{,}083 \cdot 30{,}58 \cdot 3{,}857 \ m.s^{-1} = 9{,}8 \ m \cdot s^{-1}$$

Z rovnice (1) $L = r \cdot p$ platí analogicky pro Slunce $L_S = r \cdot p_S = r \cdot M_S \cdot v$

Hmotnost Slunce $M_S = 2 \cdot 10^{30}$ kg, $r = r_S \cdot 1{,}5 \cdot 10^8$ m, $v = 0{,}083 \cdot \Delta\varphi \cdot r_S \quad m \cdot s^{-1}$

$$L_S = r_S \cdot 1{,}5 \cdot 10^8 \ m \cdot 2 \cdot 10^{30} \ kg \cdot 0{,}083 \cdot \Delta\varphi \cdot r_S \quad m \cdot s^{-1} \ ,$$

(8) $L_S = 2{,}5 \cdot 10^{37} \cdot \Delta\varphi \cdot r_S \quad kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$

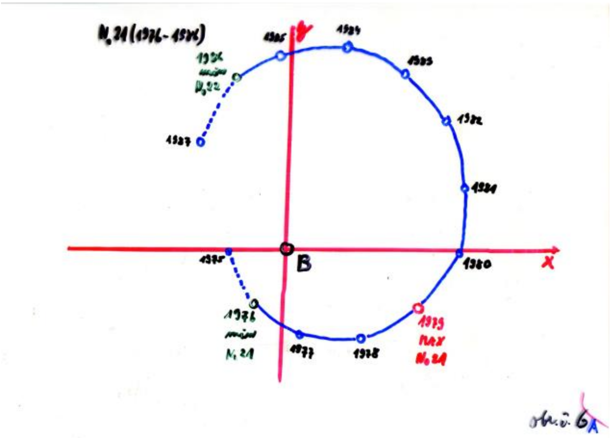
Pro ilustraci opět ukázka výpočtu $L_S$ pro roky 1433, 1434 pro něž bylo $\Delta\varphi = 30{,}58^0$ .

(8a) $L_{S\,1433} = 2{,}5 \cdot 30.58 \cdot 4{,}089 \cdot 10^{37} \ kg \cdot m^2 \cdot s^{-1} = 31{,}2 \cdot 10^{38} \ kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$

(8b) $L_{S\,1434} = 2{,}5 \cdot 30.58 \cdot 3{,}857 \cdot 10^{37} \ kg \cdot m^2 \cdot s^{-1} = 9{,}5 \cdot 10^{38} \ kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$

Vypočtené hodnoty momentu hybnosti Slunce ve studovaných intervalech ukazuje horní černá křivka na obrázcích A1-A4, B1-B4, C1-C4 ,D1-D3. Hodnoty jsou uváděny v $10^{38}$ $kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$

Viz obr. 6a




Charvátová, 1989 upozornila, že pohyb Slunce vůči barycentru se opakuje s periodou přibližně 180 let a že tento pohyb lze rozdělit na uspořádaný a chaotický.

Autor nazval tento cyklus pohybu Slunce vůči barycentru „Sluneční Pohybový Cyklus “, označil SPC a rozdělil, podle Střeštíka, 2007,do čtyř různě velkých časových intervalů. .
Prvních 50 let tvoří období klidu;
následuje 30-ti leté přechodové období

ke 40 let dlouhému období chaosu.
Zbývajících 60 roků SPC je opět přechodovým obdobím.
Autor zpracoval 15 SPC od r. -610 (každý pro čtyři časové intervaly).
Označil je pořadovými čísly od č. -3 (-610 až -431) až po SPC č. 11 (1911 až 2090).
Každý Sluneční Pohybový Cyklus i každý jeho časový úsek
začíná 1.1. a končí 31.12. příslušných roků.

Viz TAB 1.

TAB 1

| č. SPC | 50 r. klid | | | 30 r. přechod | | | 40 r. chaos | | | 60 r. přechod | | | 180 r. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -3 | -610 | až | -561 | -560 | až | -531 | -530 | až | -491 | -490 | až | -431 | -610 | až | -431 |
| -2 | -430 | | -381 | -380 | | -351 | -350 | | -311 | -310 | | -251 | -430 | | -251 |
| -1 | -250 | | -201 | -200 | | -171 | -170 | | -131 | -130 | | -71 | -250 | | -71 |
| 0 | -70 | | -21 | -20 | | 10 | 11 | | 50 | 51 | | 110 | -70 | | 110 |
| 1 | 111 | | 160 | 161 | | 190 | 191 | | 230 | 231 | | 290 | 111 | | 290 |
| 2 | 291 | | 340 | 341 | | 370 | 371 | | 410 | 411 | | 470 | 291 | | 470 |
| 3 | 471 | | 520 | 521 | | 550 | 551 | | 590 | 591 | | 650 | 471 | | 650 |
| 4 | 651 | | 700 | 701 | | 730 | 731 | | 770 | 771 | | 830 | 651 | | 830 |
| 5 | 831 | | 880 | 801 | | 910 | 911 | | 950 | 951 | | 1010 | 831 | | 1010 |
| 6 | 1011 | | 1060 | 1061 | | 1090 | 1091 | | 1130 | 1131 | | 1190 | 1011 | | 1190 |
| 7 | 1191 | | 1240 | 1241 | | 1270 | 1271 | | 1310 | 1311 | | 1370 | 1191 | | 1370 |
| 8 | 1371 | | 1420 | 1421 | | 1450 | 1451 | | 1490 | 1491 | | 1550 | 1371 | | 1550 |
| 9 | 1551 | | 1600 | 1601 | | 1630 | 1631 | | 1670 | 1671 | | 1730 | 1551 | | 1730 |
| 10 | 1731 | | 1780 | 1781 | | 1810 | 1811 | | 1850 | 1851 | | 1910 | 1731 | | 1851 |
| 11 | 1911 | až | 1960 | 1961 | až | 1990 | 1991 | až | 2030 | 2031 | až | 2090 | 1911 | až | 2090 |

Zde byly zpracovány SPC 8 -11

Příslušné grafy na obrázcích A1-A4, B1-B4, C1-C4 ,D1-D3 časově rozděleny podle Viz TAB 2.

TAB 2

A1 - 1371 až 1420 ; A2 - 1421 až 1450; A3 - 1451 až 1490; A4 - 1491 až 1550;
B1 - 1551 až 1600; B2 - 1601 až 1630; B3 - 1631 až 1670; B4 - 1671 až 1730;
C1 - 1731 až 1780; C2 - 1781 až 1810 ; C3 - 1811 až 1850; C4 - 1851 až 1910;
D1 -1911 až 1960 ; D2 - 1961 až 1990; D3 - 1991 až 2030;

Ve všech zpracovaných intervalech vykazují příslušné křivky jak pro moment hybnosti tak pro rychlost Slunce (vůči barycentru) zřetelný přibližně 180- letý cyklus.
Jsou to vlastně ***první fyzikální veličiny charakterizující pohyb Slunce vůči barycentru, které prokazatelně vykazují 180- letý cyklus***

Diskuse:

Lze přistupovat ke Slunci, jehož struktura má od dokonale tuhého tělesa hodně daleko, výše uvedeným způsobem?

Literatura uvádí pouze moment hybnosti Slunce vztažený na jeho rotaci kolem své osy.
Je to vztah

(9) $L_S = J_S \cdot \omega_S$

kde (10) $\omega_S = 2{,}87 \cdot 10^{-6}\ s^{-1}$ je úhlová rychlost rotace Slunce míst na slunečním rovníku,
a $J_S$ je moment setrvačnosti Slunce. Bývají uváděny dvě možné hodnoty

(11a) $J_S = 5{,}7 \cdot 10^{46}\ kg \cdot m^2$ nebo
(11b) $J_S = 3{,}8 \cdot 10^{47}\ kg \cdot m^2$

Slunce je fyzikální těleso blízké tvaru koule o

$$(12)\quad M_S = 2 \,.\, 10^{30}\ \text{kg},\ \text{a}\ R_S = 6{,}96 \,.\, 10^{8}\ \text{m}.$$

Pro velikost moment setrvačnosti koule o hmotnosti M a poloměru R platí

$$(13)\quad J = \frac{2}{5} \,.\, M \,.\, R^2$$

Po dosazení hodnot (12) je moment setrvačnosti Slunce $J_S = 3{,}88 \,.\, 10^{47}$ kg .m$^2$
což velmi dobře souhlasí s hodnotou (11b).

Moment hybnosti Slunce vůči barycentru lze také vypočítat užitím orbitální úhlové rychlosti Slunce (4)

(4) $\omega_d = 5{,}53 \,.\, 10^{-10} \,.\, \Delta\varphi$ $s^{-1}$ a postupné rychlosti Slunce (2) $v = \omega_d \,.\, r$

tedy

$L_S = r \,.\, p_S = r \,.\, M_S \,.\, v = r \,.\, M_S \,.\, r \,.\, \omega_d = M_S \,.\, r^2 \,.\, \omega_d$ , kde r je vzdálenost Slunce od barycentra

$$(6).\ r = r_S \,.\, 1{,}5 \,.\, 10^{8}\ \text{m}$$

Jaká je orbitální úhlová rychlost Slunce?
Pro SC No -28 byla průměrná $\Delta\varphi$ připadající na 1 rok $\Delta\varphi = 35^0$ , pro SC No -25 byla $\Delta\varphi = 25^0$;

Podle (4) je průměrná roční orbitální rychlost pro No-28 $\omega_{d\ No\ -28} = 1{,}93 \,.\, 10^{-8}$ $s^{-1}$

a pro No-25 je průměrná roční orbitální rychlost $\omega_{d\ No\ -25} = 1{,}38 \,.\, 10^{-8}$ $s^{-1}$ .

Ve srovnání s úhlovou rychlostí bodu na slunečním rovníku (10) $\omega_S = 2{,}87 \,.\, 10^{-6}$ $s^{-1}$
je orbitální úhlová rychlost Slunce 100 x menší.

Moment hybnosti Slunce vzhledem k jeho vlastní rotaci (9) $L_S = J_S \,.\, \omega_S$

Pro $J_S = 5{,}7 \,.\, 10^{46}$ kg .m$^2$ => $L_S = 1{,}6 \,.\, 10^{41}$ kg .m$^2$ $s^{-1}$

pro $J_S = 3{,}8 \,.\, 10^{47}$ kg .m$^2$ => $L_S = 1{,}1 \,.\, 10^{42}$ kg .m$^2$ $s^{-1}$

je ve srovnání s momentem hybnosti k jeho orbitu – viz (8a, (8b)- vůči barycentru 100 x menší.

Literatura:
Schove,D.J.: The sunspot cycle, 649 B.C to A.D.2000, Journal Geophysical Research,1955,Vol. 60.p. 127-147
Jose, P.,D.: Sun´s Motion and Sunspots, Astron. Journ (1965),193
Charvátová, I.:On the Relation between Solar Morión and the long. Term variability of Solar Activity, Studia Geoph. et geod., 33(1989), 230
Burša, M.: Země ve sluneční soustavě, Praha 2000
Střeštík,J.: Ústní sdělení, 2007, 2011
Čech,J,: Slunce a barycentrum, Úpice 2007
Čech,J.: Sluneční činnost a pohyb Slunce, Úpice 2008
Čech.J.: Úvahy nad slunečními extrémy, Úpice 2014
Wikipedie, Moment hybnosti 2015