

# Доклады Академии Наук СССР

1937. Том XV, № 6—7

## АСТРОНОМИЯ

А. А. ИВАНОВ, член-корреспондент Академии Наук СССР

### ВЕРОЯТНЕЙШАЯ ОРБИТА МАЛОЙ ПЛАНЕТЫ (122) ГЕРДЫ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В 34 ОППОЗИЦИЯХ С 1872 ДО 1934 Г.

Целью настоящей работы является получение такой орбиты малой планеты (122) Герды, которая наилучшим образом удовлетворяла бы всем наблюдениям планеты с момента ее открытия, т. е. с 1872 г. до самого последнего времени. В этой работе я пользовался результатами, опубликованными в двух предыдущих моих работах (1) и (2), относящихся также к планете (122) Герде.

Следующие элементы были приняты мной в настоящей работе за исходные:

$T$	1904	Янв. 24.0 ср. берл. вр.		
$i = 1^{\circ}36'34''.26$	}	средн.	$M_{\odot} = 287^{\circ}58'29''.92$	$\mu = 615''.55400$
$\Omega = 178\ 39\ 56.92$		равн.	$\varphi = 3\ 0\ 19.62$	$\log a = 0.507604$
$\omega = 13\ 6\ 24.40$		1904.0	—	—

За промежутки времени с 1872 до 1934 г. планета Герда наблюдалась в 34 оппозициях, для каждой из которых мной было составлено по одному нормальному месту.

Ниже приводятся эти нормальные места.

№	Дата	Ср. берл. вр.	$\alpha$			$\delta$			Равно-ден-ствие	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	
			h	m	s	°	'	''				
1	1872	Авг. . . . .	29.0	21	28	54.10	-13	32	27.8	1872.0	- 70.05	-22 .0
2	1873	Окт. . . . .	26.0	2	4	43.02	+11	17	59.7	1873.0	- 41.40	- 14.8
3	1876	Апр. . . . .	8.0	11	54	53.88	+ 0	48	56.4	1876.0	+ 33.90	- 12.5
4	1877	Июн. . . . .	30.0	17	20	51.94	-20	49	8.3	1877.0	+ 36.30	+ 0.6
5	1878	Сент. . . . .	19.0	22	27	51.48	- 8	55	17.0	1878.0	+ 32.70	+ 13.0
6	1885	Дек. . . . .	9.0	3	54	13.75	+18	11	41.5	1885.0	+ 57.45	+ 11.8
7	1893	Мар. . . . .	16.0	10	11	46.85	+10	20	0.4	1893.0	+ 28.05	- 8.7
8	1896	Нояб. . . . .	5.0	1	22	30.69	+ 7	30	29.7	1896.0	+ 35.85	+ 16.1
9	1897	Дек. . . . .	25.0	6	21	31.37	+21	3	34.9	1897.0	- 5.55	- 1.7
10	1899	Мар. . . . .	18.0	11	36	21.38	+ 2	23	12.5	1899.0	- 5.85	+ 4.8
11	1901	Авг. . . . .	15.0	22	26	21.38	- 8	38	36.1	1901.0	+ 10.65	+ 2.5
12	1902	Нояб. . . . .	11.0	2	27	45.39	+12	58	44.4	1902.0	- 22.05	- 8.8
13	1904	Янв. . . . .	25.0	7	23	49.19	+19	56	40.0	1904.0	- 76.80	+ 8.6
14	1905	Апр. . . . .	7.0	12	53	32.40	- 4	59	49.9	1905.0	- 64.35	+ 26.4
15	1906	Июля . . . . .	8.0	18	25	12.23	-21	0	46.3	1906.0	- 27.30	- 4.1
16	1907	Сент. . . . .	14.0	23	17	28.83	- 4	9	44.8	1907.0	- 18.00	- 5.6
17	1908	Нояб. . . . .	24.0	3	32	13.93	+17	7	16.2	1908.0	- 52.65	- 14.5
18	1910	Февр. . . . .	5.0	8	44	25.33	+16	18	20.4	1910.0	-104.10	+ 23.0
19	1911	Мая . . . . .	3.0	14	7	49.05	-11	22	29.4	1911.0	- 99.15	+ 34.2
20	1913	Окт. . . . .	10.0	0	7	23.98	+ 0	29	0.1	1913.0	- 31.80	- 13.8

Ср. гринв. вр.			h m s			° ' "		
21	1916 Мар.	16.0	9 48 49.28	+12 14 20.9	1916.0	-144.45	+ 61.1	
22	1917 Мая	25.0	15 28 17.45	-16 47 45.2	1917.0	-119.40	+ 32.7	
23	1918 Авг.	1.0	21 0 10.40	-15 16 4.6	1918.0	- 58.95	- 11.3	
24	1921 Янв.	29.0	5 29 51.03	+21 10 1.2	1921.0	-178.95	- 8.8	
25	1922 Мая	23.0	11 5 41.42	+ 6 0 4.2	1922.0	-145.05	+ 53.3	
26	1923 Мая	29.0	17 3 46.44	-20 31 15.6	1923.0	- 99.60	+ 11.4	
27	1924 Мая	29.0	21 57 12.42	-12 2 45.0	1924.0	- 23.85	- 3.4	

Миров. вр.

28	1927 Янв.	7.0	7 14 18.90	+20 6 17.5	1927.0	-291.00	+ 30.1
29	1928 Апр.	13.0	12 33 54.56	- 3 0 6.3	1928.0	-236.55	+ 96.0
30	1929 Июля	6.0	18 8 35.09	-21 6 23.0	1929.0	- 99.45	+ 5.2
31	1930 Сент.	19.0	22 52 54.00	- 6 35 24.0	1925.0	-69.45	- 39.7
32	1931 Нояб.	12.0	3 17 32.00	+16 21 36.0		-170.40	- 39.9
33	1933 Февр.	25.0	8 10 52.00	+18 22 30.0		-420.45	+131.0
34	1934 Мая	13.0	13 47 59.66	- 9 37 17.0		-240.75	+ 85.8

Определение вероятнейшей орбиты планеты Герды было произведено по способу наименьших квадратов с использованием схемы Баушингера (3). Вышеприведенным нормальным местам соответствуют следующие 68 условных уравнений, из которых первые 34 относятся к прямому восхождению, а остальные 34—к склонению.

№	$adM_0$	$+ bd \mu$	$+ cd \varphi$	$+ dds$	$+ cdp$	$+ fdq$	$= l$
1	0.11921	4.17949 <sub>n</sub>	0.37598	0.13326	9.55722 <sub>n</sub>	9.33095 <sub>n</sub>	1.83318 <sub>n</sub>
2	0.00929	4.14243 <sub>n</sub>	9.59427 <sub>n</sub>	0.13020	8.82519	9.65199 <sub>n</sub>	1.60849 <sub>n</sub>
3	0.15503	4.16253 <sub>n</sub>	0.03511 <sub>n</sub>	0.12514	9.26984 <sub>n</sub>	9.70311 <sub>n</sub>	1.53016
4	0.17731	4.16517 <sub>n</sub>	0.39445	0.15869	8.90899	8.65034 <sub>n</sub>	1.53059
5	0.09326	4.06094 <sub>n</sub>	0.25451	0.11816	9.49763 <sub>n</sub>	9.56106 <sub>n</sub>	1.50926
6	0.10965	3.93179 <sub>n</sub>	0.25858 <sub>n</sub>	0.13710	9.28247	9.28931 <sub>n</sub>	1.73702
7	0.15882	3.76016 <sub>n</sub>	0.25806 <sub>n</sub>	0.12643	9.45950 <sub>n</sub>	9.57534 <sub>n</sub>	1.44082
8	0.06978	3.49484 <sub>n</sub>	9.60745 <sub>n</sub>	0.11153	9.00832	9.67437 <sub>n</sub>	1.55075
9	0.14979	3.49591 <sub>n</sub>	0.44752 <sub>n</sub>	0.15674	8.68314 <sub>n</sub>	7.99283	0.71427 <sub>n</sub>
10	0.17931	3.42891 <sub>n</sub>	0.02004 <sub>n</sub>	0.13818	9.29579 <sub>n</sub>	9.70820 <sub>n</sub>	0.76678 <sub>n</sub>
11	0.09189	3.03430 <sub>n</sub>	0.22559	0.12575	9.50963 <sub>n</sub>	9.55958 <sub>n</sub>	1.02239
12	0.08988	2.74303 <sub>n</sub>	0.09247 <sub>n</sub>	0.12932	9.31263	9.56457 <sub>n</sub>	0.94448 <sub>n</sub>
13	0.16166	1.37241 <sub>n</sub>	0.44961 <sub>n</sub>	0.15194	9.26951 <sub>n</sub>	8.60905 <sub>n</sub>	1.85850 <sub>n</sub>
14	<b>0.19803</b>	2.83668	9.22356	0.15166	8.56891	9.74068 <sub>n</sub>	1.80689 <sub>n</sub>
15	0.16782	3.11443	<b>0.46132</b>	0.16300	8.76829 <sub>n</sub>	7.35524	1.40628 <sub>n</sub>
16	0.08031	3.20298	9.98859	0.12249	9.28633 <sub>n</sub>	9.68440 <sub>n</sub>	1.25412 <sub>n</sub>
17	0.10839	3.35344	0.28282 <sub>n</sub>	0.14029	9.35795	9.34485 <sub>n</sub>	1.70170 <sub>n</sub>
18	0.17478	3.51637	0.39986 <sub>n</sub>	0.15033	9.48895 <sub>n</sub>	9.25226 <sub>n</sub>	1.99963
19	0.19391	3.61670	0.08605	0.14911	9.31660	9.62483 <sub>n</sub>	1.98766 <sub>n</sub>
20	0.06577	3.61340	9.17101	0.11373	8.08182 <sub>n</sub>	9.71746 <sub>n</sub>	1.50241 <sub>n</sub>
21	0.16330	3.80685	0.21272 <sub>n</sub>	0.12310	9.36811 <sub>n</sub>	9.57559 <sub>n</sub>	2.14886 <sub>n</sub>
22	0.19081	3.87738	0.34728	0.15768	9.41952	9.32972 <sub>n</sub>	2.05805 <sub>n</sub>
23	0.11526	3.84021	0.34344	0.14263	9.48778 <sub>n</sub>	9.34398 <sub>n</sub>	1.75488 <sub>n</sub>
24	0.10310	3.89296	0.40834 <sub>n</sub>	0.10675	8.80884	6.20509 <sub>n</sub>	2.22238 <sub>n</sub>
25	0.05918	3.88047	9.60421 <sub>n</sub>	0.00804	7.85356 <sub>n</sub>	9.62014 <sub>n</sub>	2.15915 <sub>n</sub>

$N_2$	$adM_0$	$+ bd \mu$	$+ cd \varphi$	$+ dds$	$+ edp$	$+ fdq$	$= l$
26	0.18231	4.03216	0.44894	<b>0.16453</b>	9.09877	8.65068 <sub>n</sub>	1.96978 <sub>n</sub>
27	9.91048	3.78795	9.90212	9.95514	9.00351 <sub>n</sub>	9.47828 <sub>n</sub>	1.36782 <sub>n</sub>
28	0.17429	4.09783	0.44811 <sub>n</sub>	0.15888	9.22028 <sub>n</sub>	8.65214 <sub>n</sub>	2.43661 <sub>n</sub>
29	0.18782	4.13382	9.68708	0.13736	9.05948	9.72611 <sub>n</sub>	2.37331 <sub>n</sub>
30	0.16090	4.12849	0.46143	0.16113	8.29283 <sub>n</sub>	7.19468 <sub>n</sub>	1.96613 <sub>n</sub>
31	0.07050	4.05808	9.86412	0.11846	9.10520 <sub>n</sub>	9.68587 <sub>n</sub>	1.83880 <sub>n</sub>
32	0.10891	4.11573	0.32039 <sub>n</sub>	0.13992	9.42151	9.34601 <sub>n</sub>	2.21350 <sub>n</sub>
33	0.15887	4.18359	0.34674 <sub>n</sub>	0.12653	9.32126 <sub>n</sub>	9.26763 <sub>n</sub>	<b>2.60109</b> <sub>n</sub>
34	0.17902	<b>4.22205</b>	0.19164	0.13420	9.46664	9.58334 <sub>n</sub>	2.37539 <sub>n</sub>
35	9.60752	3.66766 <sub>n</sub>	9.86241	9.62180	0.06929	9.84302	1.34242 <sub>n</sub>
36	9.62581	3.66915 <sub>n</sub>	9.08825 <sub>n</sub>	9.65677	9.29863 <sub>n</sub>	0.12543	1.17026 <sub>n</sub>
37	9.75735 <sub>n</sub>	3.76497	9.64419	9.72750 <sub>n</sub>	9.66686 <sub>n</sub>	0.10013 <sub>n</sub>	1.09691 <sub>n</sub>
38	8.97740 <sub>n</sub>	2.96724	9.16482 <sub>n</sub>	8.95576 <sub>n</sub>	0.10314	9.84449 <sub>n</sub>	9.77815
39	9.65470	3.62236 <sub>n</sub>	9.81559	9.67964	9.93628	9.99971	1.11394
40	9.40429	3.22738 <sub>n</sub>	9.53960 <sub>n</sub>	9.43257	9.98472 <sub>n</sub>	9.99156	1.07188
41	9.70404 <sub>n</sub>	3.30534	9.80275	9.67163 <sub>n</sub>	9.91444 <sub>n</sub>	0.03025 <sub>n</sub>	0.93952 <sub>n</sub>
42	9.63877	3.06484 <sub>n</sub>	9.14292 <sub>n</sub>	9.68064	9.43803 <sub>n</sub>	0.10406	1.20683
43	8.69176 <sub>n</sub>	2.02202	8.99739	8.69117 <sub>n</sub>	0.14787 <sub>n</sub>	9.45756	0.23045 <sub>n</sub>
44	9.77950 <sub>n</sub>	3.02906	9.61982	9.73837 <sub>n</sub>	9.69558 <sub>n</sub>	0.10799 <sub>n</sub>	0.68124
45	9.65069	2.59036 <sub>n</sub>	9.77905	9.68491	9.94979	9.99974	0.39794
46	9.58291	2.24341 <sub>n</sub>	9.57338 <sub>n</sub>	9.62272	9.81860 <sub>n</sub>	0.07054	1.33217 <sub>n</sub>
47	9.29237 <sub>n</sub>	9.16040 <sub>n</sub>	9.57491	9.28093 <sub>n</sub>	0.14313 <sub>n</sub>	9.48267 <sub>n</sub>	0.93450
48	9.77856 <sub>n</sub>	2.41937 <sub>n</sub>	8.79615 <sub>n</sub>	9.73219 <sub>n</sub>	8.96960	<b>0.14137</b> <sub>n</sub>	1.42160
49	8.77279	1.75183	9.07892	8.77503	<b>0.16325</b>	8.75020 <sub>n</sub>	0.61278 <sub>n</sub>
50	9.67437	2.79745	9.59996	9.71660	9.69222	0.09029	0.74819 <sub>n</sub>
51	9.46832	2.71048	9.63332 <sub>n</sub>	9.50107	9.99644 <sub>n</sub>	9.98331	1.16137 <sub>n</sub>
52	9.57736 <sub>n</sub>	2.92050 <sub>n</sub>	9.79697	9.55217 <sub>n</sub>	0.08771 <sub>n</sub>	9.85102 <sub>n</sub>	1.36173
53	9.71598 <sub>n</sub>	3.13772 <sub>n</sub>	9.59257 <sub>n</sub>	9.67085 <sub>n</sub>	9.79423	0.10246 <sub>n</sub>	1.53403
54	9.66815	3.21546	8.80912	9.71610	8.47913	0.11477	1.13988 <sub>n</sub>
55	9.68071 <sub>n</sub>	3.32431 <sub>n</sub>	9.72932	9.64048 <sub>n</sub>	9.85089 <sub>n</sub>	0.05837 <sub>n</sub>	1.78604
56	9.56202 <sub>n</sub>	3.24756 <sub>n</sub>	9.70715 <sub>n</sub>	9.52788 <sub>n</sub>	0.04801	9.95824 <sub>n</sub>	1.51455
57	9.54945	3.27514	9.77253	9.57759	0.05241	9.90861	1.05308 <sub>n</sub>
58	8.77166	2.55837	9.01870 <sub>n</sub>	8.78021	0.11759 <sub>n</sub>	7.51384	0.94448 <sub>n</sub>
59	9.64343 <sub>n</sub>	3.46431 <sub>n</sub>	9.22451	9.59231 <sub>n</sub>	8.26500 <sub>n</sub>	0.03158 <sub>n</sub>	1.72673
60	9.14833 <sub>n</sub>	2.99639 <sub>n</sub>	9.40107 <sub>n</sub>	9.12735 <sub>n</sub>	0.13922	9.69113 <sub>n</sub>	1.05690
61	9.43486	3.31194	9.42500	9.47986	9.47553	9.95030	0.53148 <sub>n</sub>
62	9.25304 <sub>n</sub>	3.17773 <sub>n</sub>	9.51822	9.23517 <sub>n</sub>	0.14354 <sub>n</sub>	9.57540 <sub>n</sub>	1.47857
63	9.78469 <sub>n</sub>	3.73053 <sub>n</sub>	9.26249 <sub>n</sub>	9.73415 <sub>n</sub>	9.46213	0.12876 <sub>n</sub>	1.98227
64	8.29490	2.27199	8.60287	8.31776	0.16057	9.06242	0.71600
65	9.65144	3.63905	9.44349	9.69941	9.52432	0.10499	1.59879 <sub>n</sub>
66	9.50606	3.51248	9.71139 <sub>n</sub>	9.53786	0.02393 <sub>n</sub>	9.94843	1.60097 <sub>n</sub>
67	9.47392 <sub>n</sub>	3.49886 <sub>n</sub>	9.65665	9.44110 <sub>n</sub>	0.00871 <sub>n</sub>	9.95508 <sub>n</sub>	2.11727
68	9.72334 <sub>n</sub>	3.76610 <sub>n</sub>	9.72412 <sub>n</sub>	9.67798 <sub>n</sub>	0.92093	0.03763 <sub>n</sub>	1.93349

При вычислении коэффициентов условных уравнений я пользовался некоторыми контрольными формулами. Именно, если к формулам, определяющим в схеме Байшингера величины  $b, c, B, C$ , присоединить формулы:

$$\begin{aligned} a' \sin A &= -\cos \delta \cos (\alpha - \delta), \\ a' \cos A &= -\sin i \sin \delta - \cos i \cos \delta \sin (\alpha - \delta), \end{aligned}$$

в которых  $a' > 0$ , то будем иметь следующую контрольную формулу:

$$\operatorname{tg} i' = \frac{a' \sin c \sin (C - A)}{\sin b \cos B}.$$

Кроме того должны удовлетворяться следующие соотношения:

$$\begin{aligned} F_c^a \cos (B + \omega + \nu) + F_s^a \sin (B + \omega + \nu) &= \\ = G_c^a \cos (B + \omega) + G_s^a \sin (B + \omega) &= \frac{\alpha}{\rho} \sin b, \\ F_c^b \cos (C + \omega + \nu) + F_s^b \sin (C + \omega + \nu) &= \\ = G_c^b \cos (C + \omega) + G_s^b \sin (C + \omega) &= \frac{\alpha}{\rho} \sin c, \end{aligned}$$

$$H_c^b \cos \nu + H_s^b \sin \nu = \frac{r}{\rho} \cos c, \quad H_c^z \cos \nu + H_s^z \sin \nu = \frac{r}{\rho} \cos b.$$

Если вместо искоемых поправок  $dM_0, d\mu, d\varphi, ds, dp, dq$  ввести новые переменные  $x, y, z, t, u, \nu$ , связанные с прежними соотношениями:

$$\begin{aligned} x &= (0.19803) dM_0, & z &= (0.46432) d\varphi, & u &= (0.16325) dp, \\ y &= (4.22205) d\mu, & t &= (0.16453) ds, & \nu &= (0.14137) dq, \end{aligned}$$

и свободные члены выразить не в секундах дуги, а в такой единице, логарифм которой равен 2.60109, то получим новые условные уравнения, коэффициенты которых будут более однородными.

Не выписывая этих новых условных уравнений, приведем прямо нормальные уравнения, служащие для вычисления величин  $x, y, z, t, u, \nu$ .

Эти нормальные уравнения суть:

$$\begin{array}{r} + 27.7194 x + 4.1048 y - 0.5603 z + 29.5300 t + 0.0076 u - 0.0240 \nu = -5.8188 \\ + 4.1048 + 11.3726 - 0.3309 + 4.1120 + 0.0038 - 0.0032 - 4.4674 \\ - 0.5603 - 0.3309 + 15.0007 - 0.5222 + 0.0032 - 0.0027 + 0.8105 \\ + 29.5300 + 4.1120 - 0.5222 + 31.6408 + 0.0080 - 0.0243 - 5.9838 \\ + 0.0076 + 0.0038 + 0.0032 + 0.0080 + 14.8362 + 0.7785 - 0.1322 \\ - 0.0240 - 0.0032 - 0.0027 - 0.0243 + 0.7785 + 19.1297 - 0.2634 \end{array}$$

Решение нормальных уравнений для неизвестных и их весов дали следующие величины:

$$\begin{aligned} \log \nu &= 8.13800 \text{ n}, & \log p_\nu &= 1.28078, & \log z &= 8.57327, & \log p_z &= 1.17484, \\ \log u &= 7.90464 \text{ n}, & \log p_u &= 1.17039, & \log y &= 9.50083 \text{ n}, & \log p_y &= 1.01661, \\ \log t &= 9.85268, & \log p_t &= 9.24447, & \log x &= 9.96431 \text{ n}, & \log p_x &= 9.18399. \end{aligned}$$

Само собой разумеется, что при составлении нормальных уравнений и при их решении были использованы все существующие контроли.

Приведем один из них, а именно  $[ll\sigma] = +1.0875$  и  $[\delta\delta] = +1.0877$ , где буквами  $l$  и  $\delta$  обозначены соответственно свободные члены и остающиеся ошибки условных уравнений.

Переходя от неизвестных  $x, y, z, t, u, \nu$  к поправкам  $dM_0, d\mu, d\varphi, ds, dp, dq$  и наконец заменяя поправки  $ds, dp, dq$  поправками элементов  $di, d\Omega, d\omega$ , окончательно для начальной эпохи получаем:

$$\begin{aligned} dM_0 &= -3'53''.01, & d\varphi &= +5''.13, & d\Omega &= -2'35''.09, \\ d\mu &= -0''.00758, & di &= -1''.24, & d\omega &= +5'49''.67. \end{aligned}$$

