

**Czy komety Oorta były
faktycznie z obłoku Oorta?**

Piotr A. Dybczyński
Obserwatorium Astronomiczne UAM

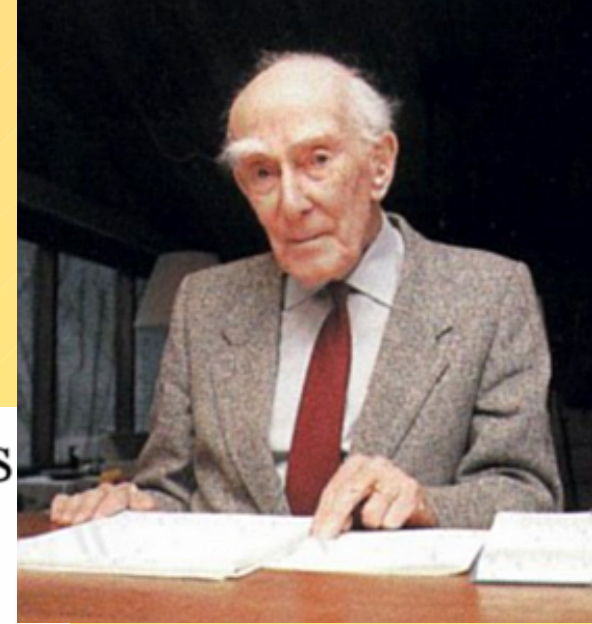
Ciążeń, 18 maja 2006

Skala czasu, odległości i prędkości

<i>a</i> [AU]	<i>P</i> [mln lat]
10000	1.0
20000	2.8
40000	8.0
60000	15
80000	23
100000	31

$$20 \frac{km}{s} = 20.4 \frac{ps}{mln\ lat}$$

Punkt wyjścia



BULLETIN OF THE ASTRONOMICAL INSTITUTES OF THE NETHERLANDS

1950 JANUARY 13

VOLUME XI

NUMBER 408

COMMUNICATION FROM THE OBSERVATORY AT LEIDEN

THE STRUCTURE OF THE CLOUD OF COMETS SURROUNDING THE SOLAR SYSTEM, AND A HYPOTHESIS CONCERNING ITS ORIGIN,

BY J. H. OORT

The combined effects of the stars and of Jupiter appear to determine the main statistical features of the orbits of comets.

From a score of well-observed original orbits it is shown that the "new" long-period comets generally come from regions between about 50000 and 150000 A.U. distance. The sun must be surrounded by a general cloud of comets with a radius of this order, containing about 10^{11} comets of observable size; the total mass of the cloud is estimated to be of the order of $1/10$ to $1/100$ of that of the earth. Through the action of the stars fresh comets are continually being carried from this cloud into the vicinity of the sun.

The article indicates how three facts concerning the long-period comets, which hitherto were not well understood, namely the random distribution of orbital planes and of perihelia, and the preponderance of nearly-parabolic orbits, may be considered as necessary consequences of the perturbations acting on the comets.

The theoretical distribution curve of $1/a$ following from the conception of the large cloud of comets (Table 8) is shown to agree with the observed distribution (Table 6), except for an excess of observed "new" comets. The latter is taken to indicate that comets coming for the first time near the sun develop more extensive luminous envelopes than older comets. The average probability of disintegration during a perihelion passage must be about 0.014. The preponderance of direct over retrograde orbits in the range from a 25 to 250 A.U. can be well accounted for.

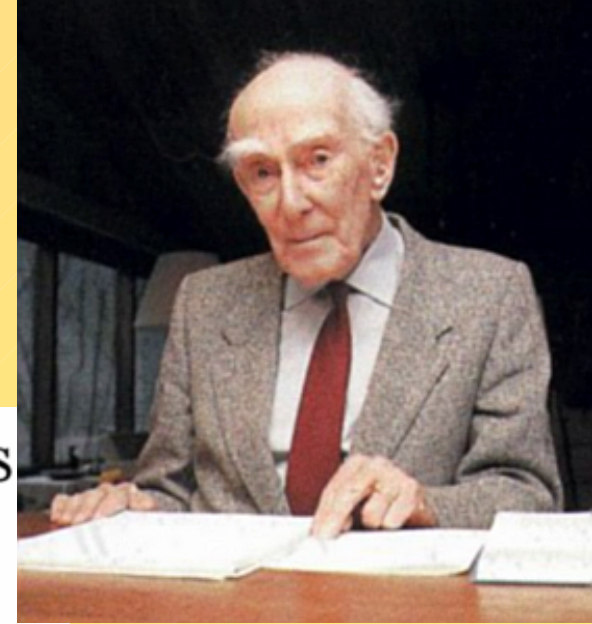
The existence of the huge cloud of comets finds a natural explanation if comets (and meteorites) are considered as minor planets escaped, at an early stage of the planetary system, from the ring of asteroids, and brought into large, stable orbits through the perturbing actions of Jupiter and the stars.

The investigation was instigated by a recent study by VAN WOERKOM on the statistical effect of Jupiter's perturbations on comet orbits. Action of stars on a cloud of meteors has been considered by ÖPIK in 1932.

1. *Sketch of the Problem.*

TABLE I

Punkt wyjścia



BULLETIN OF THE ASTRONOMICAL INSTITUTES OF THE NETHERLANDS

1950 JANUARY 13

VOLUME XI

NUMBER 408

COMMUNICATION FROM THE OBSERVATORY AT LEIDEN

THE STRUCTURE OF THE CLOUD OF COMETS SURROUNDING THE SOLAR SYSTEM, AND A HYPOTHESIS CONCERNING ITS ORIGIN,

BY J. H. OORT

The combined effects of the stars and of Jupiter appear to determine the main statistical features of the orbits of comets.

From a score of well-observed original orbits it is shown that the "new" long-period comets generally come from regions between about 50000 and 150000 A.U. distance. The sun must be surrounded by a general cloud of comets with a radius of this order, containing about 10^{11} comets of observable size; the total mass of the cloud is estimated to be of the order of $1/10$ to $1/100$ of that of the earth. Through the action of the stars fresh comets are continually being carried from this cloud into the vicinity of the sun.

The article indicates how three facts concerning the long-period comets, which hitherto were not well understood, namely the random distribution of orbital planes and of perihelia, and the preponderance of nearly-parabolic orbits, may be considered as necessary consequences of the perturbations acting on the comets.

The theoretical distribution curve of $1/a$ following from the conception of the large cloud of comets (Table 8) is shown to agree with the observed distribution (Table 6), except for an excess of observed "new" comets. The latter is taken to indicate that comets coming for the first time near the sun develop more extensive luminous envelopes than older comets. The average probability of disintegration during a perihelion passage must be about 0.014. The preponderance of direct over retrograde orbits in the range from a 25 to 250 A.U. can be well accounted for.

The existence of the huge cloud of comets finds a natural explanation if comets (and meteorites) are considered as minor planets escaped, at an early stage of the planetary system, from the ring of asteroids, and brought into large, stable orbits through the perturbing actions of Jupiter and the stars.

The investigation was instigated by a recent study by VAN WOERKOM on the statistical effect of Jupiter's perturbations on comet orbits. Action of stars on a cloud of meteors has been considered by ÖPIK in 1932.

1. *Sketch of the Problem.*

TABLE I

19 komet Oorta

TABLE I

Distribution of original semi-major axes
(a in Astronomical Units)

$1/a$		n
	< .000 05	10
.000 05	—	4
	10	1
	15	1
	20	1
	25	1
	50	1
.000 50	75	1
	> .000 75	0

Katalog Orbit Komet

- **Edycja XII** - Marsden B. G. & Williams G. V., 1997, Catalogue of Cometary Orbits 12th edition (Cambridge, Mass.: Minor Planet Center) - **308 komet** długookresowych klas 1 i 2
- **Edycja XV** - Marsden B. G. & Williams G. V., 2003, Catalogue of Cometary Orbits 15th edition (Cambridge, Mass.: Smithsonian Astrophysical Observatory) - **386 komet** długookresowych klas 1 i 2

Model perturbacji Galaktycznych

(wg. Heisler & Tremaine, 1986, Icarus 65, 13)

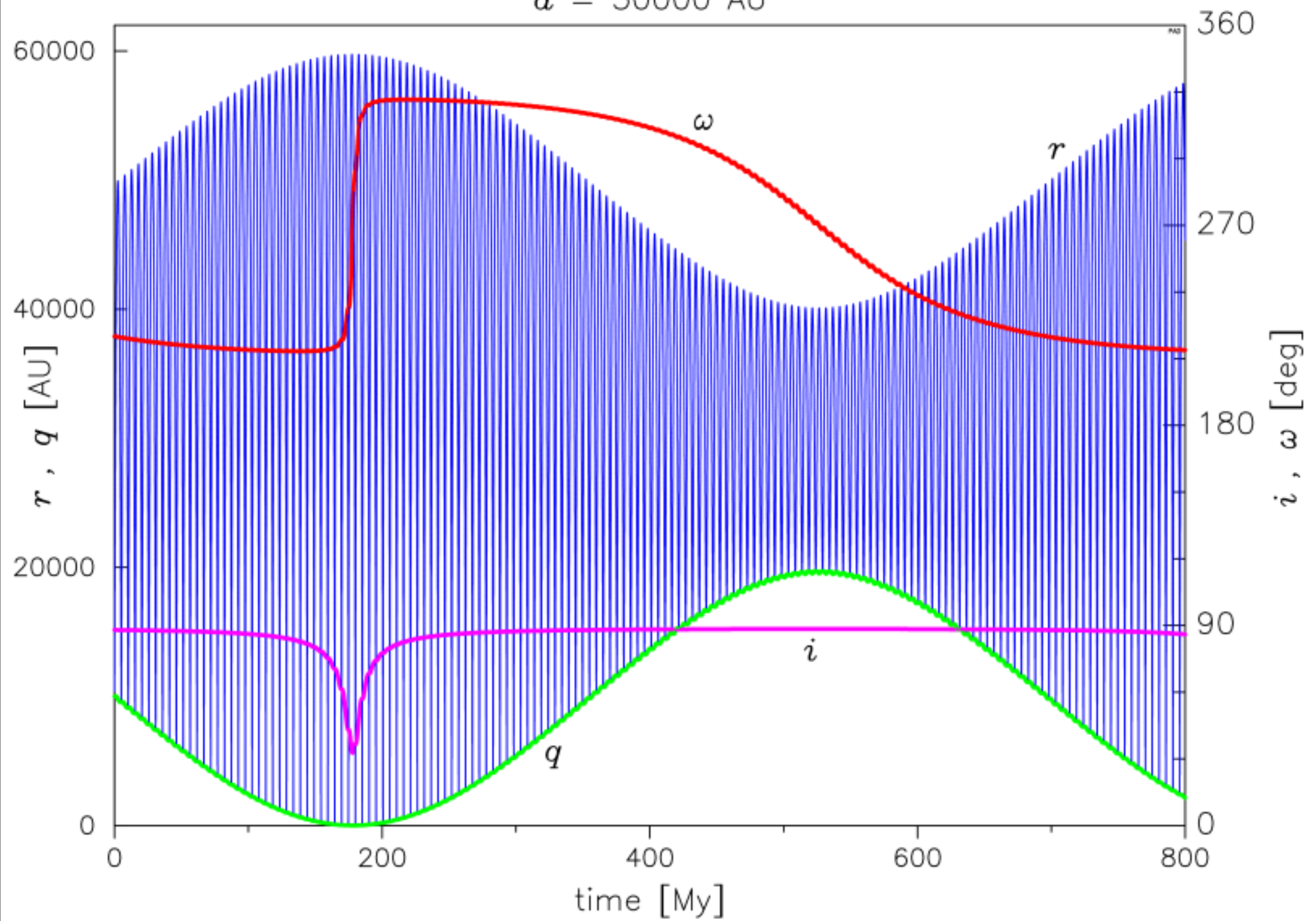
$$\ddot{x} = -\frac{\mu x}{r^3}$$

$$\ddot{y} = -\frac{\mu y}{r^3}$$

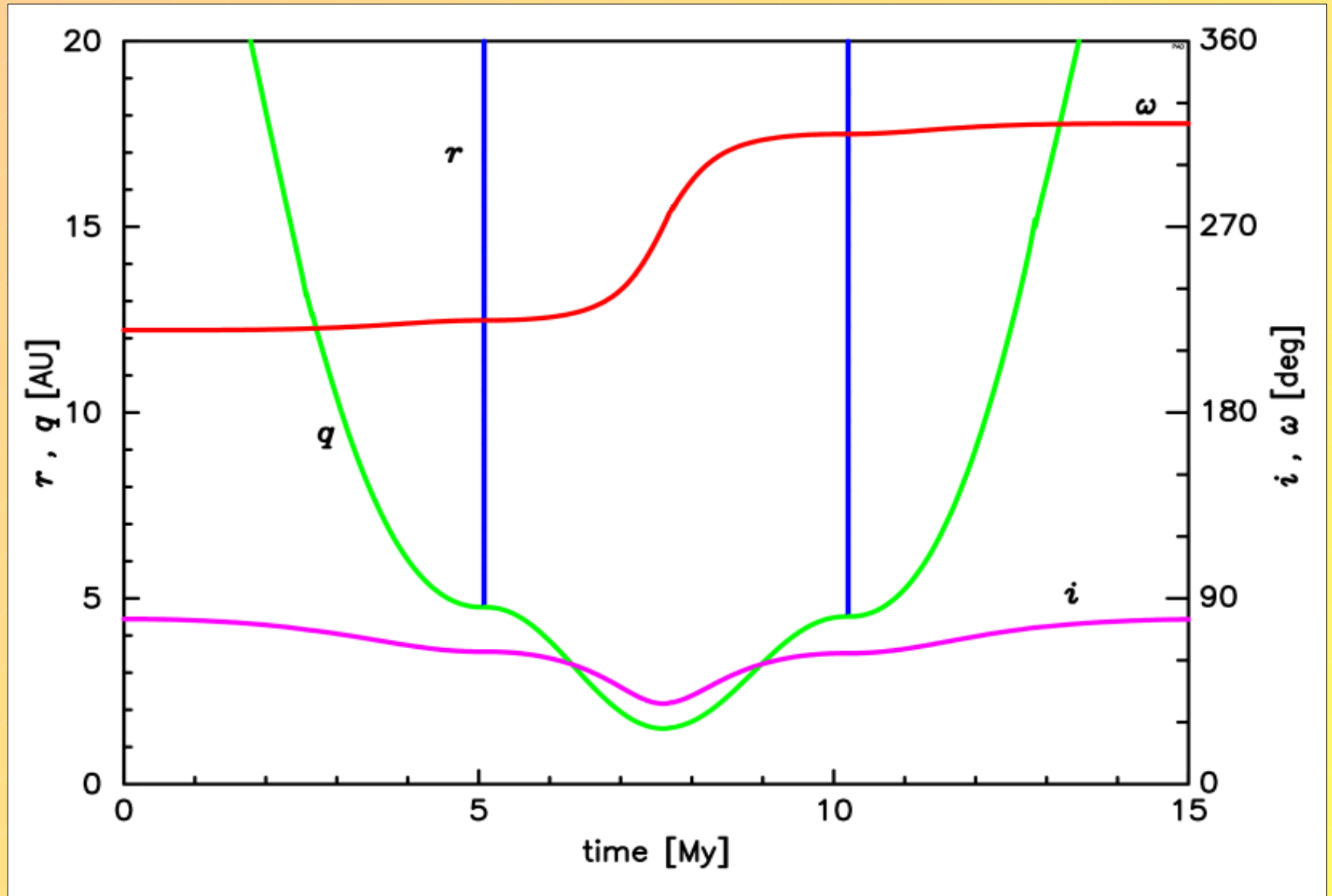
$$\ddot{z} = -\frac{\mu z}{r^3} - 4\pi G \rho z$$

$$\mu = k^2 \cdot (1 + \sum m_p) \quad \rho = 0.1 M_{\odot} pc^{-3}$$

$\alpha = 30000$ AU



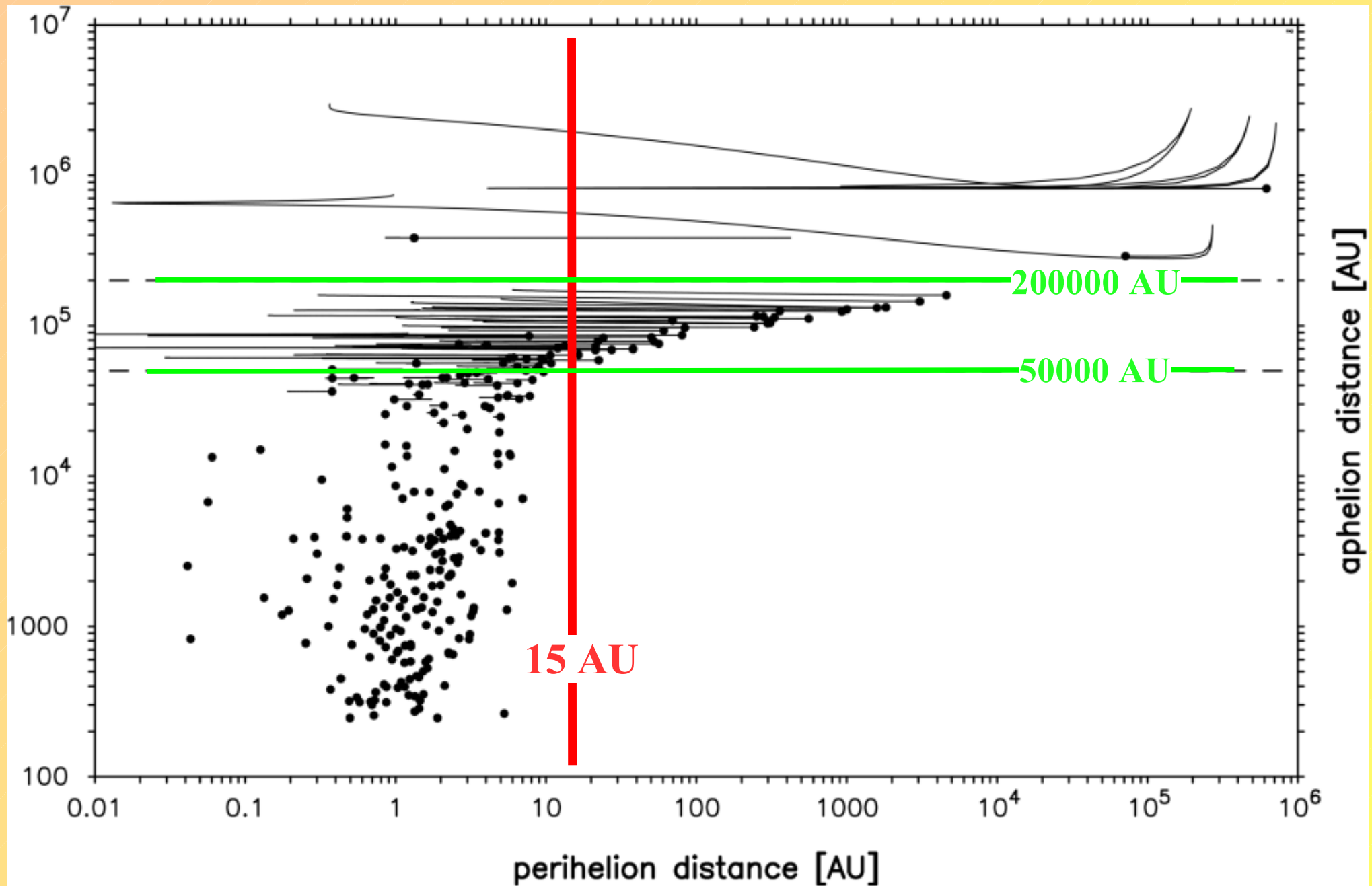
Trzeba całkować numerycznie



Integratory

- **RA15 - Everhart E., 1985, in: IAU Coll. 83, Dynamics of comets: Their Origin and Evolution, eds.: A. Carusi & G. B. Valsecchi (D. Reidel Publishing Company), str. 185**
- **D2RKD7 - Dormand J. R. & Prince P. J., 1978, Celestial Mechanics, vol. 18, str. 223, Fox K., 1984, Celestial Mechanics, vol. 33, str. 127**

Historia dynamiczna 255 komet długookresowych - wpływ Galaktyki



Czy 'nowe' są faktycznie nowe ?

Previous q	“restricted” set	all comets
0–2 AU	3	10
2–15 AU	24	31
15–40 AU	6	12
>40 AU	20	32

Rozkład “poprzedniej” odległości peryhelium 85 eliptycznych komet długookresowych, nowych w sensie Oorta ($a > 10000$ AU)

Katalogi gwiazdowe i internetowe bazy danych

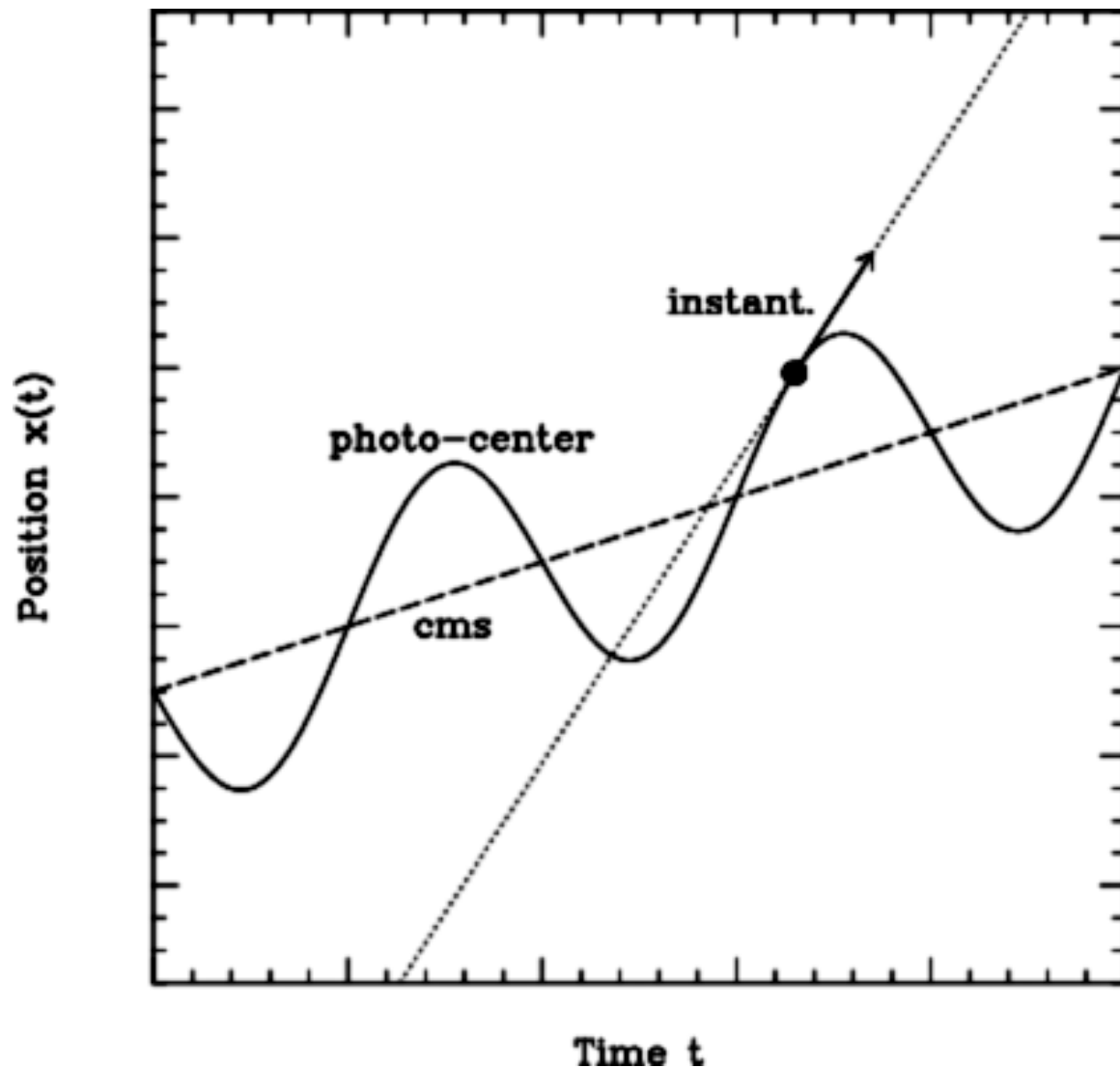
- **Hipparcos**
- **Tycho-2**
- **Gliese**
- **ARIHIP**
- **Yalle**
- **VR - różne**

- **SIMBAD**
- **VIZIER**
- **NStars**
- **ARICNS**
- **RECONS**
- **CDS**

Potrzebna baza danych o gwiazdach ze znanymi:

α , δ , μ , π oraz v_r

ARIHIP



- 90842 gwiazd
- źródło:
HIPPARCOS
+ FK6 + GC
+ TYCHO-2
- lepsze,
dokładniejsze
(o czynnik
1.6) ruchy
własne

Gwiazdy zbliżające się do Słońca - grupa 'high precision'

HIP	Name	D_{min}	ΔD_{min}	T_{min}	ΔT_{min}	π	V_r	ΔV_r^a	Flag ^b
89825	GJ 710	0.209	0.136	+1361.30	58.38	0.052	-13.9	0.2 S	C
14754	GJ 127.1A	0.803	0.053	-149.13	0.67	0.099	+65.9	0.1 M	A
57544	GJ445	1.071	0.014	+45.35	0.12	0.186	-111.7	0.1 A	B
87937	Barnard's Star	1.146	0.007	+9.73	0.20	0.548	-110.8	1.0 H	B
27288	GJ 217.1	1.316	0.141	-822.51	107.61	0.046	+25.6	1.2 G	C
54035	GJ 411	1.444	0.005	+20.02	0.07	0.392	-84.7	0.1 N	B
26335	GJ 208	1.587	0.052	-495.18	6.57	0.088	+22.0	0.1 N	B
26624	HD 37594	1.725	0.574	-1801.42	309.02	0.024	+22.4	1.3 S	B
30344	HD 44821	1.852	0.457	-1987.48	79.35	0.034	+14.4	0.2 N	A
57548	GJ 447	1.901	0.019	+70.93	1.19	0.300	-31.1	0.2 A	B
92403	GJ 729	1.988	0.012	+153.02	2.99	0.336	-10.5	0.1 A	B
30067	HD 43947	1.998	0.192	-660.70	5.14	0.036	+40.5	0.1 A	B

Do 3 pc drugie tyle, A - nowe, B - potwierdzone, C - poprawione.

Gwiazdy zbliżające się do Słońca - grupa 'lower precision'

HIP ^a	Name	D_{min}	ΔD_{min}	T_{min}	ΔT_{min}	π	V_r	ΔV_r^b	Flag ^c
93449 S	V* R CrA	0.542	2.621	+222.12	73.10	0.122	-36.0	5.0 R	A
71683 S	α Centauri A	0.925	0.005	+27.76	0.57	0.742	-25.1	0.3 N	C
71681 S	α Centauri B	0.975	0.015	+27.66	2.05	0.742	-22.7	1.0 S	C
70890 H	Proxima	0.954	0.036	+26.7	0.2	0.772	-21.7	1.8 S	D
12351 T	GJ 1049	1.466	3.106	-611.92	512.99	0.061	+26.2	10.0 S	B
31821 T	HD 47787	1.570	3.016	-2596.15	220.65	0.021	+18.3	0.2 N	A
54806 T	HD 97578	1.594	3.028	-1331.18	129.51	0.031	+23.5	1.0 B	A
110893 S	GJ 860A	1.607	0.035	+96.90	1.77	0.250	-33.9	0.1 A	B
100111 T	HD 351880	1.726	7.125	-942.37	71.45	0.040	+26.1	0.3 S	B
10332 T	V* UX Per	1.809	6.031	+1009.87	113.93	0.023	-41.5	2.0 R	A

Do 3 pc łącznie 25 sztuk.

Najbardziej obiecujące z grupy 'high precision'

HIP	Star name	<i>DD</i>	V[mag]	α_{2000}	δ_{2000}	spectral type
6935	HD 9176	2.432	8.90	01 29 23.2	-47 56 23	F5 IV/V
19527	HD 26439	1.605	8.50	04 11 00.5	+01 57 52	A9 V
24124	TYC-111-834-1	0.313	10.94	05 10 52.4	+06 16 28	-
24600	HD 34353	1.495	9.58	05 16 36.5	-06 35 21	A2 IV/V
25469	HD 35716	2.643	8.51	05 26 48.1	+02 04 06	B8 V
29035	HD 233207	1.869	8.92	06 07 32.1	+51 57 32	G5
30108	HD 43724	0.823	8.03	06 20 09.5	+46 38 49	G5
38205	HD 65040	2.844	8.91	07 49 39.1	-74 38 15	F6 V
112584	SAO 20251	2.761	9.12	22 48 07.6	+69 04 30	G0

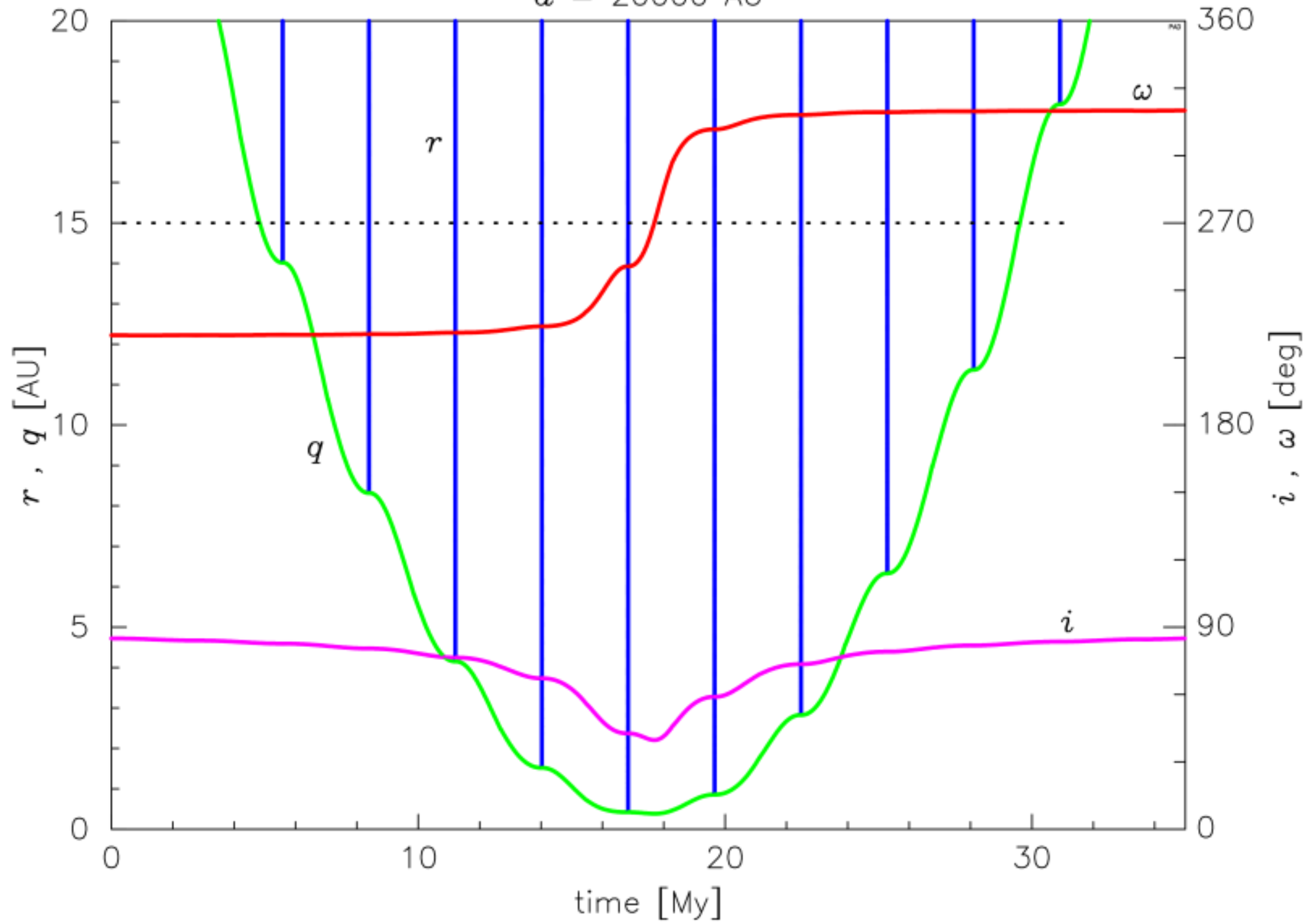
Lista 21 gwiazd zaburzających ostatnio lub obecnie ruch komet w obłoku Oorta.

HIP	Name	M_*	HIP	Name	M_*	HIP	Name	M_*
14576	Algol	5.8	12351	GJ 1049	0.7	16537	ε Eridani	0.85
30344	HD44821	0.92	13769	GJ 120.1C	0.1	24186	Kapteyn's Star	0.281
26624	HD 37594	1.5	26335	GJ 208	0.7	54035	GJ 411	0.464
93506	HD 176687	5.63	13772	GJ 120.1	1.0	70890	Proxima	0.107
27288	GJ 217.1	2.0	27887	GJ 2046	0.75	71681	α Centauri B	0.916
26373	HD 37572	0.76	22738	GJ 2036	0.5	71683	α Centauri A	0.925
30067	HD 43947	0.94	14754	GJ 127.1A	0.61	32349	Sirius	2.5

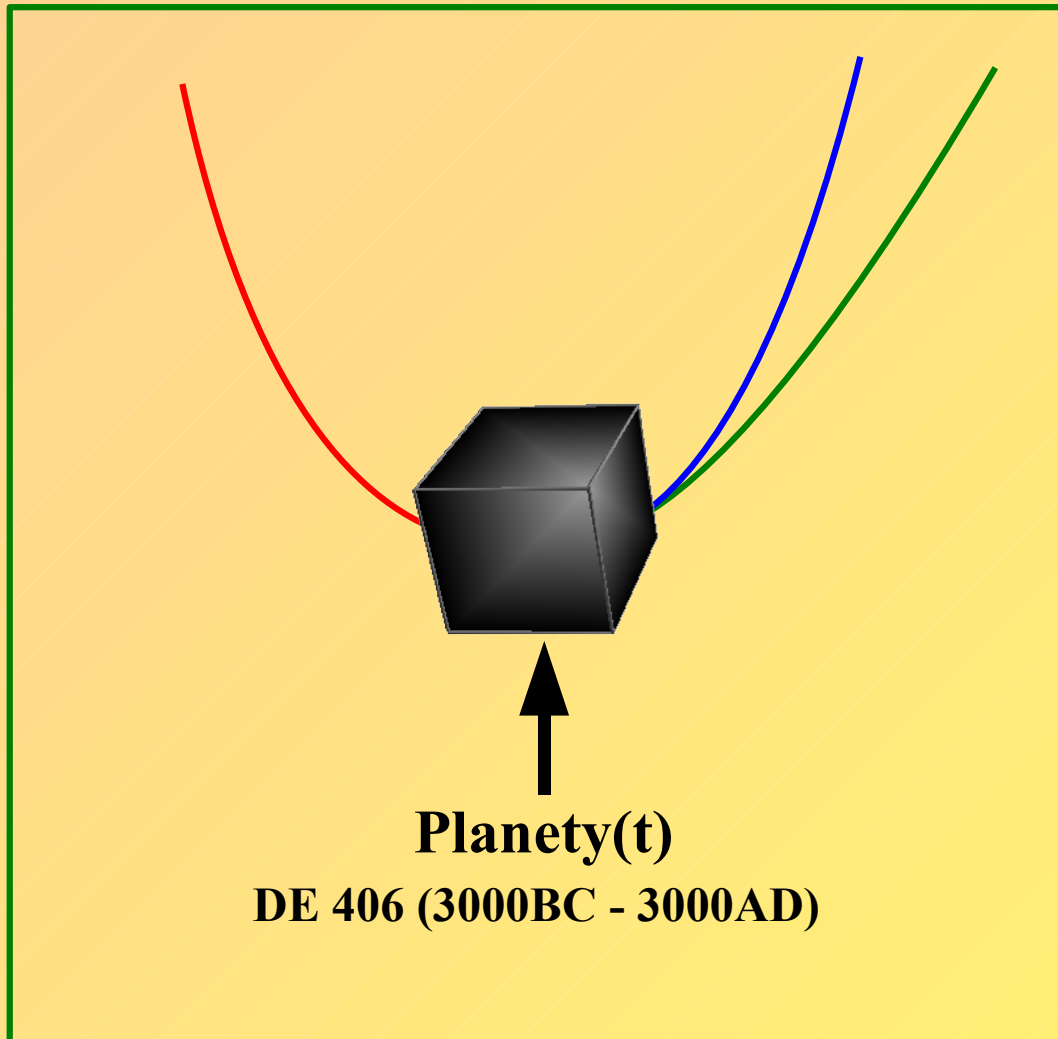
Trzeba uwzględnić perturbacje planetarne

- **Komety o mniejszych pólosciach mają mały okres orbitalny i wielki okres ewolucji orbity.**
- **W czasie jednego minimum odległości peryhelium pojawiają się kilka – kilkadziesiąt razy pomiędzy planetami.**
- **Uwzględnianie planet wprost nie wchodzi w grę.**
- **Ratunek : współczynnik nieprzezroczystości Układu Słonecznego**

$a = 20000$ AU



Szacowanie przezroczystości Układu Słonecznego



306 – obserwowanych
110160 – klonowanych
187632 – symulowanych

Współczynnik nieprzezroczystości Układu Słonecznego

<i>źródło szacowania</i>	<i>$a < 10000 \text{ AU}$</i>	<i>$a > 10000 \text{ AU}$</i>
komety obserwowane	0.23	0.64
komety klonowane	0.24	0.48
komety symulowane	-	0.49

Poprawione przybliżenie impulsowe

$$\Delta v_x = -\frac{2k^2 M_\star}{V_\infty} \left(\frac{a_c}{c_c^2} - \frac{a_s}{c_s^2} \right)$$

$$\Delta v_y = \frac{2k^2 M_\star}{V_\infty} \left(\frac{b_s - y_c}{c_c^2} - \frac{a_s}{c_s^2} \right)$$

$$\Delta v_z = -\frac{2k^2 M_\star}{V_\infty} \left(\frac{z_c}{c_c^2} \right)$$

$$a_c = k^2 M_\star / V_\infty^2$$

$$a_s = k^2 (M_\star + 1) / V_\infty^2$$

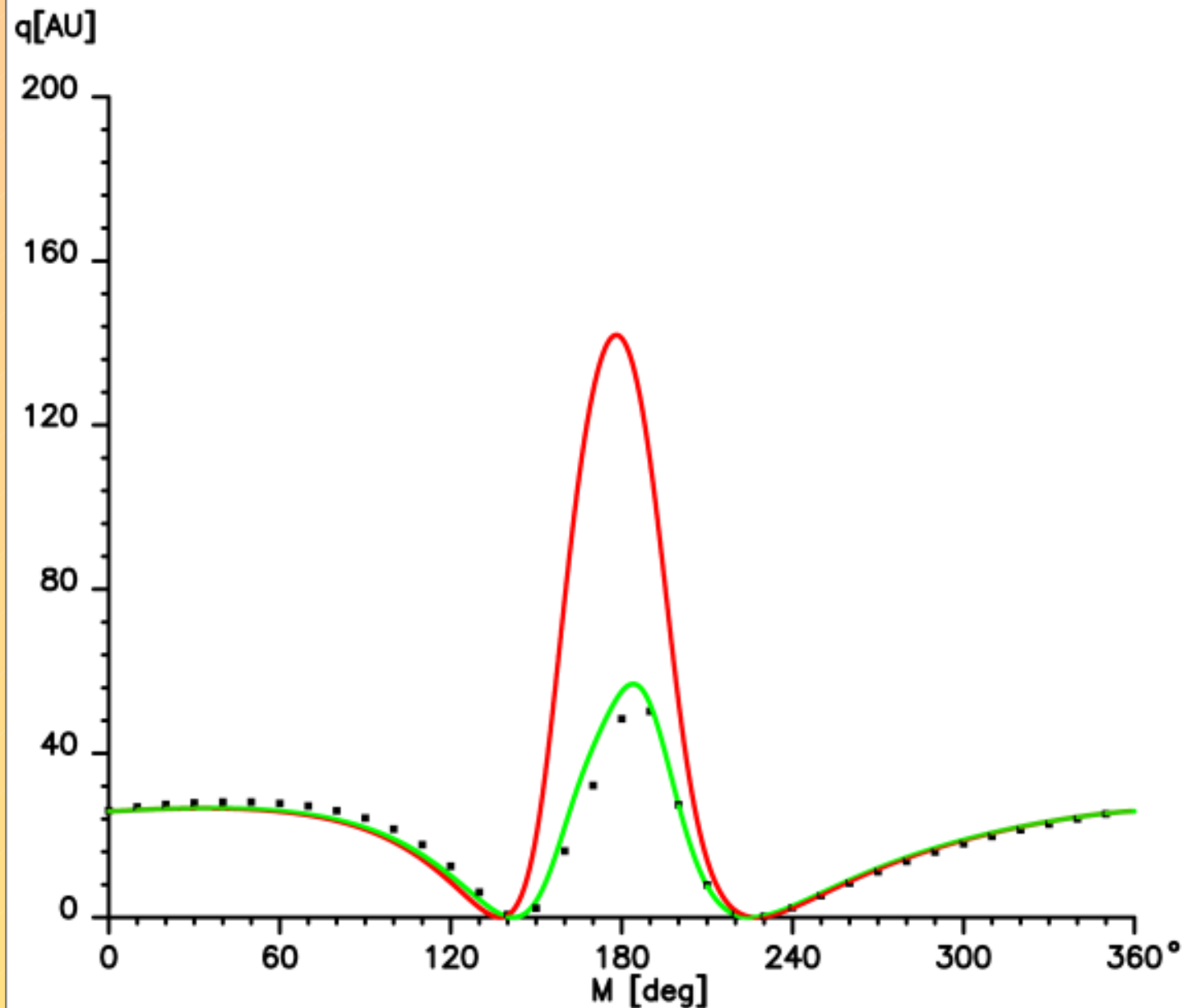
$$b_s = a_s \sqrt{e_\star^2 - 1}$$

$$c_s^2 = a_s^2 + b_s^2$$

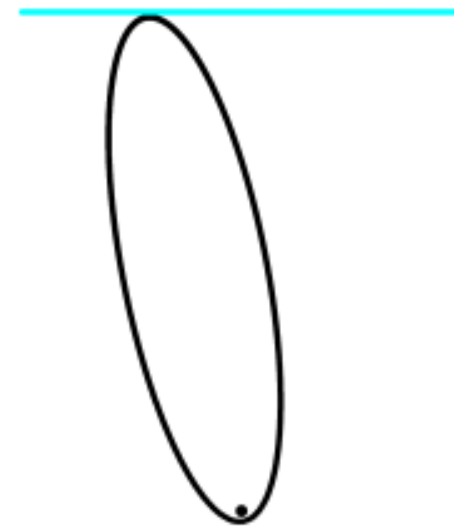
$$c_c^2 = a_c^2 + (b_s - y_c)^2 + z_c^2$$

Stellar perturber parameters :

$M_* = 1.0 M_{\odot}$, $V_{\infty} = 30.0$ km/s, $q_* = 1000$ AU
 $i = 0.10^{\circ}$, $\omega = 0.00^{\circ}$, $\Omega = 90.00^{\circ}$



Passage geometry



$d_{\min} = 10.99$ AU

Comet parameters :

$Q = 1007.10$ AU
 $q = 20.70$ AU
 $i = 0.01^{\circ}$
 $\omega = 280.00^{\circ}$
 $\Omega = 1.00^{\circ}$

Filtr dynamiczny

(wg: Breiter, Dybczyński, Elipe, 1996, A&A 315, 618)

$$\alpha = (1 - e^2) \cos^2 i$$

$$\beta = 1 - \alpha - \sin^2 i (1 - e^2 + 5e^2 \sin^2 \omega)$$

$$\kappa = (4 - 5\alpha + \beta)^2 + 20\alpha\beta$$

$$e_{\max} = \frac{1}{8} \sqrt{4 - 5\alpha - \beta + \sqrt{\kappa}},$$

$$r_{\min} = \frac{p}{(1 - e^2)} (1 - e_{\max})$$

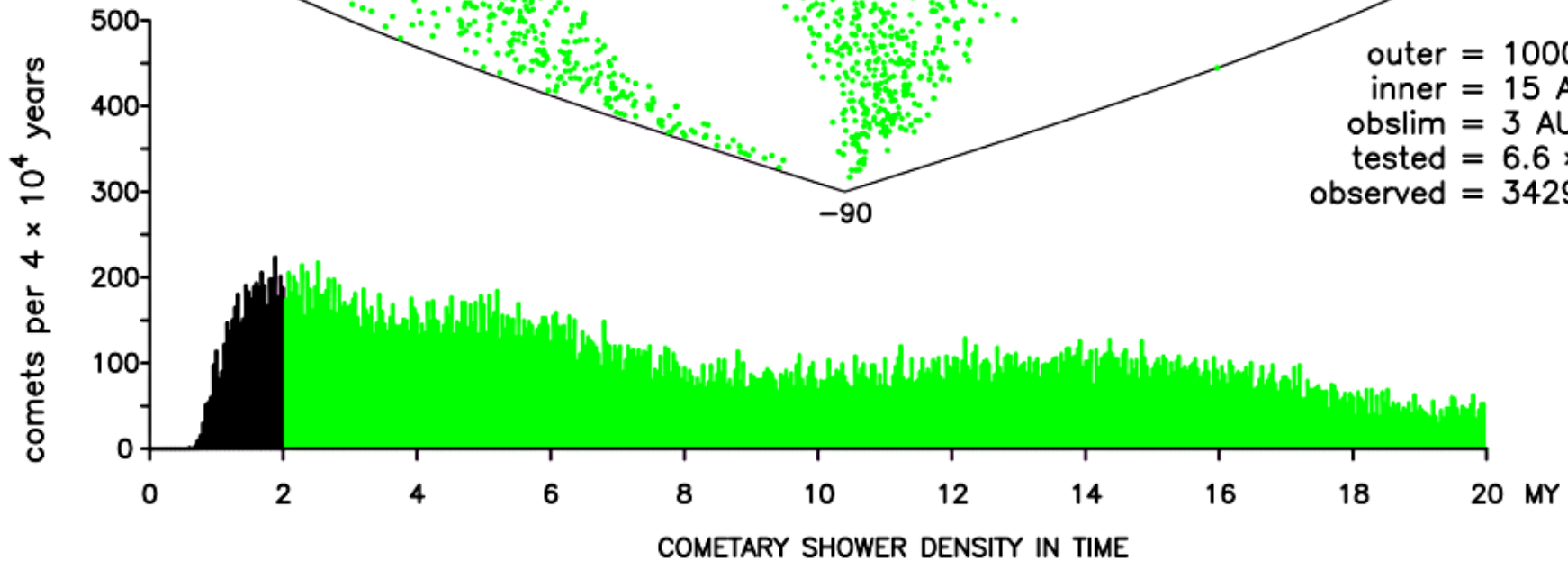
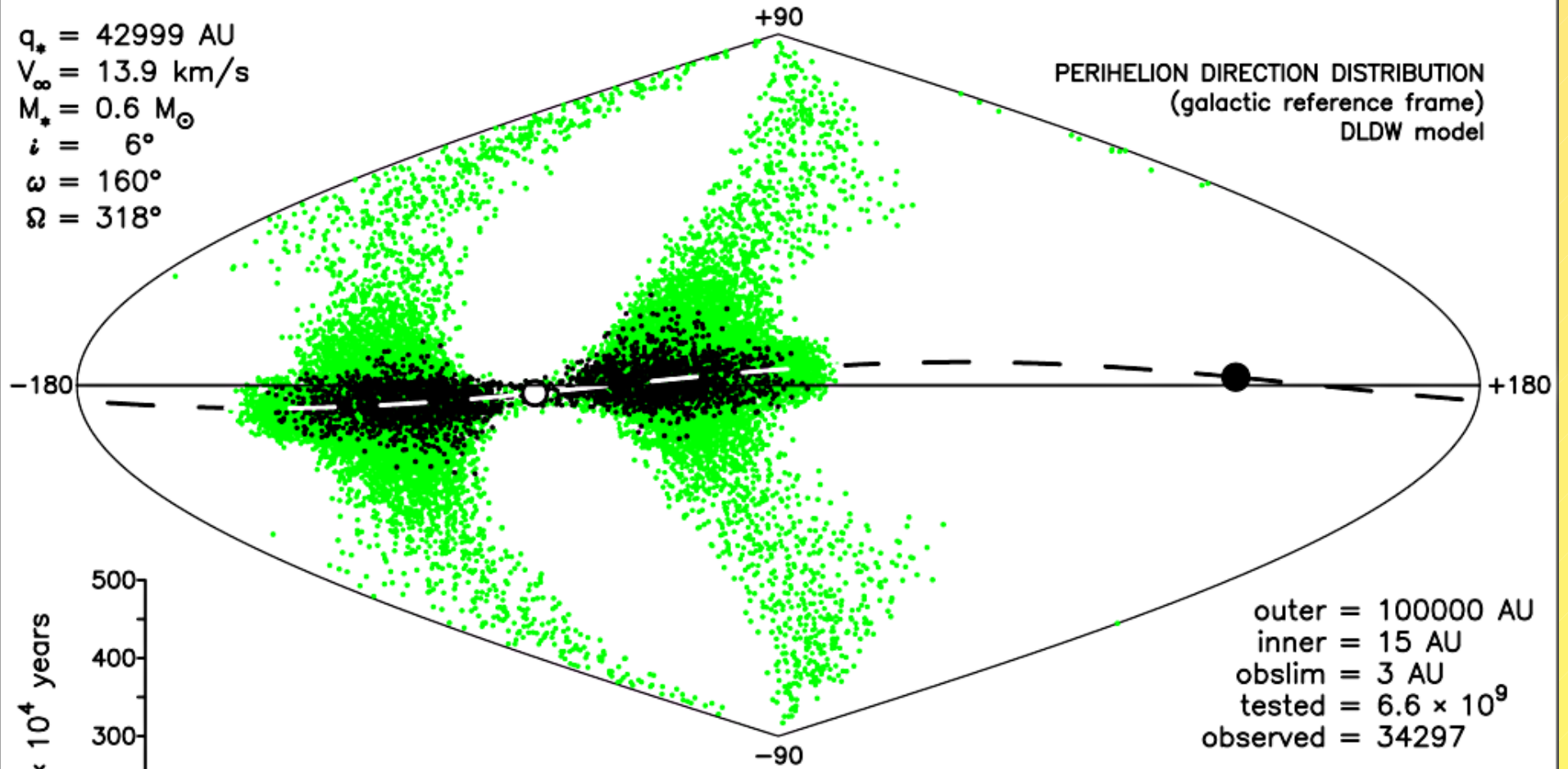
Schemat symulacji Monte Carlo

1. Wybierz parametry przejścia gwiazdy: M_{\star} , V_{∞} , q_{\star} , Ω_{\star} , ω_{\star} , i_{\star} w heliocentrycznym układzie Galaktycznym,
2. Wylosuj kometę (a , e , $\cos i$, Ω , ω) z wybranego modelu (DQT lub DLDW) w układzie płaszczyzny niezmienniczej Układu Słonecznego,
3. Jeśli $r_{\min} < 15$ AU - odrzuć,
4. Wylosuj anomalię średnią M komety z rozkładu jednostajnego i wylicz jej położenie i prędkość,
5. Wylicz efekty oddziaływania gwiazdy,
6. Jeśli $r_{\min} > 15$ AU - odrzuć,
7. Całkuj numerycznie przez 20 mln lat rejestrując każde przejście przez peryhelium poniżej 15 AU,
8. “Następna proszę” (powtarzaj od kroku 2)

STAR: GJ 710

$q_* = 42999$ AU
 $V_g = 13.9$ km/s
 $M_* = 0.6 M_\odot$
 $i = 6^\circ$
 $\omega = 160^\circ$
 $\Omega = 318^\circ$

PERIHELION DIRECTION DISTRIBUTION
(galactic reference frame)
DLDW model

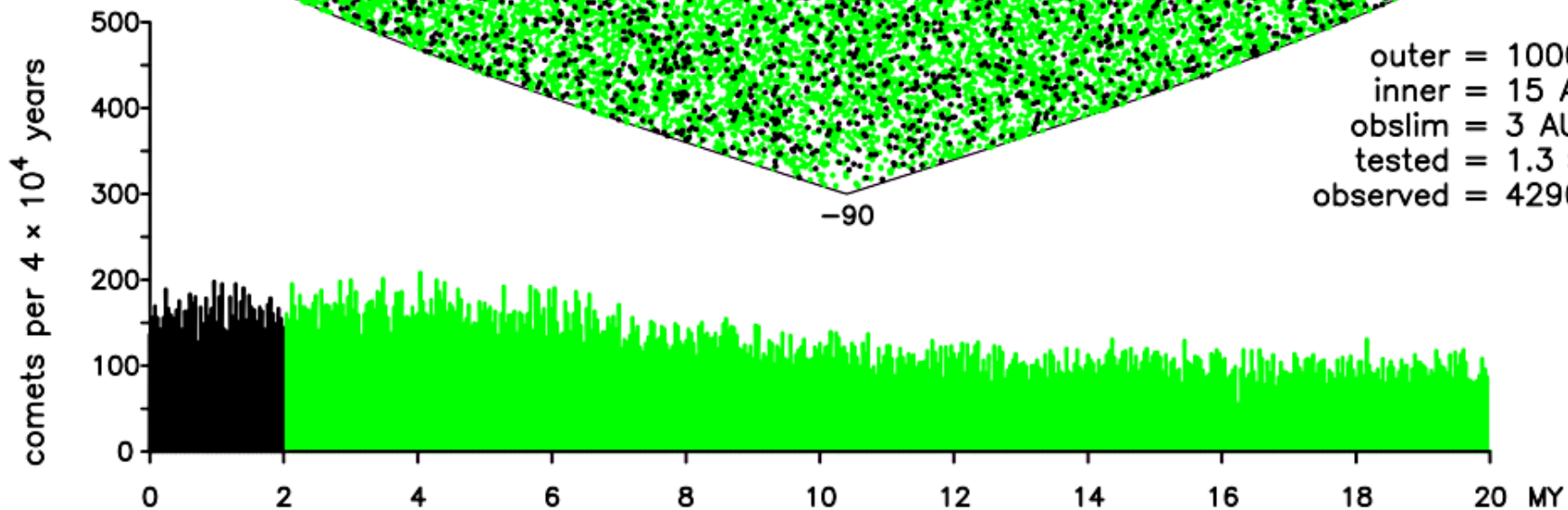
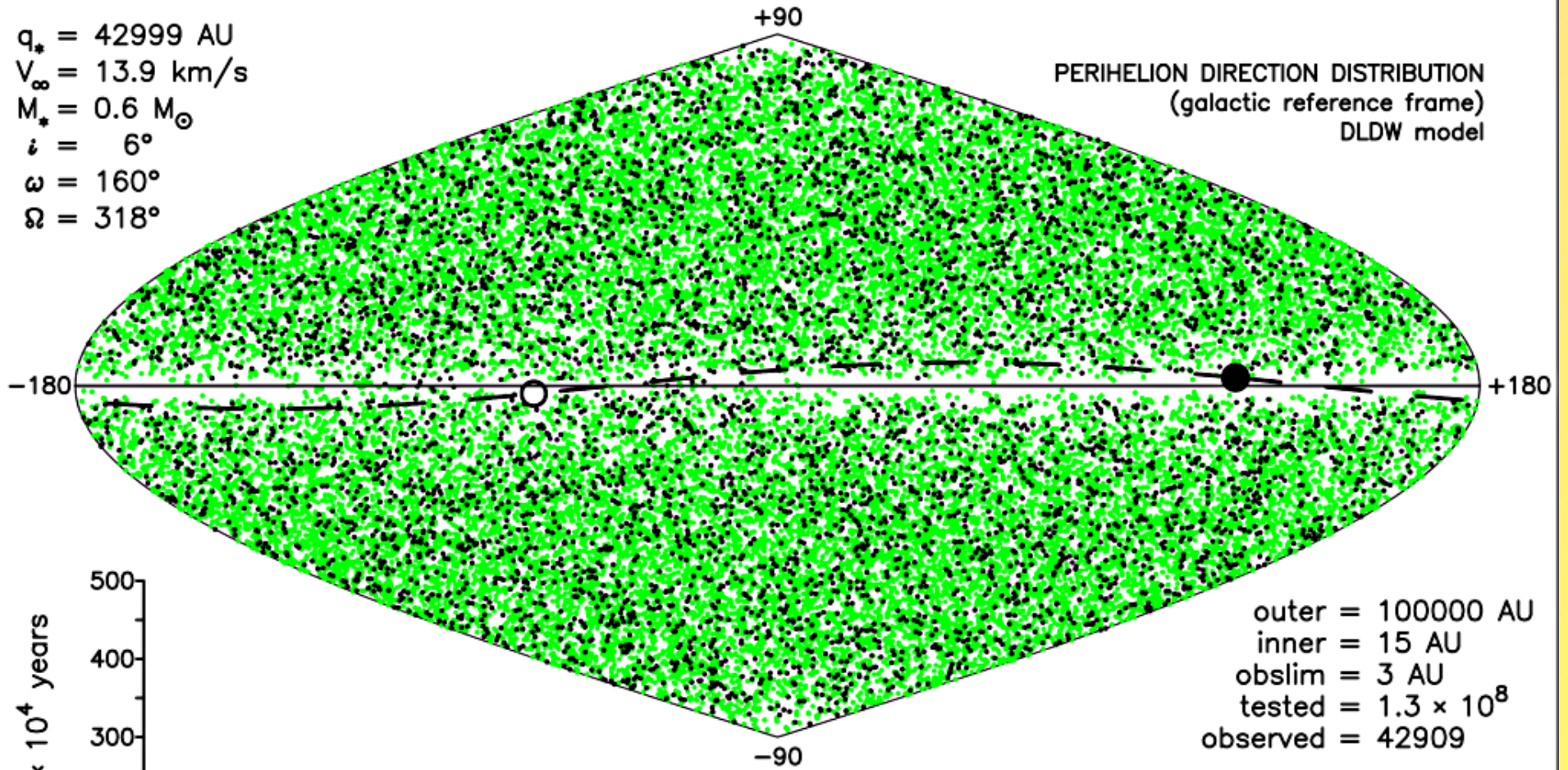


outer = 100000 AU
inner = 15 AU
obslim = 3 AU
tested = 6.6×10^9
observed = 34297

STAR: GJ 710

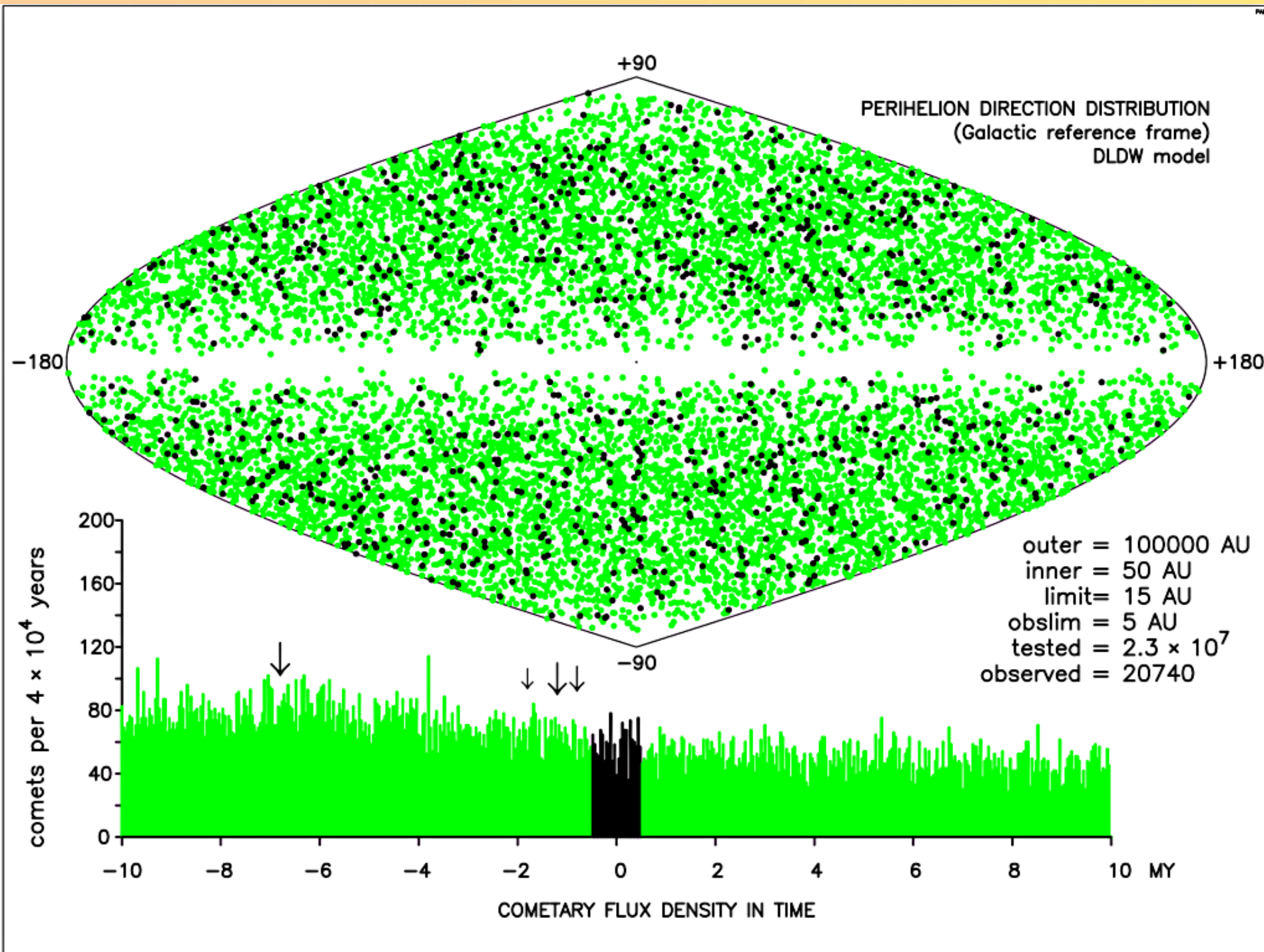
$q_* = 42999$ AU
 $V_g = 13.9$ km/s
 $M_* = 0.6 M_\odot$
 $i = 6^\circ$
 $\omega = 160^\circ$
 $\Omega = 318^\circ$

PERIHELION DIRECTION DISTRIBUTION
(galactic reference frame)
DLDW model

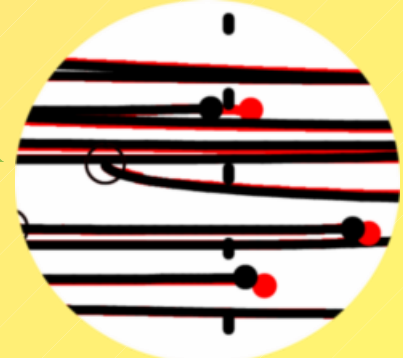
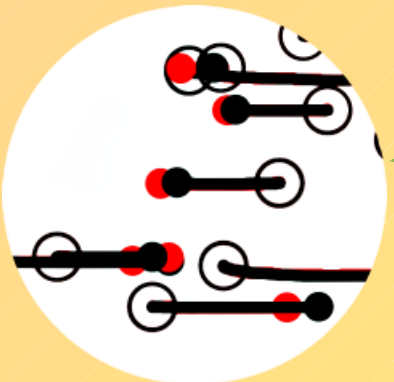
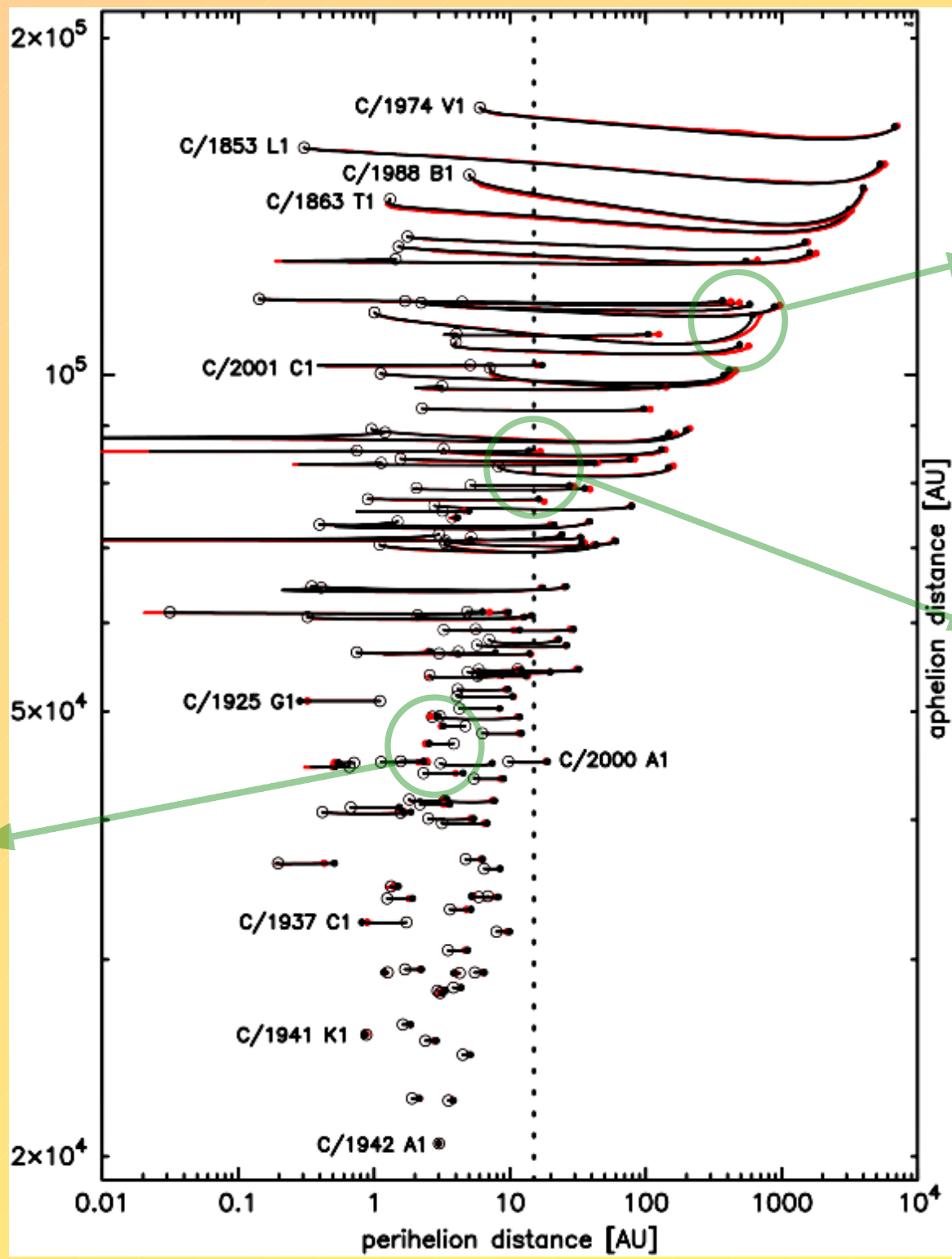


outer = 100000 AU
inner = 15 AU
obslim = 3 AU
tested = 1.3×10^8
observed = 42909

COMETARY SHOWER DENSITY IN TIME



Ewolucja orbit 108 komet jeden obieg wstecz pod wpływem 21 gwiazd i Galaktyki.



19 komet Oorta

TABLE I

Distribution of original semi-major axes
(a in Astronomical Units)

$1/a$		n
	< .000 05	10
.000 05	—	4
	10	1
	15	1
	20	1
	25	1
.000 50	50	1
	75	1
	> .000 75	0

Siding, 1948

Marsden, 2005,

 $1/a_{\text{orig}}$

No.	Comet	Osculating $\frac{1}{a}$	Original $\frac{1}{a}$			
1...	● 1853 III	− 0.0008193	+ 0.0000829	C/1853 L1	1B	+0.000013
2...	1863 VI	− 0.0004949	+ 0.0000166	C/1863 T1	2A	+0.000014
3...	● 1882 II	+ 0.0118963	+ 0.0121488	C/1882 R1-B	2B	+0.012265
4...	● 1886 I	− 0.0006944	− 0.0000071	C/1885 X1		−0.000423
5...	● 1886 II	− 0.0004770	+ 0.0003166	C/1885 X2	1B	+0.000331
6...	● 1886 IX	− 0.0005765	+ 0.0000630	C/1886 T1	1B	+0.000045
7...	1889 I	− 0.0006915	+ 0.000042	C/1888 R1	1A	+0.000048
8...	● 1890 II	− 0.0002151	+ 0.0000718	C/1890 F1	1B	+0.000089
9...	1897 I	− 0.0008722	+ 0.0000396	C/1896 V1	1B	+0.000005
10...	● 1898 VII	− 0.0006074	− 0.0000157	C/1898 L1	1A	+0.000068
11...	1902 III	+ 0.0000810	+ 0.0000054	C/1902 R1	1B	+0.000027
12...	● 1904 I	− 0.0005040	+ 0.0002165	C/1904 H1	1A	+0.000227
13...	● 1905 VI	− 0.0001424	+ 0.0006210	C/1906 B1	2B	+0.000630
14...	1907 I	− 0.0004991	+ 0.0000252	C/1907 E1	1B	+0.000025
15...	1910 I	+ 0.0002143	(+ 0.0033021)	C/1910 A1	2A	+0.000134
16...	1914 V	− 0.0001465	+ 0.0000119	C/1913 Y1	1A	+0.000028
17...	1922 II	− 0.0003806	+ 0.0000038	C/1922 U1	1A	+0.000021
18...	● 1925 I	− 0.0005665	+ 0.0000540	C/1925 G1	1A	+0.000039
19...	● 1925 VII	− 0.0002730	+ 0.0001150	C/1925 W1	1B	+0.000024
20...	1932 VI	− 0.0005948	+ 0.0000441	C/1932 M2	1A	+0.000045
21...	● 1936 I	− 0.000487	+ 0.000205	C/1935 Q1	1A	+0.000018
22...	● 1908 III	− 0.000711		C/1908 R1	1B	+0.000174

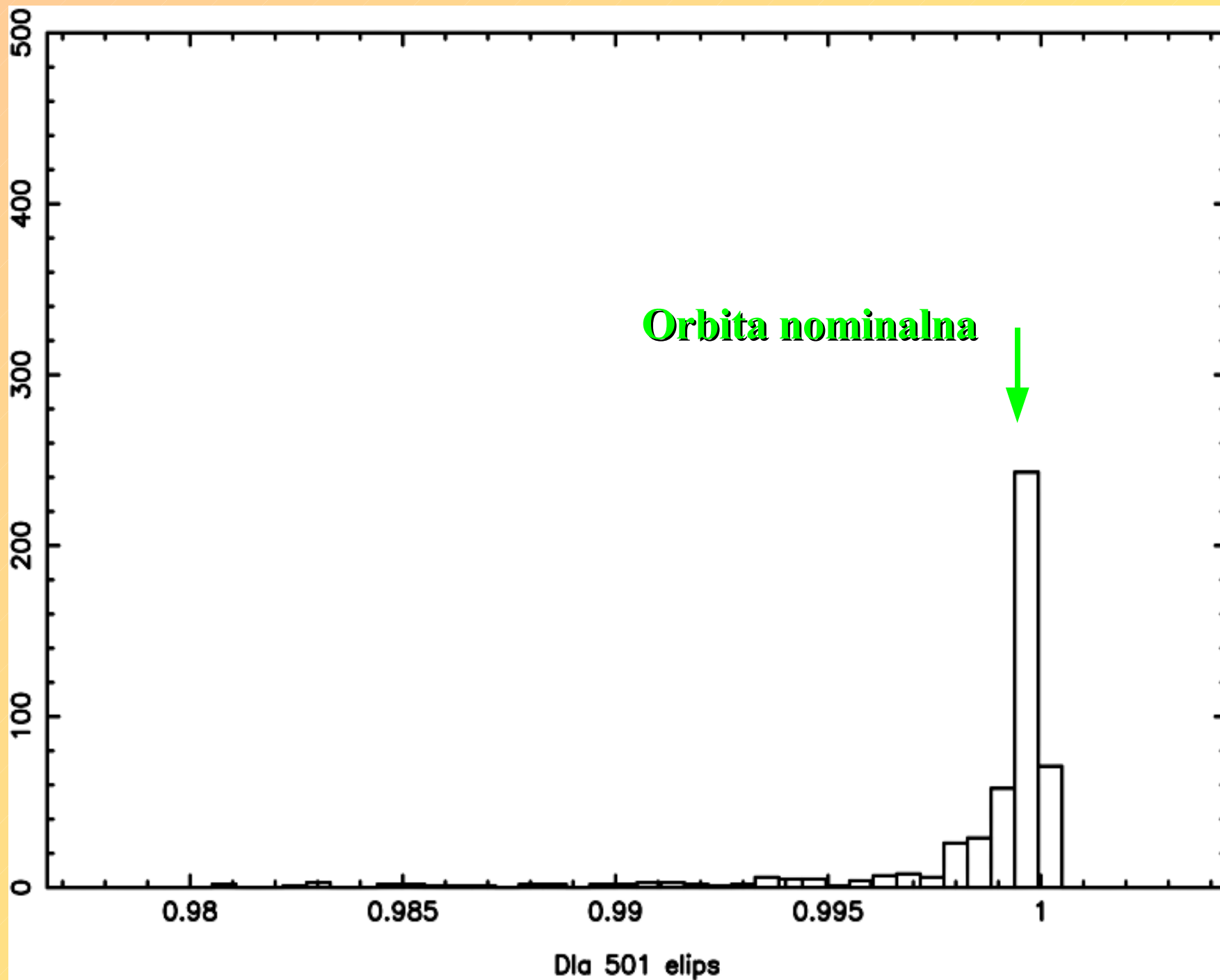
Poprzednie perihelia

C/1853 L1	1B	+0.000013	●	5741.
C/1863 T1	2A	+0.000014		3239.
C/1882 R1-B	2B	+0.012265	●	0.00
C/1885 X1		-0.000423	●	
C/1885 X2	1B	+0.000331	●	0.476
C/1886 T1	1B	+0.000045	●	0.499
C/1888 R1	1A	+0.000048		3.281
C/1890 F1	1B	+0.000089	●	2.162
C/1896 V1	1B	+0.000005		112.100
C/1898 L1	1A	+0.000068	●	2.189
C/1902 R1	1B	+0.000027		19.940
C/1904 H1	1A	+0.000227	●	2.716
C/1906 B1	2B	+0.000630	●	1.296
C/1907 E1	1B	+0.000025		38.940
C/1910 A1	2A	+0.000134		0.126
C/1913 Y1	1A	+0.000028		41.070
C/1922 U1	1A	+0.000021		107.8
C/1925 G1	1A	+0.000039	●	0.324
C/1925 W1	1B	+0.000024	●	82.59
C/1932 M2	1A	+0.000045		3.984
C/1935 Q1	1A	+0.000018	●	124.8
C/1908 R1	1B	+0.000174	●	0.945

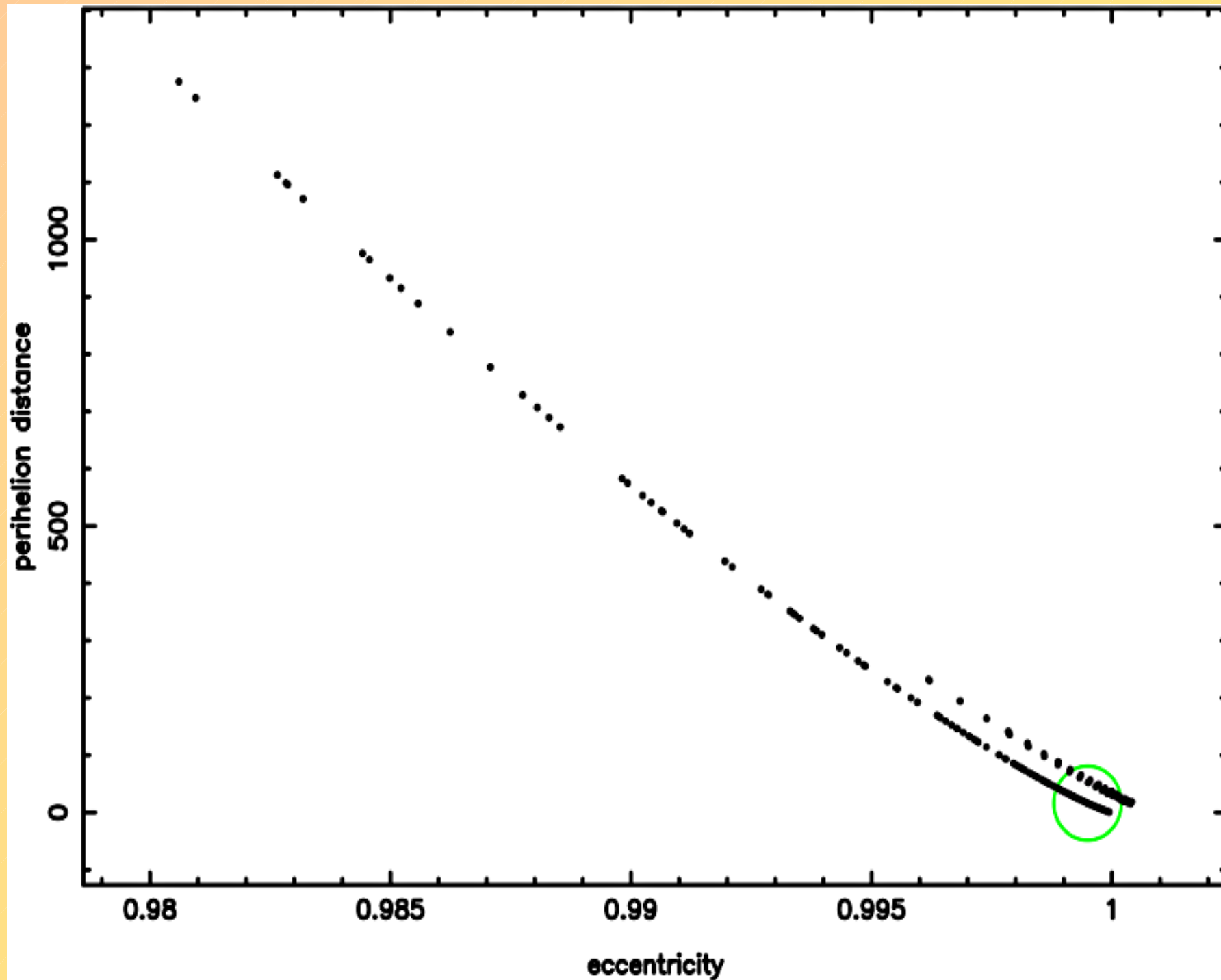
Poprzednie perihelia

C/1853 L1	1B	+0.000013	●	5741.
C/1863 T1	2A	+0.000014		3239.
C/1882 R1-B	2B	+0.012265	●	0.00
C/1885 X1		-0.000423	●	
C/1885 X2	1B	+0.000331	●	0.476
C/1886 T1	1B	+0.000045	●	0.499
C/1888 R1	1A	+0.000048		3.281
C/1890 F1	1B	+0.000089	●	2.162
C/1896 V1	1B	+0.000005		112.100
C/1898 L1	1A	+0.000068	●	2.189
C/1902 R1	1B	+0.000027		19.940
C/1904 H1	1A	+0.000227	●	2.716
C/1906 B1	2B	+0.000630	●	1.296
C/1907 E1	1B	+0.000025		38.940
C/1910 A1	2A	+0.000134		0.126
C/1913 Y1	1A	+0.000028		41.070
C/1922 U1	1A	+0.000021		107.8
C/1925 G1	1A	+0.000039	●	0.324
C/1925 W1	1B	+0.000024	●	82.59
C/1932 M2	1A	+0.000045		3.984
C/1935 Q1	1A	+0.000018	●	124.8
C/1908 R1	1B	+0.000174	●	0.945



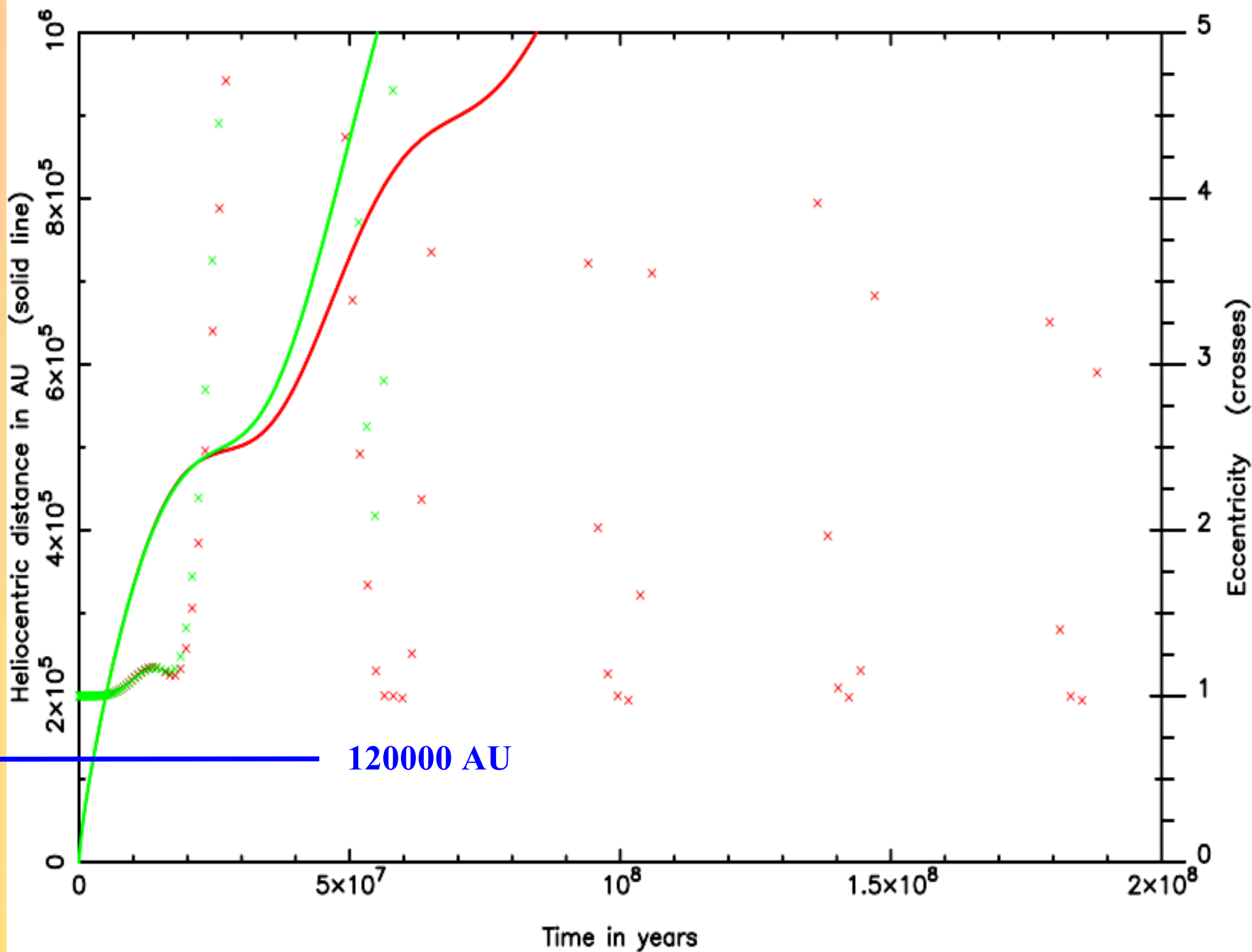


C/1885 X1, histogram e

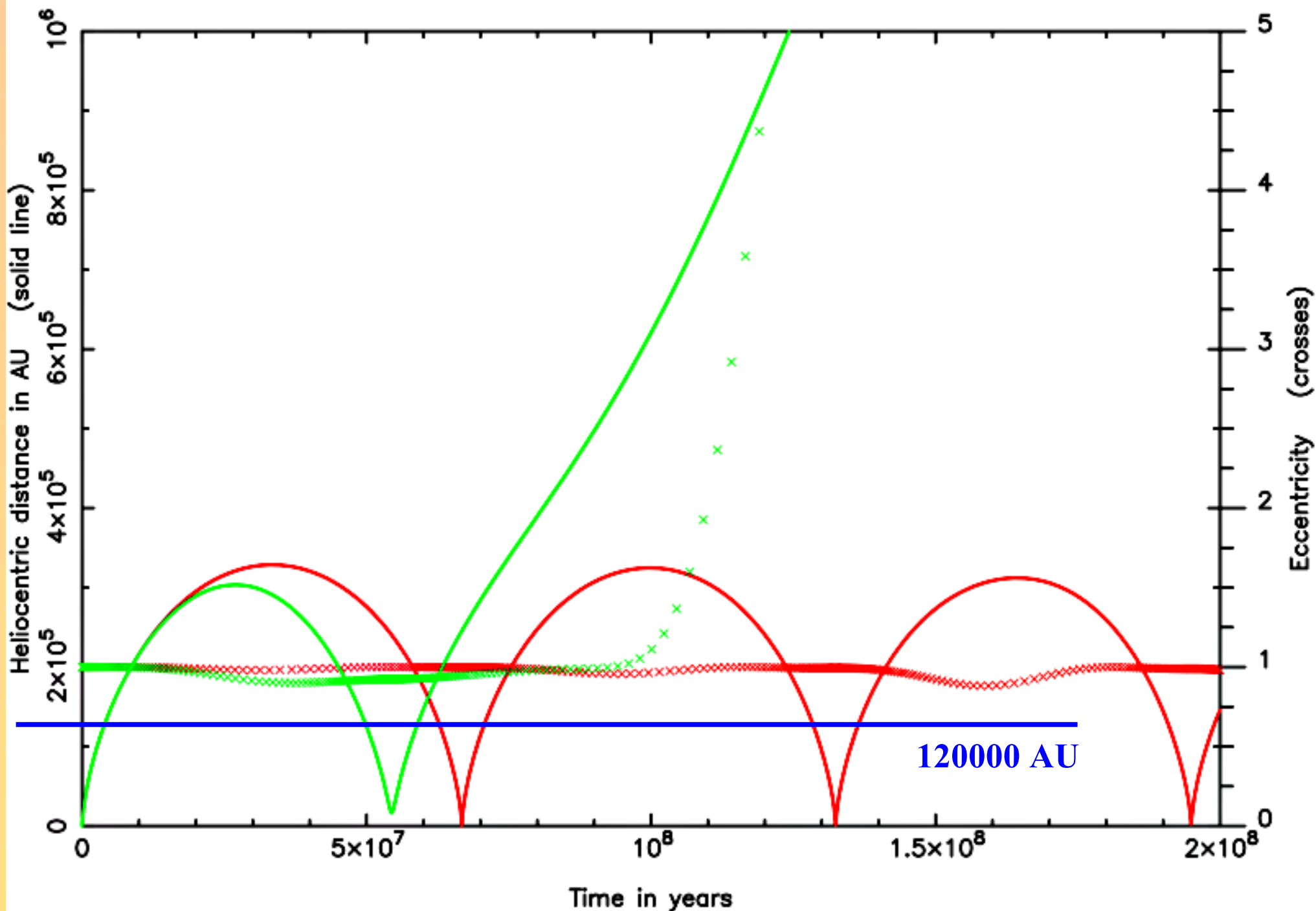


C/1885 X1, rozkład q - e

Klon 25 z paczki 1885x1m0.mmi (czerwone=tylko dysk, zielone=dysk+centrum)



Klon 6 z paczki ../m_dane/1956r1n0.bmi (czerwone=tylko dysk, zielone=dysk+centrum)



Konkluzje

- **Brak jest spójnego źródła wiedzy o przestrzennych położeniach i prędkościach gwiazd.**
- **Znamy dziś prawdopodobnie większość znaczących “perturberów” gwiazdowych ale nowe pomiary prędkości radialnych mogą ten obraz uzupełnić.**
- **Dostępne dane pozwalają na skompletowanie listy 21 niedawnych i obecnych “perturberów”.**

Konkluzje, c.d.

- **Symulacja ewolucji komet w obłoku pod wpływem Galaktyki i 21 pobliskich gwiazd nie ujawnia żadnych asymetrii w strumieniu komet obserwowalnych**
- **Obserwowane niejednorodności muszą być tłumaczone innymi przyczynami**
- **Strumień komet wygenerowany w przyszłości przez GJ710 będzie trudny do odróżnienia od tła “galaktycznego”**

Konkluzje, c.d.

- **Dotychczasowa definicja komet dynamicznie nowych ignoruje ich przeszły ruch.**
- **Prześledzenie tego ruchu jeden obieg wstecz pozwala stwierdzić, że ok. 50% z nich przechodziło bliżej niż 15 AU od Słońca.**
- **Uwzględnienie zaburzeń od 21 pobliskich gwiazd nie zmienia znacząco ruchu tych komet co podnosi merytoryczną wagę nowej definicji komet “dynamicznie nowych”.**
- **Dodanie perturbacji od centrum Galaktyki także nie wnosi zasadniczych zmian.**

Jan Oort oparł swoją hipotezę istnienia obłoku kometarnego na analizie orbit pierwotnych 19 komet.

Wydaje się, że mniej niż połowa z nich faktycznie stamtąd przywędrowała .

Dziękuję za uwagę.

DQT a DLDW

