

SCIENCA REVUO de Internacia Scienca Asocio Esperantista BEOGRAD, Jugoslavio	El Vol. 27 n-ro 5/6(121/122) 30.12.1976.
--	--

PRI LA DIREKTOJ DE LA PERIHELIOJ DE KOMETOJ⁺)

(BOJ. POPOVIĆ, BEOGRAD, JUGOSLAVIO)

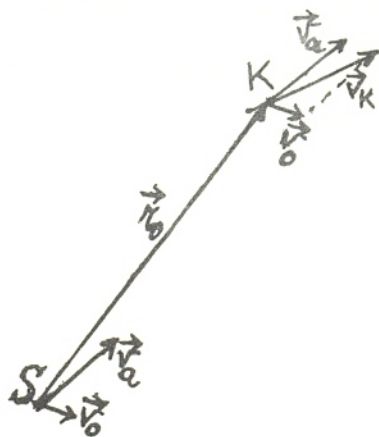
Observe konstatita nehomogeneco en la distribuo de la perihelioj de longperiodaj kometoj ne povis esti klarigita kiel sekvo de plurfojaj planed'perturboj (pluraj pasoj tra la perihelio) - laŭ Joss 1973. La kaŭzo, do, estas verŝajne en nehomogeneco de la alven'vojoj de longperiodaj kometoj (el ilia "naskiĝregiono"), senkonsidere kia estas la naturo de ilia fonto.

Pro tio gravas trovi ajnan dependecon inter la direkto de la perihelio de kometo unuflanke kaj ĝia alvendrektio aliflanke - se tia dependecko ekzistas. Tio ja estas la celo de la sekvanta esploro.

⁺/ Komunikajo dum la kolokvo n-ro 39 de la Internacia Astronomia Unio (Lyon, Francio, 17.-20.08.1976.). En konciza formo aperos (en la franca) inter la materialoj de la kolokvo.

PRI LA ALVENDIREKTOJ DE KOMETOJ

La pozicio de kometo, en la difinita momento t_0 , estu donita per la pozicivektoro $\vec{r}_0$, kaj ĝia spacmoviĝo en tiu momento havu la rapidon $\vec{v}_k$. Por ke malproksima objekto fariĝu kometo, necesas ke ĉiuj eventuale agantaj fortoj estu sen signifaj, ege malgrandaj, eĉ kompare kun la - sole pritraktebla - altir'forto de la suno (ĝi ja estas malgranda pro la granda distanco $r_0 = |\vec{r}_0|$). Tiam ja relativa moviĝo de la kometo (rilate la sunon) estas donita kiel la solvo de la dukorpa problemo,



kun la ekiraj donoj: $\vec{r}_0$, $\vec{v}_0 (= \vec{v}_k - \vec{v}_a)$, kie $\vec{v}_a$ estas la rapido de la suno al la apekso (en la paro suno-kometo, la suno estas konsiderata kiel senmova objekto, ĉar la ĉeesto de la kometo praktike ne influas la pozicion de la mascentro).

Se $\vec{v}_n$ estas komponanto de la rapido $\vec{v}_k$ perpendikle al la rapido $\vec{v}_a$ (de la suno al la apekso), tiam oni povas diskomponi

$$\vec{v}_k = \lambda \vec{v}_a + \vec{v}_n, \quad \lambda = \frac{\vec{v}_n \cdot \vec{v}_a}{|\vec{v}_a|^2}, \quad \vec{v}_n = \frac{(\vec{v}_a \times \vec{v}_k) \times \vec{v}_a}{|\vec{v}_a|^2}$$

Por la rapido rilate al la suno

$$(1) \quad \vec{v}_0 = \vec{v}_k - \vec{v}_a$$

oni havos

$$(2) \quad \vec{v}_0^2 = (\lambda - 1)^2 \vec{v}_a^2 + \vec{v}_n^2$$

Aliflanke oni havas

$$\vec{v}_0^2 = \frac{2}{r_0} - \frac{1}{a}$$

kaj (pro la samtempa grandeco de r_0 kaj de a) nepre devas esti malgrandaj $\vec{v}_n$ kaj $\lambda - 1$, do

$$(3) \quad \vec{v}_k \approx \vec{v}_a.$$

Tio signifas ke preskaŭ ĉiu longperioda kometo havas (en sia devena pozicio) preskaŭ la direkton de la apekso kaj preskaŭ la rapidon de la apekso.

Ĉi tio neniel tuŝas la deven'eblecon de "la nubo de Oort" - ĝi nur asertas ke objekto forlasanta la nubon devas troviĝi en proksimeco de la apekso (en momento de la forlaso), ĉar nur tiam la perpendikla komponanto povas esti sensignife eta (kompare kun $\vec{v}_a$). Samtiel ĝi ne tuŝas la deven'eblecon el la kosma spaco, ĉar povas ekzisti kometoj (ne ĉiuj!) plenumantaj la suprajn kondiĉojn kaj la hipotezon de *Littleton* pri ilia interstela deveno - *Tomanov*, 1976, montris ke la probableco ke tiaj kometoj ekzistas ne estas forĵetinda.

LA PERIHELIA DIREKTO DE KAPTITA KOMETO

Se la unuovektorojn de $\vec{r}_0$ kaj $\vec{v}_0$ oni signos per $\hat{r}_0$, $\hat{v}_0$, la perihelian vektoron oni povas skribi en la formo

$$(4) \quad \vec{e} = \vec{v}_0 \times (\vec{r}_0 \times \vec{v}_0) - \vec{r}_0 / r_0 = \zeta \hat{r}_0 - (1 + \zeta) \cos \alpha \cdot \hat{v}_0$$

$$(5) \quad \zeta = r_0 \cdot \vec{v}_0^2 - 1, \quad \alpha = \angle(\vec{r}_0, \vec{v}_0).$$

De ĉi tie oni havas

$$(6) \quad e^2 = \zeta^2 - 2\zeta(1 + \zeta)\cos^2\alpha + (1 + \zeta)^2\cos^2\alpha = 1 + (\zeta^2 - 1)\sin^2\alpha$$

La ricevita esprimo montras klare ke la kazoj $\zeta \geq 1$ - ζ difinita per (5) - estas samsignifaj kun la orbitoj: hiperbola, parabola kaj elipsa. La perturboj povas tamen iom modifi la orbiton determinitan per la ekiraj $\vec{r}_0$, $\vec{v}_0$, pro kio la perioda orbito ekestas ne nur kiam $\zeta < 1$, sed iom pli ĝenerale kiam $\zeta \approx 1$, do

$$(7) \quad r_0 \cdot \vec{v}_0^2 \approx 2$$

estas nepra kondiĉo (en la komenca momento) ke kometo fariĝu (long)perioda.

Aliflanke la distanco inter kometo kaj la suno (kiam la kometo pasas tra la perihelio, ĉirkaŭ kiu tempo ĝi povas esti ĝenerale observata), povas esti - pro (6) kaj pro

$$\frac{r_0}{a} = 2 - r_0 \frac{\vec{v}_0^2}{v_0^2} = 1 - \zeta$$

esprimita kiel

$$(8) \quad q = a(1-e) = \frac{a}{1+e}(1-\zeta^2)\sin^2\alpha = r_0 \cdot \frac{1+\zeta}{1+e} \sin^2\alpha \quad .$$

Por parabola (aŭ preskaŭ parabola) kometo oni havas $e \approx 1$, $\zeta \approx 1$, pro kio la lasta esprimo diras ke la angulo α devas esti ege malgranda, aŭ ege proksima al π - la kometo ja alikaze dum la perihelia paso ne estus sufiĉe proksima al la suno. Kaj ĉar α estas angulo inter la vektoroj por la ekiraj pozicio kaj rapido de la kometo (kaj ni jam konstatis ke ili havas la direktojn proksimajn al la apekso), tio signifas ke la *observeblaj kometoj* (ne multe perturbitaj) *venas al ni preskaŭ el la direkto de la apekso*.

ANGULO INTER LA PERIHELIO KAJ LA EKIRA POZICIO

Se ni deziras havi pli precizan rezulton en la determino de direkto de la perihelio, serĉu la angulon β inter la perihelio kaj la ekira pozicio, nome

$$(9) \quad \beta = \angle(\vec{r}_0, \vec{e}) \quad .$$

El (4) ni havas

$$(10) \quad e \cdot \cos\beta = \zeta - (1+\zeta)\cos^2\alpha$$

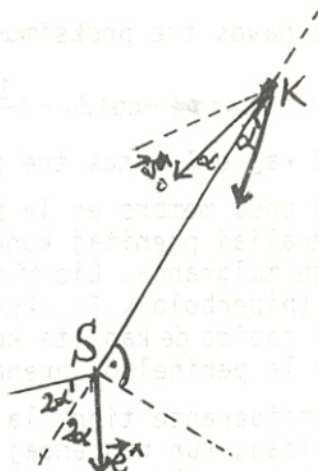
Oni vidas ke ĉi tiu angulo dependas de du diversaj kvantoj: la nombro ζ kaj la angulo α . Ni vidis ke ĉi tiuj du kvantoj (ζ kaj $\cos\alpha$) estas tre proksimaj al 1 (por observebla longperioda kometo).

Se oni prenas la kazon de parabolo, kiel limigan kazon, oni havas

$$(11) \quad \cos\beta = 1 - 2\cos^2\alpha = -\cos 2\alpha$$

Tio montras sendube ke la angulo, kiun la perihelio de la kometo faras kun ĝia ekira pozicio, estas duoble **pli** granda (kaj je la kontraŭa flanko), ol la angulo kiun la ekira rapido faras kun la sama direkto - enirinte la sunsistemon.

Aparte por $\alpha = 0$ ĉi tiuj tri direktoj kongruas, la perihelio havus la saman direkton el kiu la kometo devenis, nur kun la kontraŭa senco. Kiam α estas malgranda, β estas same malgranda, sed duobla. Kiam α atingus $\pi/4$, tiam β fariĝus $\pi/2$ (sed tiom grandaj devioj ja ne kondukus al observebla kometo!). Povus esti interesaj nur ankoraŭ la kazoj kiam α proksimas al π , diru $\pi - \alpha'$; tiam denove $\cos \beta = -\cos 2\alpha'$ kaj la perihelioj faras denove la angulon $2\alpha'$ kun la alvena direkto. Resume: la alvenintaj rapiddirektoj inter $-\pi/4$ kaj $+\pi/4$ havas koncernajn perihelidirektojn inter $+\pi/2$ kaj $-\pi/2$; la alvenintaj rapiddirektoj inter $3\pi/4$ kaj $5\pi/4$ havas la perihelidirektojn inter $+\pi/2$ kaj $-\pi/2$. Kompreneble gravas (kaj efektive eblas) nur la anguloj α proksimaj al 0 kaj al π .



La similan distribuon de la perihelioj oni povas atendi ankaŭ por la elipsa kazo.

Por vidi kiom la elipsa kazo (same ankaŭ la hiperbola, se novaj perturboj modifas la hiperbolon je la elipso!), diverŝas de la parabola kazo, prenu por la unua momento $\alpha = 0$, el (10) oni havus $\cos \beta = -1/e \approx -1$. Ankoraŭ pli bone oni vidas tion el (4), konsiderante ke pro $\alpha = 0$ kongruas $\vec{r}_0$ kaj $\vec{v}_0$, do

$$(12) \quad \vec{e} = -\vec{r}_0.$$

Tio montras ke ĉi tie, same kiel ĉe la parabolo, la perihelio havus la saman direkton kiel la ekira pozicio.

Se la angulo α ne estas nulo, sed estas tre malgranda, (10) donos

$$\cos \beta = -\cos 2\alpha + \cos 2\alpha + \frac{\zeta - (1+\zeta)\cos^2 \alpha}{e} = -\cos 2\alpha + \left(1 - \frac{1}{e}\right) + \left(-2 + \frac{1+\zeta}{e}\right)\sin^2 \alpha.$$

Sed el (6) oni havos

$$e = (e^2)^{-1/2} \approx 1 + \frac{1-\zeta^2}{2}\sin^2 \alpha$$

kaj oni havos tre proksimuman valoron

$$(13) \quad \cos \beta \approx -\cos 2\alpha - \left(\frac{1-\zeta^2}{2} + 2 - \frac{1+\zeta}{e} \right) \sin^2 \alpha$$

kie $\zeta < 1$ kaj $e < 1$ estas tre proksimaj al $\zeta \approx 1$, $e \approx 1$.

La unua membro en la parentezoj estas preskaŭ nulo, same ankaŭ du aliaj prenitaj kune; aliflanke ni vidis ke $\sin \alpha$ estas same ege malgranda. Ĉio tiomontras ke, *ankaŭ en la kazo de la elipso (hiperbolo), la ekira angulo inter la relativaj pozicio kaj rapido de kaptita kometo duobligas (aŭ preskaŭ duobligas) en la perihelio, prenante samtempe la kontraŭan flankon.*

Konsiderante tion, la konkludoj el la parabola kazo restas validaj, kun negrandaj modifoj, ankaŭ por la elipsa kazo. Kiam ζ kaj e malproksimiĝas de 1, la konkludoj ne plu validos en la sama kvanto, sed tio ja ne plu respondas al observeblaj kazoj de longperiodaj kometoj.

LA KONKLUDOJ

Revenante al la komenco de ĉi tiu artikolo, kie estas menciite ke la neregulecoj en la distribuo de la perihelioj de observitaj kometoj estas neniel sekvo eĉ de plurfojaj planed'-perturboj, oni povas konkludi ke por la neregulecoj (nehomogeneco) oni devas serĉi kaŭzojn en la nehomogeneco de la distribuo de eblaj direktoj el kiuj alvenas la kometoj. La rilato donita supre (inter la anguloj de la perihelio kaj de la ekira rapido) povas kredeble helpi dum tia serĉado de la kaŭzoj.

Resumo

PRI LA DIREKTOJ DE LA PERIHELIOJ DE KOMETOJ

(Boj. Popovič, Beograd, Jugoslavio)

La diskompono de la spaca rapido $\vec{v}_k$ de kometo, en la direkton de la moviĝo de suno al la apekso ($\vec{v}_a$) kaj perpendikle al tiu direkto, donas por la relativa rapido (1) la valoron (2). Pro la samtempa grandeco de r_0 kaj a oni havas la sekvon (3).

La perihelia vektoro (4), kie $\vec{r}_0$ kaj $\vec{v}_0$ estas la koncernaj unuo-vektoroj, donas (6), el kio sekvas (konsiderante ioman planed'perturbon de la orbito) ke (7) estas la nepra kondiĉo ke kometo fariĝu (long)perioda. La perihelia distanco (8) de la kometo povas esti malgranda nur se α estas tre malgranda, aŭ tre proksima al π . Tio konfirmas ke la observeblaj kometoj (ne multe perturbitaj) venas al ni preskaŭ el la direkto de la apekso.

La angulo β (9) dependas laŭ (10) de γ kaj α . Por la parabolo oni vidas ke $\cos\beta = -\cos 2\alpha$, do la perihelio faras duoble pli grandan angulon (ol tion faras la ekira rapido) kun la ekira (alvena) pozicio de kometo, sed kontraŭflanken. La esprimo (11) montras ke la samo validas tre proksimume ankaŭ por la elipso.

La trovita eco de la perihelio povas verŝajne utile servi en esplorado de la observe konstatita nehomogeneco en la distribuo de la perihelioj, serĉonte ĝian respegulon en simila nehomogeneco ĉe direktoj de la ekira rapido.

MENCIITA LITERATURO

Joss 1973: "Icarus", 1973., 19, n-ro 1, 147-153

Tomanov 1976: "Astronomičeskij Vestnik" 1976, N-ro 1, 44-49.

Résumé

SUR LES DIRECTIONS DES PÉRIHÉLIES DES COMÈTES

(Bož. Popović, BEOGRAD, Jugoslavie)

La décomposition de la vitesse spatiale $\vec{v}_k$ d'une comète, à la direction du mouvement du Soleil vers l'apex ($\vec{v}_a$) et perpendiculairement à cette direction, donne pour la vitesse relative (1) la valeur (2). Car r_0 et a sont très grands simultanément, on trouve la conséquence (3).

Le vecteur (4) du périhélie, $\hat{r}_0$ et $\hat{v}_0$ sont les vecteurs unités, donne (6), d'où (en considérant aussi les perturbations planétaires de l'orbite) il suit que (7) est la condition nécessaire pour la périodicité de la comète. La distance (8) au périhélie de la comète peut être très petite uniquement si α est très petit, ou très prochain à π . Cela confirme que les comètes observables (et peu perturbées) viennent à nous de la direction presque d'apex.

L'angle β (9) dépend de ζ et de α - d'après (10). Dans le cas parabolique on voit que $\cos\beta = -\cos 2\alpha$, donc le périhélie fait avec la direction initiale de la comète angle qui est deux fois plus grand (et du côté opposé) que l'angle de la vitesse initiale. L'expression (11) montre qu'on a approximativement le même pour le cas elliptique aussi.

La propriété trouvée du périhélie peut probablement être utile pendant les recherches concernant les irrégularités constatées dans la distribution des périhélies, cherchant la cause en une inhomogénéité semblable dans la distribution des vitesses initiales.