

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV 1984

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

az 1934. évről

Magyar Csillagászati Társaság
1934. évi évkönyve
a Magyar Csillagászati Társaság 1934. évi munkájáról
és a 1934. évi csillagászati eseményekről

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

az 1984. évre

Szerkesztette

a TIT Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályainak
Országos Választmánya
az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Csillagászati Csoportjának
és
az MTESZ Központi Asztronautikai Szakosztályának
közreműködésével

Címképünkön:
A Halley-üstökös 1910-es visszatérése során készült felvétel
(Fotó: Mt. Wilson Observatory)

ISSN 0526-233 X

© Gondolat Kiadó 1983

A fedél Haiman Ágnes munkája

A kiadásért felel a Gondolat Könyvkiadó igazgatója

83. 31990 Petőfi Nyomda. Kecskemét
Kecskemét, 1983

Felelős vezető: Ablaka István igazgató

Felelős szerkesztő: Várkonyi Judit

Műszaki vezető: Tóbi Attila

Műszaki szerkesztő: Haiman Ágnes

Megjelent 19,5 (A/5) iv terjedelemben,
az MSZ 5601—59 és 5602—55 szabvány szerint

Tartalom

<i>I. Csillagászati adatok az 1984. évre</i>	7
A Nap és a Hold kelte és fontosabb adatai	9
A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának heliografikus koordinátái (0 ⁿ világidőkor)	34
A holdkorong sugara (0 ⁿ világidőkor)	35
A szabad szemmel látható bolygók adatai	36
Az Uránusz és Neptunusz adatai	43
A bolygók heliocentrikus ekliptikai koordinátái (0 ⁿ világidőkor) ...	44
A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)	46
A Mars és a Jupiter centrálmeridiánjának planetografikus hosszúsága, és adatok a Szaturnusz gyűrűjére vonatkozólag	62
A bolygókorongok megvilágításának adatai	64
Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)	65
Fényesebb, periodikus változócsillagok adatai	74
A Naprendszer holdjai	76
A Nap és a bolygók főbb adatai	78
A csillagos ég 1984-ben	79
<i>II. Beszámolók, cikkek</i>	95
Szeidl Béla: Beszámoló az MTA Csillagászati Kutató Intézete 1982. évi tevékenységéről	97
Balázs Béla: Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése az 1981—1982. években	105
Horváth András—Zombori Ottó: A TIT Központi Planetárium és Uránia Csillagvizsgáló az 1982. évben	113
Balázs Lajos—Barcza Szabolcs: A csillagászat újabb eredményeiből	125
Szécsényi-Nagy Gábor: A századvég optikai csillagászatának megfigyelőműszerei	135

Telegi György: Kozmikus asztrometria: A Hipparcos- és Tycho- tervek	169
Tóth Imre: A Halley-üstökös 1985/1986. évi visszatéréséről	183
Balázs Béla: A Naprendszer őstörténete	249
Patkós László: Az RS CVn típusú csillagok	270
Gerlei Ottó: Fényi Gyula és a kalocsai csillagvizsgáló	294

CSILLAGÁSZATI ADATOK AZ 1984. ÉVRE

Az adatokat összeállították
az MTA Csillagászati Kutatóintézet
Napfizikai Obszervatóriumának
kutatói

FIGYELEM!

A közép-európai zónaidőben (KözEI) megadott
időadatokhoz a nyári időszámítás tartama alatt
1^h-t hozzá kell adni!

1. Einleitung	1
2. Die Grundlagen der ...	15
3. Die ...	30
4. Die ...	45
5. Die ...	60
6. Die ...	75
7. Die ...	90
8. Die ...	105
9. Die ...	120
10. Die ...	135
11. Die ...	150
12. Die ...	165
13. Die ...	180
14. Die ...	195
15. Die ...	210
16. Die ...	225
17. Die ...	240
18. Die ...	255
19. Die ...	270
20. Die ...	285
21. Die ...	300
22. Die ...	315
23. Die ...	330
24. Die ...	345
25. Die ...	360
26. Die ...	375
27. Die ...	390
28. Die ...	405
29. Die ...	420
30. Die ...	435
31. Die ...	450
32. Die ...	465
33. Die ...	480
34. Die ...	495
35. Die ...	510
36. Die ...	525
37. Die ...	540
38. Die ...	555
39. Die ...	570
40. Die ...	585
41. Die ...	600
42. Die ...	615
43. Die ...	630
44. Die ...	645
45. Die ...	660
46. Die ...	675
47. Die ...	690
48. Die ...	705
49. Die ...	720
50. Die ...	735
51. Die ...	750
52. Die ...	765
53. Die ...	780
54. Die ...	795
55. Die ...	810
56. Die ...	825
57. Die ...	840
58. Die ...	855
59. Die ...	870
60. Die ...	885
61. Die ...	900
62. Die ...	915
63. Die ...	930
64. Die ...	945
65. Die ...	960
66. Die ...	975
67. Die ...	990
68. Die ...	1005
69. Die ...	1020
70. Die ...	1035
71. Die ...	1050
72. Die ...	1065
73. Die ...	1080
74. Die ...	1095
75. Die ...	1110
76. Die ...	1125
77. Die ...	1140
78. Die ...	1155
79. Die ...	1170
80. Die ...	1185
81. Die ...	1200
82. Die ...	1215
83. Die ...	1230
84. Die ...	1245
85. Die ...	1260
86. Die ...	1275
87. Die ...	1290
88. Die ...	1305
89. Die ...	1320
90. Die ...	1335
91. Die ...	1350
92. Die ...	1365
93. Die ...	1380
94. Die ...	1395
95. Die ...	1410
96. Die ...	1425
97. Die ...	1440
98. Die ...	1455
99. Die ...	1470
100. Die ...	1485

AN DER UNIVERSITÄT
ZÜRICH

VERLAG
MILNER
ZÜRICH

ZÜRICH
1911

Helység	Népesség				Földterület (hektár)	Érték (1000 Ft)	Érték (1000 Ft)	Érték (1000 Ft)
	Összesen	férfiak	nők	gyermek				
1952	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1951	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1950	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1949	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1948	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1947	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1946	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1945	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1944	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1943	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1942	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1941	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1940	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1939	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1938	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1937	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1936	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1935	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1934	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1933	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1932	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1931	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1930	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1929	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1928	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1927	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1926	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1925	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1924	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1923	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1922	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1921	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1920	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1919	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1918	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1917	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1916	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1915	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1914	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1913	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1912	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1911	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1910	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1909	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1908	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1907	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1906	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1905	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1904	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1903	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1902	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1901	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	
1900	12345	5678	6789	1234	567	890	1234	

A Nap és a Hold kelte és fontosabb adatai

Magyar Köztársaság, Budapest, 1952. évi statisztika. A Nap és a Hold kelte és fontosabb adatai. Budapest, 1952. évi statisztika. A Nap és a Hold kelte és fontosabb adatai.

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)					a Hold fényváltásai
				Budapesten					
				a Nap			a Hold		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	V	1	1	7 32	11 47	16 03	5 56	14 31	
2	H		2	7 32	11 48	16 04	7 00	15 14	
3	K		3	7 32	11 48	16 05	7 57	16 07	● 06 17
4	Sz		4	7 32	11 49	16 06	8 43	17 06	
5	Cs		5	7 32	11 49	16 07	9 20	18 10	
6	P	2	6	7 32	11 50	16 08	9 50	19 15	
7	Sz		7	7 32	11 50	16 09	10 14	20 21	
8	V		8	7 31	11 51	16 10	10 35	21 25	
9	H		9	7 31	11 51	16 11	10 53	22 29	
10	K		10	7 31	11 51	16 13	11 10	23 33	
11	Sz	3	11	7 30	11 52	16 14	11 29	—) 10 49
12	Cs		12	7 30	11 52	16 15	11 48	0 39	
13	P		13	7 29	11 53	16 16	12 10	1 48	
14	Sz		14	7 29	11 53	16 18	12 37	3 00	
15	V		15	7 28	11 53	16 19	13 12	4 13	
16	H	4	16	7 27	11 54	16 21	13 57	5 26	
17	K		17	7 27	11 54	16 22	14 54	6 36	
18	Sz		18	7 26	11 54	16 23	16 05	7 36	○ 15 06
19	Cs		19	7 25	11 55	16 25	17 26	8 24	
20	P		20	7 24	11 55	16 26	18 50	9 02	
21	Sz	5	21	7 24	11 55	16 28	20 14	9 32	
22	V		22	7 22	11 56	16 29	21 35	9 58	
23	H		23	7 22	11 56	16 31	22 54	10 21	
24	K		24	7 21	11 56	16 32	—	10 42	
25	Sz		25	7 20	11 56	16 33	0 09	11 04	☾ 05 49
26	Cs	6	26	7 19	11 57	16 35	1 25	11 29	
27	P		27	7 18	11 57	16 37	2 38	11 57	
28	Sz		28	7 16	11 57	16 38	3 48	12 31	
29	V		29	7 15	11 57	16 40	4 53	13 11	
30	H		30	7 14	11 57	16 41	5 52	14 01	
31	K		31	7 13	11 58	16 43	6 40	14 57	

Hold: 7-én 21^h-kor földtávolban
19-én 23^h-kor földközelen

csillagidő: a greenwichi meridiánra, azaz a nulla földrajzi
RA és D: rektaszenció, illetve deklináció.

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julian- dátum 2445...	csillagidő (λ = 0 ^h -nál)	Nap			Hold	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	° ' "	h m	° ' "
...700,5	6 39 21,650	18 42,4	-23 05	16 18	16 51,1	-22 20
701,5	6 43 18,213	18 46,8	23 00	16 18	17 45,9	24 24
702,5	6 47 14,777	18 51,2	22 55	16 18	18 41,1	25 12
703,5	6 51 11,339	18 55,6	22 50	16 18	19 35,5	24 43
704,5	6 55 07,901	19 00,1	22 43	16 18	20 28,3	23 05
705,5	6 59 04,460	19 04,4	22 37	16 18	21 18,8	20 24
706,5	7 03 01,017	19 08,8	22 30	16 18	22 06,8	16 54
707,5	7 06 57,571	19 13,2	22 23	16 17	22 52,6	12 45
708,5	7 10 54,124	19 17,6	22 15	16 17	23 36,8	8 08
709,5	7 14 50,676	19 21,9	22 06	16 17	0 20,2	- 3 12
710,5	7 18 47,228	19 26,3	21 58	16 17	1 03,6	+ 1 54
711,5	7 22 43,781	19 30,6	21 48	16 17	1 48,1	7 02
712,5	7 26 40,335	19 35,0	21 39	16 17	2 34,8	12 01
713,5	7 30 36,892	19 39,3	21 29	16 17	3 24,6	16 37
714,5	7 34 33,452	19 43,6	21 18	16 17	4 18,4	20 34
715,5	7 38 30,015	19 47,9	21 08	16 17	5 16,7	23 30
716,5	7 42 26,580	19 52,2	20 56	16 17	6 19,0	25 03
717,5	7 46 23,146	19 56,5	20 45	16 17	7 23,7	24 56
718,5	7 50 19,709	20 00,7	20 33	16 17	8 28,6	23 03
719,5	7 54 16,270	20 05,0	20 20	16 17	9 31,5	19 32
720,5	7 58 12,827	20 09,2	20 08	16 17	10 31,2	14 44
721,5	8 02 09,380	20 13,5	19 54	16 17	11 27,4	9 05
722,5	8 06 05,931	20 17,7	19 41	16 17	12 20,8	+ 3 03
723,5	8 10 02,482	20 21,9	19 27	16 17	13 12,2	- 3 00
724,5	8 13 59,034	20 26,1	19 13	16 16	14 02,9	8 45
725,5	8 17 55,589	20 30,3	18 58	16 16	14 53,8	13 57
726,5	8 21 52,146	20 34,4	18 43	16 16	15 45,4	18 21
727,5	8 25 48,705	20 38,6	18 28	16 16	16 38,3	21 47
728,5	8 29 45,266	20 42,7	18 12	16 16	17 32,3	24 05
729,5	8 33 41,828	20 46,8	17 56	16 16	18 26,8	25 10
730,5	8 37 38,389	20 51,0	-17 40	16 16	19 20,9	-25 00

Föld: 3-án 23^h12^m-kor napközben

hosszúságra vonatkozik

A koordináták 1984-re vonatkoznak

Dátum	A hét napjai	Év hányadik h e s e	Év hányadik n p l a	Közép-európai zónaidőben (KözEI)					a Hold fényváltozásai
				Budapesten					
				a Nap			a Hold		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(5)	32	7 12	11 58	16 44	7 20	15 59	
2	Cs		33	7 11	11 58	16 46	7 52	17 04	● 00 47
3	P		34	7 09	11 58	16 47	8 18	18 10	
4	Sz		35	7 08	11 58	16 49	8 39	19 14	
5	V		36	7 06	11 58	16 51	8 59	20 19	
6	H	6	37	7 05	11 58	16 52	9 16	21 23	
7	K		38	7 04	11 58	16 54	9 33	22 27	
8	Sz		39	7 02	11 58	16 55	9 52	23 33	
9	Cs		40	7 01	11 58	16 57	10 12	—	
10	P		41	6 59	11 58	16 58	10 35	0 42	◐ 05 00
11	Sz		42	6 58	11 58	17 00	11 05	1 52	
12	V		43	6 56	11 58	17 02	11 44	3 04	
13	H	7	44	6 54	11 58	17 03	12 33	4 14	
14	K		45	6 53	11 58	17 05	13 36	5 18	
15	Sz		46	6 51	11 58	17 06	14 53	6 11	
16	Cs		47	6 50	11 58	17 08	16 16	6 54	
17	P		48	6 48	11 58	17 09	17 42	7 28	○ 01 42
18	Sz		49	6 46	11 58	17 11	19 09	7 57	
19	V		50	6 45	11 58	17 12	20 31	8 21	
20	H	8	51	6 43	11 58	17 14	21 52	8 43	
21	K		52	6 41	11 58	17 16	23 10	9 06	
22	Sz		53	6 39	11 58	17 17	—	9 30	
23	Cs		54	6 37	11 58	17 19	0 26	9 58	◐ 18 13
24	P		55	6 36	11 58	17 20	1 40	10 30	
25	Sz		56	6 34	11 57	17 22	2 48	11 09	
26	V		57	6 32	11 57	17 23	3 48	11 56	
27	H	9	58	6 30	11 57	17 25	4 40	12 51	
28	K		59	6 28	11 57	17 26	5 21	13 51	
29	Sz		60	6 26	11 57	17 28	5 54	14 55	

Hold: 4-én 10^a-kor földtávolban
17-én 10^a-kor földközéiben

HÓNAP

0 ^h viláigidőkor						
Julian- -dátum 2445...	csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	Nap			Hold	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...731,5	8 41 34,948	20 55,1	-17 23	16 16	20 13,8	-23 38
732,5	8 45 31,506	20 59,1	17 06	16 15	21 04,7	21 12
733,5	8 49 28,061	21 03,2	16 49	16 15	21 53,3	17 53
734,5	8 53 24,614	21 07,3	16 32	16 15	22 39,6	13 52
735,5	8 57 21,165	21 11,3	16 14	16 15	23 24,2	9 20
736,5	9 01 17,715	21 15,3	15 56	16 15	0 07,6	- 4 28
737,5	9 05 14,264	21 19,4	15 37	16 15	0 50,6	+ 0 36
738,5	9 09 10,814	21 23,4	15 19	16 15	1 34,1	5 41
739,5	9 13 07,365	21 27,4	15 00	16 14	2 19,1	10 39
740,5	9 17 03,919	21 31,3	14 41	16 14	3 06,6	15 17
741,5	9 21 00,475	21 35,3	14 21	16 14	3 57,4	19 23
742,5	9 24 57,034	21 39,3	14 02	16 14	4 52,3	22 38
743,5	9 28 53,595	21 43,2	13 42	16 14	5 51,4	24 43
744,5	9 32 50,158	21 47,1	13 22	16 13	6 54,0	25 19
745,5	9 36 46,720	21 51,0	13 02	16 13	7 58,3	24 13
746,5	9 40 43,279	21 54,9	12 41	16 13	9 02,2	21 23
747,5	9 44 39,835	21 58,8	12 20	16 13	10 04,1	17 01
748,5	9 48 36,387	22 02,7	11 59	16 13	11 03,1	11 31
749,5	9 52 32,936	22 06,5	11 38	16 12	11 59,3	+ 5 21
750,5	9 56 29,485	22 10,4	11 17	16 12	12 53,3	- 1 00
751,5	10 00 26,034	22 14,2	10 56	16 12	13 46,0	7 09
752,5	10 04 22,585	22 18,1	10 34	16 12	14 38,5	12 44
753,5	10 08 19,139	22 21,9	10 12	16 12	15 31,4	17 31
754,5	10 12 15,696	22 25,7	9 50	16 11	16 25,0	21 17
755,5	10 16 12,255	22 29,5	9 28	16 11	17 19,4	23 52
756,5	10 20 08,814	22 33,3	9 06	16 11	18 14,0	25 13
757,5	10 24 05,372	22 37,1	8 44	16 11	19 08,3	25 18
758,5	10 28 01,930	22 40,8	8 21	16 10	20 01,3	24 11
759,5	10 31 58,485	22 44,6	- 7 58	16 10	20 52,4	-21 58

MÁRCIUS

Dátum	A hét napjai	Év hanyadik hete	Év hanyadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)					a Hold fényváltásai
				Budapesten					
				a Nap			a Hold		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	
1	Cs	(9)	61	6 25	11 56	17 29	6 22	16 01	
2	P		62	6 23	11 56	17 31	6 45	17 06	● 19 32
3	Sz		63	6 21	11 56	17 32	7 04	18 10	
4	V		64	6 19	11 56	17 34	7 22	19 14	
5	H	10	65	6 17	11 56	17 35	7 39	20 19	
6	K		66	6 15	11 55	17 37	7 57	21 25	
7	Sz		67	6 13	11 55	17 38	8 16	22 32	
8	Cs		68	6 11	11 55	17 40	8 37	23 41	
9	P		69	6 09	11 55	17 41	9 04	—	
10	Sz		70	6 07	11 54	17 43	9 37	0 51	☽ 19 28
11	V		71	6 05	11 54	17 44	10 21	2 00	
12	H	11	72	6 03	11 54	17 45	11 16	3 05	
13	K		73	6 01	11 54	17 47	12 24	4 01	
14	Sz		74	5 59	11 53	17 48	13 43	4 46	
15	Cs		75	5 57	11 53	17 50	15 07	5 23	
16	P		76	5 55	11 53	17 51	16 33	5 53	
17	Sz		77	5 53	11 52	17 53	17 58	6 19	○ 11 11
18	V		78	5 51	11 52	17 54	19 22	6 43	
19	H	12	79	5 49	11 52	17 56	20 45	7 06	
20	K		80	5 47	11 52	17 57	22 06	7 29	
21	Sz		81	5 45	11 51	17 58	23 23	7 56	
22	Cs		82	5 43	11 51	18 00	—	8 26	
23	P		83	5 41	11 51	18 01	0 37	9 04	
24	Sz		84	5 39	11 50	18 03	1 42	9 49	☾ 08 59
25	V		85	5 37	11 50	18 04	2 38	10 42	
26	H	13	86	5 35	11 50	18 06	3 23	11 42	
27	K		87	5 33	11 49	18 07	3 58	12 45	
28	Sz		88	5 31	11 49	18 08	4 27	13 51	
29	Cs		89	5 29	11 49	18 10	4 51	14 57	
30	P		90	5 27	11 49	18 11	5 11	16 01	
31	Sz		91	5 25	11 48	18 13	5 28	17 06	

Hold: 2-án 12^h-kor földtávolban
 16-án 22^h-kor földközélen
 29-én 17^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ⁿ világidőkor						
Julián- dátum 2445...	csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	Nap			Hold	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...760,5	10 35 55,039	22 48,4	-7 36	16 10	21 41,2	-18 49
761,5	10 39 51,590	22 52,1	7 13	16 10	22 28,0	14 55
762,5	10 43 48,139	22 55,8	6 50	16 09	23 12,9	10 28
763,5	10 47 44,687	22 59,6	6 27	16 09	23 56,5	5 36
764,5	10 51 41,234	23 03,3	6 04	16 09	0 39,6	- 0 31
765,5	10 55 37,782	23 07,0	5 40	16 09	1 22,8	+ 4 37
766,5	10 59 34,330	23 10,7	5 17	16 08	2 07,2	9 38
767,5	11 03 30,881	23 14,4	4 54	16 08	2 53,5	14 21
768,5	11 07 27,435	23 18,1	4 30	16 08	3 42,5	18,34
769,5	11 11 23,990	23 21,8	4 07	16 08	4 34,9	22 01
770,5	11 15 20,549	23 25,5	3 43	16 07	5 31,1	24,26
771,5	11 19 17,109	23 29,2	3 20	16 07	6 30,6	25 32
772,5	11 23 13,669	23 32,8	2 56	16 07	7 32,3	25 05
773,5	11 27 10,227	23 36,5	2 32	16 07	8 34,7	22 58
774,5	11 31 06,783	23 40,2	2 09	16 06	9 36,2	19 17
775,5	11 35 03,335	23 43,8	1 45	16 06	10 35,7	14 15
776,5	11 38 59,884	23 47,5	1 21	16 06	11 33,0	8 17
777,5	11 42 56,431	23 51,1	0 58	16 06	12 28,4	+ 1 50
778,5	11 46 52,978	23 54,8	0 34	16 05	13 22,8	- 4 39
779,5	11 50 49,528	23 58,4	- 0 10	16 05	14 16,9	10 45
780,5	11 54 46,080	0 02,1	+ 0 13	16 05	15 11,3	16 05
781,5	11 58 42,635	0 05,7	0 37	16 05	16 06,6	20 24
782,5	12 02 39,193	0 09,3	1 01	16 04	17 02,5	23 29
783,5	12 06 35,751	0 13,0	1 24	16 04	17 58,6	25 14
784,5	12 10 32,310	0 16,6	1 48	16 04	18 54,0	25 39
785,5	12 14 28,867	0 20,3	2 12	16 03	19 48,0	24 48
786,5	12 18 25,423	0 23,9	2 35	16 03	20 39,8	22 48
787,5	12 22 21,976	0 27,5	2 59	16 03	21 29,3	19 51
788,5	12 26 18,527	0 31,2	3 22	16 03	22 16,4	16 05
789,5	12 30 15,077	0 34,8	3 45	16 02	23 01,6	11 43
790,5	12 34 11,624	0 38,5	+ 4 09	16 02	23 45,4	- 6 53

Föld: 20-án 11^h25^m-kor tavasz kezdete

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)					a Hold fényváltzásai
				Budapesten					
				a Nap			a Hold		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	V	(13)	92	5 23	11 48	18 14	5 46	18 11	● 13 10
2	H	14	93	5 21	11 48	18 15	6 02	19 16	
3	K		94	5 19	11 47	18 17	6 21	20 24	
4	Sz		95	5 17	11 47	18 18	6 42	21 34	
5	Cs		96	5 15	11 47	18 20	7 06	22 43	
6	P		97	5 13	11 47	18 21	7 37	23 52	
7	Sz		98	5 11	11 46	18 22	8 16	—	
8	V		99	5 09	11 46	18 24	9 06	0 58	
9	H	15	100	5 07	11 46	18 25	10 08	1 56	☽ 05 52
10	K		101	5 05	11 45	18 27	11 20	2 43	
11	Sz		102	5 03	11 45	18 28	12 40	3 22	
12	Cs		103	5 01	11 45	18 30	14 03	3 53	
13	P		104	4 59	11 45	18 31	15 27	4 19	
14	Sz		105	4 57	11 44	18 32	16 50	4 42	
15	V		106	4 56	11 44	18 34	18 14	5 05	○ 20 12
16	H	16	107	4 54	11 44	18 35	19 36	5 28	
17	K		108	4 52	11 44	18 36	20 57	5 53	
18	Sz		109	4 50	11 43	18 38	22 16	6 22	
19	Cs		110	4 48	11 43	18 39	23 28	6 57	
20	P		111	4 46	11 43	18 41	—	7 40	
21	Sz		112	4 44	11 43	18 42	0 30	8 30	
22	V		113	4 43	11 43	18 44	1 21	9 30	
23	H	17	114	4 41	11 42	18 45	2 00	10 33	☾ 01 27
24	K		115	4 39	11 42	18 46	2 32	11 39	
25	Sz		116	4 37	11 42	18 48	2 56	12 45	
26	Cs		117	4 36	11 42	18 49	3 18	13 51	
27	P		118	4 34	11 42	18 50	3 35	14 55	
28	Sz		119	4 32	11 42	18 52	3 53	16 00	
29	V		120	4 31	11 41	18 53	4 09	17 06	
30	H	18	121	4 29	11 41	18 55	4 27	18 13	

Hold: 14-én 07^h-kor földközélen
26-án 08^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^b világidőkor						
Julián- dátum 2445...	csillagidő (λ = 0 ^b -nál)	Nap			Hold	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	" "	h m	° ' "
...791,5	12 38 08,172	0 42,1	+ 4 32	16 02	0 28,6	- 1 47
792,5	12 42 04,719	0 45,8	4 55	16 01	1 11,9	+ 3 25
793,5	12 46 01,267	0 49,4	5 18	16 01	1 56,2	8 34
794,5	12 49 57,817	0 53,1	5 41	16 01	2 42,2	13 26
795,5	12 53 54,370	0 56,7	6 04	16 01	3 30,6	17 50
796,5	12 57 50,926	1 00,4	6 26	16 00	4 22,1	21 31
797,5	13 01 47,484	1 04,0	6 49	16 00	5 16,9	24 12
798,5	13 05 44,043	1 07,7	7 12	16 00	6 14,7	25 38
799,5	13 09 40,604	1 11,4	7 34	16 00	7 14,5	25 37
800,5	13 13 37,163	1 15,0	7 56	15 59	8 14,9	24 02
801,5	13 17 33,720	1 18,7	8 18	15 59	9 14,7	20 56
802,5	13 21 30,274	1 22,4	8 40	15 59	10 13,0	16 29
803,5	13 25 26,825	1 26,1	9 02	15 58	11 09,3	10 58
804,5	13 29 23,373	1 29,7	9 24	15 58	12 04,2	+ 4 45
805,5	13 33 19,921	1 33,4	9 45	15 58	12 58,2	- 1 45
806,5	13 37 16,470	1 37,1	10 07	15 58	13 52,2	8 07
807,5	13 41 13,022	1 40,8	10 28	15 57	14 47,0	13 57
808,5	13 45 09,577	1 44,6	10 49	15 57	15 43,0	18 52
809,5	13 49 06,136	1 48,3	11 10	15 57	16 40,2	22 36
810,5	13 53 02,696	1 52,0	11 30	15 57	17 37,9	24 57
811,5	13 56 59,256	1 55,7	11 51	15 56	18 35,3	25 52
812,5	14 00 55,816	1 59,5	12 11	15 56	19 31,2	25 25
813,5	14 04 52,374	2 03,2	12 31	15 56	20 24,7	23 43
814,5	14 08 48,930	2 07,0	12 51	15 56	21 15,4	20 58
815,5	14 12 45,483	2 10,8	13 11	15 55	22 03,4	17 23
816,5	14 16 42,035	2 14,5	13 30	15 55	22 49,1	13 08
817,5	14 20 38,585	2 18,3	13 49	15 55	23 33,3	8 24
818,5	14 24 35,133	2 22,1	14 08	15 55	0 16,5	- 3 20
819,5	14 28 31,682	2 25,9	14 27	15 54	0 59,8	+ 1 55
820,5	14 32 28,232	2 29,7	+14 46	15 54	1 43,8	+ 7 09

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)					a Hold fényváltásai
				Budapesten					
				a Nap			a Hold		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	
1	K	(18)	122	4 27	11 41	18 56	4 46	19 23	● 04 46
2	Sz		123	4 26	11 41	18 57	5 10	20 34	
3	Cs		124	4 24	11 41	18 59	5 39	21 45	
4	P		125	4 23	11 41	19 00	6 15	22 53	
5	Sz		126	4 21	11 41	19 01	7 02	23 53	
6	V		127	4 19	11 41	19 03	8 00	—	
7	H	19	128	4 18	11 41	19 04	9 08	0 43	
8	K		129	4 16	11 41	19 06	10 25	1 23	☽ 12 51
9	Sz		130	4 15	11 41	19 07	11 45	1 56	
10	Cs		131	4 14	11 41	19 08	13 05	2 23	
11	P		132	4 12	11 40	19 10	14 26	2 46	
12	Sz		133	4 11	11 40	19 11	15 47	3 07	
13	V		134	4 10	11 40	19 12	17 08	3 29	
14	H	20	135	4 08	11 40	19 13	18 29	3 51	
15	K		136	4 07	11 40	19 15	19 49	4 18	○ 05 29
16	Sz		137	4 06	11 40	19 16	21 06	4 50	
17	Cs		138	4 05	11 40	19 17	22 14	5 29	
18	P		139	4 03	11 41	19 18	23 12	6 17	
19	Sz		140	4 02	11 41	19 20	23 57	7 14	
20	V		141	4 01	11 41	19 21	—	8 17	
21	H	21	142	4 00	11 41	19 22	0 32	9 24	
22	K		143	3 59	11 41	19 23	1 00	10 31	☾ 18 46
23	Sz		144	3 58	11 41	19 24	1 22	11 37	
24	Cs		145	3 57	11 41	19 25	1 42	12 42	
25	P		146	3 56	11 41	19 26	1 58	13 47	
26	Sz		147	3 55	11 41	19 28	2 15	14 52	
27	V		148	3 54	11 41	19 29	2 33	15 58	
28	H	22	149	3 54	11 41	19 30	2 52	17 07	
29	K		150	3 53	11 42	19 31	3 13	18 19	
30	Sz		151	3 52	11 42	19 32	3 40	19 31	● 17 49
31	Cs		152	3 51	11 42	19 32	4 14	20 41	

Hold: 12-én 04^h-kor földközélen24-én 02^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^b világitőkor						
Julián- dátum 2445...	csillagidő (λ = 0 ^h -nál)	Nap			Hold	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...821,5	14 36 24,784	2 33,5	+15 04	15 54	2 29,6	+12 12
822,5	14 40 21,338	2 37,3	15 22	15 54	3 17,9	16 50
823,5	14 44 17,895	2 41,2	15 40	15 53	4 09,2	20 47
824,5	14 48 14,455	2 45,0	15 57	15 53	5 03,8	23 47
825,5	14 52 11,016	2 48,9	16 15	15 53	6 01,4	25 33
826,5	14 56 07,578	2 52,7	16 32	15 53	7 00,9	25 53
827,5	15 00 04,140	2 56,6	16 48	15 52	8 00,9	24 41
828,5	15 04 00,699	3 00,5	17 05	15 52	9 00,0	21 59
829,5	15 07 57,256	3 04,4	17 21	15 52	9 57,3	17 57
830,5	15 11 53,810	3 08,3	17 37	15 52	10 52,5	12 51
831,5	15 15 50,361	3 12,2	17 52	15 52	11 45,9	7 00
832,5	15 19 46,911	3 16,1	18 08	15 51	12 38,5	+ 0 43
833,5	15 23 43,462	3 20,0	18 23	15 51	13 31,0	- 5 37
834,5	15 27 40,015	3 24,0	18 37	15 51	14 24,3	11 38
835,5	15 31 36,571	3 27,9	18 52	15 51	15 19,3	16 57
836,5	15 35 33,130	3 31,9	19 06	15 51	16 16,0	21 14
837,5	15 39 29,692	3 35,8	19 19	15 50	17 14,2	24 13
838,5	15 43 26,255	3 39,8	19 33	15 50	18 12,8	25 45
839,5	15 47 22,818	3 43,8	19 46	15 50	19 10,5	25 49
840,5	15 51 19,379	3 47,8	19 58	15 50	20 06,1	24 32
841,5	15 55 15,938	3 51,8	20 11	15 50	20 58,7	22 06
842,5	15 59 12,495	3 55,8	20 23	15 49	21 48,2	18 43
843,5	16 03 09,049	3 59,8	20 34	15 49	22 34,9	14 37
844,5	16 07 05,602	4 03,8	20 46	15 49	23 19,6	10 00
845,5	16 11 02,153	4 07,9	20 57	15 49	0 02,9	- 5 01
846,5	16 14 58,704	4 11,9	21 07	15 49	0 46,0	+ 0 11
847,5	16 18 55,256	4 16,0	21 17	15 49	1 29,6	5 26
848,5	16 22 51,809	4 20,0	21 27	15 48	2 14,7	10 35
849,5	16 26 48,364	4 24,1	21 37	15 48	3 02,3	15 25
850,5	16 30 44,922	4 28,2	21 46	15 48	3 53,1	19 39
851,5	16 34 41,484	4 32,3	+21 55	15 48	4 47,5	+23 02

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)					a Hold fényváltózási
				Budapesten					
				a Nap			a Hold		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	P	(22)	153	3 51	11 42	19 33	4 58	21 46	
2	Sz		154	3 50	11 42	19 34	5 53	22 41	
3	V		155	3 50	11 42	19 35	6 58	23 25	
4	H	23	156	3 49	11 42	19 36	8 14	—	
5	K		157	3 49	11 43	19 37	9 33	0 00	
6	Sz		158	3 48	11 43	19 38	10 53	0 28	☾ 17 43
7	Cs		159	3 48	11 43	19 38	12 13	0 51	
8	P		160	3 47	11 43	19 39	13 31	1 13	
9	Sz		161	3 47	11 43	19 40	14 49	1 34	
10	V		162	3 47	11 44	19 40	16 08	1 55	
11	H	24	163	3 47	11 44	19 41	17 27	2 19	
12	K		164	3 46	11 44	19 42	18 45	2 48	
13	Sz		165	3 46	11 44	19 42	19 57	3 22	☉ 15 43
14	Cs		166	3 46	11 44	19 43	20 59	4 06	
15	P		167	3 46	11 45	19 43	21 50	4 59	
16	Sz		168	3 46	11 45	19 44	22 30	6 01	
17	V		169	3 46	11 45	19 44	23 01	7 07	
18	H	25	170	3 46	11 45	19 44	23 25	8 15	
19	K		171	3 46	11 45	19 45	23 46	9 22	
20	Sz		172	3 46	11 46	19 45	—	10 28	
21	Cs		173	3 47	11 46	19 45	0 04	11 33	☾ 12 11
22	P		174	3 47	11 46	19 45	0 21	12 37	
23	Sz		175	3 47	11 46	19 45	0 37	13 42	
24	V		176	3 47	11 47	19 45	0 55	14 49	
25	H	26	177	3 48	11 47	19 45	1 15	16 00	
26	K		178	3 48	11 47	19 45	1 39	17 12	
27	Sz		179	3 49	11 47	19 45	2 11	18 23	
28	Cs		180	3 49	11 47	19 45	2 49	19 32	
29	P		181	3 50	11 48	19 45	3 41	20 32	☉ 04 19
30	Sz		182	3 50	11 48	19 45	4 45	21 22	

Hold: 7-én 12^h-kor földközelve
20-án 21^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián- dátum 2445...	csillagidő (λ = 0 ^h -nál)	Nap			Hold	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...852,5	16 38 38,047	4 36,4	+22 03	15 48	5 45,3	+25 13
853,5	16 42 34,611	4 40,5	22 11	15 48	6 45,6	25 58
854,5	16 46 31,175	4 44,6	22 19	15 47	7 46,6	25 08
855,5	16 50 27,738	4 48,7	22 26	15 47	8 46,7	22 45
856,5	16 54 24,297	4 52,8	22 33	15 47	9 44,7	18 59
857,5	16 58 20,853	4 56,9	22 39	15 47	10 40,0	14,07
858,5	17 02 17,406	5 01,0	22 45	15 47	11 33,1	8 29
859,5	17 06 13,958	5 05,2	22 51	15 47	12 24,7	+ 2 24
860,5	17 10 10,510	5 09,3	22 56	15 47	13 15,7	- 3 48
861,5	17 14 07,064	5 13,4	23 01	15 47	14 07,4	9 47
862,5	17 18 03,621	5 17,6	23 05	15 47	15 00,4	15 14
863,5	17 22 00,180	5 21,7	23 09	15 46	15 55,4	19 49
864,5	17 25 56,743	5 25,9	23 13	15 46	16 52,4	23 16
865,5	17 29 53,307	5 30,0	23 16	15 46	17 50,7	25 20
866,5	17 33 49,871	5 34,2	23 19	15 46	18 49,0	25 57
867,5	17 37 46,434	5 38,3	23 21	15 46	19 45,8	25 08
868,5	17 41 42,995	5 42,5	23 23	15 46	20 40,1	23 04
869,5	17 45 39,554	5 46,6	23 24	15 46	21 31,2	19 57
870,5	17 49 36,110	5 50,8	23 26	15 46	22 19,3	16 03
871,5	17 53 32,665	5 55,0	23 26	15 46	23 04,8	11 33
872,5	17 57 29,217	5 59,1	23 27	15 46	23 48,5	6 40
873,5	18 01 25,769	6 03,3	23 26	15 46	0 31,4	- 1 32
874,5	18 05 22,321	6 07,4	23 26	15 46	1 14,4	+ 3 41
875,5	18 09 18,875	6 11,6	23 25	15 46	1 58,6	8 51
876,5	18 13 15,430	6 15,8	23 24	15 46	2 44,9	13 46
877,5	18 17 11,988	6 19,9	23 22	15 45	3 34,3	18 14
878,5	18 21 08,549	6 24,1	23 20	15 45	4 27,5	21 57
879,5	18 25 05,112	6 28,2	23 17	15 45	5 24,7	24 36
880,5	18 29 01,677	6 32,4	23 14	15 45	6 25,1	25 52
881,5	18 32 58,242	6 36,5	+23 11	15 45	7 27,3	+25 32

Föld: 21-én 06^h02^m-kor nyár kezdete

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)					a Hold fényváltásai
				Budapesten					
				a Nap			a Hold		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	V	(26)	183	3 51	11 48	19 45	5 59	22 01	
2	H	27	184	3 51	11 48	19 45	7 19	22 32	
3	K		185	3 52	11 48	19 44	8 41	22 57	
4	Sz		186	3 53	11 49	19 44	10 02	23 19	
5	Cs		187	3 53	11 49	19 44	11 20	23 39) 22 05
6	P		188	3 54	11 49	19 43	12 38	—	
7	Sz		189	3 55	11 49	19 43	13 57	0 00	
8	V		190	3 56	11 49	19 42	15 13	0 23	
9	H	28	191	3 57	11 49	19 42	16 30	0 49	
10	K		192	3 58	11 49	19 41	17 43	1 21	
11	Sz		193	3 59	11 50	19 40	18 48	2 00	
12	Cs		194	3 59	11 50	19 40	19 43	2 49	
13	P		195	4 00	11 50	19 39	20 27	3 47	○ 03 21
14	Sz		196	4 01	11 50	19 38	21 00	4 52	
15	V		197	4 02	11 50	19 37	21 27	6 00	
16	H	29	198	4 03	11 50	19 37	21 50	7 08	
17	K		199	4 04	11 50	19 36	22 09	8 14	
18	Sz		200	4 05	11 50	19 35	22 25	9 19	
19	Cs		201	4 06	11 50	19 34	22 42	10 24	
20	P		202	4 08	11 50	19 33	22 58	11 29	
21	Sz		203	4 09	11 50	19 32	23 17	12 34	(05 02
22	V		204	4 10	11 51	19 31	23 39	13 41	
23	H	30	205	4 11	11 51	19 30	—	14 51	
24	K		206	4 12	11 51	19 28	0 06	16 03	
25	Sz		207	4 13	11 51	19 27	0 41	17 13	
26	Cs		208	4 14	11 51	19 26	1 26	18 17	
27	P		209	4 16	11 51	19 25	2 25	19 12	
28	Sz		210	4 17	11 51	19 24	3 36	19 56	● 12 52
29	V		211	4 18	11 51	19 22	4 57	20 31	
30	H	31	212	4 19	11 51	19 21	6 21	20 59	
31	K		213	4 21	11 50	19 20	7 45	21 22	

Hold: 3-án 0^a-kor földközélen
 18-án 15^a-kor földtávolban
 30-án 13^a-kor földközélen

HÓNAP

0 ^b világidőkor						
Julián- dátum 2445...	csillagidő ($\lambda = 0^{\text{h}}$ -nál)	Nap			Hold	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
882,5	18 36 54,806	6 40,6	+ 23 07	15 45	8 29,2	+ 23 33
883,5	18 40 51,366	6 44,8	23 03	15 45	9 29,3	20 03
884,5	18 44 47,924	6 48,9	22 58	15 45	10 26,5	15 19
885,5	18 48 44,478	6 53,0	22 53	15 45	11 20,8	9 45
886,5	18 52 41,030	6 57,2	22 48	15 45	12 13,0	+ 3 41
887,5	18 56 37,581	7 01,3	22 42	15 45	13 04,0	- 2 30
888,5	19 00 34,134	7 05,4	22 36	15 45	13 54,9	8 30
889,5	19 04 30,690	7 09,5	22 29	15 45	14 46,8	14 01
890,5	19 08 27,248	7 13,6	22 22	15 45	15 40,2	18 45
891,5	19 12 23,810	7 17,7	22 15	15 45	16 35,6	22 26
892,5	19 16 20,373	7 21,7	22 07	15 45	17 32,6	24 52
893,5	19 20 16,936	7 25,8	21 59	15 46	18 30,3	25 54
894,5	19 24 13,499	7 29,9	21 50	15 46	19 27,3	25 31
895,5	19 28 10,060	7 33,9	21 41	15 46	20 22,2	23 49
896,5	19 32 06,619	7 38,0	21 32	15 46	21 14,4	21 00
897,5	19 36 03,175	7 42,0	21 22	15 46	22 03,6	17 18
898,5	19 39 59,729	7 46,1	21 12	15 46	22 50,0	12 57
899,5	19 43 56,281	7 50,1	21 02	15 46	23 34,3	8 08
900,5	19 47 52,833	7 54,1	20 51	15 46	0 17,3	- 3 04
901,5	19 51 49,384	7 58,1	20 40	15 46	0 59,9	+ 2 07
902,5	19 55 45,935	8 02,1	20 29	15 46	1 43,2	7 16
903,5	19 59 42,489	8 06,1	20 17	15 46	2 28,0	12 13
904,5	20 03 39,044	8 10,1	20 05	15 46	3 15,6	16 48
905,5	20 07 35,603	8 14,0	19 53	15 46	4 06,6	20 45
906,5	20 11 32,164	8 18,0	19 40	15 46	5 01,6	23 48
907,5	20 15 28,727	8 21,9	19 27	15 46	6 00,6	25 36
908,5	20 19 25,290	8 25,9	19 13	15 46	7 02,5	25 53
909,5	20 23 21,853	8 29,8	19 00	15 47	8 05,5	24 29
910,5	20 27 18,414	8 33,7	18 46	15 47	9 07,6	21 25
911,5	20 31 14,971	8 37,6	18 31	15 47	10 07,3	16 56
912,5	20 35 11,525	8 41,5	+ 18 17	15 47	11 04,1	+ 11 24

Föld: 3-án 07^h32^m-kor naptávolban (KözEI)

AUGUSZTUS

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)					a Hold fényváltásai
				Budapesten					
				a Nap			a Hold		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Sz	(31)	214	4 22	11 50	19 18	9 06	21 44	
2	Cs		215	4 23	11 50	19 17	10 26	22 05	
3	P		216	4 24	11 50	19 15	11 45	22 28	
4	Sz		217	4 26	11 50	19 14	13 04	22 52	☽ 03 34
5	V		218	4 27	11 50	19 12	14 21	23 23	
6	H	32	219	4 28	11 50	19 11	15 34	23 59	
7	K		220	4 29	11 50	19 09	16 42	—	
8	Sz		221	4 31	11 50	19 08	17 39	0 45	
9	Cs		222	4 32	11 50	19 06	18 25	1 38	
10	P		223	4 33	11 49	19 04	19 02	2 41	
11	Sz		224	4 35	11 49	19 03	19 31	3 47	☉ 16 44
12	V		225	4 36	11 49	19 01	19 53	4 55	
13	H	33	226	4 37	11 49	18 59	20 13	6 03	
14	K		227	4 39	11 49	18 58	20 30	7 08	
15	Sz		228	4 40	11 49	18 56	20 47	8 14	
16	Cs		229	4 41	11 48	18 54	21 03	9 18	
17	P		230	4 43	11 48	18 53	21 20	10 22	
18	Sz		231	4 44	11 48	18 51	21 41	11 28	
19	V		232	4 45	11 48	18 49	22 04	12 36	☾ 20 41
20	H	34	233	4 47	11 47	18 47	22 35	13 46	
21	K		234	4 48	11 47	18 45	23 15	14 55	
22	Sz		235	4 49	11 47	18 44	—	16 00	
23	Cs		236	4 51	11 47	18 42	0 06	17 00	
24	P		237	4 52	11 46	18 40	1 10	17 47	
25	Sz		238	4 53	11 46	18 38	2 26	18 27	
26	V		239	4 55	11 46	18 36	3 50	18 57	● 20 26
27	H	35	240	4 56	11 46	18 34	5 16	19 23	
28	K		241	4 57	11 45	18 32	6 42	19 45	
29	Sz		242	4 59	11 45	18 30	8 06	20 07	
30	Cs		243	5 00	11 45	18 28	9 28	20 30	
31	P		244	5 01	11 44	18 27	10 50	20 54	

Hold: 15-én 06^h-kor földtávolban
27-én 18^h-kor földközelen

HÓNAP

0 ^b világidőkor						
Julian- dátum 2445...	esilágidő (λ = 0 ^b -nál)	Nap			Hold	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...913,5	20 39 08,075	8 45,4	+ 18 02	15 47	11 58,3	+ 5 15
914,5	20 43 04,625	8 49,3	17 47	15 47	12 50,8	- 1 06
915,5	20 47 01,176	8 53,2	17 31	15 47	13 42,6	7 18
916,5	20 50 57,729	8 57,0	17 15	15 47	14 34,6	13 00
917,5	20 54 54,285	9 00,9	16 59	15 48	15 27,8	17 57
918,5	20 58 50,844	9 04,7	16 43	15 48	16 22,6	21 51
919,5	21 02 47,405	9 08,5	16 26	15 48	17 18,7	24 33
920,5	21 06 43,966	9 12,4	16 09	15 48	18 15,6	25 53
921,5	21 10 40,527	9 16,2	15 52	15 48	19 12,2	25 49
922,5	21 14 37,087	9 20,0	15 35	15 48	20 07,1	24 26
923,5	21 18 33,644	9 23,7	15 17	15 48	20 59,7	21 53
924,5	21 22 30,199	9 27,5	14 59	15 49	21 49,4	18 24
925,5	21 26 26,751	9 31,3	14 41	15 49	22 36,5	14 10
926,5	21 30 23,302	9 35,1	14 23	15 49	23 21,2	9 27
927,5	21 34 19,851	9 38,8	14 04	15 49	0 04,5	- 4 25
928,5	21 38 16,400	9 42,5	13 45	15 49	0 47,0	+ 0 46
929,5	21 42 12,949	9 46,3	13 26	15 49	1 29,7	5 56
930,5	21 46 09,499	9 50,0	13 07	15 50	2 13,5	10 56
931,5	21 50 06,052	9 53,7	12 47	15 50	2 59,4	15 35
932,5	21 54 02,607	9 57,4	12 28	15 50	3 48,2	19 42
933,5	21 57 59,165	10 01,1	12 08	15 50	4 40,7	23 01
934,5	22 01 55,724	10 04,8	11 48	15 50	5 37,1	25 15
935,5	22 05 52,286	10 08,5	11 28	15 51	6 36,8	26 08
936,5	22 09 48,847	10 12,2	11 07	15 51	7 38,8	25 24
937,5	22 13 45,406	10 15,9	10 47	15 51	8 41,1	22 59
938,5	22 17 41,963	10 19,5	10 26	15 51	9 42,2	19 00
939,5	22 21 38,516	10 23,2	10 05	15 51	10 41,0	13 43
940,5	22 25 35,065	10 26,8	9 44	15 52	11 37,4	7 34
941,5	22 29 31,613	10 30,5	9 22	15 52	12 31,9	+ 1 00
942,5	22 33 28,161	10 34,1	9 01	15 52	13 25,5	- 5 32
943,5	22 37 24,712	10 37,8	+ 9 39	15 52	14 19,1	-11 38

SZEPTEMBER

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)					a Hold fényváltásai
				Budapest					
				a Nap			a Hold		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(35)	245	5 03	11 44	18 25	12 10	21 23	
2	V		246	5 04	11 44	18 23	13 26	21 58	☽ 11 30
3	H	36	247	5 05	11 43	18 21	14 36	22 40	
4	K		248	5 07	11 43	18 19	15 37	23 32	
5	Sz		249	5 08	11 43	18 17	16 26	—	
6	Cs		250	5 09	11 42	18 15	17 05	0 33	
7	P		251	5 11	11 42	18 13	17 34	1 38	
8	Sz		252	5 12	11 42	18 11	17 59	2 46	
9	V		253	5 13	11 41	18 08	18 19	3 53	
10	H	37	254	5 15	11 41	18 06	18 37	4 59	☉ 08 02
11	K		255	5 16	11 41	18 04	18 53	6 04	
12	Sz		256	5 17	11 40	18 02	19 09	7 09	
13	Cs		257	5 19	11 40	18 00	19 25	8 13	
14	P		258	5 20	11 40	17 58	19 45	9 19	
15	Sz		259	5 21	11 39	17 56	20 06	10 25	
16	V		260	5 23	11 39	17 54	20 33	11 33	
17	H	38	261	5 24	11 39	17 52	21 09	12 42	
18	K		262	5 25	11 38	17 50	21 52	13 48	☽ 10 32
19	Sz		263	5 27	11 38	17 48	22 50	14 48	
20	Cs		264	5 28	11 37	17 46	23 59	15 39	
21	P		265	5 29	11 37	17 44	—	16 21	
22	Sz		266	5 31	11 37	17 42	1 18	16 55	
23	V		267	5 32	11 36	17 40	2 43	17 22	
24	H	39	268	5 33	11 36	17 38	4 08	17 46	
25	K		269	5 35	11 36	17 36	5 34	18 08	☉ 04 11
26	Sz		270	5 36	11 35	17 34	7 00	18 30	
27	Cs		271	5 37	11 35	17 32	8 25	18 54	
28	P		272	5 39	11 35	17 30	9 48	19 21	
29	Sz		273	5 40	11 34	17 28	11 10	19 54	
30	V		274	5 42	11 34	17 26	12 25	20 35	

Hold: 11-én 14^h-kor földtávolban
25-én 04^h-kor földközelen

HÓNAP

0 ^b világdőkor						
Julián- dátum 2445...	csillagidő ($\lambda = 0^{\text{h}}$ -nál)	Nap			Hold	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...944,5	22 41 21,265	10 41,4	+ 8 18	15 52	15 13,4	-16 58
945,5	22 45 17,821	10 45,0	7 56	15 53	16 08,8	21 15
946,5	22 49 14,380	10 48,6	7 34	15 53	17 05,4	24 16
947,5	22 53 10,939	10 52,3	7 12	15 53	18 02,6	25 55
948,5	22 57 07,499	10 55,9	6 50	15 53	18 59,2	26 08
949,5	23 01 04,057	10 59,5	6 27	15 54	19 54,4	25 01
950,5	23 05 00,613	11 03,1	6 05	15 54	20 47,2	22 43
951,5	23 08 57,166	11 06,7	5 43	15 54	21 37,2	19 24
952,5	23 12 53,717	11 10,3	5 20	15 54	22 24,5	15 20
953,5	23 16 50,267	11 13,9	4 57	15 55	23 09,6	10 41
954,5	23 20 46,814	11 17,5	4 35	15 55	23 53,1	5 40
955,5	23 24 43,361	11 21,0	4 12	15 55	0 35,6	- 0 28
956,5	23 28 39,909	11 24,6	3 49	15 55	1 18,2	+ 4 45
957,5	23 32 36,457	11 28,2	3 26	15 56	2 01,5	9 50
958,5	23 36 33,008	11 31,8	3 03	15 56	2 46,5	14 36
959,5	23 40 29,560	11 35,4	2 40	15 56	3 33,9	18 51
960,5	23 44 26,116	11 39,0	2 16	15 56	4 24,4	22 23
961,5	23 48 22,673	11 42,6	1 53	15 56	5 18,3	24 55
962,5	23 52 19,232	11 46,2	1 30	15 57	6 15,5	26 14
963,5	23 56 15,792	11 49,7	1 07	15 57	7 15,1	26 05
964,5	0 00 12,351	11 53,3	0 43	15 57	8 15,8	24 21
965,5	0 04 08,907	11 56,9	+ 0 20	15 58	9 16,1	21 02
966,5	0 08 05,461	12 00,5	- 0 03	15 58	10 15,0	16 18
967,5	0 12 02,011	12 04,1	0 27	15 58	11 12,1	10 27
968,5	0 15 58,558	12 07,7	0 50	15 58	12 07,6	+ 3 55
969,5	0 19 55,105	12 11,3	1 13	15 59	13 02,4	- 2 52
970,5	0 23 51,654	12 14,9	1 37	15 59	13 57,3	9 24
971,5	0 27 48,205	12 18,5	2 00	15 59	14 52,9	15 18
972,5	0 31 44,760	12 22,1	2 24	16 00	15 49,9	20 10
973,5	0 35 41,318	12 25,7	- 2 47	16 00	16 48,0	-23 44

Föld: 22-én 21^h33^m-kor ósz kezdete (KözEI)

OKTÓBER

		Közép-európai zónaidőben (KözEI)								
Dátum	A hét napja	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Budapesten					a Hold fényváltásai	
				a Nap			a Hold			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	H	40	275	5 43	11 34	17 24	13 32	21 25) 22 53	
2	K		276	5 44	11 33	17 22	14 25	22 24		
3	Sz		277	5 46	11 33	17 20	15 07	23 28		
4	Cs		278	5 47	11 33	17 18	15 40	—		
5	P		279	5 48	11 33	17 16	16 05	0 36		
6	Sz		280	5 50	11 32	17 14	16 27	1 44		
7	V		281	5 51	11 32	17 12	16 44	2 51		
8	H	41	282	5 53	11 32	17 10	17 00	3 55		
9	K		283	5 54	11 31	17 08	17 16	5 00		
10	Sz		284	5 56	11 31	17 06	17 33	6 05	○ 00 59	
11	Cs		285	5 57	11 31	17 04	17 50	7 10		
12	P		286	5 58	11 31	17 02	18 10	8 17		
13	Sz		287	6 00	11 30	17 00	18 36	9 25		
14	V		288	6 01	11 30	16 58	19 07	10 33		
15	H	42	289	6 03	11 30	16 56	19 48	11 40		
16	K		290	6 04	11 30	16 54	20 38	12 42		
17	Sz		291	6 06	11 29	16 53	21 42	13 36	⊂ 22 15	
18	Cs		292	6 07	11 29	16 51	22 55	14 19		
19	P		293	6 09	11 29	16 49	—	14 54		
20	Sz		294	6 10	11 29	16 47	0 14	15 22		
21	V		295	6 12	11 29	16 45	1 38	15 47		
22	H	43	296	6 13	11 29	16 43	3 02	16 08		
23	K		297	6 15	11 28	16 42	4 26	16 29		
24	Sz		298	6 16	11 28	16 40	5 51	16 51	● 13 09	
25	Cs		299	6 18	11 28	16 38	7 17	17 17		
26	P		300	6 19	11 28	16 37	8 42	17 48		
27	Sz		301	6 20	11 28	16 35	10 04	18 26		
28	V		302	6 22	11 28	16 33	11 17	19 13		
29	H	44	303	6 23	11 28	16 32	12 19	20 11		
30	K		304	6 25	11 28	16 30	13 06	21 15		
31	Sz		305	6 26	11 28	16 28	13 43	22 23) 14 08	

Hold: 8-án 16ⁿ-kor földtávolban
23-án 15ⁿ-kor földközelen

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián- dátum 2445...	e-illagidő (λ = 0 ^h -nál)	Nap			Hold	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	° ′	h m	° ′
...974,5	0 39 37,878	12 29,4	— 3 10	16 00	17 46,6	—25 50
975,5	0 43 34,437	12 33,0	3 34	16 00	18 44,7	26 27
976,5	0 47 30,996	12 36,6	3 57	16 01	19 41,1	25 38
977,5	0 51 27,552	12 40,2	4 20	16 01	20 34,8	23 33
978,5	0 55 24,106	12 43,9	4 43	16 01	21 25,5	20 26
979,5	0 59 20,658	12 47,5	5 06	16 02	22 13,3	16 30
980,5	1 03 17,208	12 51,2	5 29	16 02	22 58,7	11 58
981,5	1 07 13,756	12 54,8	5 52	16 02	23 42,3	7 00
982,5	1 11 10,303	12 58,5	6 15	16 02	0 24,9	— 1 47
983,5	1 15 06,850	13 02,2	6 38	16 03	1 07,4	+ 3 30
984,5	1 19 03,399	13 05,8	7 00	16 03	1 50,5	8 41
985,5	1 22 59,949	13 09,5	7 23	16 03	2 35,2	13 36
986,5	1 26 56,502	13 13,2	7 45	16 03	3 22,0	18 02
987,5	1 30 53,057	13 16,9	8 08	16 04	4 11,6	21 46
988,5	1 34 49,615	13 20,6	8 30	16 04	5 04,3	24 35
989,5	1 38 46,174	13 24,4	8 52	16 04	6 00,0	26 13
990,5	1 42 42,734	13 28,1	9 14	16 05	6 57,8	26 30
991,5	1 46 39,294	13 31,8	9 36	16 05	7 56,6	25 16
992,5	1 50 35,852	13 35,6	9 58	16 05	8 55,2	22 32
993,5	1 54 32,407	13 39,4	10 19	16 05	9 52,6	18 25
994,5	1 58 28,959	13 43,1	10 41	16 06	10 48,6	13 07
995,5	2 02 25,509	13 46,9	11 02	16 06	11 43,2	6 56
996,5	2 06 22,057	13 50,7	11 23	16 06	12 37,4	+ 0 16
997,5	2 10 18,606	13 54,5	11 44	16 06	13 31,8	— 6 27
998,5	2 14 15,158	13 58,4	12 05	16 07	14 27,4	12 47
999,5	2 18 11,713	14 02,2	12 26	16 07	15 24,8	18 17
✓ 000,5	2 22 08,272	14 06,0	12 46	16 07	16 24,0	22 34
001,5	2 26 04,833	14 09,9	13 06	16 07	17 24,5	25 22
002,5	2 30 01,395	14 13,8	13 26	16 08	18 24,8	26 34
003,5	2 33 57,956	14 17,6	13 46	16 08	19 23,5	26 12
004,5	2 37 54,516	14 21,5	—14 06	16 08	20 19,3	—24 27

✓ 2446...

NOVEMBER

Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben (KözEI)					a Hold fényváltásai
				Budapesten					
				a Nap			a Hold		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
								h m	
1	Cs	(44)	306	6 28	11 28	16 27	14 10	23 32	
2	P		307	6 29	11 28	16 25	14 33	—	
3	Sz		308	6 31	11 28	16 24	14 52	0 40	
4	V		309	6 33	11 28	16 22	15 08	1 45	
5	H	45	310	6 34	11 28	16 21	15 24	2 51	
6	K		311	6 36	11 28	16 19	15 40	3 55	
7	Sz		312	6 37	11 28	16 18	15 57	5 00	
8	Cs		313	6 39	11 28	16 17	16 16	6 07	○ 18 43
9	P		314	6 40	11 28	16 15	16 39	7 15	
10	Sz		315	6 42	11 28	16 14	17 09	8 25	
11	V		316	6 43	11 28	16 13	17 46	9 34	
12	H	46	317	6 45	11 28	16 12	18 34	10 38	
13	K		318	6 46	11 28	16 10	19 33	11 33	
14	Sz		319	6 48	11 29	16 09	20 42	12 19	
15	Cs		320	6 49	11 29	16 08	21 58	12 56	
16	P		321	6 51	11 29	16 07	23 18	13 26	☾ 08 00
17	Sz		322	6 52	11 29	16 06	—	13 50	
18	V		323	6 53	11 29	16 05	0 38	14 11	
19	H	47	324	6 55	11 30	16 04	1 58	14 32	
20	K		325	6 56	11 30	16 03	3 21	14 53	
21	Sz		326	6 58	11 30	16 02	4 44	15 15	
22	Cs		327	6 59	11 30	16 01	6 09	15 43	● 23 58
23	P		328	7 01	11 31	16 00	7 34	16 17	
24	Sz		329	7 02	11 31	15 59	8 53	17 00	
25	V		330	7 04	11 31	15 59	10 03	17 53	
26	H	48	331	7 05	11 32	15 58	10 58	18 56	
27	K		332	7 06	11 32	15 57	11 40	20 06	
28	Sz		333	7 08	11 32	15 57	12 12	21 16	
29	Cs		334	7 09	11 33	15 56	12 37	22 26	
30	P		335	7 10	11 33	15 56	12 57	23 33	☽ 09 01

Hold: 5-én 00^h-kor földtávolban
20-án 22^h-kor földközelségben

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián- dátum 2446...	csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	Nap			Hold	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...005,5	2 41 51,072	14 25,4	-14 25	16 09	21 11,7	-21 33
006,5	2 45 47,627	14 29,4	14 44	16 09	22 00,7	17 46
007,5	2 49 44,179	14 33,3	15 03	16 09	22 46,8	13 20
008,5	2 53 40,730	14 37,3	15 22	16 09	23 30,8	8 27
009,5	2 57 37,279	14 41,2	15 40	16 10	0 13,5	- 3 17
010,5	3 01 33,829	14 45,2	15 58	16 10	0 55,9	+ 2 01
011,5	3 05 30,379	14 49,2	16 16	16 10	1 38,9	7 17
012,5	3 09 26,931	14 53,2	16 34	16 10	2 23,2	12 20
013,5	3 13 23,485	14 57,2	16 51	16 11	3 09,8	16 59
014,5	3 17 20,042	15 01,2	17 08	16 11	3 59,1	20 58
015,5	3 21 16,602	15 05,3	17 25	16 11	4 51,6	24 04
016,5	3 25 13,163	15 09,3	17 41	16 11	5 46,9	26 02
017,5	3 29 09,726	15 13,4	17 57	16 11	6 44,4	26 38
018,5	3 33 06,288	15 17,5	18 13	16 12	7 42,7	25 47
019,5	3 37 02,849	15 21,6	18 28	16 12	8 40,5	23 27
020,5	3 40 59,407	15 25,7	18 44	16 12	9 36,9	19 46
021,5	3 44 55,962	15 29,8	18 58	16 12	10 31,5	14 56
022,5	3 48 52,515	15 34,0	19 13	16 12	11 24,6	9 12
023,5	3 52 49,066	15 38,1	19 27	16 13	12 16,9	+ 2 53
024,5	3 56 45,617	15 42,3	19 41	16 13	13 09,3	- 3 41
025,5	4 00 42,170	15 46,5	19 54	16 13	14 03,0	10 05
026,5	4 04 38,726	15 50,7	20 07	16 13	14 58,8	15 57
027,5	4 08 35,286	15 54,9	20 20	16 13	15 57,0	20 49
028,5	4 12 31,849	15 59,2	20 33	16 14	16 57,6	24 21
029,5	4 16 28,414	16 03,4	20 44	16 14	17 59,2	26 17
030,5	4 20 24,978	16 07,6	20 56	16 14	19 00,2	26 33
031,5	4 24 21,541	16 11,9	21 07	16 14	19 58,7	25 17
032,5	4 28 18,102	16 16,2	21 18	16 14	20 53,7	22 43
033,5	4 32 14,660	16 20,5	21 28	16 15	21 44,8	19 08
034,5	4 36 11,216	16 24,8	--21 38	16 15	22 32,5	-14 49

DECEMBER

		Közép-európai zónaidőben (KözEI)							
Dátum	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Budapesten					a Hold fényváltózáai
				a Nap			a Hold		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
								h m	
1	Sz	(48)	336	7 11	11 33	15 55	13 14	—	
2	V		337	7 12	11 34	15 55	13 30	0 38	
3	H	49	338	7 14	11 34	15 54	13 45	1 42	
4	K		339	7 15	11 34	15 54	14 02	2 47	
5	Sz		340	7 16	11 35	15 54	14 20	3 53	
6	Cs		341	7 17	11 35	15 53	14 43	5 02	
7	P		342	7 18	11 36	15 53	15 10	6 11	
8	Sz		343	7 19	11 36	15 53	15 45	7 21	○ 11 54
9	V		344	7 20	11 37	15 53	16 29	8 28	
10	H	50	345	7 21	11 37	15 53	17 25	9 28	
11	K		346	7 22	11 38	15 53	18 32	10 18	
12	Sz		347	7 23	11 38	15 53	19 48	10 58	
13	Cs		348	7 24	11 38	15 53	21 06	11 30	
14	P		349	7 25	11 39	15 53	22 25	11 55	
15	Sz		350	7 25	11 39	15 53	23 44	12 17	☾ 16 26
16	V		351	7 26	11 40	15 54	—	12 37	
17	H	51	352	7 27	11 40	15 54	1 03	12 57	
18	K		353	7 27	11 41	15 54	2 23	13 18	
19	Sz		354	7 28	11 41	15 55	3 44	13 42	
20	Cs		355	7 29	11 42	15 55	5 07	14 11	
21	P		356	7 29	11 42	15 56	6 27	14 50	
22	Sz		357	7 30	11 43	15 56	7 41	15 38	● 12 47
23	V		358	7 30	11 43	15 57	8 44	16 36	
24	H	52	359	7 31	11 44	15 57	9 32	17 44	
25	K		360	7 31	11 44	15 58	10 10	18 56	
26	Sz		361	7 31	11 45	15 59	10 38	20 08	
27	Cs		362	7 32	11 45	15 59	11 00	21 17	
28	P		363	7 32	11 46	16 00	11 19	22 24	
29	Sz		364	7 32	11 46	16 01	11 35	23 28	
30	V		365	7 32	11 47	16 02	11 51	—	☽ 06 28
31	H	53	366	7 32	11 47	16 03	12 07	0 32	

Hold: 2-án 17^h-kor földtávolban
 18-án 11^h-kor földközélen
 30-án 13^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^b viláigidőkor						
Julián- dátum 2446...	csillagidő ($\lambda = 0^{\text{h}}$ -nál)	Nap			Hold	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...035,5	4 40 07,769	16 29,1	—21 48	16 15	23 17,4	—10 01
036,5	4 44 04,321	16 33,4	21 57	16 15	0 00,5	— 4 54
037,5	4 48 00,873	16 37,7	22 06	16 15	0 42,9	+ 0 23
038,5	4 51 57,425	16 42,1	22 14	16 15	1 25,5	5 40
039,5	4 55 53,979	16 46,4	22 22	16 15	2 09,2	10 48
040,5	4 59 50,535	16 50,8	22 29	16 16	2 55,1	15 36
041,5	5 03 47,094	16 55,2	22 36	16 16	3 43,9	19 50
042,5	5 07 43,655	16 59,5	22 43	16 16	4 36,0	23 16
043,5	5 11 40,218	17 03,9	22 49	16 16	5 31,4	25 36
044,5	5 15 36,783	17 08,3	22 55	16 16	6 29,3	26 36
045,5	5 19 33,347	17 12,7	23 00	16 16	7 28,5	26 06
046,5	5 23 29,911	17 17,1	23 05	16 16	8 27,3	24 04
047,5	5 27 26,472	17 21,5	23 09	16 16	9 24,3	20 39
048,5	5 31 23,029	17 25,9	23 13	16 17	10 19,1	16 04
049,5	5 35 19,584	17 30,4	23 16	16 17	11 11,8	10 35
050,5	5 39 16,137	17 34,8	23 19	16 17	12 03,0	+ 4 32
051,5	5 43 12,690	17 39,2	23 21	16 17	12 53,8	— 1 48
052,5	5 47 09,243	17 43,6	23 23	16 17	13 45,3	8 06
053,5	5 51 05,800	17 48,1	23 25	16 17	14 38,5	13 59
054,5	5 55 02,359	17 52,5	23 26	16 17	15 34,3	19 06
055,5	5 58 58,922	17 57,0	23 26	16 17	16 32,8	23 06
056,5	6 02 55,488	18 01,4	23 27	16 17	17 33,5	25 39
057,5	6 06 52,054	18 05,8	23 26	16 17	18 34,8	26 36
058,5	6 10 48,619	18 10,3	23 25	16 17	19 35,0	25 55
059,5	6 14 45,182	18 14,7	23 24	16 17	20 32,2	23 47
060,5	6 18 41,742	18 19,2	23 22	16 17	21 25,6	20 30
061,5	6 22 38,299	18 23,6	23 20	16 17	22 15,3	16 22
062,5	6 26 34,854	18 28,0	23 17	16 17	23 01,7	11 38
063,5	6 30 31,407	18 32,5	23 14	16 17	23 45,7	6 33
064,5	6 34 27,959	18 36,9	23 10	16 18	0 28,4	— 1 17
065,5	6 38 24,512	18 41,3	—23 06	16 18	1 10,8	+ 4 00

Föld: 21-én 17^h23^m-kor tél kezdete (KözEI)

A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának heliografikus koordinátái (0^h világidőkor)

Dátum	P	B ₀	L ₀	dátum	P	B ₀	L ₀
	°	°	°		°	°	°
I. 0	+2,9	-2,9	114,9	VII. 4	-1,3	+3,3	180,1
5	+0,5	3,4	49,1	9	+1,0	3,8	113,9
10	-1,9	4,0	343,2	14	3,3	4,3	47,7
15	4,3	4,5	277,4	19	5,5	4,8	341,6
20	6,6	5,0	211,6	24	7,6	5,2	275,4
25	8,9	5,4	145,7	29	9,7	5,6	209,3
30	11,1	5,8	79,9	VIII. 3	11,7	6,0	143,2
II. 4	13,1	6,2	14,1	8	13,6	6,3	77,0
9	15,0	6,5	308,2	13	15,4	6,6	11,0
14	16,8	6,8	242,4	18	17,1	6,8	304,8
19	18,5	7,0	176,6	23	18,6	7,0	238,8
24	20,0	7,1	110,7	28	20,1	7,1	172,7
III. 1	21,6	7,2	31,7	IX. 2	21,4	7,2	106,7
6	22,8	7,3	325,8	7	22,6	7,3	40,6
11	23,8	7,2	259,9	12	23,6	7,2	334,6
16	24,7	7,1	194,0	17	24,4	7,2	268,6
21	25,3	7,0	128,1	22	25,2	7,1	202,6
26	25,8	6,8	62,2	27	25,7	6,9	136,6
31	26,2	6,6	356,2	X. 2	26,1	6,7	70,6
IV. 5	26,3	6,3	290,3	7	26,3	6,4	4,6
10	26,3	6,0	224,3	12	26,3	6,1	298,7
15	26,1	5,6	158,3	17	26,1	5,7	232,7
20	25,7	5,2	92,2	22	25,8	5,3	166,8
25	25,1	4,7	26,2	27	25,3	4,8	100,8
30	24,3	4,2	320,1	XI. 1	24,5	4,3	34,9
V. 5	23,4	3,7	254,0	6	23,6	3,8	329,0
10	22,2	3,2	187,9	11	22,4	3,3	263,1
15	21,0	2,6	121,8	16	21,1	2,7	197,1
20	19,5	2,0	55,7	21	19,6	2,1	131,2
25	17,9	1,5	349,5	26	17,9	1,5	65,3
30	16,1	0,9	283,3	XII. 1	16,0	0,8	359,4
VI. 4	14,2	-0,3	217,2	6	14,0	+0,2	239,5
9	12,3	+0,4	151,0	11	11,9	-0,5	227,7
14	10,2	1,0	84,8	16	9,7	1,1	161,8
19	8,0	1,6	18,6	21	7,4	1,7	95,9
24	5,8	2,1	312,5	26	5,0	2,3	30,1
29	3,5	2,7	246,3	31	+2,5	-2,9	324,2

P: A Nap forgási tengelyének helyzetét a napkorong „geocentrikus” észak—dél irányától számítjuk, pozitívnak véve a keleti irányú elhajlást.

A holdkorong sugara (0^h világidőkor)

dátum		dátum		dátum	
I. 1	15 19	V. 1	15 05	IX. 1	16 03
4	14 58	4	15 29	4	15 24
7	14 45	7	15 54	7	14 57
10	14 50	10	16 15	10	14 44
13	15 19	13	16 19	13	14 44
16	16 04	16	15 57	16	15 00
19	16 35	19	15 20	19	15 35
22	16 27	22	14 52	22	16 20
25	15 53	25	14 48	25	16 44
28	15 19	28	15 05	28	16 23
31	14 56	31	15 33		
II. 3	14 44	VI. 3	15 57	X. 1	15 38
6	14 44	6	16 09	4	15 02
9	15 04	9	16 08	7	14 44
12	15 45	12	15 53	10	14 44
15	16 30	15	15 25	13	14 56
18	16 44	18	14 57	16	15 21
21	16 14	21	14 47	19	15 59
24	15 29	24	15 01	22	16 34
27	14 57	27	15 33	25	16 35
		30	16 05	28	15 57
III. 2	14 42			31	15 13
5	14 46	VII. 3	16 16	XI. 3	14 48
8	15 05	6	16 07	6	14 45
11	15 40	9	15 47	9	14 57
14	16 23	12	15 23	12	15 18
17	16 44	15	14 59	15	15 45
20	16 19	18	14 46	18	16 14
23	15 33	21	14 54	21	16 28
26	14 57	24	15 24	24	16 09
29	14 43	27	16 05	27	15 28
		30	16 29	30	14 55
IV. 1	14 47	VIII. 2	16 18	XII. 3	14 46
4	15 03	5	15 49	6	14 58
7	15 29	8	15 20	9	15 22
10	16 03	11	14 58	12	15 45
13	16 31	14	14 45	15	16 03
16	16 27	17	14 47	18	16 13
19	15 50	20	15 11	21	16 05
22	15 09	23	15 54	24	15 37
25	14 46	26	16 33	27	15 04
28	14 48	29	16 36	30	14 47

Merkur

Dátum	0 ^h világlódkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ' "	"	CSE	magn.	h m	h m	h m
I. 1	18 34,7	-20 32	4,96	0,67	+2,5	7 07	11 35	16 03
6	18 10,2	20 10	4,71	0,71	1,4	6 22	10 52	15 22
11	18 01,6	20 27	4,22	0,79	0,6	5 57	10 25	14 54
16	18 08,4	21 08	3,75	0,89	0,2	5 49	10 14	14 38
21	18 25,3	21 50	3,39	0,99	+0,1	5 51	10 12	14 32
26	18 48,5	22 18	3,11	1,07	0,0	5 57	10 15	14 33
31	19 15,4	22 23	2,91	1,15	0,0	6 05	10 23	14 40
II. 5	19 44,7	22 00	2,75	1,21	-0,1	6 13	10 33	14 52
10	20 15,6	21 06	2,63	1,27	0,1	6 19	10 44	15 09
15	20 47,4	19 39	2,54	1,31	0,2	6 24	10 56	15 28
20	21 19,9	17 40	2,48	1,35	0,4	6 26	11 09	15 52
25	21 53,0	15 07	2,44	1,37	0,6	6 27	11 22	16 18
III. 1	22 26,6	12 00	2,42	1,38	0,9	6 26	11 36	16 47
6	23 00,8	8 20	2,43	1,37	1,3	6 24	11 51	17 18
11	23 35,6	- 4 11	2,48	1,35	1,5	6 21	12 06	17 51
16	0 10,7	+ 0 22	2,58	1,29	1,4	6 18	12 22	18 23
21	0 45,4	5 03	2,76	1,21	1,1	6 11	12 36	19 02
26	1 17,6	9 28	3,04	1,10	0,8	6 03	12 49	19 34
31	1 44,5	13 06	3,45	0,97	-0,2	5 53	12 55	19 57
IV. 5	2 03,4	15 34	3,99	0,84	+0,5	5 39	12 53	20 07
10	2 12,4	16 39	4,62	0,72	1,3	5 22	12 41	20 01
15	2 11,6	16 17	5,24	0,64	2,1	5 02	12 20	19 38
20	2 03,1	14 38	5,72	0,58	3,0	4 42	11 51	19 01
25	1 51,9	12 14	5,90	0,57	3,0	4 22	11 21	18 19
30	1 43,2	9 56	5,76	0,58	2,3	4 05	10 53	17 40
V. 5	1 40,4	8 22	5,40	0,62	1,7	3 51	10 31	17 11
10	1 44,5	7 50	4,95	0,67	1,3	3 38	10 16	16 54
15	1 54,9	8 17	4,49	0,74	1,0	3 27	10 07	16 47
20	2 10,8	9 35	4,06	0,82	0,8	3 18	10 04	16 49
25	2 31,7	11 31	3,67	0,91	0,5	3 11	10 05	17 00
30	2 57,1	13 56	3,34	1,00	+0,2	3 05	10 11	17 18
VI. 4	3 27,3	16 38	3,06	1,09	-0,2	3 03	10 22	17 42
9	4 02,7	19 23	2,83	1,18	0,7	3 05	10 39	18 12
14	4 43,3	21 53	2,66	1,26	1,2	3 12	11 00	18 48
19	5 28,7	23 45	2,55	1,31	1,6	3 27	11 26	19 25
24	6 16,6	24 38	2,52	1,33	1,8	3 50	11 55	19 59
29	7 03,9	+24 21	2,55	1,31	-1,4	4 19	12 22	20 24

CSE: a bolygók geocentrikus távolságai csillagászati egységben
m: magnitúdókban megadott vizuális, látszólagos fényesség

látható bolygók adatai

Merkur

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten			
	RA	D	látászó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik	
	h m	° ′	″	CSE	magn.	h m	h m	h m	
VII.	4	7 47,8	+23 03	2,64	1,27	-0,9	4 51	12 46	20 40
	9	8 27,2	20 57	2,76	1,21	0,5	5 22	13 05	20 48
	14	9 01,8	18 22	2,93	1,14	-0,1	5 51	13 19	20 48
	19	9 31,9	15 29	3,13	1,07	+0,2	6 15	13 29	20 43
	24	9 57,6	12 31	3,36	0,99	0,4	6 35	13 35	20 34
	29	10 19,0	9 37	3,63	0,92	0,6	6 50	13 36	20 22
	VIII.	3	10 35,8	6 58	3,95	0,85	0,7	6 59	13 32
8		10 47,4	4 44	4,31	0,78	0,9	7 00	13 24	19 48
13		10 52,6	3 12	4,70	0,71	1,2	6 51	13 08	19 26
18		10 50,3	2 39	5,08	0,66	1,6	6 31	12 46	19 00
23		10 40,2	3 23	5,35	0,62	2,2	5 57	12 15	18 33
28		10 24,9	5 22	5,35	0,62	2,8	5 13	11 40	18 07
IX.		2	10 11,0	7 57	5,00	0,68	2,3	4 29	11 07
	7	10 06,3	10 03	4,41	0,76	1,1	3 56	10 44	17 32
	12	10 15,0	10 50	3,78	0,88	+0,2	3 43	10 34	17 26
	17	10 36,1	9 59	3,27	1,02	-0,5	3,49	10 37	17 24
	22	11 05,1	7 42	2,90	1,15	0,9	4 09	10 46	17 24
	27	11 37,6	4 28	2,65	1,26	1,1	4 37	10 59	17 22
	X.	2	12 10,6	+0 45	2,50	1,34	1,2	5 06	11 13
7		12 42,9	-3 07	2,41	1,39	1,2	5 35	11 25	17 15
12		13 14,4	6 53	2,36	1,42	1,1	6 04	11 37	17 10
17		13 45,1	10 28	2,34	1,43	0,9	6 31	11 48	17 05
22		14 15,5	13 47	2,35	1,42	0,6	6 57	11 59	17 00
27		14 45,8	16 48	2,38	1,41	0,5	7 22	12 09	16 56
XI.		1	15 16,1	19 27	2,43	1,38	0,4	7 46	12 20
	6	15 46,5	21 43	2,51	1,33	0,3	8 09	12 30	16 52
	11	16 17,0	23 31	2,62	1,27	0,3	8 30	12 41	16 52
	16	16 46,9	24 50	2,78	1,20	0,2	8 48	12 51	16 55
	21	17 15,5	25 36	3,00	1,11	0,2	9 01	13 00	16 59
	26	17 40,5	25 47	3,30	1,01	-0,1	9 07	13 05	17 02
	XII.	1	17 58,4	25 21	3,73	0,90	+0,1	9 01	13 02
6		18 03,1	24 20	4,26	0,78	0,7	8 39	12 45	16 51
11		17 48,8	22 46	4,78	0,70	1,9	7 54	12 09	16 24
16		17 20,9	20 56	4,91	0,68	2,3	6 56	11 21	15 47
21		16 59,1	19 44	4,55	0,73	1,1	6 10	10 41	15 13
26		16 54,7	19 42	4,01	0,83	0,4	5 47	10 19	14 51
31		17 50,2	-20 30	3,55	0,94	+0,1	5 43	10 11	14 39

Vénusz

Dátum	0 ^b világidőkor					Közeli-ben Budapesten			
	RA		D	látzó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h	m	°	"	CSE]	magn.	h m	h m	h m
I. 1	15 52,8	— 18 01	7,63	1,10	—3,6	4 17	8 58	13 39	
6	16 17,6	19 18	7,41	1,13	3,6	4 29	9 03	13 38	
11	16 43,0	20 24	7,21	1,17	3,5	4 41	9 09	13 37	
16	17 08,7	21 16	7,02	1,20	3,5	4 51	9 15	13 39	
21	17 34,8	21 53	5,84	1,23	3,5	5 01	9 21	13 41	
26	18 01,1	22 15	6,68	1,26	3,5	5 10	9 28	13 46	
31	18 27,6	22 21	6,53	1,29	3,4	5 17	9 35	13 53	
II. 5	18 54,2	22 10	6,39	1,32	3,4	5 23	9 42	14 01	
10	19 20,6	21 43	6,25	1,34	3,4	5 27	9 48	14 10	
15	19 46,9	20 59	6,13	1,37	3,4	5 30	9 55	14 20	
20	20 12,9	20 01	6,01	1,40	3,4	5 31	10 01	14 32	
25	20 38,5	18 47	5,91	1,42	3,4	5 30	10 07	14 44	
III. 1	21 03,7	17 20	5,81	1,45	3,4	5 28	10 13	14 57	
6	21 28,6	15 41	5,71	1,47	3,3	5 25	10 18	15 10	
11	21 52,9	13 50	5,62	1,50	3,3	5 21	10 22	15 24	
16	22 16,9	11 51	5,54	1,52	3,3	5 16	10 27	15 37	
21	22 40,5	9 43	5,46	1,54	3,3	5 10	10 30	15 51	
26	23 03,7	7 28	5,39	1,56	3,3	5 03	10 34	16 04	
31	23 26,7	5 09	5,33	1,58	3,3	4 56	10 37	16 18	
IV. 5	23 49,5	2 45	5,26	1,60	3,3	4 49	10 40	16 31	
10	0 12,2	— 0 20	5,21	1,61	3,3	4 40	10 43	16 46	
15	0 34,8	+ 2 06	5,15	1,63	3,3	4 34	10 46	16 58	
20	0 57,5	4 32	5,11	1,65	3,3	4 26	10 49	17 12	
25	1 20,3	6 55	5,06	1,66	3,3	4 18	10 52	17 26	
30	1 43,3	9 15	5,02	1,67	3,3	4 11	10 55	17 40	
V. 5	2 06,6	11 29	4,99	1,69	3,4	4 04	10 59	17 54	
10	2 30,2	13 37	4,95	1,70	3,4	3 58	11 03	18 08	
15	2 54,2	15 37	4,93	1,71	3,4	3 53	11 07	18 22	
20	3 18,7	17 27	4,90	1,72	3,4	3 48	11 12	18 36	
25	3 43,7	19 06	4,88	1,72	3,4	3 45	11 17	18 50	
30	4 09,1	20 32	4,48	1,73	3,4	3 43	11 23	19 03	
VI. 4	4 34,9	21 44	4,86	1,73	3,5	3 42	11 29	19 16	
9	5 01,1	22 41	4,85	1,73	3,5	3 44	11 36	19 28	
14	5 27,7	23 22	4,85	1,74	3,5	3 46	11 43	19 39	
19	5 54,4	23 46	4,85	1,74	3,5	3 51	11 50	19 49	
24	6 21,3	23 52	4,85	1,73	3,5	3 58	11 57	19 57	
29	6 48,2	+23 41	4,86	1,73	—3,5	4 06	12 04	20 03	

látható bolygók adatai

Vénusz

Dátum	0 ⁿ világidőkor					KözEI-ben Budapesten			
	RA	D	látászó sugár	r	m	kel	delel	nyugszlk	
	h m	° ′	″	CSE	magn.	h m	h m	h m	
VII.	4	7 14,9	+23 12	4,87	1,73	-3,4	4 16	12 11	20 07
	9	7 41,4	22 26	4,89	1,72	3,4	4 27	12 18	20 09
	14	8 07,5	21 24	4,91	1,71	3,4	4 39	12 24	20 09
	19	8 33,2	20 06	4,94	1,70	3,4	4 52	12 30	20 08
	24	8 58,5	18 34	4,97	1,69	3,4	5 06	12 36	20 05
	29	9 23,2	16 49	5,00	1,68	3,4	5 20	12 41	20 01
VIII.	3	9 47,5	14 53	5,04	1,67	3,4	5 34	12 45	19 56
	8	10 11,3	12 46	5,09	1,65	3,3	5 49	12 49	19 50
	13	10 34,7	10 32	5,14	1,64	3,3	6 03	12 53	19 43
	18	10 57,7	8 10	5,19	1,62	3,3	6 17	12 56	19 36
	23	11 20,4	5 43	5,25	1,60	3,3	6 31	12 59	19 28
	28	11 43,0	3 12	5,31	1,58	3,3	6 45	13 02	19 19
IX.	2	12 05,3	+0 38	5,38	1,56	3,3	6 59	13 05	19 11
	7	12 27,6	-1 56	5,46	1,54	3,3	7 12	13 07	19 02
	12	12 50,0	4 30	5,54	1,52	3,3	7 26	13 10	18 53
	17	13 12,4	7 02	5,62	1,50	3,3	7 40	13 13	18 45
	22	13 35,1	9 31	5,72	1,47	3,3	7 54	13 16	18 37
	27	13 58,1	11 54	5,81	1,45	3,3	8 09	13 19	18 29
X.	2	14 21,4	14 10	5,92	1,42	3,4	8 23	13 23	18 22
	7	14 45,2	16 19	6,03	1,39	3,4	8 37	13 27	18 16
	12	15 09,4	18 17	6,15	1,37	3,4	8 52	13 31	18 11
	17	15 34,1	20 04	6,28	1,34	3,4	9 06	13 36	18 07
	22	15 59,3	21 38	6,42	1,31	3,4	9 20	13 42	18 04
	27	16 25,0	22 58	6,57	1,28	3,4	9 34	13 48	18 02
XI.	1	16 51,0	24 02	6,72	1,25	3,4	9 46	13 54	18 02
	6	17 17,4	24 48	6,89	1,22	3,5	9 57	14 01	18 05
	11	17 44,0	25 17	7,07	1,19	3,5	10 07	14 08	18 09
	16	18 10,7	25 28	7,27	1,16	3,5	10 15	14 15	18 14
	21	18 37,3	25 21	7,47	1,13	3,6	10 21	14 22	18 22
	26	19 03,6	24 55	7,70	1,09	3,6	10 25	14 28	18 31
XII.	1	19 29,6	24 11	7,94	1,06	3,6	10 27	14 35	18 42
	6	19 55,1	23 10	8,20	1,03	3,6	10 27	14 40	18 53
	11	20 20,0	21 54	8,48	0,99	3,7	10 25	14 45	19 06
	16	20 44,2	20 23	8,79	0,96	3,7	10 21	14 50	19 18
	21	21 07,7	18 39	9,13	0,92	3,8	10 16	14 53	19 31
	26	21 30,4	16 44	9,49	0,89	3,8	10 09	14 56	19 44
31	21 52,3	-14 39	9,89	0,85	-3,9	10 01	14 58	19 56	

Mars

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látászó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ′	″	CSE	magn.	h m	h m	h m
I. 1	13 33,8	— 8 02	2,90	1,62	+1,4	1 10	6 38	12 06
11	13 53,7	9 53	3,09	1,52	1,2	0 59	6 19	11 38
21	14 13,1	11 36	3,31	1,41	1,1	0 47	5 59	11 10
31	14 31,6	13 09	3,57	1,31	1,0	0 33	5 38	10 42
II. 10	14 49,2	14 31	3,87	1,21	0,8	0 18	5 16	10 14
20	15 05,3	15 41	4,23	1,11	0,5	0 00	4 53	9 45
III. 1	15 19,5	16 40	4,64	1,01	0,3	23 38	4 27	9 15
11	15 31,4	17 28	5,12	0,91	+0,1	23 14	4 00	8 43
21	15 40,1	18 05	5,68	0,82	-0,2	22 46	3 29	8 10
31	15 44,9	18 30	6,30	0,74	0,5	22 13	2 55	7 33
IV. 10	15 44,9	18 44	6,98	0,67	0,9	21 34	2 15	6 52
20	15 39,7	18 45	7,66	0,61	1,1	20 49	1 31	6 08
30	15 29,5	18 34	8,26	0,57	1,4	19 58	0 41	5 19
V. 10	15 15,5	18 09	8,67	0,54	1,7	19 02	23 43	4 28
20	15 00,5	17 39	8,81	0,53	1,6	18 06	22 48	3 36
30	14 47,3	17 10	8,65	0,54	1,5	17 11	21 56	2 46
VI. 9	14 38,4	16 54	8,27	0,57	1,3	16 23	21 09	1 59
19	14 34,9	16 57	7,77	0,60	1,1	15 40	20 26	1 16
29	14 36,8	17 21	7,23	0,65	0,9	15 05	19 49	0 37
VII. 9	14 43,5	18 04	6,71	0,70	0,7	14 37	19 17	23 58
19	14 55,1	19 01	6,22	0,75	0,5	14 14	18 49	23 25
29	15 10,1	20 08	5,79	0,81	0,3	13 56	18 25	22 55
VIII. 8	15 28,4	21 19	5,41	0,86	-0,2	13 41	18 05	22 28
18	15 49,5	22 29	5,07	0,92	0,0	13 29	17 46	22 03
28	16 13,0	23 34	4,78	0,98	+0,1	13 20	17 31	21 42
IX. 7	16 38,7	24 28	4,51	1,04	0,2	13 12	17 17	21 23
17	17 06,1	25 09	4,28	1,09	0,3	13 04	17 05	21 07
27	17 35,1	25 32	4,07	1,15	0,4	12 56	16 55	20 54
X. 7	18 05,3	25 34	3,87	1,21	0,5	12 47	16 46	20 45
17	18 36,3	25 12	3,70	1,27	0,6	12 36	16 37	20 39
27	19 07,9	24 27	3,54	1,32	0,6	12 24	16 30	20 35
XI. 6	19 39,5	23 17	3,39	1,38	0,7	12 09	16 22	20 35
16	20 11,0	21 44	3,25	1,44	0,8	11 53	16 14	20 35
26	20 42,1	19 48	3,12	1,50	0,9	11 34	16 05	20 37
XII. 6	21 12,7	17 33	3,00	1,56	0,9	11 13	15 57	20 40
16	21 42,7	15 01	2,89	1,62	1,0	10 51	15 47	20 43
26	22 12,0	-12 16	2,78	1,68	+1,1	10 28	15 37	20 46

látható bolygók adatai

Jupiter

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látzó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ' "	"	CSE	magn.	h m	h m	h m
I. 1	17 42,2	—23 03	14,74	6,24	—1,3	6 32	10 46	15 00
11	17 51,9	23 07	14,87	6,18	1,4	6 03	10 16	14 30
21	18 01,3	23 09	15,04	6,11	1,4	5 33	9 46	13 59
31	18 10,3	23 08	15,27	6,02	1,4	5 02	9 16	13 29
II. 10	18 18,9	23 06	15,56	5,91	1,5	4 31	8 45	12 59
20	18 26,8	23 02	15,89	5,78	1,5	4 00	8 14	12 27
III. 1	18 34,1	22 57	16,28	5,64	1,6	3 27	7 41	11 56
11	18 40,5	22 52	16,72	5,50	1,6	2 54	7 08	11 23
21	18 46,0	22 47	17,21	5,34	1,7	2 19	6 35	10 50
31	18 50,4	22 43	17,75	5,19	1,8	1 44	6 00	10 15
IV. 10	18 53,6	22 40	18,32	5,02	1,8	1 07	5 23	9 40
20	18 55,6	22 38	18,91	4,86	1,9	0 30	4 46	9 02
30	18 56,3	22 38	19,51	4,71	2,0	23 47	4 07	8 24
V. 10	18 55,5	22 40	20,09	4,57	2,0	23 07	3 27	7 43
20	18 53,3	22 44	20,69	4,44	2,1	22 26	2 46	7 02
30	18 50,3	22 48	21,12	4,35	2,2	21 44	2 03	6 19
VI. 9	18 46,0	22 55	21,49	4,28	2,2	21 01	1 20	5 34
19	18 41,0	23 01	21,74	4,23	2,2	20 17	0 36	4 50
29	18 35,0	23 08	21,85	4,21	2,2	19 33	23 51	4 04
VII. 9	18 30,0	23 13	21,80	4,22	2,2	18 49	23 02	3 19
19	18 24,8	23 18	21,61	4,25	2,2	18 05	22 17	2 34
29	18 20,3	23 22	21,28	4,32	2,2	17 21	21 33	1 50
VIII. 8	18 16,9	23 25	20,85	4,41	2,1	16 39	20 51	1 07
18	18 14,6	23 27	20,34	4,52	2,1	15 58	20 09	0 25
28	18 13,7	23 28	19,78	4,65	2,0	15 18	19 29	23 41
IX. 7	18 14,1	23 29	19,20	4,79	1,9	14 39	18 50	23 02
17	18 15,9	23 30	18,62	4,93	1,9	14 02	18 13	22 24
27	18 19,0	23 29	18,06	5,09	1,8	13 25	17 37	21 48
X. 7	18 23,2	23 28	17,54	5,24	1,8	12 50	17 02	21 13
17	18 28,6	23 26	17,05	5,39	1,7	12 16	16 28	20 40
27	18 35,0	23 22	16,61	5,53	1,6	11 43	15 55	20 07
XI. 6	18 42,2	23 16	16,22	5,67	1,6	11 10	15 23	19 36
16	18 50,2	23 08	15,89	5,79	1,5	10 38	14 52	19 05
26	18 58,8	22 58	15,60	5,89	1,5	10 07	14 21	18 35
XII. 6	19 07,8	22 45	15,37	5,98	1,5	9 35	13 51	18 06
16	19 17,3	22 29	15,20	6,05	1,5	9 04	13 21	17 38
26	19 27,0	—22 11	15,07	6,10	—1,4	8 32	12 51	17 10

A szabad szemmel látható bolygók adatai
Szaturnusz

Dátum	0 ^h világitókor					KözEI-ben Budapesten								
	RA		D	látászó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik					
	h	m	°	'	CSE	magn.	h	m	h	m				
I. 1	14	48,7	-13	51	7,20	10,35	+0,8	2	51	7	52	12	54	
	11	14	51,8	14	03	7,31	10,21	0,8	2,16	7	16	12	17	
	21	14	54,4	14	13	7,42	10,05	0,8	1	40	6	39	11	39
	31	14	56,4	14	19	7,54	9,89	0,7	1	03	6	02	11	01
II. 10	14	57,8	14	23	7,67	9,72	0,7	0	25	5	24	10	23	
	20	14	58,5	14	23	7,80	9,55	0,7	23	43	4	46	9	44
III. 1	14	58,5	14	21	7,93	9,40	0,6	23	03	4	06	9	05	
	11	14	57,8	14	16	8,06	9,25	0,6	22	23	3	26	8	26
	21	14	56,5	14	09	8,17	9,12	0,5	21	42	2	46	7	45
	31	14	54,7	13	59	8,27	9,02	0,5	21	00	2	04	7	05
IV. 10	14	52,2	13	47	8,35	8,93	0,4	20	17	1	23	6	24	
	20	14	49,6	13	34	8,40	8,88	0,3	19	34	0	41	5	43
	30	14	46,7	13	21	8,42	8,83	0,3	18	51	23	54	5	02
V. 10	14	43,8	13	08	8,42	8,86	0,3	18	07	23	12	4	21	
	20	14	40,9	12	56	8,38	8,89	0,4	17	24	22	30	3	40
	30	14	38,3	12	46	8,33	8,96	0,5	16	42	21	48	2	59
VI. 9	14	36,0	12	36	8,24	9,05	0,5	15	59	21	07	2	18	
	19	14	34,3	12	30	8,14	9,16	0,6	15	18	20	25	1	37
	29	14	33,0	12	26	8,03	9,29	0,6	14	37	19	45	0	47
VII. 9	14	32,4	12	26	7,90	9,44	0,7	13	57	19	05	0	17	
	19	14	32,4	12	29	7,77	9,59	0,7	13	18	18	26	23	34
	29	14	33,0	12	34	7,64	9,76	0,8	12	40	17	47	22	54
VIII. 8	14	34,2	12	43	7,51	9,92	0,8	12	02	17	09	22	16	
	18	14	36,1	12	55	7,39	10,09	0,8	11	26	16	32	21	37
	28	14	38,5	13	08	7,28	10,24	0,9	10	50	15	55	20	59
IX. 7	14	41,4	13	24	7,18	10,39	0,9	10	15	15	18	20	22	
	17	14	44,7	13	42	7,09	10,52	0,9	9	40	14	42	19	44
	27	14	48,5	14	01	7,01	10,64	0,8	9	06	14	07	19	07
X. 7	14	52,6	14	20	6,95	10,73	0,8	8	33	13	32	18	31	
	17	14	57,0	14	41	6,90	10,81	0,8	7	59	12	57	17	54
	27	15	01,5	15	01	6,87	10,86	0,8	7	26	12	22	17	18
XI. 6	15	06,2	15	21	6,85	10,89	0,7	6	53	11	47	16	41	
	16	15	11,0	15	41	6,85	10,89	0,7	6	20	11	13	16	05
	26	15	15,8	16	00	6,87	10,86	0,7	5	47	10	38	15	29
XII. 6	15	20,5	16	18	6,90	10,81	0,7	5	14	10	04	14	53	
	16	15	25,0	16	34	6,95	10,74	0,8	4	40	9	29	14	17
	26	15	29,2	-16	49	7,01	10,64	+0,8	4	07	8	53	13	40

Az Uránusz és Neptunusz adatai

Dátum	C ^b világitdőkör					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugara	r	m	kel	delel	nyugazik
	h m	° ' "	"	CSE	magn.	h m	h m	h m
Uránusz								
I. 1	16 38,3	-22 04	1,73	19,84	+6,0	5 22	9 42	14 01
31	16 44,6	22 15	1,76	19,50	6,0	3 32	7 49	12 08
III. 1	16 48,2	22 22	1,80	19,02	5,9	1 38	5 56	10 13
31	16 48,6	22 23	1,85	18,53	5,9	23 36	3 58	8 15
IV. 30	16 45,5	22 18	1,89	18,15	5,8	21 35	1 57	6 15
V. 30	16 40,7	22 09	1,90	18,00	5,8	19 31	23 50	4 13
VI. 29	16 35,6	22 00	1,89	18,11	5,8	17 27	21 47	2 07
VII. 29	16 32,2	21 53	1,86	18,44	5,9	15 26	19 46	0 10
VIII. 28	16 31,6	21 52	1,81	18,92	5,9	13 27	17 47	22 08
IX. 27	16 34,3	21 58	1,77	19,42	6,0	11 32	15 52	20 12
X. 27	16 39,8	22 09	1,73	19,82	6,0	9 41	14 00	18 19
XI. 26	16 47,1	22 23	1,71	20,02	6,1	7 52	12 09	16 27
XII. 26	16 55,0	-22 36	1,72	19,98	+6,1	6 03	10 19	14 35
Neptunusz								
Dátum	h m	° ' "	"	CSE	magn.	h m	h m	h m
I. 1	17 57,2	-22 17	1,17	31,23	+7,8	6 42	11 00	15 19
31	18 01,7	22 17	1,18	31,01	7,8	4 49	9 07	13 25
III. 1	18 04,9	22 16	1,19	30,60	7,8	2 54	7 12	11 30
31	18 06,2	22 14	1,22	30,09	7,7	0 57	5 15	9 34
IV. 30	18 05,3	22 14	1,23	29,62	7,7	22 54	3 17	7 35
V. 30	18 02,7	22 13	1,25	29,32	7,7	20 54	1 16	5 34
VI. 29	17 59,3	22 14	1,25	29,25	7,7	18 52	23 10	3 33
VII. 29	17 56,2	22 14	1,24	29,44	7,7	16 51	21 10	1 32
VIII. 28	17 54,4	22 15	1,23	29,84	7,7	14 52	19 10	23 28
IX. 27	17 54,5	22 17	1,21	30,34	7,8	12 54	17 12	21 30
X. 27	17 56,8	22 18	1,19	30,81	7,8	10 58	15 16	19 35
XI. 26	18 00,7	22 19	1,17	31,14	7,8	9 05	13 22	17 40
XII. 26	18 05,5	-22 19	1,17	31,24	+7,8	7 11	11 29	15 47

A bolygók heliocentrikus

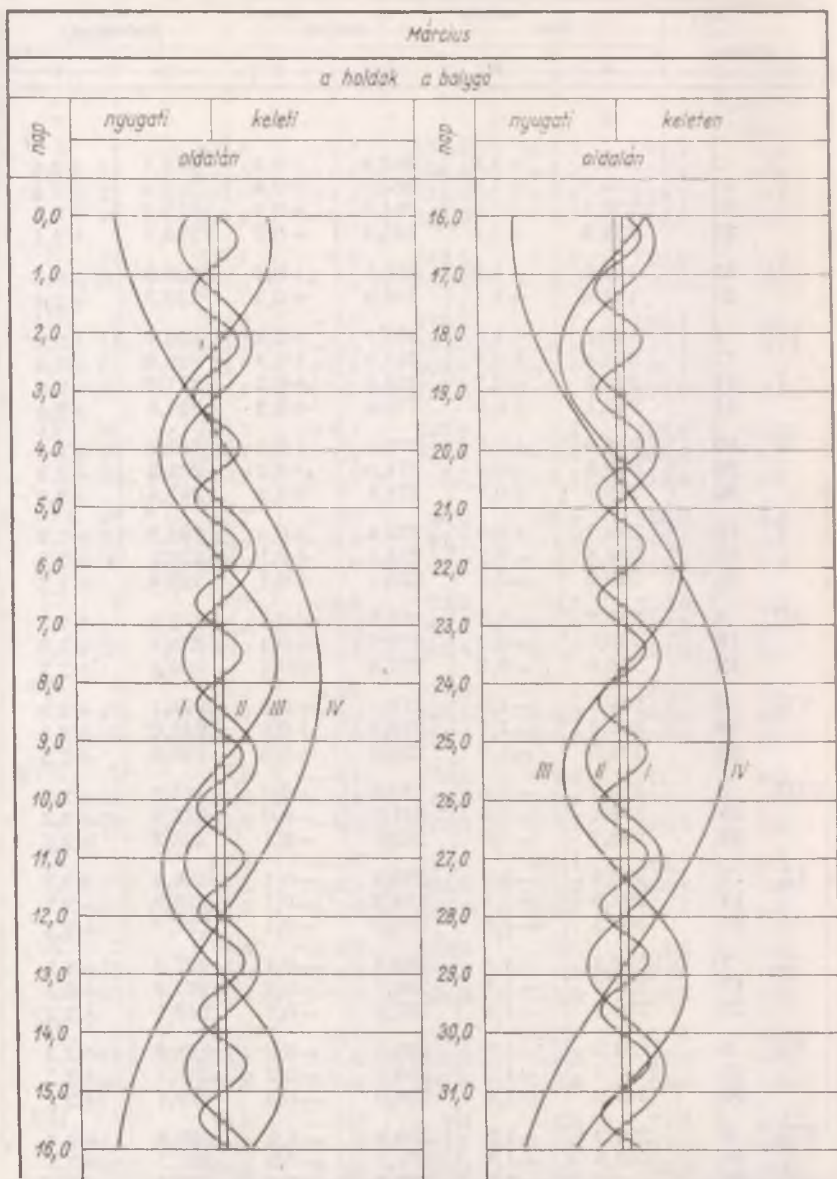
Dátum	Merkur		Vénusz		Föld	
	λ	β	λ	β	λ	β
	°	°	°	°	°	0,001°- ban
I. 1	102,8	+5,8	178,2	+3,3	99,3	-4
11	157,5	+6,6	194,4	+3,0	109,5	-4
21	197,8	+3,5	210,5	+2,4	119,7	-4
31	229,2	-0,2	226,5	+1,7	129,8	-4
II. 10	257,1	-3,5	242,5	+0,8	140,0	-3
20	285,3	-5,9	258,4	-0,1	150,0	-2
III. 1	317,3	-7,0	274,2	-1,1	160,1	-1
11	358,3	-5,3	290,0	-1,9	170,1	-1
21	52,9	+0,6	305,8	-2,6	180,1	0
31	115,1	+6,5	321,6	-3,1	190,0	+1
IV. 10	166,7	+6,1	337,5	-3,4	199,8	+2
20	204,7	+2,8	353,4	-3,4	209,6	+3
30	235,0	-0,9	9,3	-3,1	219,4	+3
V. 10	262,7	-4,0	25,2	-2,6	229,0	+4
20	291,3	-6,3	41,2	-1,9	238,7	+4
30	324,8	-7,0	57,2	-1,1	248,3	+4
VI. 9	8,2	-4,5	73,3	-0,2	257,9	+4
19	65,5	+2,2	89,5	+0,8	267,4	+4
29	126,8	+6,9	105,6	+1,7	277,0	+4
VII. 9	175,3	+5,6	121,9	+2,4	286,5	+4
19	211,2	+2,0	138,1	+3,0	296,0	+4
29	240,7	-1,6	154,4	+3,3	305,6	+4
VIII. 8	268,3	-4,6	170,6	+3,4	315,2	+3
18	297,6	-6,6	186,8	+3,2	324,8	+3
28	332,6	-6,8	202,9	+2,7	334,4	+2
IX. 7	18,7	-3,4	219,0	+2,1	344,1	+1
17	78,3	+3,6	235,0	+1,2	353,8	0
27	137,9	+7,0	250,9	+0,3	3,6	-1
X. 7	183,4	+4,9	266,8	-0,6	13,4	-1
17	217,6	+1,2	282,6	-1,5	23,3	-2
27	246,4	-2,3	298,4	-2,3	33,3	-3
XI. 6	274,0	-5,1	314,2	-2,9	43,3	-4
16	304,1	-6,8	330,0	-3,3	53,3	-4
26	340,9	-6,4	345,9	-3,4	63,5	-4
XII. 6	29,9	-2,2	1,8	-3,3	73,6	-4
16	91,1	+4,8	17,7	-2,9	83,7	-4
26	148,4	+6,9	33,7	-2,3	93,9	-4

λ : ekliptikai hosszúság
 β : ekliptikai szélesség

ekliptikai koordinátái (0^a világidőkor)

Datum	Mars		Jupiter		Szaturnusz	
	λ	β	λ	β	λ	β
	o	o	o	o	o	o
I. 1	169,3	+1,6	262,9	+0,4	218,7	+2,4
11	173,7	+1,5	263,7	+0,4	219,0	+2,4
21	178,1	+1,4	264,5	+0,4	219,4	+2,4
31	182,6	+1,3	265,3	+0,3	219,7	+2,4
II. 10	187,0	+1,2	266,1	+0,3	220,0	+2,4
20	191,6	+1,1	266,9	+0,3	220,3	+2,4
III. 1	196,1	+1,0	267,7	+0,3	220,6	+2,4
11	200,8	+0,9	268,6	+0,3	220,9	+2,4
21	205,4	+0,7	269,4	+0,2	221,2	+2,4
31	210,1	+0,6	270,2	+0,2	221,6	+2,4
IV. 10	214,9	+0,5	271,0	+0,2	221,9	+2,4
20	219,8	+0,3	271,3	+0,2	222,2	+2,3
30	224,7	+0,1	272,6	+0,2	222,5	+2,3
V. 10	229,7	+0,0	273,4	+0,2	222,8	+2,3
20	234,8	-0,2	274,3	+0,1	223,1	+2,3
30	240,0	-0,3	275,1	+0,1	223,4	+2,3
VI. 9	245,2	-0,5	275,9	+0,1	223,8	+2,3
19	250,6	-0,7	276,7	+0,1	224,1	+2,3
29	256,0	-0,8	277,5	+0,1	224,4	+2,3
VII. 9	261,6	-1,0	278,4	+0,0	224,7	+2,3
19	267,2	-1,1	279,2	+0,0	225,0	+2,3
29	273,0	-1,3	280,0	+0,0	225,3	+2,3
VIII. 8	278,7	-1,4	280,8	-0,0	225,6	+2,3
18	284,4	-1,5	281,7	-0,0	225,9	+2,3
28	290,7	-1,6	282,5	-0,1	226,3	+2,3
IX. 7	296,8	-1,7	283,3	-0,1	226,6	+2,3
17	302,9	-1,8	284,2	-0,1	226,9	+2,3
27	309,1	-1,8	285,0	-0,1	227,2	+2,3
X. 7	315,4	-1,8	285,8	-0,1	227,5	+2,3
17	321,7	-1,8	286,7	-0,2	227,8	+2,3
27	328,0	-1,8	287,5	-0,2	228,1	+2,3
XI. 6	334,3	-1,8	288,3	-0,2	228,4	+2,2
16	340,7	-1,7	289,2	-0,2	228,7	+2,2
26	347,0	-1,6	290,0	-0,2	229,1	+2,2
XII. 6	353,3	-1,5	290,9	-0,2	229,4	+2,2
16	359,6	-1,4	291,7	-0,3	229,7	+2,2
26	5,8	-1,3	292,5	-0,3	230,0	+2,2

A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)*



* A Jupiter-holdak helyzetei és jelenségei a párizsi Bureau des Longitudes által számolt anyag alapján készültek, a jelenségek közül csak a Magyarországon megfigyelhetők szerepelnek.

A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

d	h m		hold	jelenség	d	h m		hold	jelenség
1	4 29	<i>k</i>	II	<i>f</i>	19	4 03	<i>v</i>	II	<i>m</i>
2	5 08	<i>k</i>	III	<i>e</i>	20	3 29	<i>k</i>	III	<i>m</i>
3	4 30	<i>v</i>	II	<i>e</i>	21	3 32	<i>k</i>	I	<i>f</i>
5	5 17	<i>k</i>	I	<i>f</i>	22	2 53	<i>v</i>	I	<i>a'</i>
6	4 38	<i>v</i>	I	<i>a'</i>		4 09	<i>v</i>	I	<i>e</i>
9	4 31	<i>k</i>	III	<i>a'</i>	26	4 04	<i>v</i>	II	<i>f</i>
10	4 38	<i>k</i>	II	<i>e</i>		4 05	<i>k</i>	II	<i>m</i>
	4 46	<i>v</i>	II	<i>a'</i>	27	2 23	<i>k</i>	III	<i>f</i>
13	4 19	<i>k</i>	I	<i>a'</i>	29	2 34	<i>k</i>	I	<i>a'</i>
						3 50	<i>k</i>	I	<i>e</i>
					30	3 24	<i>v</i>	I	<i>m</i>

k vagy *v* betű azt mutatja, hogy a szomszédos oszlop időadata a jelenség kezdetére, illetve végére vonatkozik-e

I = Io

II = Europa

III = Ganymedes

IV = Callisto

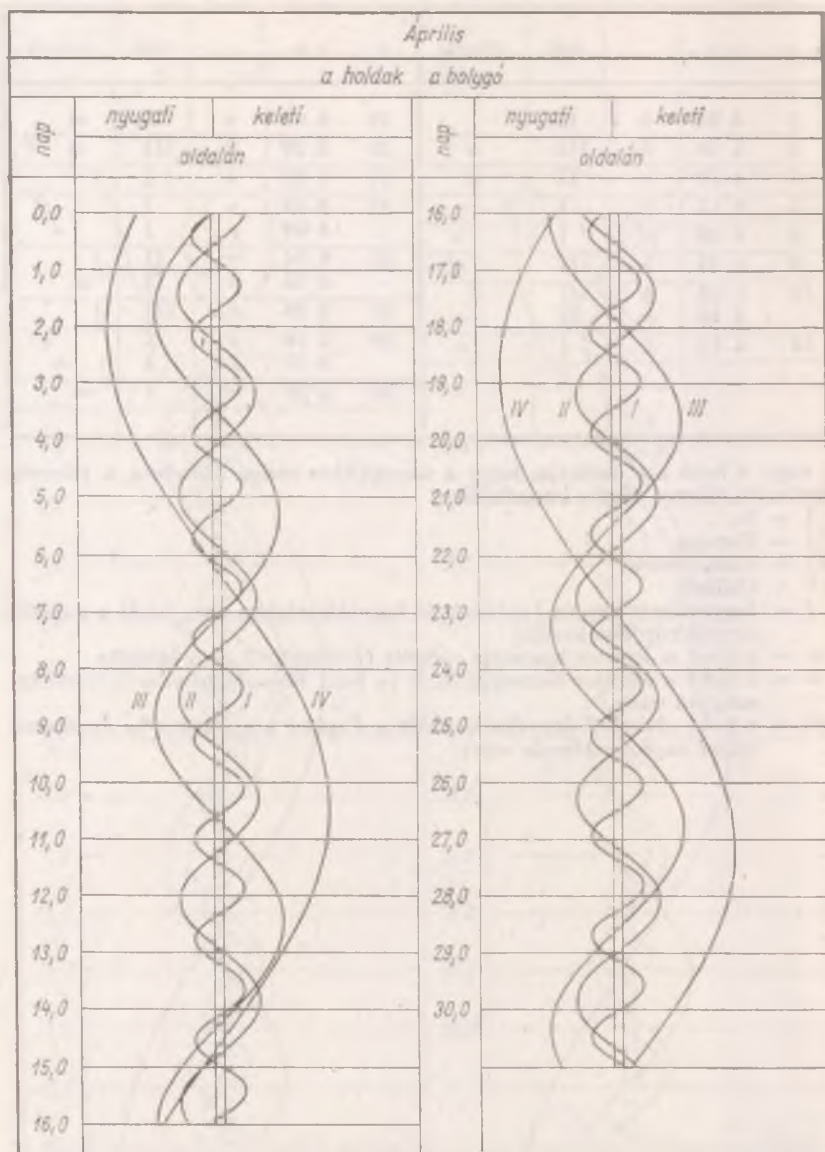
f = fogyatkozás van (a Jupiter-hold fogyatkozásban van, tehát a Jupiter árnyékkúpjába került)

m = a hold a Jupiter korongja mögött (Földünkről nem látszik)

e = a hold a Jupiter korongja előtt (a hold látszólagosan a bolygó korongján van)

a' = a hold „fekete” árnyéka vetődik a Jupiter korongjára (a Jupiteren teljes napfogyatkozás van)

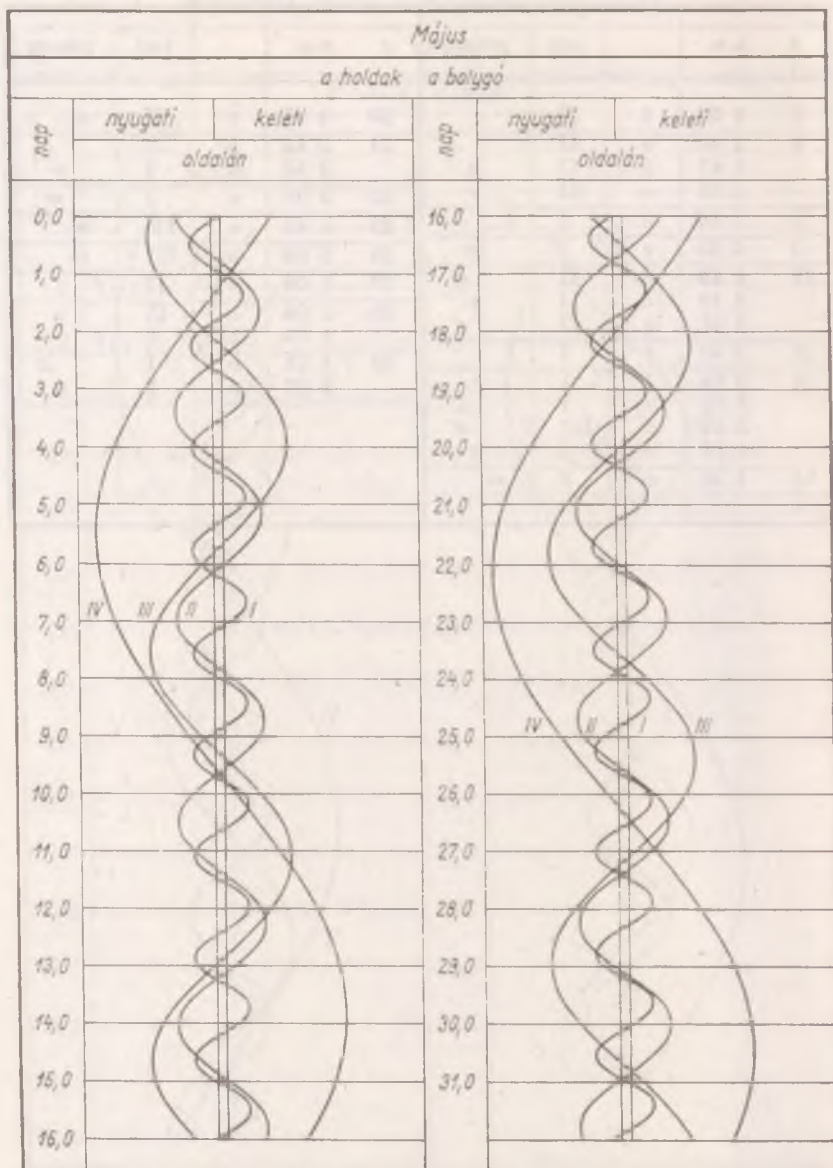
A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)



A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

d	h m		hold	jelenség	d	h m		hold	jelenség
2	4 06	<i>k</i>	II	<i>f</i>	20	3 41	<i>v</i>	II	<i>m</i>
4	1 46	<i>v</i>	II	<i>e</i> <i>a'</i>	21	2 42	<i>k</i>	I	<i>a'</i>
	1 47	<i>k</i>	II	<i>e</i>		3 55	<i>k</i>	I	<i>e</i>
	4 21	<i>v</i>	II	<i>e</i>	22	3 29	<i>v</i>	I	<i>m</i>
6	1 46	<i>k</i>	I	<i>f</i>	23	1 45	<i>v</i>	IV	<i>m</i>
7	2 25	<i>v</i>	I	<i>e</i>	25	2 09	<i>v</i>	III	<i>m</i>
					11	1 49	<i>k</i>	II	<i>a'</i>
11	4 19	<i>k</i>	II	<i>e</i> <i>a'</i>	29	1 05	<i>v</i>	II	<i>e</i>
	4 21	<i>v</i>	II	<i>a'</i>		1 54	<i>k</i>	I	<i>f</i>
	13	3 40	<i>k</i>	I	<i>f</i>	30	1 18	<i>v</i>	I
14	2 04	<i>k</i>	I	<i>e</i>	2 27		<i>v</i>	I	<i>e</i>
	3 02	<i>v</i>	I	<i>a'</i>					
	3 16	<i>v</i>	III	<i>a'</i>					
	4 18	<i>v</i>	I	<i>e</i>					
15	1 38	<i>v</i>	I	<i>m</i>					

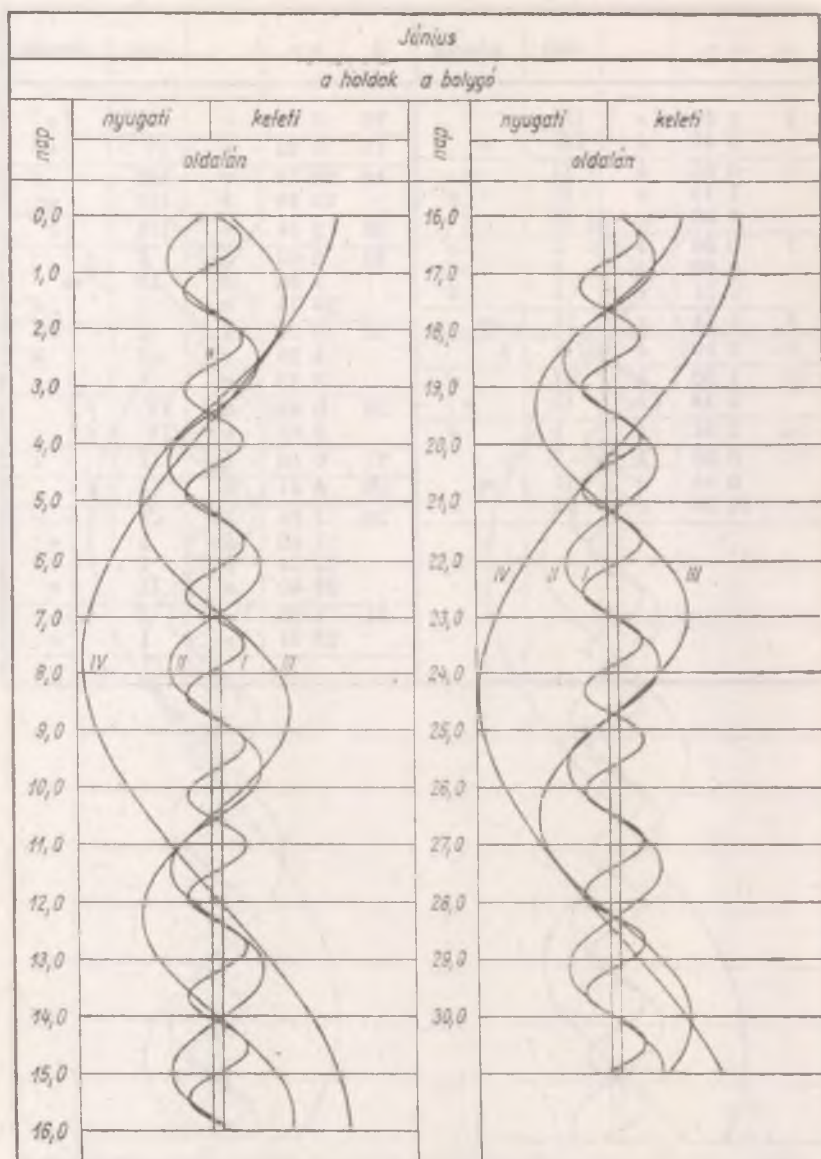
A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)



A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

d	h	m		hold	jelenség	d	h	m		hold	jelenség	
2	1	12	<i>v</i>	III	<i>f</i>	16	0	32	<i>v</i>	I	<i>e</i>	
	2	47	<i>k</i>	III	<i>m</i>	18	0	23	<i>v</i>	IV	<i>e</i>	
6	0	55	<i>k</i>	II	<i>e</i>	19	23	12	<i>v</i>	III	<i>a'</i>	
	1	19	<i>v</i>	II	<i>a'</i>		23	48	<i>k</i>	III	<i>e</i>	
	3	30	<i>v</i>	II	<i>e</i>	20	2	51	<i>v</i>	III	<i>e</i>	
7	0	58	<i>k</i>	I	<i>a'</i>	22	2	03	<i>k</i>	I	<i>f</i>	
	2	02	<i>k</i>	I	<i>e</i>		2	38	<i>v</i>	II	<i>m</i>	
	3	11	<i>v</i>	I	<i>a'</i>		23	14	<i>k</i>	I	<i>a'</i>	
8	1	34	<i>v</i>	I	<i>m</i>	23	0	04	<i>k</i>	I	<i>e</i>	
9	2	10	<i>k</i>	III	<i>f</i>		1	28	<i>v</i>	I	<i>a'</i>	
							2	19	<i>v</i>	I	<i>e</i>	
13	1	20	<i>k</i>	II	<i>a'</i>	26	0	43	<i>k</i>	IV	<i>f</i>	
	3	18	<i>k</i>	II	<i>e</i>		2	03	<i>v</i>	IV	<i>f</i>	
14	2	51	<i>k</i>	I	<i>a'</i>	27	0	10	<i>k</i>	III	<i>a'</i>	
15	0	09	<i>k</i>	I	<i>f</i>	29	0	51	<i>k</i>	II	<i>f</i>	
	0	16	<i>v</i>	II	<i>m</i>							<i>a'</i>
	23	34	<i>v</i>	I	<i>a'</i>							<i>e</i>
						30	1	08	<i>k</i>	I	<i>e</i>	
							1	50	<i>k</i>	I	<i>f</i>	
							22	24	<i>k</i>	I	<i>e</i>	
							22	40	<i>v</i>	II	<i>e</i>	
						31	1	20	<i>v</i>	I	<i>m</i>	
							22	31	<i>v</i>	I	<i>e</i>	

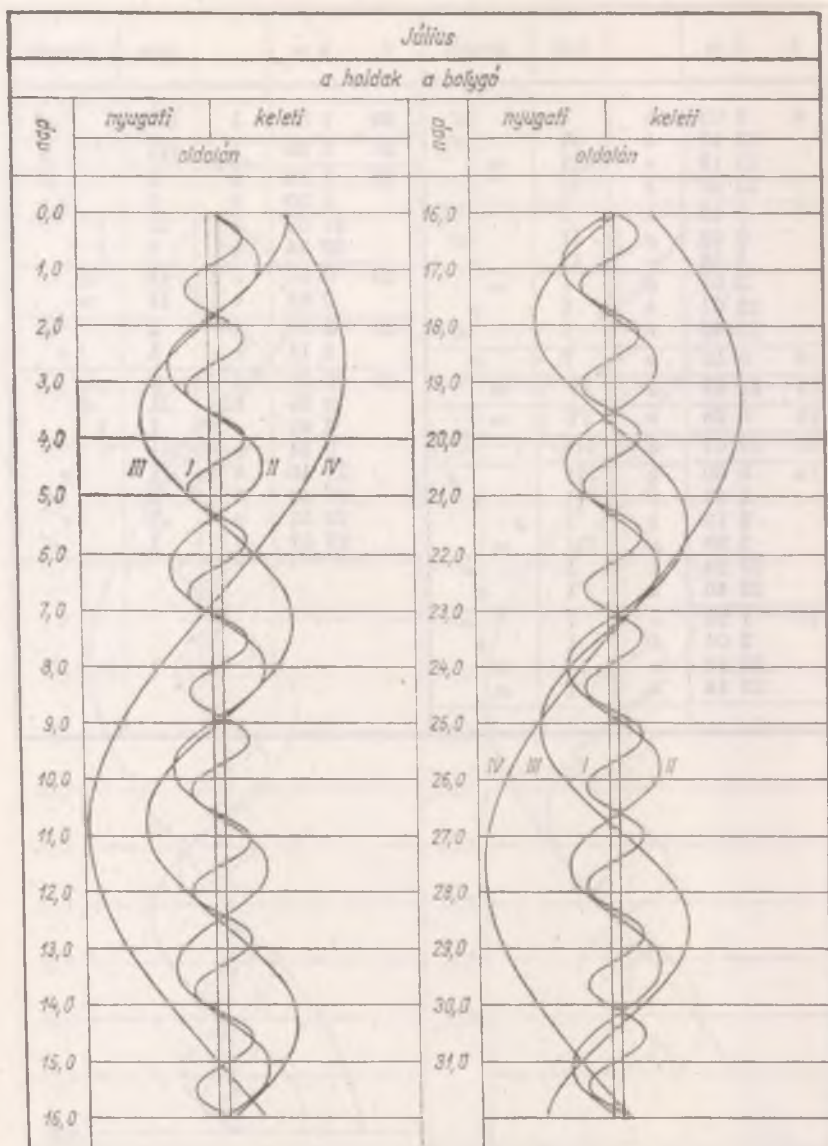
A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)



A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

d	h m		hold	jelenség	d	h m		hold	jelenség
6	3 02	<i>k</i>	I	<i>a'</i>	20	1 50	<i>k</i>	IV	<i>a'</i>
	22 17	<i>k</i>	II	<i>a'</i>	21	1 59	<i>k</i>	III	<i>f</i>
	23 19	<i>v</i>	III	<i>m</i>					
	23 21	<i>k</i>	II	<i>e</i>	22	1 19	<i>k</i>	I	<i>a'</i>
7	0 18	<i>k</i>	I	<i>f</i>		1 30	<i>k</i>	I	<i>e</i>
	0 52	<i>v</i>	II	<i>a'</i>		21 59	<i>k</i>	II	<i>f</i>
	1 56	<i>v</i>	II	<i>e</i>		22 34	<i>k</i>	I	<i>f</i>
	3 04	<i>v</i>	I	<i>m</i>	23	0 57	<i>v</i>	II	<i>m</i>
	22 01	<i>k</i>	I	<i>e</i>			0 58	<i>v</i>	II
	23 45	<i>v</i>	I	<i>a'</i>	29	3 13	<i>k</i>	I	<i>a'</i>
8	0 16	<i>v</i>	I	<i>e</i>			3 14	<i>k</i>	I
	11 22 29	<i>k</i>	IV	<i>m</i>	30	0 27	<i>k</i>	I	<i>m</i>
12	0 28	<i>v</i>	IV	<i>m</i>		0 35	<i>k</i>	II	<i>m</i>
						2 42	<i>v</i>	I	<i>f</i>
13	22 01	<i>k</i>	III	<i>f</i>		3 14	<i>v</i>	II	<i>f</i>
						21 40	<i>k</i>	II	<i>e</i>
						21 42	<i>k</i>	I	<i>a'</i>
					23 55	<i>v</i>	I	<i>e</i>	
					23 57	<i>v</i>	I	<i>a'</i>	
15	1 39	<i>v</i>	I	<i>a'</i>					
	2 01	<i>k</i>	I	<i>e</i>					
	22 42	<i>v</i>	II	<i>m</i>					
	23 14	<i>v</i>	I	<i>m</i>					

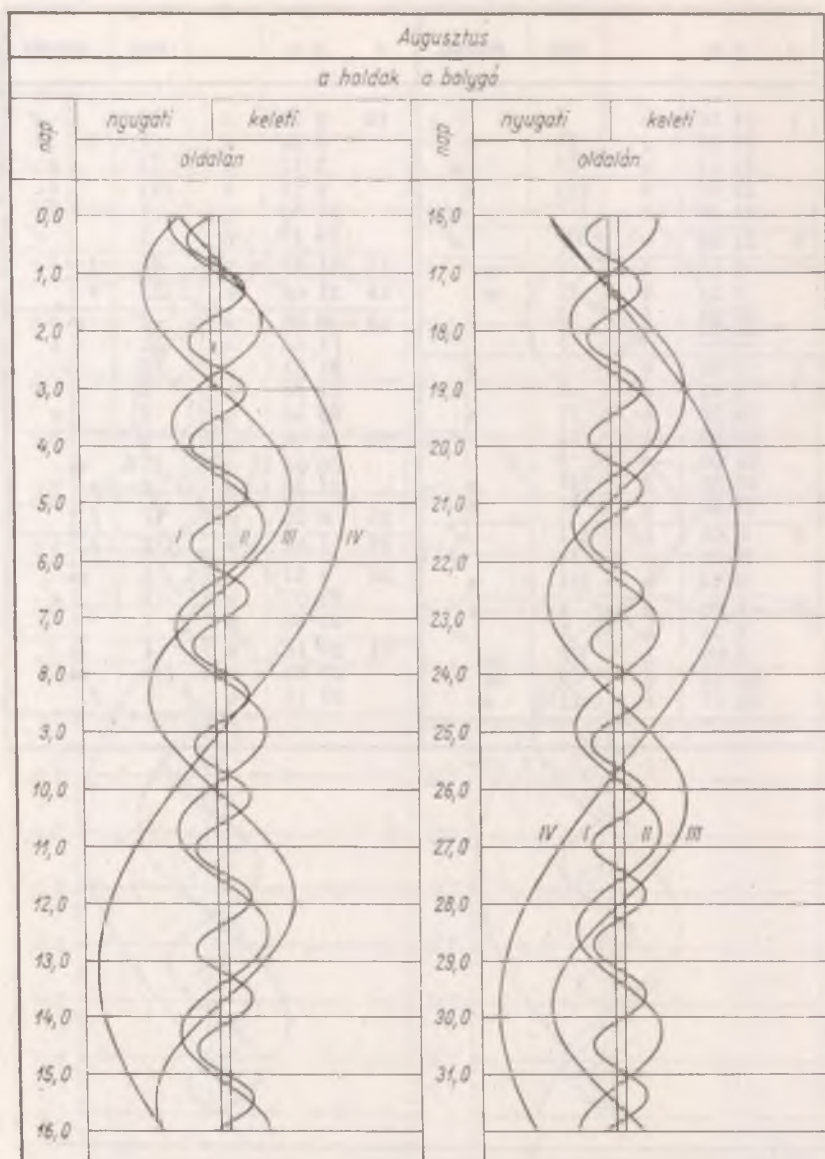
A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)



A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

d	h m		hold	jelenség	d	h m		hold	jelenség
1	21 10	v	I	f	16	0 23	k	II	a'
	21 45	v	II	e		0 59	v	I	f
	21 51	v	II	a'		2 12	v	II	e
	22 57	v	III	e		2 27	k	III	e
	23 10	v	III	a'		21 50	v	I	e
6	21 55	v	IV	a'	22 15	v	I	a'	
7	2 11	k	I	m	17	21 49	v	II	f
	2 51	k	II	m	19	21 03	v	III	f
	23 24	k	I	e	23	0 06	k	I	m
	23 37	k	I	a'		1 52	k	II	e
1 39	v	I	e	21 21		k	I	e	
1 52	v	I	a'	21 55		k	I	a'	
8	21 23	k	II	e	23 35	v	I	e	
	21 49	k	II	a'	24	0 10	v	I	a'
	23 05	v	I	f		20 34	k	II	m
	23 09	k	III	e		21 22	v	I	f
	23 58	v	II	e	25	0 26	v	II	f
	9	0 04	k	III		a'	27	1 04	v
0 26		v	II	a'	30	1 51	k	I	m
2 14		v	III	e		23 07	k	I	e
15	1 09	k	I	a'		23 50	k	I	a'
	1 31	k	I		31	20 18	k	I	m
	3 00	k	IV	m		22 53	k	II	m
	22 21	k	I	m		23 17	v	I	f
	23 37	k	II	e					

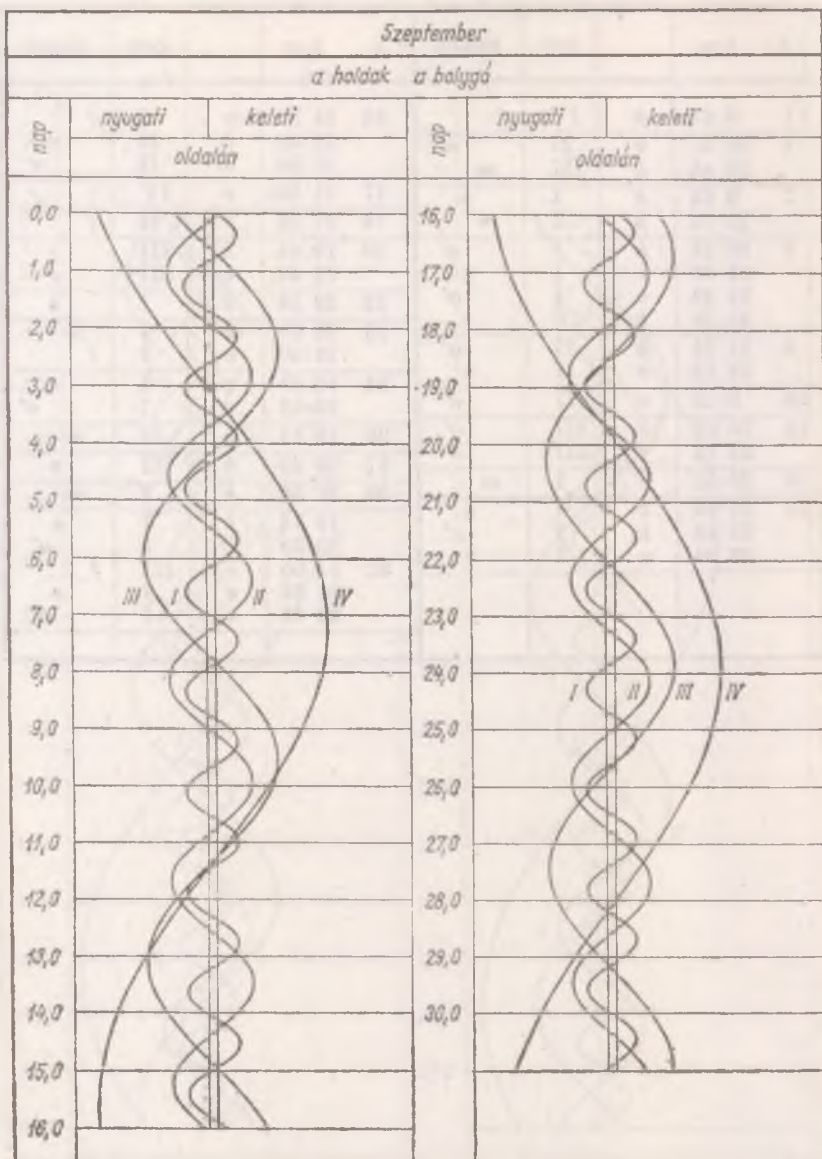
A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)



A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

d	h m		hold	jelenség	d	h m		hold	jelenség
1	0 21	<i>k</i>	IV	<i>f</i>	16	21 35	<i>v</i>	I	<i>f</i>
2	21 27	<i>v</i>	II	<i>a'</i>	22 00	<i>k</i>	II		<i>e</i>
	22 45	<i>k</i>	III	<i>m</i>	23 59	<i>k</i>	II		<i>a'</i>
7	0 54	<i>k</i>	I	<i>e</i>	17	21 06	<i>v</i>	IV	<i>f</i>
	22 04	<i>k</i>	I	<i>m</i>	18	21 38	<i>v</i>	II	<i>f</i>
8	20 14	<i>k</i>	I	<i>a'</i>	20	19 44	<i>k</i>	III	<i>e</i>
	21 36	<i>v</i>	I	<i>e</i>	22 49	<i>v</i>	III		<i>e</i>
	22 29	<i>v</i>	I	<i>a'</i>	22	22 59	<i>k</i>	I	<i>e</i>
	23 28	<i>k</i>	IV	<i>e</i>	23	20 08	<i>k</i>	I	<i>m</i>
9	21 24	<i>k</i>	II	<i>a'</i>	23 30	<i>v</i>	I		<i>f</i>
	22 13	<i>v</i>	II	<i>e</i>	24	19 41	<i>v</i>	I	<i>e</i>
10	0 02	<i>v</i>	II	<i>a'</i>	20 48	<i>v</i>	I		<i>a'</i>
	13	20 02	<i>k</i>	III	<i>a'</i>	25	19 17	<i>k</i>	II
13	23 12	<i>v</i>	III	<i>a'</i>	27	23 23	<i>k</i>	III	<i>e</i>
	14	23 52	<i>k</i>	I	<i>m</i>	30	21 59	<i>k</i>	I
15	21 10	<i>k</i>	I	<i>e</i>		19 18	<i>k</i>	I	<i>e</i>
	22 10	<i>k</i>	I	<i>a'</i>		20 29	<i>k</i>	I	<i>a'</i>
	23 24	<i>v</i>	I	<i>e</i>	31	21 06	<i>v</i>	III	<i>f</i>
						21 32	<i>v</i>	I	<i>e</i>
				22 44	<i>v</i>	I	<i>a'</i>		

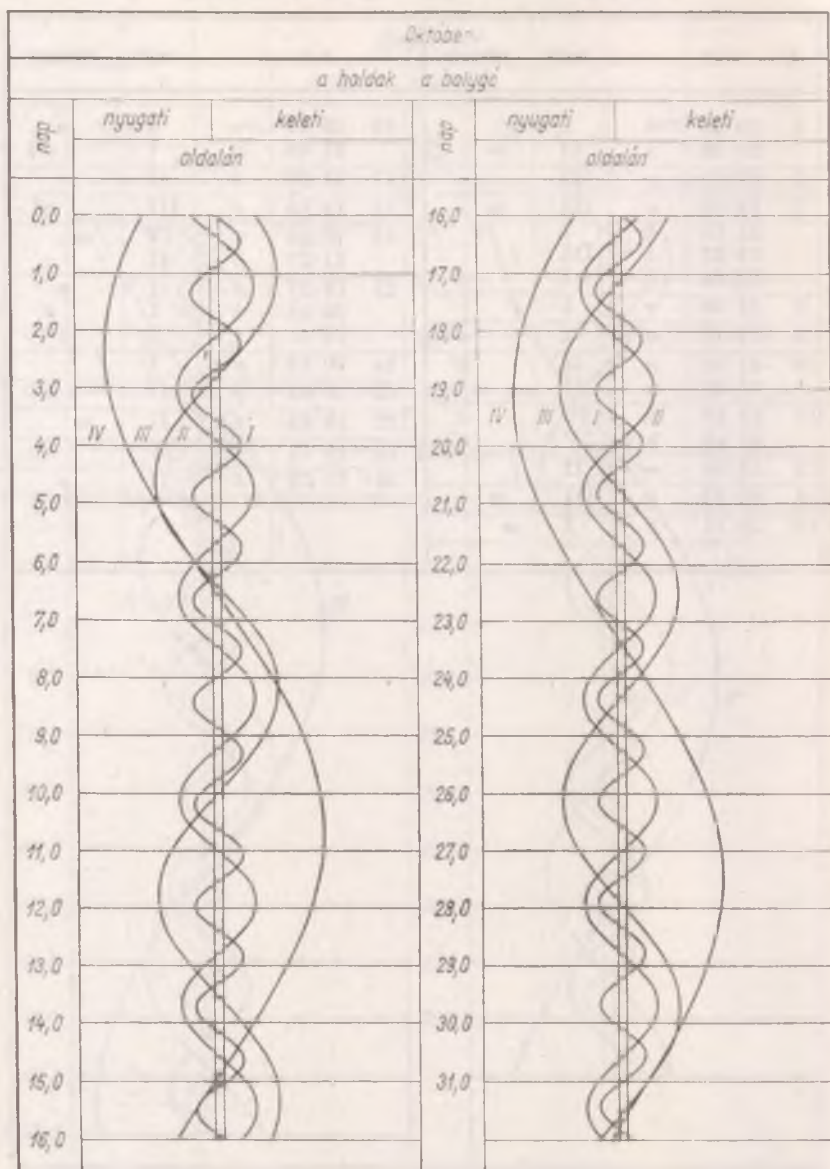
A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)



A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

d	h m		hold	jelenség	d	h m		hold	jelenség
1	19 54	<i>v</i>	I	<i>f</i>	16	19 46	<i>v</i>	I	<i>e</i>
	21 46	<i>k</i>	II	<i>m</i>		21 43	<i>v</i>	I	<i>a'</i>
3	21 06	<i>v</i>	II	<i>a'</i>	17	21 06	<i>k</i>	II	<i>e</i>
7	19 59	<i>v</i>	III	<i>m</i>	18	19 15	<i>v</i>	III	<i>a'</i>
	21 10	<i>k</i>	I	<i>e</i>	19	20 53	<i>v</i>	IV	<i>m</i>
	21 52	<i>k</i>	III	<i>f</i>		21 27	<i>v</i>	II	<i>f</i>
	22 24	<i>k</i>	I	<i>a'</i>		23	19 27	<i>k</i>	I
8	21 49	<i>v</i>	I	<i>f</i>	20 44		<i>k</i>	I	<i>a'</i>
	9	19 08	<i>v</i>	I	21 41		<i>v</i>	I	<i>e</i>
10	21 03	<i>k</i>	II	<i>a'</i>	24	20 08	<i>v</i>	I	<i>f</i>
	21 10	<i>v</i>	II	<i>e</i>	25	20 02	<i>k</i>	III	<i>a'</i>
11	19 45	<i>k</i>	IV	<i>a'</i>	26	18 44	<i>k</i>	II	<i>m</i>
	22 43	<i>v</i>	IV	<i>a'</i>	28	18 13	<i>v</i>	II	<i>a'</i>
12	18 50	<i>v</i>	II	<i>f</i>	30	21 22	<i>k</i>	I	<i>e</i>
14	20 42	<i>k</i>	III	<i>m</i>					
15	20 11	<i>k</i>	I	<i>m</i>					

A Jupiter-holdak helyzetei (világidőben)



A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

d	h m		hold	jelenség	d	h m		hold	jelenség
1	18 29	k	I	m	16	19 40	k	I	e
2	18 06	v	I	e	17	20 23	v	I	f
	18 49	k	III	e	18	17 43	v	I	a'
	19 23	v	I	a'	20	16 58	k	III	m
5	18 09	k	II	a'	23	18 26	k	IV	f
	18 13	v	II	e	24	18 51	k	I	m
	20 49	v	II	a'	25	17 23	k	I	a'
8	20 26	k	I	m		18 28	v	I	e
	9	19 04	k	I		a'	19 38	v	I
		20 02	v	I	e	28	18 49	k	II
10	18 28	v	I	f	30		17 59	v	II
	12	18 15	k	II	e	31	18 20	v	IV
20 45		k	II	a'	19 22		v	III	a'
20 54		v	II	e					
13	17 52	k	III	f					
	14	18 37	v	II	f				
20 10		k	IV	e					

A Mars és a Jupiter centrálmeridiánjának planetografikus

Dátum	Mars	Jupiter		Szaturnusz	
		I.	II.	a	b
	°	°	°	°	°
I. 4	291	255	162	36,41	12,73
8	253	166	42	36,62	12,84
12	214	76	283	36,83	12,96
16	176	347	163	37,06	13,08
20	137	258	43	37,29	13,20
24	99	169	284	37,53	13,31
28	61	80	164	37,78	13,43
II. 1	23	351	45	38,03	13,54
5	344	262	285	38,29	13,65
9	306	173	166	38,55	13,75
13	268	84	46	38,82	13,85
17	231	355	287	39,08	13,95
21	193	266	167	39,35	14,04
25	155	178	48	39,61	14,13
29	117	89	289	39,88	14,21
III. 4	80	0	170	40,13	14,29
8	42	271	50	40,38	14,35
12	5	183	291	40,63	14,41
16	328	94	172	40,86	14,46
20	291	6	53	41,08	14,51
24	254	277	294	41,29	14,54
28	217	189	175	41,49	14,57
IV. 1	180	100	56	41,67	14,59
5	144	12	297	41,83	14,59
9	107	283	178	41,98	14,59
13	71	195	59	42,10	14,58
17	35	107	300	42,21	14,56
21	359	19	182	42,29	14,52
25	324	290	63	42,35	14,49
29	288	202	304	42,39	14,44
V. 3	253	114	186	42,40	14,38
7	217	26	67	42,39	14,32
11	182	298	309	42,36	14,25
15	147	210	190	42,30	14,17
19	112	122	72	42,23	14,09
23	77	34	313	42,13	14,00
27	42	306	195	42,01	13,91
31	6	219	76	41,87	13,82
VI. 4	331	131	318	41,71	13,72
8	295	43	200	41,54	13,63
12	259	315	81	41,35	13,53
16	223	227	323	41,15	13,44
20	186	139	205	40,93	13,34
24	150	52	86	40,70	13,25
28	113	324	328	40,46	13,16

A közölt planetografikus hosszúságok a bolygó forgási tengelyével definiált koordinátákat adják meg; a Szaturnusz gyűrűjére megadott *a* és *b* a gyűrű nagy- és kistengelyét jelenti.

hosszúsága, és adatok a Szaturnusz gyűrűjére vonatkozólag

Dátum	Mars	Jupiter		Szaturnusz		
		I.	I.	a	b	
	o	o	o	"	"	
VII.	2	76	236	209	40,22	13,07
	6	39	148	91	39,97	12,99
	10	1	60	333	39,71	12,91
	14	324	332	214	39,45	12,83
	18	286	244	96	39,19	12,76
	22	248	156	337	38,92	12,70
	26	210	68	218	38,66	12,64
	30	172	340	100	38,40	12,58
VIII.	3	134	251	341	38,14	12,53
	7	96	163	222	37,88	12,49
	11	58	75	103	37,63	12,45
	15	19	346	344	37,39	12,41
	19	341	258	225	37,15	12,38
	23	302	169	106	36,92	12,36
	27	264	81	347	36,70	12,34
	31	225	352	228	36,48	12,33
IX.	4	187	263	109	36,27	12,31
	8	148	174	349	36,08	12,32
	12	109	86	230	35,89	13,33
	16	70	357	111	35,71	12,33
	20	32	268	351	35,55	12,35
	24	353	179	232	35,39	12,36
	28	314	90	112	35,25	12,39
X.	2	275	1	352	35,11	12,41
	6	236	252	233	34,99	12,45
	10	197	182	113	34,89	12,48
	14	158	93	353	34,79	12,52
	18	119	4	234	34,71	12,57
	22	80	275	114	34,63	12,62
	26	41	185	354	34,58	12,67
	30	2	96	234	34,53	12,72
XI.	3	323	7	114	34,50	12,78
	7	283	277	355	34,48	12,85
	11	244	188	235	34,47	12,92
	15	205	99	115	34,48	12,99
	19	165	9	355	34,49	13,06
	23	126	280	235	34,53	13,14
	27	87	190	115	34,57	13,22
XII.	1	47	101	355	34,63	13,30
	5	8	120	235	34,70	13,39
	9	328	282	115	34,79	13,48
	13	289	183	355	34,88	13,57
	17	249	103	235	34,99	13,67
	21	209	14	115	35,11	13,77
	25	169	285	355	35,25	13,87
	29	130	196	236	35,39	13,97

A Jupiter esetében az I. és a II. adatok nagyjából a bolygó egyenlítő környéki sávjára, illetve a bolygófelület egyéb helyeire vonatkoznak.

A bolygókorongok megvilágításának adatai

Dátum	Merkur		Vénusz		Mars	
	K	I	K	I	K	I
	%	°	%	°	%	°
I. 1	2	167	74	61	91	35
11	31	112	77	57	91	36
21	61	78	80	53	90	36
31	77	58	83	49	90	37
II. 10	86	44	85	46	90	37
20	93	31	87	42	90	36
III. 1	98	17	89	39	91	35
11	99	8	91	35	92	34
21	87	41	93	32	93	31
31	53	86	94	28	94	28
IV. 10	18	130	95	25	96	23
20	1	170	97	21	98	17
30	6	152	98	18	99	9
V. 10	22	124	99	14	100	1
20	40	102	99	10	100	7
30	58	80	100	6	98	16
VI. 9	80	54	100	3	96	23
19	97	17	100	1	94	29
29	96	23	100	5	91	34
VII. 9	81	52	99	9	89	38
19	66	71	99	13	88	41
29	52	88	98	17	87	43
VIII. 8	35	107	97	21	86	44
18	15	134	95	25	85	45
28	2	166	94	29	85	45
IX. 7	18	131	92	32	85	46
17	60	78	90	36	85	46
27	91	35	88	40	85	45
X. 7	99	8	86	43	86	45
17	99	10	84	47	86	44
27	96	23	82	51	87	43
XI. 6	91	35	79	54	87	42
16	81	51	76	58	88	41
26	62	76	74	62	88	40
XII. 6	25	120	70	66	89	39
16	3	162	67	70	90	37
26	37	106	63	75	91	36

K: a bolygó korongjának a Nap által megvilágított hányada

I: a Nap és a Föld látszólagos szögtávolsága a bolygó centrumából nézve

Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag		m	r	RA 1984,0	D 1984,0	Spektrum	
		magn.	fényév	h m s	° ' "		
α	And	+2,2	136	00 07 33,4	+29 00 08	B8	III
β	Cas	2,4	45	08 19,0	+59 03 42	F2	IV
γ	Peg	2,9	570	12 24,6	+15 05 41	B2	IV
ι	Cet	3,8	325	18 36,7	-08 54 45	K2	III
β	Hyi	2,9	21	24 55,8	-77 20 40	G1	IV
α	Phe	2,4	93	25 29,7	-42 23 34	K0	III
ζ	Cas	3,7	820	36 04,4	+53 48 33	B2,5	IV
δ	And	3,5	140	38 28,1	+30 46 25	K3	III
α	Cas	2,5	150	39 35,5	+56 26 59	K0	II
β	Cet	2,2	62	42 47,2	-18 04 28	K1	III
η	Cas	3,6	19	48 07,2	+57 43 54	G0	V
γ	Cas	1,6 _v	96	55 44,0	+60 37 49	B0	IV
μ	And	3,9	102	55 51,6	+38 24 46	A5	V
η	Cet	3,6	88	01 07 47,0	-10 16 01	K3	III
β	And	2,4	76	08 49,9	+35 32 10	M0	III
θ	Cet	3,8	96	23 13,3	-08 15 57	K0	III
δ	Cas	2,8	115	24 45 5	+60 09 09	A5	V
η	Psc	3,7	180	30 37,5	+15 15 49	G8	III
δ 1	And	3,8	155	37 00,2	+48 32 52	K3	III
α	Eri	0,6	140	37 07,2	-57 19 04	B5	IV
τ	Cet	3,7	12	43 19,4	-16 01 17	G8	V
ζ	Cet	3,9	135	50 40,1	-10 24 49	K2	III
α	Tri	3,6	65	52 09,9	+29 30 05	F6	IV
ϵ	Cas	3,4	520	53 13,8	+63 35 31	B3	III
β	Ari	2,7	52	53 45,2	+20 43 49	A5	V
α	Hyi	3,0	80	58 16,0	-61 38 51	F0	V
γ	And	2,3	260	02 02 54,7	+42 15 13	K3	II
α	Ari	2,2	76	06 16,1	+23 23 14	K2	III
β	Tri	3,1	270	08 35,2	+34 54 44	A5	III
α	UMi	2,1	680	15 27,0	+89 11 31	F8	Ib
σ	Cet	2,0 _v	250	18 32,2	-03 02 59	gM6e	
γ	Cet	3,6	68	42 28,2	+03 10 08	A2	
δ 1	Ari	3,7	105	49 02,3	+27 11 43	B8	
η	Per	4,0	820	49 31,2	+55 49 48	K3Ib+B9V	
θ	Eri	3,4	120	57 39,2	-40 22 06	A3	V
α	Cet	2,8	1100	03 01 26,4	+04 01 39	M2	III
γ	Per	3,1	300	03 37,8	+53 26 41	G8	III+A3
ρ	Per	3,3 _v	410	04 08,8	+38 46 45	M4	II-III
β	Per	2,2 _v	88	07 07,3	+40 53 42	B8	V
α	For	4,0	47	11 23,4	-29 02 59	F8	IV

spektrum: a Harvard- és Morgan-Keenan-féle klasszifikáció alapján a kétdimenziós színképszályozást jelenti

Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag		m	r	RA 1984,0	D 1984,0	Spektrum	
		magn.	fényév	h m s	° ' "		
α	Per	+1,9	115	03 23 10,4	+49 48 19	F5	Ib
ο	Tau	3,8	300	23 57,0	+08 58 24	G8	III
ξ	Tau	3,8	190	26 18,0	+09 40 40	B8	V
ε	Eri	3,8	11	32 10,5	-09 30 42	K2	V
δ	Per	3,1	450	41 46,8	+47 44 15	Bv	III
δ	Eri	3,7	30	42 28,8	-09 49 01	K0	IV
ο	Per	3,9	200	43 18,7	+32 14 19	B1	III
17	Tau	3,8	170	43 55,3	+24 03 50	B6	III
ν	Per	3,9	230	44 06,1	+42 31 44	F5	II
η	Tau	3,0	650	46 31,8	+24 03 23	B7	III
27	Tau	3,8	300	48 12,5	+24 00 19	B8	III
ς	Per	2,9	450	53 07,4	+31 50 13	B1	Ib
ε	Per	3,0	1100	56 46,5	+39 57 54	B0,5	V
γ	Eri	3,2	1100	57 16,9	-13 33 12	M0	III
λ	Tau	3,8 _v	450	59 47,5	+12 26 45	B3	V+A4 IV
ν	Tau	3,9	150	04 02 18,2	+05 56 45	A1	V
48	Per	4,0	220	07 29,7	+47 40 15	B3 _p	
γ	Tau	3,9	130	18 52,8	+15 35 23	K0	III
δ	Tau	3,9	200	22 00,6	+17 30 21	K1	III
ε	Tau	3,6	180	27 40,8	+19 08 45	K0	III
θ ²	Tau	3,6	130	27 44,8	+15 50 11	A7 _n	IV
α	Tau	1,1	68	35 00,0	+16 28 41	K5	III
53	Eri	4,0	91	37 26,8	-14 20 05	K0	
π ³	Ori	3,3	26	48 58,2	+06 56 03	F5	V
π ⁴	Ori	3,8	1600	50 21,1	+05 34 43	B2	III
π ⁵	Ori	3,9	1600	53 25,0	+02 24 55	B2	III
ι	Aur	2,9	220	55 56,9	+33 08 31	K3	II
ε	Aur	3,1 _v	800	05 00 49,1	+43 48 03	F0 _p	Ia
ς	Aur	3,9	1600	01 21,4	+41 03 13	K5	II+B
ε	Lep	3,3	550	04 46,9	-22 23 31	K5	III
η	Aur	3,3	250	05 23,4	+41 12 50	B3	V
β	Eri	2,9	78	07 03,7	-05 06 23	A3	III
β	Ori	0,3	1100	13 46,0	-08 13 10	B8	Ia
α	Aur	0,2	45	15 30,3	+45 58 59	G8	III+F
τ	Ori	3,7	400	16 49,7	-06 51 39	B5	III
η	Ori	3,4	820	23 40,3	-02 24 39	B0,5	V
γ	Ori	1,7	126	24 16,3	+06 20 10	B2	III
β	Tau	1,8	170	25 16,7	+28 35 42	B7	III
β	Lep	3,0	235	27 33,5	-20 46 18	G5	III
δ	Ori	2,5	800	31 11,3	-00 18 36	O9,5	II

Csillagkalógus magnitúdóhatár (4,0)

Csillag		m	r	RA 1984,0	D 1984,0	Spektrum	
		magn.	fényév	h m s	° ' "		
α	Lep	+2,7	1600	05 32 01,4	-17 49 59	F0	Ib
λ^1	Ori	3,7	550	34 15,3	+09 55 27	O8	B0,5 V
ι	Ori	2,9	150	34 38,9	-05 55 11	O9	III
ϵ	Ori	1,8	1600	35 24,0	-01 12 41	B0	Ia
ζ	Tau	3,0	540	36 41,2	+21 08 01	B2p	III
σ	Ori	3,8	1600	37 56,5	-02 36 30	O9,5	V
α	Col	2,8	150	39 04,1	-34 04 56	B8e	V
ζ^1	Ori	2,1	150	39 57,0	-01 57 01	O9,5	Ib
γ	Lep	3,8	27	43 47,7	-22 27 11	F6	V
κ	Ori	2,2	365	46 59,8	-09 40 29	B0,5	Ia
δ	Lep	3,9	150	50 37,9	-20 52 47	G8	III
α	Ori	0,1v	650	54 18,3	+07 24 18	M2	Iab
η	Lep	3,8	53	55 40,5	-14 10 12	F0	V
δ	Aur	3,9	165	58 12,5	+54 17 05	K0	III
β	Aur	2,1	88	58 21,2	+44 56 49	A2	V
θ	Aur	2,7	180	58 37,8	+37 12 45	B9,5p	V
η	Gem	3,2v	250	06 13 54,7	+22 30 45	M3	III
ζ	CMA	3,1	250	19 41,9	-30 03 20	B2,5	V
μ	Gem	3,2	205	21 59,5	+22 31 22	M3	III
β	CMA	2,0	235	21 59,6	-17 56 50	B1	II—III
α	Car	-0,9	190	23 35,8	-52 41 12	F0	Ib—II
γ	Gem	+1,9	91	36 47,2	+16 24 50	A1	IV
ϵ	Gem	3,2	360	42 56,8	+25 08 53	G8	Ib
ξ	Gem	3,4	64	44 23,4	+12 54 49	F5	IV
α	CMA	-1,6	9	44 26,6	-16 41 37	A1	V
τ	Pup	+2,8	130	49 32,3	-50 35 43	K0	III
θ	Gem	3,6	155	51 44,1	+33 58 54	A3	III
ϵ	CMA	1,6	680	57 59,8	-28 56 59	B2	II
σ^2	CMA	3,1	470	07 02 21,3	-23 48 34	B3	Ia
ζ	Gem	3,7v	800	03 09,6	+20 35 41	F7	Ib
δ	CMA	2,0	1100	07 44,4	-26 22 02	F8	Ia
π	Pup	2,7	140	16 34,6	-37 04 06	K4	III
λ	Gem	3,7	80	17 10,4	+16 34 12	A3	V
δ	Gem	3,5	55	19 10,0	+22 00 46	F0	IV
η	CMA	2,4	270	23 27,7	-29 16 17	B5	Ia
ι	Gem	3,9	105	24 44,0	+27 49 51	K0	III
β	CMi	3,1	180	26 17 0	+08 19 21	B8e	V
α	Gem	2,0v	49	33 34,8	+31 55 28	A1	V+Alm
α	CMi	0,5	12	38 27,9	+05 16 00	F5	IV—V
κ	Gem	3,7	130	43 28,9	+24 26 14	G8	III

Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag		m	r	RA 1984,0	D 1984,0	Spektrum	
		magn.	fényév	h m s	° ' "		
β ε ζ ρ γ	Gem	+1,2	35	07 44 20,3	+28 03 57	K0	III
	Pup	3,5	1100	48 37,2	-24 49 08	G3	Ib
	Pup	2,3	800	08 03 01,3	-39 57 27	O5f	
	Pup	2,9	105	06 51,7	-24 15 27	F6p	II
	Vel	1,9	550	09 02,3	-47 17 21	WC7+	B1 IV
β ε Br 1197 α	Cnc	3,8	230	15 38,9	+09 14 08	K4	III
	Car	1,7	330	22 11,2	-59 27 28	K0	II+B
	Hya	4,0	170	24 51,6	-03 51 13	A0	
	UMa	3,5	800	28 56,6	+60 46 22	G5	II-III
δ ε ζ ι κ	Pyx	3,7	460	42 56,9	-33 07 41	B1,5	III
	Vel	2,0	76	44 15,7	-54 38 58	A0	V
	Hya	3,5	250	45 55,7	+06 28 41	G0	III+gF7
	Hya	3,3	115	54 32,9	+06 00 25	K0	II-III
	UMa	3,1	49	58 07,0	+48 06 19	A7	V
λ β θ ι 38	UMa	3,7	330	09 02 32,2	+47 13 14	A1n	V
	Vel	2,2	220	07 24,4	-43 22 03	K4	Ib-IIa
	Car	1,8	86	13 01,9	-69 39 04	A1	V
	Hya	3,8	170	13 31,9	+02 22 56	B9,5p	V
	Car	2,3	300	16 39,7	-59 12 28	F0	Ib
α α 23 N θ	Lyn	3,8	99	17 51,1	+36 52 15	A3	V
	Lyn	3,3	155	20 04,9	+34 27 39	M0	III
	Hya	2,2	190	26 48,0	-08 35 20	K3	III
	UMa	3,8	96	30 16,7	+63 07 57	F0	
	Vel	3,0	220	30 44,1	-56 57 49	K3	III
ο ε υ η α	UMa	3,3	63	31 47,5	+51 45 03	F6	IV
	Leo	3,8	120	40 17,8	+09 57 56	A5	V+F8 III
	Leo	3,1	340	44 56,7	+23 50 54	G0	II
	UMa	3,9	91	49 51,6	+59 06 53	F2	IV
	Leo	3,6	1600	10 06 27,7	+16 50 28	A0	Ib
λ ζ λ γ ¹ μ	Leo	1,3	84	07 31,2	+12 02 45	B7	V
	Hya	3,8	155	09 48,4	-12 16 29	K0	III
	Leo	3,7	360	15 48,1	+23 29 51	F0	III
	UMa	3,5	155	16 08,1	+42 59 41	A2	IV
	Leo	2,6	170	19 05,5	+19 55 22	K0	III/G7 III
ρ θ μ ν 46	UMa	3,2	105	21 22,7	+41 34 49	M0	III
	Leo	3,9	650	31 58,1	+09 23 21	B1	Ib
	Car	3,0	470	42 23,0	-64 18 37	O9,5	V
	Vel	2,8	150	46 04,7	-49 20 07	G5	III
	Hya	3,3	150	48 50,0	-16 06 35	K2	III
LMI	3,9	190	52 25,1	+34 18 05	K1	III-IV	

Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag		m	r	RA 1984,0	D 1984,0	Spektrum	
		magn.	fényév	h m s	° ' "		
β	UMa	+2,4	78	11 00 52,9	+56 28 06	A1	V
α	UMa	2,0	105	02 44,9	+61 50 15	K0	III
ψ	UMa	3,2	93	08 46,0	+44 35 08	K1	III
δ	Leo	2,6	82	13 15,5	+20 36 41	A4	V
θ	Leo	3,4	170	13 24,0	+15 31 02	A2	V
ν	UMa	3,7	230	17 37,0	+33 10 54	K3	III
δ	Crt	3,8	170	18 32,3	-14 41 31	G8	III—IV
ι	Leo	4,0	69	23 05,4	+10 37 03	F2	IV
ξ	Hya	3,7	170	32 12,7	-31 46 08	G7	III
χ	UMa	3,9	230	45 12,5	+47 52 05	K0	III
β	Leo	2,2	43	48 14,6	+14 39 41	A3	V
γ	Vir	3,8	33	49 51,6	+01 51 18	F8	V
γ	UMa	2,5	165	52 59,6	+53 47 01	A0	V
δ	Cen	2,9	165	12 07 31,4	-50 37 60	B2e	V
ε	Crv	3,2	165	09 17,9	-22 31 51	K2	III
δ	Cru	3,1	550	14 17,3	-58 39 35	B2	IV
δ	UMa	3,4	63	14 38,3	+57 07 17	A3	V
γ	Crv	2,8	135	14 58,8	-17 27 11	B8	III
η	Vir	4,0	330	19 05,1	-00 34 41	A2	V
α	Cru A	1,6	400	25 42,0	-63 00 37	B1	IV+B1 V
γ	Cru	1,6	220	30 16,3	-57 01 25	M3	II
κ	Dra	3,9	330	32 48,3	+69 52 35	B5e	III
β	Crv	2,8	120	33 32,6	-23 18 30	G5	III
α	Mus	2,9	220	36 13,0	-69 02 51	B3	IV
γ	Cen	2,4	330	40 37,7	-48 52 19	A0	III
γ	Vir	3,7 _v	35	40 50,8	-01 21 42	F0	V+F0 V
β	Cru	1,5	470	46 46,7	-59 36 05	B0,5	IV
ε	UMa	1,7	400	53 19,6	+56 02 47	A0p	V
δ	Vir	3,7	190	54 47,8	+03 29 03	M3	III
α	CVn	2,9	140	55 16,8	+38 24 16	B9,5p	I+F0 V
ε	Vir	3,0	91	13 01 22,7	+11 02 42	G9	II—III
γ	Hya	3,3	155	18 02,9	-23 05 15	G8	III
ι	Cen	2,9	73	19 41,6	-36 37 41	A2	V
ζ	UMa	2,4	88	23 16,9	+55 00 31	A2	V+A2 V
α	Vir	1,2	170	24 20,8	-11 04 41	B1	V+B3 V
ζ	Vir	3,4	93	33 52,5	-00 30 52	A3	V
ε	Cen	2,6	270	38 52,0	-53 23 07	B1	V
η	UMa	1,9	115	46 54,6	+49 23 34	B3	V
η	Boo	2,8	32	53 55,3	+18 28 39	G0	IV
ζ	Cen	3,1	250	54 32,1	-47 12 36	B2	IV

Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag		m	r	RA 1984,0	D 1984,0	Spektrum	
		magn.	fényév	h m s	° ' "		
β	Cen	+0,9	200	14 02 41,0	-60 17 47	B1	II
α	Dra	3,6	300	03 57,2	+64 27 07	A0	III
π	Hya	3,5	84	05 27,4	-26 36 21	K2	III
θ	Cen	2,3	55	05 44,1	-36 17 30	K0	III-IV
α	Boo	0,2	36	14 55,8	+19 15 55	K2p	III
ρ	Boo	3,8	130	31 08,3	+30 26 28	K3	III
γ	Boo	3,0	200	31 25,9	+38 22 40	A7	III
η	Cen	2,7	270	34 29,1	-42 05 17	B1,5ne	V
α	Cen	0,3 ^v	4	38 30,3	-60 46 12	G2 V + K5 V	
ζ	Boo	3,9	470	40 23,0	+13 47 47	A2	III
α	Lup	2,9	360	40 51,5	-47 19 13	B1	III
μ	Vir	4,0	84	42 12,9	-05 35 21	F3	IV
ϵ	Boo	2,7	250	44 17,2	+27 08 28	K0	II-III + A2 V
109	Vir	3,8	110	45 26,3	+01 57 35	A0	V
α^2	Lib	2,9	67	49 59,4	-15 58 33	A3	IV
β	UMi	2,2	105	50 44,3	+74 13 15	K4	III
β	Lup	2,8	270	57 28,6	-43 04 13	B2	IV
β	Boo	3,6	150	15 01 20,5	+40 27 11	G8	III
σ	Lib	3,4	58	03 07,8	-25 13 11	M4	III
δ	Boo	3,5	115	14 51,4	+33 22 26	G8	III
β	Lib	2,7	150	16 08,6	-09 19 29	B8	V
γ	TrA	3,1	650	17 24,0	-68 37 17	A1	V
γ	UMi	3,1	180	20 44,6	+71 53 27	A3	II-III
ϕ^1	Lup	3,6	400	20 47,1	-36 12 15	K5	III
ι	Dra	3,5	100	24 34,2	+59 01 18	K2	III
β	CrB	3,7	105	27 10,1	+29 09 37	F0p	III
α	CrB	2,3	76	34 00,5	+26 46 05	A0	V
γ	Lup	3,0	400	34 04,1	-41 06 50	B2n	V
ν	Lib	3,8	88	36 03,0	-28 04 58	K3	III
γ	CrB	3,9	125	42 04,1	+26 20 44	A1s	V
α	Ser	2,8	71	43 28,7	+06 28,31	K2	III
β	Ser	3,7	96	45 26,9	+15 28 16	A3	V
μ	Ser	3,6	3000	48 47,0	-03 22 55	A0	V
ϵ	Ser	3,8	99	50 01,0	+04 31 31	A2m	
γ	Ser	3,9	41	55 42,7	+15 42 47	F6	V
π	Sco	3,0	650	57 52,8	-26 04 08	B1	V+B2
δ	Sco	2,5	71	59 23,0	-22 34 37	B0	V
β	Sco	2,9	800	16 04 30,2	-19 45 45	B0,5	V+B2 V
δ	Oph	3,0	130	13 30,3	-03 39 14	M1	III
ϵ	Oph	3,3	91	17 28,3	-04 39 15	G9	III

Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag		m	r	RA 1984,0	D 1984,0	Spektrum	
		magn.	fényév	h m s	° ' "		
τ	Her	+3,9	120	16 19 15,4	+46 21 04	B5	IV
σ	Sco	3,0 _v	360	20 12,8	-25 33 19	B1	III
γ	Her	3,8	220	21 12,8	+19 11 24	A9	III
η	Dra	2,9	76	23 46,2	+61 33 01	G8	III
α	Sco	1,2	170	28 25,4	-26 23 51	M1	Ia+dB4
β	Her	2,8	190	29 31,8	+21 31 26	G8	III
λ	Oph	3,9	3000	30 06,3	+02 01 06	A1	V
τ	Sco	2,9	230	34 53,0	-28 11 02	B0	V
ζ	Oph	2,7	550	36 16,5	-10 32 08	O9,5	V
ζ	Her	3,0	32	40 40,9	+31 37 53	G0	IV
η	Her	3,6	62	42 20,7	+38 57 08	G7	III-IV
α	TrA	1,9	140	46 57,6	-68 59 60	K4	III
ε	Sco	2,4	67	49 07,4	-34 15 55	K2,5	III
κ	Oph	3,4	126	56 54,5	+09 23 57	K2	III
ζ	Ara	3,1	91	57 17,5	-55 57 58	K5	III
ε	Her	3,9	150	59 40,5	+30 56 58	A0	V
ζ	Dra	3,2	190	17 08 44,2	+65 44 03	B6	III
η	Oph	2,6	69	09 27,5	-15 42 22	A2	V
η	Her	3,5	55	13 55,0	+14 24 28	M5	II+G5 III
δ	Her	3,2	96	14 22,4	+24 51 27	A3 _n	V
π	Her	3,4	165	14 29,3	+36 49 36	K3	II
θ	Oph	3,4	400	21 01,5	-24 59 04	B2	IV
β	Ara	2,8	126	23 58,0	-55 30 58	K3	Ib
β	Dra	3,0	360	30 04,1	+52 18 46	G2	II
α	Ara	3,0	3000	30 36,1	-49 51 53	B2,5	V
λ	Sco	1,7	270	32 31,2	-37 05 36	B1	V
α	Oph	2,1	58	34 11,4	+12 34 15	A5	III
θ	Sco	2,0	165	36 10,0	-42 59 19	F0	Ib
ι	Her	3,8	1600	39 00,7	+46 00 52	B3	V
κ	Sco	2,5	360	41 22,7	-39 01 23	B2	IV
β	Oph	2,9	126	42 40,8	+04 34 23	K2	III
μ	Her	3,5	28	45 49,9	+27 43 46	G5	IV
γ	Oph	3,7	102	47 05,3	+02 42 45	A0	V
G	Sco	3,3	102	48 46,1	-37 02 21	K1	III
ξ	Dra	3,9	105	53 15,0	+56 52 29	K2	III
θ	Her	4,0	400	55 42,1	+37 15 07	K1	II
γ	Dra	2,4	165	56 13,9	+51 29 25	K5	III
ξ	Her	3,8	220	57 08,5	+29 14 56	K0	III
ν	Oph	3,5	220	58 08,6	-09 46 21	G9	III
67	Oph	4,0	3000	59 50,5	+02 55 53	B5	Ib

Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag		m	r	RA 1984,0	D 1984,0	Spektrum	
		magn.	fényév	h m s	° ' "		
γ	Sgr	+3,1	180	18 04 46,7	-30 25 31	K0	III
72	Oph	3,7	88	06 35,4	+09 33 39	A4s	IV
ο	Her	3,8	250	06 55,0	+28 45 35	B9,5	V
δ	Sgr	2,8	84	19 58,1	-29 50 10	K2	III
η	Ser	3,4	60	20 28,8	-02 54 14	K0	III—IV
χ	Dra	3,7	25	21 20,6	+72 43 34	F7	V
109	Her	3,9	135	23 00,9	+21 45 42	K2	III
ε	Sgr	2,0	220	23 06,6	-34 23 36	A0	V
λ	Sgr	2,9	71	26 58,9	-25 25 54	K2	III
α	Lyr	0,1	36	36 23,7	+38 46 05	A0	V
β	Lyr	3,4 _v	1100	49 29,2	+33 20 37	B _{pe}	
σ	Sgr	2,1	155	54 16,4	-26 19 03	B2	V
R	Lyr	4,0 _v	550	54 50,8	+43 55 28	M5	III
ε ₂	Sgr	3,6	550	56 46,5	-21 07 43	K1	III
γ	Lyr	3,3	300	58 20,6	+32 40 01	B9	III
ζ	Sgr	2,7	170	19 01 35,6	-29 54 15	A2	III
ς	Aql	3,0	91	04 40,4	+13 50 20	B9, 5 _n	V
λ	Aql	3,6	130	05 23,9	-04 54 27	B9 _n	V
π	Sgr	3,0	200	08 48,7	-12 03 00	K1	III
δ	Dra	3,2	115	12 33,1	+67 38 00	G9	III
κ	Cyg	4,0	180	16 43,9	+53 20 19	G9	III
δ	Aql	3,4	49	24 41,4	+03 04 56	F0	IV
ι	Cyg	3,9	200	29 18,1	+51 41 43	A5 _n	V
β	Cyg	3,2	330	30 04,5	+27 55 31	K3	II+B0 V
δ	Cyg	3,0	155	44 28,4	+45 05 28	B9,5	III
γ	Aql	2,8	550	45 29,9	+10 34 25	K3	II
δ	Sge	3,8	400	46 40,4	+18 29 39	M2	II+A0 V
ε	Dra	4,0	330	48 13,8	+70 13 38	G8	III
α	Aql	0,9	17	50 00,1	+08 49 31	A7	VI—V
η	Aql	3,7 _v	650	51 39,4	+00 57 50	F6	Ib
β	Aql	3,9	49	54 31,6	+06 21 58	B8	IV
η	Cyg	4,0	360	55 42,3	+35 02 25	K0	III
γ	Sge	3,7	300	58 02,6	+19 26 53	K5	III
θ	Aql	3,4	400	20 10 28,7	-00 52 11	B9,5	III
31ο ²	Cyg	4,0	400	13 07,6	+46 41 33	K3	Ib+A3
α ²	Cap	3,8	99	17 10,0	-12 35 43	G9	III'
γ	Cyg	2,3	550	21 39,1	+40 12 18	F8	Ib
α	Pav	2,1	230	24 23,3	-56 47 15	B3	IV
ε	Del	4,0	200	32 26,8	+11 14 54	B6	III
β	Del	3,7	126	36 47,9	+14 32 20	E5	IV

Csillagkatalógus (magnitúdóhatár 4,0)

Csillag		m	r	RA 1984,0	D 1984,0	Spektrum	
		magn.	fényév	h m s	° ' "		
α	Del	+3,9	1600	20 38 53,6	+15 51 18	B9	V
α	Cyg	1,3	800	40 53,1	+45 13 22	A2	Ia
η	Cep	3,6	46	44 57,9	+61 46 35	K0	IV
ε	Cyg	2,6	74	45 33,7	+33 54 35	K0	III
ε	Aqr	3,8	220	46 48,6	-09 33 18	A2	V
ξ	Cyg	3,9	1600	21 04 20,8	+43 51 49	K5	Ib
ζ	Cyg	3,4	155	12 15,2	+30 09 39	G8	II
τ	Cyg	3,8	71	14 09,0	+37 58 36	F0	IV
α	Cep	2,6	52	18 11,8	+62 31 03	A7	IV-V
ζ	Cap	3,9	550	25 45,3	-22 28 52	G4p	Ib
β	Cep	3,3	650	28 27,4	+70 29 26	B2	III
β	Aqr	3,1	1100	30 43,0	-05 38 32	G0	Ib
γ	Cap	3,8	130	39 12,3	-16 44 07	F0p	III
ε	Peg	2,5	820	43 23,9	+09 48 04	K2	Ib
δ	Cap	3,0	50	46 09,5	-16 12 01	A6m	
γ	Gru	3,2	400	52 57,7	-37 26 26	B8	III
α	Aqr	3,2	1100	22 04 57,7	-00 23 53	G2	Ib
ι	Peg	4,0	44	06 15,8	+25 16 00	F5	V
α	Gru	2,2	64	07 13,7	-47 02 21	B5	V
θ	Peg	3,7	78	09 23,5	+06 07 08	A3n	V
ζ	Cep	3,6	165	10 17,8	+58 08 00	K1	Ib
α	Tuc	2,9	170	17 24,9	-60 20 24	K3	III
γ	Aqr	4,0	82	20 49,7	-01 28 06	A9	III
δ	Cep	3,7 ^v	650	28 34,4	+58 19 59	F5	Ib
α	Lac	3,9	91	30 37,7	+50 12 00	A1	V
ζ	Peg	3,6	190	40 39,8	+10 44 51	B8	V
β	Gru	2,2	1100	41 43,0	-46 58 07	M5	III
η	Peg	3,1	230	42 15,0	+30 08 14	G8	II-III+F0
ι	Cep	3,7	91	49 06,4	+66 06 58	K1	III
μ	Peg	3,7	102	49 13,7	+24 31 01	G8	III
λ	Aqr	3,8	270	51 46,7	-07 39 54	M2	III
δ	Aqr	3,5	84	53 48,1	-15 54 52	A3	V
α	PsA	1,3	23	56 46,1	-29 42 26	A3	V
\circ	And	3,5 ^v	470	23 01 10,9	+42 14 24	B5	III+A2p
β	Peg	2,1 ^v	220	02 59,8	+27 59 45	M2	II-III
α	Peg	2,6	110	03 57,7	+15 07 08	B9	V
88	Aqr	3,8	650	08 35,6	-21 15 34	K2	II
γ	Psc	3,9	130	16 20,1	+03 11 41	G8	III
λ	And	4,0	76	36 46,6	+46 22 17	G8	III-IV
γ	Cep	3,4	51	38 40,8	+77 32 35	K1	IV

csillag	RA 1950,0	D 1950,0	m_{max}	m_{min}	esemény* J.D. 2445...
Cefeidák					
	h m	° ' "	m	m	d d
SU Cas	02 47,5	+68 41	5,7	6,1	700,40+1,9493·E
T Mon	06 22,5	+07 07	5,6	6,4	701,57+27,0205·E
RT Aur	06 25,4	+30 32	5,1	5,8	701,41+3,7279·E
ζ Gem	07 01,2	+20 39	3,6	4,1	704,49+10,1508·E
X Sgr	17 44,4	-27 49	4,1	4,8	705,88+7,0122·E
Y Oph	17 49,9	-06 08	5,8	6,3	709,14+17,1233·E
W Sgr	18 01,8	-29 35	4,2	5,0	705,91+7,5947·E
Y Sgr	18 18,4	-18 55	5,4	6,1	704,29+5,7734·E
FF Aql	18 56,8	+17 18	5,2	5,6	703,21+4,4710·E
γ Aql	19 49,9	+00 52	3,5	4,3	701,17+7,1766·E
S Sge	19 53,8	+16 30	5,2	6,0	704,95+ 8,3822·E
X Cyg	28 41,4	+35 24	5,8	6,9	715,11+16,3866·E
T Vul	20 49,3	+28 04	5,4	6,1	701,89+ 4,4356·E
DT Cyg	21 04,4	+30 59	5,6	6,0	701,15+ 2,4991·E
σ Cep	22 27,3	+58 10	3,5	4,3	702,69+ 5,3663·E
Fedési változók					
YZ Cas	00 42,3	+74 43	5,6	6,0	704,40+4,4672·E
β Per	03 04,9	+40 46	2,2	3,5	701,73+2,8674·E
λ Tau	03 57,9	+12 21	3,8	4,2	702,90+3,9530·E
HU Tau	04 35,3	+20 35	6,0	6,8	700,48+2,0563·E
ζ Aur	04 59,0	+41 00	4,4	5,0	191,79+972,16·E
AR Aur	05 15,0	+33 43	5,8	6,5	704,02+4,1347·E
VV Ori	05 31,0	-01 11	5,3	5,7	700,19+1,4854·E
RR Lyn	06 22,3	+56 19	5,6	6,0	704,54+9,9451·E
WW Aur	06 29,2	+32 30	5,7	6,4	701,93+2,5250·E
UW CMa	07 16,6	-24 28	4,9	5,2	701,69+4,3934·E
R CMa	07 17,2	-16 18	5,9	6,5	700,17+1,1359·E
δ Lib	14 58,3	-08 19	4,9	5,9	702,32+2,3274·E
i Boo	15 02,1	+47 51	5,9	6,5	700,21+0,2678·E
U Oph	17 14,0	+01 16	5,8	6,5	701,21+1,6773·E
u Her	17 15,5	+33 09	4,6	5,4	701,99+2,0510·E
β Lyr	18 48,2	+33 18	3,3	4,2	703,51+12,9138·E
DV Aqr	20 55,9	-14 41	6,0	6,6	700,22+ 1,5755·E

* Cefeidák esetén a maximális, fedési változók esetén a minimális fényesség időpontja. Az esemény időpontját Julián-napokban kifejezve E egész számú periódus hozzáadásával kapjuk.

változásillagok adatai

csillag	RA 1950,0	D 1950,0	m _{max}	m _{min}	periódus	maximum időpontja* 1984
Mira típusú változók						
	h m	° ′	m	m	d	
R And	00 21,4	+38 18	6,1	14,9	409,2	Okt. <i>e</i>
o Cet	02 16,8	-03 12	2,0	10,1	331,7	ápr. <i>v</i>
R Tri	02 34,0	+34 03	5,5	12,6	266,5	febr. <i>k</i> , nov. <i>e</i>
U Ari	03 08,3	+14 37	5,4	13,4	371,3	ápr. <i>k</i>
R Lep	04 57,3	-14 43	5,9	10,5	432,1	okt. <i>k</i>
U Ori	05 52,9	+20 10	5,3	12,6	372,4	okt. <i>v</i>
V Mon	06 20,2	-02 10	6,0	13,7	333,8	júl. <i>v</i>
R Gem	07 04,4	+22 47	6,0	14,0	369,8	júl. <i>k</i>
R Cnc	08 13,8	+11 53	6,2	11,8	361,4	nov. <i>v</i>
R LMi	09 42,6	+34 45	6,3	13,2	371,9	ápr. <i>k</i>
R Leo	09 44,9	+11 40	4,4	11,3	312,4	febr. <i>k</i> , dec. <i>v</i>
SS Vir	12 22,7	+01 03	6,0	9,6	354,7	szept. <i>v</i>
T UMa	12 34,1	+59 46	6,6	13,4	256,5	jún. <i>k</i>
R Vir	12 35,9	+07 16	6,2	12,1	145,6	jan. <i>k</i> , jún. <i>e</i> , nov. <i>e</i>
R Hya	13 27,0	-23 02	4,0	10,0	389,6	szept. <i>k</i>
S Vir	13 30,4	-06 56	6,3	13,2	377,4	ápr. <i>k</i>
S CrB	15 19,4	+31 33	6,6	14,0	360,2	nov. <i>v</i>
R Ser	15 48,4	+15 17	5,7	14,4	356,4	jún. <i>v</i>
U Her	16 23,6	+19 00	6,5	13,4	406,0	már. <i>v</i>
X Oph	18 35,9	+08 47	5,9	9,2	334,4	máj. <i>e</i>
R Aql	19 03,9	+08 09	5,7	12,0	290,8	ápr. <i>v</i>
R Cyg	19 35,5	+50 05	6,5	14,2	426,4	jún. <i>e</i>
RT Cyg	19 42,2	+48 40	6,4	12,7	190,3	jan. <i>v</i> , aug. <i>e</i>
χ Cyg	19 48,6	+32 47	3,3	14,2	406,9	ápr. <i>k</i>
RR Sgr	19 52,8	-29 20	5,6	14,0	334,6	ápr. <i>v</i>
T Cep	21 08,9	+68 17	5,4	11,0	387,8	(1983. dec. <i>v</i> (1985. jan. <i>k</i>)
R Aqr	23 41,2	-15 34	5,8	11,5	386,8	jan. <i>k</i>
R Cas	23 55,9	+51 07	5,5	13,0	430,5	febr. <i>k</i>

* *e* = eleje, *k* = közepe, *v* = vége

A Naprendszer holdjai

Égitest	középes keringési sugár	sziderikus keringési idő	excentricitás	pályahajlás	átmérő	tömeg	albedo	m_v
Föld								
Hold	$384,4 \cdot 10^3$ km	27,3217 d	0,0549	23,4°	3476 km	$7,35 \cdot 10^{25}$ kg	~0,07	magd. -12,7
Mars								
1 Phobos	0,4	0,3189	0,0210	1,1	23	~0,0001	~0,05	+11,0
2 Deimos	23,5	1,2624	0,0028	1,8	13	~0,00002	~0,06	12,8
Jupiter								
14 Adraستا	128	0,295	~0,0	~0,0	40±10	?	0,1	~17
16 Metis	128	0,295	~0,0	~0,0	40±10	?	0,1	~17
5 Amalthea	181	0,489	0,003	0,4	270 × 170 × 150	?	0,06	14,1
15 Thebe	221	0,670	~0,0	~0,0	80±10	?	0,1	~16
1 Io	422	1,769	0,000	0,0	3632	892	0,6	5,0
2 Europa	671	3,551	0,000	0,0	3126	487	0,6	5,8
3 Ganymedes	1 070	7,155	0,001	0,2	5276	1490	0,4	4,0
4 Callisto	1 880	16,69	0,01	0,2	4820	1075	0,2	5,6
13 Leda	11 110	240	0,146	20,7	~10	?	?	20
6 Himalia	11 470	251	0,158	27,6	180±20	?	0,08	14,7
10 Lysithea	11 710	260	0,130	29,0	~20	?	?	18,0
7 Elara	11 740	260	0,207	24,8	80±10	?	0,08	10,0
12 Ananke	20 700	617	0,17	147	~20	?	?	18,8
11 Carme	22 350	692	0,21	164	~30	?	?	18,1
8 Pasiphae	23 300	735	0,38	164	~40	?	?	18,8
9 Sinope	23 700	758	0,28	153	~30	?	?	18,8

Szaturusz													
17 1980 S28	137,7	0,002	0,002	0,3	40 × 20 × ?	?	?	0,4	18				
16 1980 S27	139,4	0,013	0,004	0,0	140 × 100 × 80	?	?	0,0	10				
15 1980 S20	141,7	0,029	0,004	0,1	110 × 90 × 70	?	?	0,0	10				
10 1980 S1	151,4	0,094	0,009	0,3	220 × 200 × 100	?	?	0,5	15				
11 1980 S3	151,5	0,095	0,007	0,1	140 × 120 × 100	?	?	0,5	10				
1 Mimas	186	0,942	0,020	1,5	392	0,4 ± 0,1	0,6	0,6	12,1				
2 Enceladus	238	1,370	0,004	0,0	510	0,8 ± 0,3	1,0	1,0	11,8				
3 Tethys	295	1,888	0,000	1,1	1080	7,6 ± 0,9	0,8	0,8	10,3				
13 1980 S13	295	1,888	?	?	34 × 28 × 26	?	?	0,0	19				
14 1980 S25	295	1,888	?	?	34 × 22 × 22	?	?	0,8	20				
4 Dione	377	2,737	0,002	0,0	1120	10,5	0,5	0,5	10,4				
12 1980 S0	527	2,737	0,005	0,2	30 × 32 × 30	?	?	0,5	19				
5 Rhea	527	4,518	0,001	0,4	1530	25	0,5	0,5	9,7				
6 Titan	1 222	15,95	0,029	0,3	5150	135,9	0,2	0,2	8,4				
7 Hyperion	1 481	21,28	0,104	0,4	410 × 200 × 220	?	?	0,5	14,2				
8 Iapetus	3 561	79,33	0,028	14,7y	1400	19 ± 1	0,5-0,05	0,5-0,05	11,0				
9 Phoebe	12 954	550	0,163	150	110 ± 10	?	?	0,05	10,5				
Uránusz													
5 Miranda	130	1,413	0,017	3,4	300	0,9	?	?	10,5				
1 Ariel	192	2,520	0,043	0,0	1330	13	0,3	0,3	14,4				
2 Umbriel	267	4,144	0,004	0,0	1110	5	0,19	0,19	15,3				
3 Titania	438	8,706	0,002	0,0	1000	43	0,23	0,23	14,0				
4 Oberon	580	13,403	0,001	0,0	1030	20	0,18	0,18	14,2				
Neptunusz													
1 Triton	355	5,877	0,000	159,9	3700	2056	?	?	13,5				
2 Nereida	5 562	359,881	0,749	27,7	300	?	?	?	18,7				
Pluto													
Charon	19	6,39	?	105	1200	?	?	?	16,9				

A Nap és a bolygók főbb adatai

Égitest	átmérő		sziderikus forgási periódus	tengely- hajlás	tömeg	m _{viz}	albedo
	egyenlítői	poláris					
	km	km		°	g	magn	
Nap	1 392 530	1 392 530	25 ^a ,380	7,25	1,9891 × 10 ³³	-26,8	
Merkur	4 878	4 878	58 ^a ,65	0	3,3022 × 10 ²⁶	0,0	0,06
Vénusz	12 104	12 104	243 ^d ,0	178	4,8689 × 10 ²⁷	- 4,4	0,76
Föld	12 756	12 714	23 ^a ,934	23,44	5,9742 × 10 ²⁴	—	0,36
Mars	6 794	6 759	24 ^a ,623	25,20	6,4191 × 10 ²⁶	- 2,0	0,16
Jupiter	142 800	134 200	9 ^a ,842	3,12	1,899 × 10 ³⁰	- 2,3	0,73
Szaturnusz	120 000	108 000	10 ^a ,657	26,73	5,684 × 10 ²⁹	+ 0,7	0,76
Uránusz	52 000	49 000	15 ^a	97,86	8,6978 × 10 ²⁸	+ 5,5	0,93
Neptunusz	48 400	47 400	11 ^a ,2	29,56	1,028 × 10 ²⁹	+ 7,8	0,62
Pluto	3 600	3 600	153 ^a	90	1,0 × 10 ²⁶	+ 14,9	0,25

Égitest	távolság a Naptól		pályahajlás	keringési idő	
	perihélium	afélium		sziderikus	átlagos szinodikus
	CSE	CSE	°	d	d
Merkur	0,3075	0,4667	7,004	87,969	115,88
Vénusz	0,7184	0,7283	3,394	224,701	583,92
Föld	0,9833	1,0167	—	365,256	256
Mars	1,3814	1,6660	1,850	686,980	779,94
Jupiter	4,951	5,455	1,305	4332,59	398,88
Szaturnusz	9,008	10,069	2,486	10 759,21	378,09
Uránusz	18,275	20,089	0,774	30 684,8	369,66
Neptunusz	29,800	30,316	1,772	60 190,6	367,49
Pluto	29,648	49,959	17,133	90 465	366,73

A CSILLAGOS ÉG 1984-ben (Időpontok KözEI-ben)*

Január

Bolygók

Merkur: 11-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. A hó második és harmadik harmadában másfél órával kel a Nap előtt, így napkelte előtt figyelhető meg a délkeleti égbolton. 22-én a legnagyobb nyugati kitérésben, 25° távolságra a Naptól. 20-án fényessége $+0,1$ magnitúdó, fázisa $0,59$, mindkettő növekedő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 4-ig a Mérleg, 4-től 6-ig a Skorpió, 6-tól 21-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A hó elején három, a végén két órával kel a Nap előtt, és mint hajnalcsillag látható a délkeleti égbolton. 16-án fényessége $-3,5$ magnitúdó, csökkenő; fázisa $0,79$, növekedő.

Mars: előretartó mozgást végez 26-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. Éjfél után kel, és a hajnali égbolton figyelhető meg.

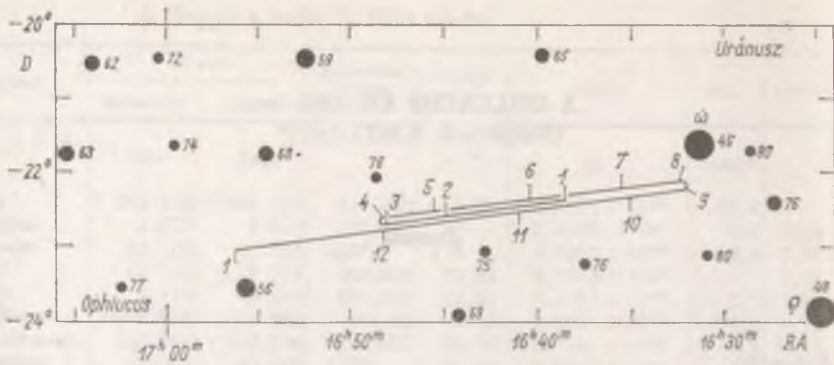
Jupiter: előretartó mozgást végez 3-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A hó második felében két órával kel a Nap előtt, és újra kereshető a hajnali szürkületben a délkeleti égbolton.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A hó elején három, a végén egy órával kel éjfél után. A hajnali délkeleti égbolton figyelhető meg.

Uránusz: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben (1. ábra). A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

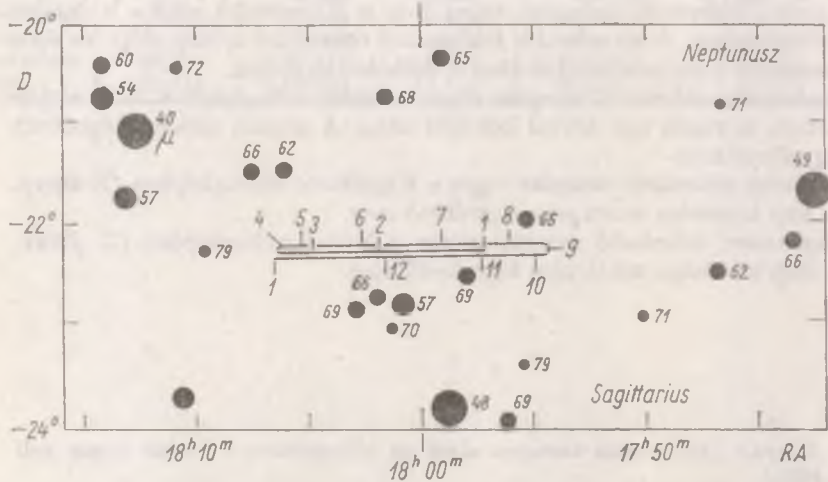
Neptunusz: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben (2. ábra). A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

* A nyári időszámítás tartama alatt az időpontokhoz 1 órát hozzá kell adni!



1. ábra. Az Uránusz látszó útja a Kígyótartó csillagképben 1984. január 1-től 1985. január 1-ig. Az Uránusz Nappal való szembenállása idején (június 1.) 5,7 magnitúdó fényességű. A csillagok melletti számok azok fényességét jelzik, tizedmagnitúdókban

2. ábra. A Neptunusz látszó útja a Nyilas csillagképben 1984. január 1-től 1985. január 1-ig. A Neptunusz Nappal való szembenállása idején (június 21.) 7,7 magnitúdó fényességű. A csillagok melletti számok azok fényességét jelzik, tizedmagnitúdókban



Jelenségek

nap	óra	
1	23,8	<i>Jupiter</i> 1°-kal északra a Holdtól
3	—	<i>Quadrantidák</i> meteorraj gyakorisági maximuma; kékes fényűek, a kis fényességűek gyakoribbak
5	03,2	<i>Algol</i> minimumban
8	00,1	<i>Algol</i> minimumban
10	13,6	<i>Vénusz</i> 2°-kal északra az Uránusztól
10	20,9	<i>Algol</i> minimumban
13	17,7	<i>Algol</i> minimumban
19	18,7	<i>Jupiter</i> 0,9°-kal délre a Neptunusztól
25	09,7	<i>Mars</i> 2°-kal délre a Holdtól
26	00,4	<i>Vénusz</i> 0,02°-kal északra a Neptunusztól
26	01,8	<i>Szaturnusz</i> 0,2°-kal délre a Holdtól
27	02,7	<i>Vénusz</i> 1°-kal északra a Jupitertől
28	01,8	<i>Algol</i> minimumban
29	17,2	<i>Jupiter</i> 2°-kal északra a Holdtól
29	22,8	<i>Vénusz</i> 3°-kal északra a Holdtól
30	22,3	<i>Merkur</i> 3°-kal északra a Holdtól
30	22,6	<i>Algol</i> minimumban.

Február

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 9-ig a Nyilas, 9-től 26-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. A hó elején egy órával kel a Nap előtt, és még megfigyelhető napkelte előtt a délkeleti égbolton. 5-én fényessége $-0,1$ magnitúdó, fázisa 0,82, mindkettő növekedő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 18-ig a Nyilas, utána a Bak csillagképben. A hó elején két, a végén egy órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcsillag figyelhető meg a reggeli szürkületben, a délkeleti égbolton. 15-én fényessége $-3,4$ magnitúdó, csökkenő; fázisa 0,86, növekedő.

Mars: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfélkor kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg.

Jupiter: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. Két és fél órával kel a Nap előtt, és a hajnali szürkületben látható a délkeleti égbolton.

Szaturnusz: 25-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfélkor kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg.

Uránusz: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. E hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Neptunusz: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. E hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jelenségek

nap	óra	
2	19,4	<i>Algol</i> minimumban
15	13,7	<i>Mars</i> 0,8°-kal délre a Szaturnusztól
20	00,3	<i>Algol</i> minimumban
22	10,1	<i>Szaturnusz</i> 0,2°-kal északra a Holdtól
22	14,9	<i>Mars</i> 0,4°-kal délre a Holdtól
22	22,1	<i>Algol</i> minimumban
25	21,1	<i>Algol</i> minimumban
26	08,7	<i>Jupiter</i> 2°-kal északra a Holdtól
29	04,5	<i>Vénusz</i> 4°-kal északra a Holdtól.

Március

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 12-ig a Vízöntő, majd 12-től 31-ig a Halak csillagképben. A hó végén másfél órával nyugszik a Nap után, így napnyugta után figyelhető meg a délnyugati égbolton. 8-án *felső együttállásban* a Nappal. 28-án fényessége $-0,6$ magnitúdó, fázisa 0,65, mindkettő csökkenő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 12-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. A hó elején egy, a végén fél órával kel a Nap előtt. Napkelte előtt mint hajnalsillag figyelhető meg a délkeleti égbolton. 8-án fényessége $-3,3$ magnitúdó, csökkenő; fázisa 0,90, növekedő.

Mars: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A késő esti órákban kel, ezért az éjszaka második felében figyelhető meg. Oppozíciójához közeledve erősen fényesedik: fényessége a hó elején még csak $+0,3$ magnitúdó, a végén már $-0,5$ magnitúdó!

Jupiter: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A hó elején három és fél, a végén másfél órával kel éjfél után, így a délkeleti hajnali égbolton figyelhető meg.

Szaturnusz: hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfél előtt kel; a hó elején csak az éjszaka második felében, utána már a késő esti óráktól is megfigyelhető.

Uránusz: 18-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfélkor kel, és a hajnali órákban újra kereshető a délkeleti égbolton.

Neptunusz: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt e hó folyamán nem figyelhető meg.

Jelenségek

nap	óra	
13	22,8	<i>Algol</i> minimumban
16	19,6	<i>Algol</i> minimumban
20	15,8	<i>Szturnusz</i> 0,5°-kal északra a Holdtól
21	13,6	<i>Mars</i> 0,2°-kal északra a Holdtól
22	19,1	<i>Uránusz</i> 0,3°-kal északra a Holdtól
24	22,3	<i>Jupiter</i> 3°-kal északra a Holdtól
25	—	<i>Hydridák</i> meteorraj (március 21-től április 4-ig) gyakorisági maximuma
30	13,6	<i>Vénusz</i> 4°-kal északra a Holdtól.

Április

Bolygók

Merkur: 12-ig előretartó, később hátráló mozgást végez. 1-től 27-ig a Kos, utána a Halak csillagképben tartózkodik. A hó elején egy és háromnegyed órával nyugszik a Nap után; az esti szürkületben figyelhető meg a nyugati égbolton. 3-án *legnagyobb keleti kitérésben*, 20° távolságra a Naptól. 22-én *alsó együttállásban* a Nappal. 5-én fényessége +0,5 magnitúdó, fázisa 0,34, mindkettő csökkenő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 4-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. A hó elején egy és fél órával kel a Nap előtt, és mint hajnalesillag még megkereshető a keleti égbolton napkelte előtt. A hó közepétől (felső együttállásához közeledve) már nincs megfigyelésre kedvező helyzetben. 1-én fényessége -3,3 magnitúdó, minimális; fázisa ugyanekkor 0,94, növekedő.

Mars: 5-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. A kora esti órákban kel, és oppozíciójához közeledve, a megfigyelésre mind kedvezőbb helyzetbe kerül. A hó elején fényessége -0,5, a végén már -1,4 magnitúdó. Látszó átmérője a hó végére 16",5-re nő, alkalmat adva felületének megfigyelésére.

Jupiter: 30-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjfélkor kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg.

Szturnusz: hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. A kora esti órákban kel, és a késő esti órától kezdve már megfigyelhető.

Uránusz: hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Az esti

órákban kel, így az éjszaka második felében figyelhető meg a délkeleti égbolton.

Neptunusz: 3-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjfélkor kel, a hajnali órákban újra látható a délkeleti égbolton.

Jelenségek

nap	óra	
3	—	<i>Virginidák</i> meteorraj (március 21-től május 10-ig) gyakorisági maximuma
3	01,4	<i>Merkur</i> 6°-kal északra a Holdtól
4	21,4	<i>Algol</i> minimumban
8	18,2	<i>Algol</i> minimumban
17	02,5	<i>Szturnusz</i> 0,6°-kal északra a Holdtól
18	00,2	<i>Mars</i> 0,06°-kal délre a Holdtól
19	03,8	<i>Uránusz</i> 0,5°-kal északra a Holdtól
20	12,7	<i>Neptunusz</i> 3°-kal északra a Holdtól
21	—	<i>Lyridák</i> meteorraj (április 19-től 24-ig) gyakorisági maximuma; fényesek
21	09,8	<i>Jupiter</i> 3°-kal északra a Holdtól
23	19,9	<i>Algol</i> minimumban
30	00,7	A <i>Merkur</i> , <i>Vénusz</i> és <i>Hold</i> hármas együttállásban: a <i>Vénusz</i> 2°-kal északra a Holdtól, a <i>Merkur</i> 0,7°-kal északra a <i>Vénusztól</i> .

Május

Bolygók

Merkur: 4-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez, 19-ig a Halak, utána a Kos csillagképben tartózkodik. A hó második felében háromnegyed órával kel a Nap előtt, így keresése napkelte előtt kísérelhető meg a keleti égbolton. *Legnagyobb nyugati kitérésben* 19-én, 25° távolságra a Naptól. 23-án fényessége +0,6 magnitúdó, fázisa 0,45, mindkettő növekedő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 4-ig a Halak, 4-től 21-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Mars: hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 11-én kerül *szembenállásba* a Nappal. Ez évi oppozíciója a kedvezőbbek közé tartozik, ámbar déli deklinációja megfigyelésére nem a legalkalmasabb. *Földközébe* 19-én kerül, ekkor távolsága tőlünk 80 millió km. Legnagyobb fényessége és látszó átmérője

—1,7 magnitúdó, illetve 17",7, jó alkalmat nyújtva felületének megfigyelésére.

Jupiter: hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. A késő esti órákban kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg.

Szaturnusz: hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 11-én *szembenállásban* a Nappal.

Uránusz: hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A kora esti órákban kel, így a késő esti óráktól kezdve már megfigyelhető.

Neptunusz: hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Az esti órákban kel; az éjszaka második felében figyelhető meg.

Jelenségek

nap	óra	
4	—	η <i>Aquaridák</i> meteorraj (április 22-től május 12-ig) gyakorisági maximuma; maradandó nyommal
13	04,4	<i>Algol</i> minimumban
14	08,9	<i>Szaturnusz</i> 0,3°-kal északra a Holdtól
14	20,2	<i>Mars</i> 2°-kal délre a Holdtól
15	—	<i>Részleges holdfogyatkozás a félárnyékban</i> . Részben tőlünk is látható, de a jelenség nem olyan feltűnő, mint a fogyatkozás a teljes árnyékban. Belépés a félárnyékba 3 ^h 41 ^m 7-kor. A Hold 4 ^h 14 ^m -kor lenyugszik. A legnagyobb fázis 5 ^h 40 ^m 3-kor: 0,83, holdátmérőben kifejezve
16	12,1	<i>Uránusz</i> 0,4°-kal északra a Holdtól
17	21,4	<i>Neptunusz</i> 3°-kal északra a Holdtól
18	18,1	<i>Jupiter</i> 3°-kal északra a Holdtól
28	19,0	<i>Merkur</i> 1°-kal délre a Holdtól
30	—	<i>Gyűrűs napfogyatkozás</i> . Tőlünk részben, részleges fogyatkozásaként látható (l. a mellékelt táblázatot). A gyűrűs fogyatkozás vonala a Csendes-óceán egyenlítői vidékeiről indul, Észak-Amerikát Mexikó és az Egyesült Államok határvidékén szeli át, majd az Atlanti-óceánon áthaladva, Gibraltárt érintve, Marokkón vonul át.

Június

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 3-ig a Kos, 3-tól 22-ig a Bika, utána az Ikrék csillagképben. A hó első napjaiban még háromnegyed órával kel a Nap előtt, így keresése még megkísérelhető napkelte előtt a hajnali keleti égbolton. A hó utolsó napjaiban egy órával nyugszik a Nap után, és újra látható napnyugta után a nyugati égbolton. 23-án *felső együttállásban* a Nappal. 4-én fényessége $-0,2$ magnitúdó, fázisa 0,68, mindkettő növekedő. 28-án fényessége $-1,5$ magnitúdó, fázisa 0,97, mindkettő csökkenő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 20-ig a Bika, utána az Ikrék csillagképben. E hó folyamán nem figyelhető meg. 15-én *felső együttállásban* a Nappal.

Mars: 20-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A hajnali órákban nyugszik, az éjszaka első felében figyelhető meg. Májusi oppozíciója után fényesség, illetve látszó átmérője a hó eleji $-1,5$ magnitúdóról és $17''$ -ről a hó végére $-0,9$ magnitúdóra és $15''$ -re csökken.

Jupiter: hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. A hó elején a kora esti órákban, a hó végén napnyugtakor kel, ezért az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 29-én *szembenállásban* a Nappal.

Szaturnusz: hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. A hajnali órákban nyugszik, az éjszaka első felében figyelhető meg.

Uránusz: hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 1-én *szembenállásban* a Nappal.

Neptunusz: hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető, 21-én kerül *szembenállásba* a Nappal.

Jelenségek

nap	óra	
5	02,5	<i>Algol</i> minimumban
10	13,8	<i>Szaturnusz</i> $0,1^\circ$ -kal északra a Holdtól
10	14,6	<i>Mars</i> 4° -kal délre a Holdtól
12	07,0	<i>Jupiter</i> 3° -kal északra a Holdtól
12	19,0	<i>Uránusz</i> $0,3^\circ$ -kal északra a Holdtól
13	14,9	<i>Részleges holdfogyatkozás a félárnyékban.</i> Tőlünk nem látható
14	—	<i>Scorpius-Sagittaridák meteorraj</i> (április 20-tól július 30-ig) gyakorisági maximuma
14	05,3	<i>Neptunusz</i> 3° -kal északra a Holdtól

16	—	<i>Lyridák</i> meteorraj (június 10-től 21-ig) gyakorisági maximuma; kékes meteorok, halvány nyommal
28	01,0	<i>Algol</i> minimumban.

Július

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 5-ig az Ikrek, 5-től 17-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. A hó folyamán egy órával nyugszik a Nap után, így az esti szürkületben figyelhető meg a nyugati égbolton. 31-én legnagyobb keleti kitérésben, 28° távolságra a Naptól. 14-én fényessége $-0,1$ magnitúdó, fázisa 0,73, mindkettő csökkenő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 13-ig az Ikrek, 13-tól 28-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. A hó második felében fél órával nyugszik a Nap után, és felső együttállását követően újra megkísérrelhető felkeresése, alkonyicsillagként, napnyugta után, a nyugati látóhatár közelében. 26-án fényessége $-3,4$ magnitúdó, fázisa 0,98, mindkettő csökkenő.

Mars: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfél előtt nyugszik, az esti órákban még megfigyelhető.

Jupiter: hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. A hó elején három, a végén két órával nyugszik éjfél után, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

Szaturnusz: 14-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfélkor nyugszik, az esti órákban figyelhető meg.

Uránusz: hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfélkor nyugszik, az éjszaka első felében figyelhető meg.

Neptunusz: hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjfél után nyugszik, az éjszaka első felében figyelhető meg.

Jelenségek

nap	óra	
7	18,4	<i>Szaturnusz</i> 0,06°-kal északra a Holdtól
7	23,2	<i>Mars</i> 4°-kal délre a Holdtól
10	00,3	<i>Uránusz</i> 0,4°-kal északra a Holdtól
11	11,5	<i>Neptunusz</i> 3°-kal északra a Holdtól
12	00,2	<i>Jupiter</i> 3°-kal északra a Holdtól
18	02,7	<i>Algol</i> minimumban
20	23,5	<i>Algol</i> minimumban

28	—	δ <i>Aquaridák</i> meteorraj (július 15-től augusztus 15-ig) gyakorisági maximuma; kettős radiánssal
30	08,0	<i>Merkur</i> 6°-kal délre a Holdtól.

Augusztus

Bolygók

Merkur: 14-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. 18-ig az Oroszlán, 18-tól 31-ig a Szextáns csillagképben tartózkodik. A hó első napjaiban háromnegyed órával nyugszik a Nap után, ezért napnyugta után figyelhető meg a nyugati égbolton. 28-án *alsó együttlásban* a Nappal. 3-án fényessége +0,7 magnitúdó, fázisa 0,44, mindkettő csökkenő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 27-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. A hó folyamán háromnegyed órával nyugszik a Nap után, és mint alkonycsillag kereshető napnyugta után a nyugati égbolton. Fényessége az egész hó folyamán -3,3 magnitúdó, fázisa 15-én 0,96, csökkenő.

Mars: előretartó mozgást végez 19-ig a Mérleg, utána a Skorpió csillagképben. Az esti órákban nyugszik, így a kora esti órákban még megfigyelhető a délnyugati égbolton.

Jupiter: 30-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjfélkor nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. Két és fél órával nyugszik a Nap után, így az esti szürkületben figyelhető meg a délnyugati égbolton.

Uránusz: 18-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és a hó elején még megkísérelhető keresése a kora esti délnyugati égbolton.

Neptunusz: hátráló mozgást végez a Nyilas csillagképben. Éjfélkor nyugszik, az esti órákban még megfigyelhető a délnyugati égbolton.

Jelenségek

nap	óra	
1	—	<i>Capricornidák</i> meteorraj (július 15-től augusztus 20-ig) gyakorisági maximuma; sárga tűzgömbökkel
4	00,5	<i>Szaturnusz</i> 0,2°-kal északra a Holdtól
4	22,6	<i>Mars</i> 4°-kal délre a Holdtól
6	—	ι <i>Aquaridák</i> meteorraj (július 15-től augusztus 25-ig) gyakorisági maximuma; kettős radiánssal

6	04,9	<i>Uránusz</i> 0,4°-kal északra a Holdtól
7	04,4	<i>Algol</i> minimumban
7	16,5	<i>Neptunusz</i> 3°-kal északra a Holdtól
8	01,5	<i>Jupiter</i> 2°-kal északra a Holdtól
10	01,2	<i>Algol</i> minimumban
12	—	<i>Perseidák</i> meteorraj (július 25-től augusztus 18-ig) gyakorisági maximuma; fényes, széttöredező meteorok, halvány nyommal
12	22,0	<i>Algol</i> minimumban
16	17,3	<i>Merkur</i> 6°-kal délre a Vénusztól
20	—	* <i>Cygnidák</i> meteorraj (augusztus 11-től 21-ig) gyakorisági maximuma; robbanó tűzgömbökkel
28	03,7	<i>Vénusz</i> 4°-kal délre a Holdtól
30	02,9	<i>Algol</i> minimumban
31	10,0	<i>Szturnusz</i> 0,4°-kal északra a Holdtól.

Szeptember

Bolygók

Merkur: 6-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez. 1-től 27-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben tartózkodik. A hó közepén másfél órával kel a Nap előtt, és a hajnali szürkületben figyelhető meg a keleti égbolton. 14-én legnagyobb nyugati kitérésben, 17° távolságra a Naptól. 16-án fényessége —0,4 magnitúdó, fázisa 0,56, mindkettő növekedő.

Vénusz: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Egy órával nyugszik a Nap után, ezért mint alkonyicsillag figyelhető meg az esti szürkületben a nyugati égbolton. 16-án fényessége —3,3 magnitúdó, növekedő; fázisa 0,91, csökkenő.

Mars: 1-től előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Három órával nyugszik a Nap után, a kora esti órákban még megfigyelhető a délnyugati égbolton.

Jupiter: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A késő esti órákban nyugszik, így a kora esti órákban még megfigyelhető a délnyugati égbolton.

Szturnusz: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. Másfél órával nyugszik a Nap után, az esti szürkületben még kereshető a délnyugati égbolton.

Uránusz: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. E hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Neptunusz: 10-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben.

Jelenségek

nap	óra	
1	23,8	<i>Algol</i> minimumban
2	08,4	<i>Mars</i> 2°-kal délre a Holdtól
3	21,5	<i>Neptunusz</i> 3°-kal északra a Holdtól
4	05,8	<i>Jupiter</i> 2°-kal északra a Holdtól
4	12,5	<i>Mars</i> 2°-kal délre az Uránusztól
4	20,6	<i>Algol</i> minimumban
12	—	<i>Piscidák</i> meteorraj (augusztus 16-tól október 8-ig) gyakorisági maximuma
22	01,5	<i>Algol</i> minimumban
24	03,9	<i>Merkur</i> 3°-kal délre a Holdtól
24	22,3	<i>Algol</i> minimumban
27	01,4	<i>Vénusz</i> 2°-kal délre a Holdtól
27	19,1	<i>Algol</i> minimumban
27	23,2	<i>Szaturnusz</i> 0,8°-kal északra a Holdtól.

Október

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 22-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. A hó első napjaiban háromnegyed órával kel a Nap előtt; keresése még megkísérelhető napkelte előtt a keleti látóhatár közelében. 16-án *felső együttállásban* a Nappal. 2-án fényessége —1,2 magnitúdó, fázisa 0,97, mindkettő növekedő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 3-ig a Szűz, 3-tól 23-ig a Mérleg, 23-tól 26-ig a Skorpió, utána a Kígyótartó csillagképben. A hó elején egy, a végén másfél órával nyugszik a Nap után. Mint alkonyecsillag látható az esti szürkületben a délnyugati égbolton. 14-én fényessége —3,4 magnitúdó, növekedő; fázisa 0,85, csökkenő.

Mars: előretartó mozgást végez 1-től a Nyilas csillagképben. Három és fél órával nyugszik a Nap után, a kora esti órákban még kereshető a délnyugati égbolton.

Jupiter: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és a kora esti órákban még megfigyelhető a délnyugati égbolton.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. E hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Uránusz: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. E hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Neptunusz: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. E hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jelenségek

nap	óra	
1	01,2	<i>Algol</i> minimumban
1	15,1	<i>Jupiter</i> 3°-kal északra a Holdtól
3	14,5	<i>Mars</i> 3°-kal délre a Neptunusztól
8	17,5	<i>Vénusz</i> 3°-kal délre a Szaturnusztól
12	03,2	<i>Algol</i> minimumban
14	01,1	<i>Mars</i> 2°-kal délre a Jupitertől
15	00,0	<i>Algol</i> minimumban
17	20,8	<i>Algol</i> minimumban
20	17,6	<i>Algol</i> minimumban
21	—	<i>Orionidák</i> meteorraj (október 16-tól 24-ig) gyakorisági maximuma; többszörös radiánssal, maradandó nyommal
25	15,0	<i>Szaturnusz</i> 1°-kal északra a Holdtól
27	01,4	<i>Vénusz</i> 0,3°-kal délre a Holdtól
29	05,8	<i>Jupiter</i> 3°-kal északra a Holdtól
29	20,7	<i>Merkur</i> 3°-kal délre a Szaturnusztól
29	22,3	<i>Mars</i> 2°-kal északra a Holdtól
30	00,5	<i>Vénusz</i> 1°-kal délre az Uránusztól.

November

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 6-ig a Mérleg, 6-tól 15-ig a Skorpió, 15-től 26-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A hó második felében egy órával nyugszik a Nap után, így napnyugta után látható a délnyugati égbolton. 25-én a *legnagyobb keleti kitérésben*, 21° távolságra a Naptól. 27-én fényessége —0,1 magnitúdó, fázisa 0,60, mindkettő csökkenő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 11-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A hó elején még csak másfél, a végén már három órával nyugszik a Nap után. Mint alkonyicsillag látható a kora esti délnyugati égbolton. 15-én fényessége —3,5 magnitúdó, növekedő; fázisa 0,77, csökkenő.

Mars: előretartó mozgást végez 15-ig a Nyilas, utána a Bak csillagkép-

ben. Négy órával nyugszik a Nap után, a kora esti órákban kereshető a délnyugati égbolton.

Jupiter: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. Három órával nyugszik a Nap után, és az esti szürkületben még megfigyelhető a délnyugati égbolton.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. E hó folyamán nem figyelhető meg. 11-én *együttállásban* a Nappal.

Úránusz: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. E hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Neptunusz: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. E hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jelenségek

nap	óra	
4	01,7	<i>Algol</i> minimumban
6	22,5	<i>Algol</i> minimumban
8	—	<i>Részleges holdfogyatkozás a félárnyékban.</i> Tőlünk is látható. Belépés a félárnyékba 16 ^h 38 ^m 7-kor, legnagyobb fázis 18 ^h 55 ^m 2-kor, kilépés a félárnyékból 21 ^h 11 ^m 8-kor. A fogyatkozás nagysága a félárnyékban 0,92 holdátmérő
9	—	<i>Tauridák</i> meteorraj (október 18-tól november 30-ig) gyakorisági maximuma; kettős radiánssal, gyakori tűzgömbökkel
9	19,3	<i>Algol</i> minimumban
13	19,1	<i>Vénusz</i> 3°-kal délre a Neptunusztól
15	14,9	<i>Merkur</i> 2°-kal délre az Úránusztól
17	—	<i>Leonidák</i> meteorraj (november 15-től 19-ig) gyakorisági maximuma; fényesek, maradandó nyommal
23	00,1	<i>Teljes napfogyatkozás,</i> tőlünk nem látható. A teljes fogyatkozás vonala Új-Guineán és a Csendes-Óceán déli részén halad át.
24	03,4	<i>Algol</i> minimumban
24	15,2	<i>Merkur</i> 0,3°-kal délre a Holdtól
24	22,3	<i>Vénusz</i> 1°-kal északra a Jupitertől
25	14,7	<i>Jupiter</i> 3°-kal északra a Holdtól
26	02,5	<i>Vénusz</i> 2°-kal északra a Holdtól
27	00,2	<i>Algol</i> minimumban
27	22,5	<i>Mars</i> 4°-kal északra a Holdtól
29	21,0	<i>Algol</i> minimumban.

December

Bolygók

Merkur: 4-ig előretartó, 4-től 24-ig hátráló, majd újból előretartó mozgást végez. 12-ig a Nyilas, utána a Kígyótartó csillagképben tartózkodik. A hó első napjaiban egy órával nyugszik a Nap után, és napnyugta után még kereshető a délnyugati látóhatár közelében. A hó végén újra látható lesz a keleti égbolton, ekkor másfél órával kel a Nap előtt, és a hajnali szürkületben figyelhető meg. 14-én *alsó együttállásban* a Nappal. 1-én fényessége +0,1 magnitúdó, fázisa 0,46, mindkettő csökkenő. 29-én fényessége +0,1 magnitúdó, fázisa 0,48, mindkettő növekedő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 10-ig a Nyilas, utána a Bak csillagképben. A hó elején három, a végén négy órával nyugszik a Nap után. Mint alkonyecsillag ragyog a kora esti délnyugati égbolton. 25-én fényessége —3,8 magnitúdó, növekedő; fázisa 0,64, csökkenő.

Mars: előretartó mozgást végez 21-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. Négy és fél órával nyugszik a Nap után; a kora esti órákban figyelhető meg a délnyugati égbolton.

Jupiter: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A hó elején két, a végén egy órával nyugszik a Nap után; az esti szürkületben még kereshető a délnyugati égbolton.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt e hó folyamán nem figyelhető meg.

Uránusz: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. E hó folyamán nem figyelhető meg. 5-én *együttállásban* a Nappal.

Neptunusz: előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. E hó folyamán nem figyelhető meg. 22-én *együttállásban* a Nappal.

Jelenségek

nap	óra	
2	16,4	<i>Merkur</i> 3°-kal északra a Neptunusztól
2	17,8	<i>Algol</i> minimumban
14	—	<i>Geminidák</i> meteorraj (december 7-től 15-ig) gyakorisági maximuma: gyakran tűzgömbökkel, sok teleszkópikus meteorral
17	01,9	<i>Algol</i> minimumban
19	21,7	<i>Szaturnusz</i> 2°-kal északra a Holdtól
19	22,7	<i>Algol</i> minimumban
21	11,0	<i>Merkur</i> 3°-kal északra a Holdtól
22	—	<i>Ursidák</i> meteorraj (december 17-től 24-ig) gyakorisági maximuma

22	19,6	<i>Algol</i> minimumban
23	21,0	<i>Jupiter</i> 4°-kal északra a Holdtól
23	23,1	<i>Merkur</i> 3°-kal északra a Marstól
26	03,5	<i>Vénusz</i> 3°-kal északra a Holdtól
27	00,8	<i>Mars</i> 4°-kal északra a Holdtól.

**Az 1984. május 30-i (tőlünk részben látható)
napfogyatkozás magyarországi adatai**

állomáshely		az első kontaktus időpontja és pozíciószöge	a legnagyobb fázis időpontja és nagysága	napnyugta
Sopron	(1)	18 ^h 22,2 ^m 227,9°	19 ^h 18,0 ^m 0,405	19 ^h 42 ^m
Szombathely	(2)	18 22,5 228,8	19 18,5 0,415	19 40
Nagycenk	(3)	18 22,4 228,0	19 17,9 0,407	19 41
Tihany	(4)	18 22,9 229,0	19 18,3 0,416	19 34
Baja	(5)	18 23,3 228,7	19 18,8 0,417	19 27
Budapest	(6)	18 22,9 227,6	19 17,2 0,394	19 32
Penc	(7)	18 22,9 226,8	19 16,8 0,385	19 31
Piszkés-tető	(8)	18 22,9 226,6	19 16,3 0,378	19 29
Miskolc	(9)	18 22,9 225,9	19 15,8 0,370	19 27
Gyula	(10)	18 23,4 227,1	19 17,2 0,379	19 19
Debrecen	(11)	18 23,2 225,3	19 16,0 0,376	19 21

A pozíciószög a napkorong É-i pontjától K—D—Ny irányban számítandó, a fogyatkozás nagysága napátmérőben értendő.

- (1) MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete
- (2) ELTE Gothard Obszervatóriuma
- (3) MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete obszervatóriuma
- (4) A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet földmágneses obszervatóriuma
- (5) MTA CSKI obszervatóriuma
- (6) MTA Csillagászati Kutató Intézete (CSKI)
- (7) Kozmikus Geodéziai Obszervatórium
- (8) MTA CSKI obszervatóriuma
- (9) Uránia
- (10) MTA CSKI Napfizikai Obszervatóriumának megfigyelőállomása
- (11) MTA CSKI Napfizikai Obszervatóriuma.

1955. évi kiadás

MUNKÁSDOKTORI ÉS MŰVELŐDÉSI ÉRTÉKELŐ KÖZVETLEN
KÖZVETLEN ÉRTÉKELŐ

II. Beszámolók, cikkek

A Magyar Tudományos Akadémia (MTA) és az Országos Tudományos Kutatási Akadémia (OTKA) által támogatott kutatók és kutatócsoportok munkásságának értékeléséről szóló beszámolókat, cikkeit közlünk a Munkásdoktori és Művelődési Értékelő Közvetlen Közvetlen Értékelő című folyóiratban.

Az érdeklődők számára a Munkásdoktori és Művelődési Értékelő Közvetlen Közvetlen Értékelő című folyóiratban közlünk a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) és az Országos Tudományos Kutatási Akadémia (OTKA) által támogatott kutatók és kutatócsoportok munkásságának értékeléséről szóló beszámolókat, cikkeit.

A Magyar Tudományos Akadémia (MTA) és az Országos Tudományos Kutatási Akadémia (OTKA) által támogatott kutatók és kutatócsoportok munkásságának értékeléséről szóló beszámolókat, cikkeit közlünk a Munkásdoktori és Művelődési Értékelő Közvetlen Közvetlen Értékelő című folyóiratban. A folyóiratban közlünk a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) és az Országos Tudományos Kutatási Akadémia (OTKA) által támogatott kutatók és kutatócsoportok munkásságának értékeléséről szóló beszámolókat, cikkeit. A Magyar Tudományos Akadémia (MTA) és az Országos Tudományos Kutatási Akadémia (OTKA) által támogatott kutatók és kutatócsoportok munkásságának értékeléséről szóló beszámolókat, cikkeit közlünk a Munkásdoktori és Művelődési Értékelő Közvetlen Közvetlen Értékelő című folyóiratban.

A Magyar Tudományos Akadémia (MTA) és az Országos Tudományos Kutatási Akadémia (OTKA) által támogatott kutatók és kutatócsoportok munkásságának értékeléséről szóló beszámolókat, cikkeit közlünk a Munkásdoktori és Művelődési Értékelő Közvetlen Közvetlen Értékelő című folyóiratban. A Magyar Tudományos Akadémia (MTA) és az Országos Tudományos Kutatási Akadémia (OTKA) által támogatott kutatók és kutatócsoportok munkásságának értékeléséről szóló beszámolókat, cikkeit közlünk a Munkásdoktori és Művelődési Értékelő Közvetlen Közvetlen Értékelő című folyóiratban.

SZEIDL BÉLA

BESZÁMOLÓ AZ MTA CSILLAGÁSZATI KUTATÓINTÉZETE 1982. ÉVI TEVÉKENYSÉGÉRŐL

A Magyar Tudományos Akadémia 1982. január 1-ével két csillagászat intézetét, a Csillagvizsgáló Intézetet és a Napfizikai Observatóriumot egyesítette. Az egyesített intézet neve *MTA Csillagászati Kutató Intézete* lett, s fő kutatási témái változatlanul a Föld felsőlégkörének, a Nap aktivitásának, a Tejútrendszer szerkezetének és a változócsillagoknak a vizsgálata.

Az intézet vezetésével kapcsolatos feladatok növekedése szükségessé tette egy tudományos igazgatóhelyettes kinevezését. Az MTA főtitkár-helyettese 1982. október 15-ével dr. Almár Ivánt bízta meg e feladat ellátásával.

Kutatással kapcsolatos fejlesztési munkák, beruházások

A Piskés-tetőn a mérőrendszert két Cartridge-diszkkal bővítettük. Ugyancsak megtörtént a budapesti mikroprocesszor duál floppy-diszkkal való bővítése. Az ehhez szállított DOS—80 operációs rendszert és BASIC 11 programnyelveket használatba vettük. A rendszert kiegészítettük egy színes képernyővel, amely lehetőséget nyújtott fotometriai rendszerek viszonylag egyszerű modellezésére. E munkákhoz több fotomultiplier relatív spektrális érzékenységgörbéjét és mintegy 80 db üveg-szűrő színekpi áteresztőképességét mérettük ki. Ezen adatok alapján elvégeztük az UBVRI- és Strömgren-rendszerek reprodukálását.

A Szabadság-hegyre beszereztünk egy TPA/L gépet, melyhez egy duál floppy-diszk, egy Cartridge-diszk és egy mágnesszalagegység is tartozik. Ezzel a piskés-tetői géppel való software-kompatibilitást és a mágneses adathordozókra való áttérést tudjuk biztosítani.

Piskés-tetőn az RCC-teleszkóp kupolaépületének felújítása a korábban kialakított tervnek megfelelően elkészült. A felújítás során az épületben sikerült megfelelő elektronikus labort és műhelyt is berendezni.

Baján az új Szegedi úti observatóriumot 1982 áprilisában ünnepélye-

sen átvettük. Sajnos, az anyagi lehetőségek szűkös volta vontatottá teszi a felszerelését.

A debreceni napfizikai obszervatóriumban a nagy koronográf spektrográfját bejuszitroztuk, és méréseket végeztünk a H-alfa szűrő áteresztési profiljának meghatározására. Vizsgálatokat végeztünk egyes műszerhibáknak a mért koordinátákra való hatására, valamint e hibák csökkentésére, illetve kiküszöbölésére, továbbá meghatároztuk az instrumentális konstansokat. Előkészületeket tettünk a spektrográf vonalprofiljának kiméréséhez. Tanulmányoztuk a televíziós napfoltterületmérő hibáit, és megkíséreltük tökéletesítését.

Tudományos munkák és eredmények

Változócsillagok

A megfigyelési program keretében tovább folytattuk a rövid periódusú, *kis amplitúdójú δ Scuti csillagok* (főleg az FM Com, 78 Tau és V 650 Tau), valamint a *változó fehér törpe csillagok* (R 808) fotoelektromos észlelését. E változók nemlineáris pulzációjára vonatkozó elméleti vizsgálataink érdekes eredményre vezettek. A többmódusú állapotok frekvenciái között fellépő rezonanciák a nemlineáris tartományban megjelenő módusok kiválasztásához nyújtanak lehetőséget. Vizsgálatainkból kiderült, hogy a kétmódusú állapotok létrejöttében az alap- és a második módus közötti rezonancia játszhat fontos szerepet. A korábban fontosnak vélt alap-, első és harmadik módus közötti rezonancia csak gyengén és lokálisan stabil kétmódusú állapotot hozhat létre.

A *nagy amplitúdójú δ Scuti csillagok* közül az SZ Lyn-t vizsgáltuk alaposabban. A kettősségéből adódó ciklikus periódusváltozásán túl sikerült kimutatni, hogy pulzációs periódusa évenként 0,26 ms-mal nő. E megfigyelés jó egyezésben van a csillagfejlődési elmélettel.

Korábbi vizsgálatainkból tudtuk, hogy az *M15 gömbhalmaz egyik RR Lyrae típusú változója* néhány év leforgása alatt igen erős periódusnövekedést mutatott. A periódusváltozásokkal kapcsolatos újabb elméletekkel értelmezni lehetett e korábbi eredményünket. A csillag magja körüli szemikonvekciós zónában lejátszódó keveredési folyamatok idézhetnek elő ilyen változásokat.

Kalibráltuk hat *RR Lyrae változó* UBV-fénygörbéjét effektív hőmérsékletre és felszíni nehézségi gyorsulásra, meghatároztuk távolságukat is a kalibrálás során.

Tovább folytattuk a többperiódusú és periódusváltozást mutató *cefeidák* vizsgálatát. Kimutattuk, hogy az északi éggömb cefeidáinak legalább 25%-a kettős rendszer tagja, továbbá hogy hasonlóság látszik a kettős

cefeidák és az SU UMA típusú törpe nóvák periódus-visszaugrásában. Ez utalás lehet arra, hogy a kettős cefeidáknál is nemradiális effektusok idézik elő a periódus-visszaugrást.

A *HK Lac-ról* a saját észlelési anyagunkat — együttműködés keretében — nagyszámú amerikai megfigyeléssel egészítettük ki. Kettős foltot feltételezve modelleztük a fénygörbéket. Meghatároztuk a foltpárok méretét és helyzetét a különböző ciklusok során. Egy hosszabb megfigyelési sorozatban egy új eljárás bevezetésével a foltpár méretének és helyzetének változását is le lehetett vezetni. Érdekes eredmény, hogy hosszabb időszakon át az aktivitási centrum helyzete a kettős rendszerben a kísérőhöz képest viszonylag nagy stabilitást mutat.

Az *SV Cam 1973–1980* közötti teljes észlelési anyagának feldolgozását befejeztük. A korábban közölt eredményeinken túl valószínűnek látszik, hogy az új migrációs hullám elindulását a komponensek közötti tömegátadási folyamat előzi meg, esetleg az váltja ki.

Sztellárstatistika

További színkép- és többszínfotometriai felvételekkel egészítettük ki a Perseus OB2 és Taurus T3 *asszociációkról* rendelkezésünkre álló megfigyelési anyagot. A Perseus OB2 asszociációban 500 csillag spektrálklasszifikációját és fotografikus UBV-fotometriáját végeztük el.

Befejeztük az NGC 7686 halmaz körüli vidék *F8-nál fiatalabb csillagairól* a spektrálklasszifikációs és UBV-fotometriai munkát. Összesen 1100 csillagot mértünk ki, az anyag további feldolgozása folyamatban van.

Egyszerű módszert dolgoztunk ki, amelynek segítségével következtetni lehet a mért színexcesszusok statisztikájából az intersztelláris anyag felhőstruktúrájára. A módszert az IC 1396 halmaz körüli igen erős intersztelláris abszorpciójú területről korábban kapott többszínfotometriai és spektrálklasszifikációs anyag vizsgálatára alkalmaztuk.

Elkészítettük az IC 1396 halmaz környékén található 16 magnitúdónál fényesebb, H-alfa emissziót mutató csillagok fotografikus UBVR-fotometriáját. A fényesebbekről fotoelektromos méréseket is végeztünk.

Tovább folytattuk az égbolt galaxisokban gazdag vidékein a *szupernóvák* felkutatását. 1982-ben öt szupernóvát fedeztünk fel: kettőt anonim galaxisokban ($\alpha = 9^{\text{h}}03^{\text{m}}7^{\text{s}}$; $\delta = +50^{\circ} 55'$ és $\alpha = 10^{\text{h}}04^{\text{m}}0^{\text{s}}$; $\delta = +68^{\circ} 36'$), egyet-egyét pedig az NGC 521, 4185 és 5485 extragalaxisban. A szupernóva-kutatáshoz készített lemezek átvizsgálása során bukkanunk rá az 1982 BB jelű, gyors mozgású objektumra.

Felsőléggköri kutatások

Tovább folytattuk a 27 napos effektus vizsgálatát. A változás profiljának kirajzolásához elég nagy időfelbontással rendelkezésre álló megfigyelési anyagon (négy hold kétéves észlelési anyaga) alapos matematikai statisztikai analízist végeztünk. A vizsgálat célja annak kimutatása volt, hogy az általunk javasolt másodlagos korpuszkuláris fűtést jellemző C_{DR} paraméter létjogosult a felsőléggköri sűrűség 27 nap körüli változásának jellemzésére. A többváltozós matematikai statisztikai analízis alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a C_{DR} önmagában is jobb indexe a közepes periódusú sűrűségváltozásoknak, mint az $S_{10,7}$ -fluxus intenzitása. A két paraméter együttesen adja a legjobb eredményt. Ez a megállapítás azt is jelenti, hogy a felsőléggkörben rendszeresen hat egy, a modellek által eddig figyelembe nem vett, másodlagos fűtési mechanizmus.

Részletesen vizsgáltuk (5 hold 11 évről összegyűjtött 15 000 pályaeleme alapján), hogy a 270—560 km-es magassági tartományban a *J 71 modell* a 11 éves ciklus folyamán mennyire képes megadni a megfigyelésekből számított (a ciklus folyamán is változó) sűrűségértékeket. Elemzésünk szerint az egyezés általában jó, de a 350—450 km-es tartományban a modell a 11 éves változást kevésbé jól írja le.

Részletesen elemeztük a *felsőléggköri EUV-fűtés* hatékonyságának változását a 11 éves ciklus folyamán. Vizsgáltuk, hogy az egységnyi hőmérséklet-változás hatására bekövetkező relatív sűrűségváltozás hogyan függ a magasságtól, illetve a hőmérséklettől. Érdekes eredményünk, hogy adott hőmérsékleten a relatív sűrűségváltozás maximuma éppen abban a magasságban jelentkezik, ahol az oxigén magassággal csökkenő koncentrációja megegyezik a növekvő héliumkoncentráció értékével, vagyis ahol a két gáz szerepet cserél mint domináns légköri elem.

A 300 és 380 km közötti különböző magasságokhoz tartozó *skálamagassági adatok* egyidejű elemzésével sikerült kimutatnunk, hogy az egyenlítőhöz közeli vidékeken erős perturbációk lépnek föl a nagyobb geomágneses viharok idején. A skálamagassági perturbációknak és a viharal egyidejűleg mért felsőléggköri sűrűségek változásainak együttes magyarázata csak úgy volt lehetséges, hogy a vihar alatt az atomi oxigén koncentrációjának 20%-os növekedését tételezzük fel.

Vizsgáltuk a *mesterséges holdak pályaevolúcióját* abban az esetben, ha a Nap és a Hold hatása mellett a Föld lapultságát is figyelembe vesszük. Bizonyos egyszerűsítő föltevések mellett analitikus megoldást sikerült kapni.

Napfizikai obszervatóriumunk 1982-ben is sikeres évet zárt a megfigyelések szempontjából. Folytattuk a rendszeres *fotoszféra-észleléseket*, továbbá nemzetközi kooperációban komplex és részletes *kromoszféra-fotoszféra megfigyeléseket* végeztünk 1982. július-augusztus havában. A naptevékenységi maximum utáni leszállóágra jellemző a bonyolult mágneses szerkezetű aktív vidékek kialakulása, egy ilyen régiót visszatérésekor rendszeresen észleltünk júliusban és augusztusban. A nagy koronográf segítségével több érdekes napkitörés fejlődését követtük végig (július 9., 12., 17.).

Folytatódott a *Nap Maximum Év (SMY)* és meghosszabbítása alatt végzett észlelések feldolgozása. Hat — a nemzetközi munkaértekezleteken kiválasztott — foltsoport koordinátáinak kimérése történt meg, a bennük történt mozgások és a kromoszférikus aktivitás összehasonlítása céljából.

Változatlanul nagy az érdeklődés az obszervatórium megfigyelési anyagai iránt. 1982-ben a következő külföldi kutatóknak küldtünk észlelési anyagot: V. G. Banin (SZIBIZMIR, Irkutszk) és V. N. Iskov (IZMIRAN, Moszkva) az 1981. május 16-i nagy fler „kromoszféra-anyagát” kérte; I. Sykora (Skalnáte Pleso) az 1981. július 31-i napfogyatkozáshoz kért kiegészítő anyagot, fotoszféraképeket; Interkozmosz-együttműködés keretében J. Sylwester (Wrocław) kért 1980. novemberi fotoszféra-megfigyeléseket az űrészlelések kiegészítésére; J. Hudson 1980 áprilisáról kért napfoltpozíció és -területi adatokat a Solar Maximum Mission által mért napállandó-csökkenésekkel való összehasonlításra; B. Rompolt (Wrocław) szintén az 1981. május közepi időszakról kért fotoszféraképeket. Minden kérésnek eleget tudtunk tenni.

Előzetes feldolgozás után, az *Interkozmosz-kooperáció* keretében cseh és holland kollégákkal megvizsgáltuk az *1981. május 16-i nagy napkitörés* fejlődését, összehasonlításokat végezve a röntgen-, H-alfa és rádiómegfigyelési eredmények között.

A Greenwich Photo-Heliographic Results folytatása keretében az 1977-es év feldolgozása közel áll a befejezéshez.

Egyéb munkák

Részt vettünk a *Halley-üstökös* közeli és távoli vizsgálatára szervezett programban. Kidolgoztunk egy módszert, amelynek segítségével az üstökösök mellett elhaladó űrszondák által készített képekből a háromdimenziós struktúrák rekonstruálhatók.

Sikerrel járt a *Nap-dinamó elmélet* paramétereinek kiszámítása — meridionális áramlás, differenciális forgás és koronaexpanszió esetében.

Egyik részeredményünk (összhangban más kutatásokkal): a Nap központi része gyorsabban forog, mint a fotoszféra. A Nap torziós forgásingadozásának finomított elemzése során sikerült a periódusokat és azok hibáit pontosan meghatározni. Eredményeink alátámasztják azt a régebbi hipotézist, hogy a forgásingadozást a Nap körül forgó interplanetáris anyagnak a fotoszférához való egyenlőtlen „súrlódása” okozza.

A kozmikus háttérsugárzások vizsgálata kapcsán továbbfejlesztettük a klasszikus Olbers-paradoxon modern kozmológiai elméletét. Kimutattuk, hogy ezen elmélet Harrison-féle bírálata és módosítása több ponton hibás, és megadtuk a korábbi csillagháttér-elméletek egzakt szintézisét. A kozmikus tömeg-méret reláció kozmológiai kiterjesztése révén egységes tárgyalást találtunk a legkorábbi és legkésőbbi kozmológiai korzakok leírására, és egyúttal a jelenlegi kozmikus struktúrák értelmezésére.

**Nemzetközi kapcsolataink,
kutatóink oktató és népszerűsítő tevékenysége,
részvételünk a tudományos közéletben**

Az intézet kutatói több hazai és külföldi rendezvényen vettek részt. A legfontosabb itthoni rendezvények, ahol számos előadást is tartottunk: — XI. ionoszféra- magnetoszféra fizikai szeminárium, október 27—30., Kecskemét.

— International Conference on Cometary Exploration (ICCE), november 15—20., Budapest.

— Magnetic and Variable Stars, május 24—27., Szombathely.

A kutatók számos külföldi tanácskozáson is részt vettek, többnyire élénk visszhangot kiváltó előadással: Interkozmosz-tanácskozás, Plovdiv, Bulgária (Ill, Kálmán); Interkozmosz 6. szekció, Szuzdal, Szovjetunió (Almár, Ill, Illés, Veres); KAPG-szimpozium, Prága, Csehszlovákia (Veres); Schmidt-klub, Rozsen, Bulgária (Balázs L., Lovas); NDKTA tavaszi iskolája, Binz, NDK (Kun, Patkós); Csillagok fizikája és fejlődése együttműködés problémabizottság ülése, Uljanovszk, Szovjetunió (Kanyó, Szabados); az 5. albizottság ülése, Kolozsvár, Románia (Patkós); SMY Workshop, Moszkva, Szovjetunió (Kálmán); IAU XVIII. közgyűlése, Patrasz, Görögország (Almár, Balázs L., Barcza, Győri, Kovács G., Kun, Paparó); IAU Colloquium 71, Catania, Olaszország (Oláh); IAU Symposium 104, Kréta, Görögország (Paál).

Az MTA egyezményes keretei terhére több kutatóknak adódott lehetősége, hogy külföldi obszervatóriumokban dolgozhasson. Győri, Kanyó, Ludmány, Nagy, Paparó, Rupp, Seres és Virághalmy a Szovjetunióban, Szabados Bulgáriában, Kovács G. Lengyelországban, Patkós az NDK-

ban, Gesztelyi és Kálmán Csehszlovákiában, Balázs L. és Barlai Egyiptomban, Ill pedig Franciaországban volt tanulmányúton. Jankovics az egész esztendő *Humboldt-ösztöndíjjal* az NSZK-ban töltötte. Almár, meghívásra, egy hetet töltött olasz csillagvizsgálókban.

Intézetünk 1982-ben is számos (63) külföldi kutatót fogadott, főleg *A csillagok fizikája és fejlődése* című, illetve az Interkozmosz-együttműködés keretében.

Balázs L., Barcza, Szabados és Ill továbbra is rendszeresen tartottak előadásokat az ELTE-n, illetve a JATE-n. Az ismeretterjesztő munkában előadások tartásával és cikkek írásával, valamint bemutatókkal vetünk részt.

1983. január 15-ig megbízással Almár ellátta a Kozmikus Geodéziai Observatórium vezetését is.

Szabados sikerrel védte meg kandidátusi disszertációját. Almárt munkája elismerésül 1982 decemberében a MTESZ elnöksége Fonó Albert- emlékéremmel tüntette ki.

A kutatók fontosabb közleményei

Almár I.—Horváth A. (Szerk.): Úrhajózási lexikon, Akadémiai Kiadó—Zrinyi Katonai Kiadó, Bp. 1981.

Balázs B.: „On Supplement 1 to the Second Edition of the Catalogue of Star Clusters and Associations”; Bull. Inform. CDS, No. 22., p. 51.

Balázs B.: „Association of Stars”; Trans. IAU vol. XVIII. A. Reports on Astronomy, p. 500.

Balázs L.: „Role of Random Forces in Stellar Dynamics”; Proc. of Workshop on Dynamical Astronomy, p. 143.

Balázs L. (T.: Tóth I.): „Über die Alterverteilung von Sonnennahen A-Sternen”; A. G. Mitteilungen Nr. 55., p. 119.

Barcza Sz.: „T_{eff}, g Eichung der UVB Photometrie des RR Lyrae-Sternes SU Draconis”; A. G. Mitteilungen Nr. 55., p. 85.

Barlai K.: „An Interesting Variable in M15”; Proc. Symp. on Magnetic and Variable Stars, Comm. Konkoly Obs. No. 83., p. 223.

Dezső L., Kovács Á.: „A Note on Sunspot Development, Spot Motions and Solar Rotation”; Publ. Debrecen Obs. 4., p. 35.

Dezső L.: „Debrecen Heliophysical Observatory”; Solar Physics 79., p. 195.

Dezső L., Kálmán B., Kondás L.: „Two-ribbon Flares, Observed in the Period 5—9 October 1979”; Proc. of the SMY Workshop, 1981, Vol. II., p. 97.

Illés E.: „A Jupiter különleges világa”; Fizika '81—82.

Jankovics I. (T.: G. Oganjan, Kelemen J.): „Flare Stars in the Praesepe Region”; Inform. Bull. Var. Stars No. 2149.

- Kálmán B.*: „Sztatisticeszkije issledovanyija vektora magnitnovo polja v dvuh szlozsnüh gruppah szolnecsnüh pjaten”; *Physica Solariterrestris*, No. 16., p. 145.
- Kovács Á., Nagy I., Bukovinszki R.*: „A Note on the Activity in the SESC Region 2470”; *Proc. of the SMY Workshop*, 1981, Vol. II., p. 232.
- Kovács G.*: „Photoelectric Observations and Preliminary Analysis of the Variable White Dwarf R 808”; *Proc. Symp. on Magnetic and Variable Stars*, Comm. Konkoly Obs. No. 83., p. 202.
- Kun M.*: „New H₂ Emission Stars in Galactic Dust Clouds”; *Astrofizika* 18., p. 63.
- Kun. M.*: „Space Distribution ob Stars in a Region of Cepheus around NGC 7160”; *Comm. Konkoly Obs. No. 79.*
- Lovas M.*: „Fast Moving Object 1982 BB”; *IAU Circ. No. 3660.*
- Lovas M.*: „Superhovae in Anonymous Galaxies”; *IAU Circ. No. 3671.*
- Lovas M.*: „Supernova in NGC 4185”; *IAU Circ. No. 3683.*
- Lovas M.*: „Supernova in NGC 521”; *IAU Circ. No. 3724.*
- Lovas M.*: „Supernova in NGC 5485”; *IAU Circ. No. 3756.*
- Paparó M.*: „Structure of NGC 2420”; *Comm. Konkoly Obs. No. 81.*
- Paparó M., Balázs L.*: „Distribution of Stars of Spectral Types Earlier than F7 around IC 4665”; *Comm. Konkoly Obs. No. 82.*
- Patkós L.*: „Dynamical Processes in Binary Systems”; *Proc of Workshop on Dynamical Astronomy*, p. 141.
- Patkós L.*: „Flare—Aktivität beim Fleckendoppelstern SV Cam”; *A. G. Mitteilungen Nr. 55.*, p. 82.
- Patkós L.*: „Peculiar Light-Curve Change in SV Cam”; *Proc. of Symp. on Ejection and Accretion of Matter in Binary Systems. Veda Publ. Slovak Acad. Sci.*, p. 61.
- Patkós L.*: „Spot Activity of the Close Binary SV Cam”; *Proc. Symp. on Magnetic and Variable Stars*, Comm. Konkoly Obs. No. 83., p. 218.
- Szabados L.*: „Binary Stars among the Physical Variables”; *Proc. Symp. on Magnetic and Variable Stars*, Comm. Konkoly Obs. No. 83., p. 209.
- Szabados L.*: „An Observational Method of Determining Cepheid Masses”; *The Observatory 102.*, p. 11.
- Szabados L. (T.: R. S. Stobie)*: „The Period and Photometry of BC Draconis”; *Astron. Astrophys., Suppl. 47.*, p. 541.
- Szeidl B.*: „RR Lyrae Stars”; *Trans. IAU Vol. XVIII. A. Reports on Astronomy*, p. 269.
- Veres F.*: „Twice Averaged Restricted Three Body Problem and its Applications to Study the Evolution of Orbits of Asteroids”; *Proc. of Workshop on Dynamical Astronomy*, p. 101.

BALÁZS BÉLA

AZ ELTE CSILLAGÁSZATI TANSZÉKÉNEK MŰKÖDÉSE AZ 1981—1982. ÉVEKBEN

Az 1982-es Csillagászati Évkönyvben megjelent adatokhoz képest tanszékünk személyi állományában a következő változások történtek:

Pap Judit tudományos segédmunkatárs 1981-ben a Légekfizikai Kutatóintézetbe került, de 1982 szeptemberétől aspiránsként ismét tanszékünkön dolgozik;

Molnár Sándor tudományos segédmunkatárs helyét *Györgyey Judit* vette át, aki 1982 szeptemberétől a Texasi Egyetemen ösztöndíjas vendégkutatóként Austinban dolgozik;

Surek György — tudományos ügyintézőként — 1982 szeptemberétől tanszékünkhöz került;

Vető Balázs tudományos segédmunkatárs helyére *Vincze Ildikó* került; Vizi Zsuzsanna tartósan külföldön tartózkodik, helyére *Virághalmay Géza* részfoglalkozású adjunktust és *Vörös Tibor* részfoglalkozású tudományos munkatársat vettük fel;

Tahin Zoltán részfoglalkozású műszaki ügyintéző kilépett;

Nagy Endréné — szülési szabadságának lejártával — 1982. októberben ismét munkába állt.

Az *Eötvös-kísérlet újratervezésére alakult kutatócsoport* tevékenységét — további MTA-támogatás hiányában — 1981. december 31-ével felfüggesztettük. Miután a gravitációs állandó pontosabb megmérését célzó vizsgálatok igen biztatóak voltak, és azok értékét az akadémia által hivatalból felkért bírálók is egyhangúlag elismerték, az MTA gravitációs albizottsága a vizsgálatok folytatását, valamint a tervezett kísérleti mérőeszközök megépítését továbbra is hangsúlyozottan fontosnak tartja, s a nehéz gazdasági helyzet ellenére is igyekszik a munka folytatásának anyagi feltételeit megteremteni.

A *tanszék oktatói feladata* továbbra is a csillagász, fizikus, geofizikus, meteorológus, matematika—fizika, kémia—fizika és földrajz szakos hallgatók csillagászati képzése, valamint a földtudományi alapképzésben való részvétel. A beszámolási időszakban a következő tárgyakat oktattuk:

Kötelező előadások:

Csillagászati földrajz. Heti 1+2 óra, I. félév;

I. éves földrajz—biológia szakosoknak.

(Marik Miklós, Gábris Gyula egy. adjunktus)

A naprendszer. Heti 3+0 óra, I. félév;

I. éveseknek, a földtudományi alapképzés keretében.

(Marik Miklós, Pap Judit)

Csillagászat. Heti 2+0 óra, II. félév;

I. éves meteorológus hallgatók számára.

(Marik Miklós)

Kozmikus fizika. Heti 2+0 óra, I. félév;

III. éves fizikus hallgatók számára.

(Balázs Béla, Barta György egy. tanár)

Csillagászat. Heti 2+0 óra, II. félév;

IV. éves kémia—fizika szakos hallgatók számára.

(Szécsényi-Nagy Gábor)

A csillagászat elemei. Heti 2+0 óra, II. félév;

IV. éves matematika—fizika szakosoknak.

(Marik Miklós)

Csillagász szakosoknak kötelező, matematika—fizika, kémia—fizika, fizikus és földrajztudományi szakos hallgatók számára speciális előadások:

Csillagászati műszertechnika. Heti 1+1 óra, I—II. félév;

III—V. éves hallgatók számára.

(Balázs Béla, Surek György)

Asztrofizika I. Heti 2+0 óra, I—II. félév;

III. éves hallgatók számára.

(Szécsényi-Nagy Gábor)

Asztrofizika II. Heti 2+0 óra, I—II. félév;

IV—V. éves hallgatók számára.

(Marik Miklós)

Általános csillagászat. Heti 2+0 óra, I—II. félév;

III—V. éves hallgatók számára.

(Szabados László)

Kozmikus geodézia. Heti 2+0 óra, II. félév;

IV. éves hallgatók számára.

(Almár Iván)

Bevezetés az égi mechanikába. Heti 2+0 óra, I—II. félév;

III. éves hallgatók számára.

(Érdi Bálint)

Mesterséges holdak mozgása. Heti 2+0 óra, I. félév;

IV. éves hallgatók számára.

(Érdi Bálint)

- A háromtest-probléma.* Heti 2+0 óra, I. félév;
V. éves hallgatók számára.
(Érdi Bálint)
- A holdak mozgása.* Heti 2+0 óra, II. félév;
V. éves hallgatók számára.
(Érdi Bálint)
- A csillagászat története.* Heti 2+0 óra, I. félév;
III—V. éves hallgatók számára.
(Gazda István)
- A csillagászat legújabb eredményei.* Heti 1+1 óra, I—II. félév;
III—V. éves hallgatók számára.
(Balázs Lajos, Bareza Szabolcs)
- Csillagászati laboratórium.* Heti 0+3 óra, I. félév;
III. éves hallgatók számára.
(Szécsényi-Nagy Gábor)
- Szeminárium a szakdolgozat témaköréből.* Heti 0+10 óra, I—II. félév;
V. éves csillagász szakos hallgatók számára.
(Balázs Béla, Marik Miklós, Érdi Bálint, Szécsényi-Nagy Gábor)
- Speciális előadások:
- Bevezetés a csillagászatba I.* Heti 2+1 óra, I—II. félév;
I. éves hallgatóknak.
(Marik Miklós, Pap Judit)
- Bevezetés a csillagászatba II.* Heti 2+1 óra, I—II. félév;
II. éves hallgatóknak.
(Szécsényi-Nagy Gábor, Pap Judit)
- A Tejútrendszer szerkezete.* Heti 2+0 óra, I—II. félév;
III—V. éves hallgatók számára.
(Balázs Béla)
- Napfizika.* Heti 2+0 óra, I. félév;
II—III. éves hallgatóknak.
(Marik Miklós)
- Extragalaktikus csillagászat.* Heti 2+0 óra, I. félév;
III—V. éves hallgatóknak.
(Szécsényi-Nagy Gábor)
- Csillagászati megfigyelési gyakorlatok.* Heti 0+2 óra, II. félév;
IV. éves tanárszakos hallgatóknak.
(Surek György, Tóth Imre)
- A szakdolgozattal kapcsolatos észlelések.* Heti 0+10 óra, I—II. félév;
IV—V. éves csillagász szakosoknak.
(Balázs Béla, Szécsényi-Nagy Gábor)

A gyakorlatokat részben a tanszéki mérőlaboratóriumban, részben az Egyetem Múzeum körüli A-épületének toronyhelyiségében (Meniscastávcső kupolája, passzázs-, illetve cölösztátszoba, fotolabor), részben pedig az MTA Csillagászati Kutatóintézete szabadság-hegyi 6-os kupolájában rendelkezésre álló 20 cm-es refraktor segítségével tartjuk.

Az 1973-ban alakult *Csillagászati Tudományos Diákkör* Érdi Bálint oktató vezető és Surek György titkár irányításával továbbra is színvonalas tevékenységet folytat. A diákkör a beszámolási időszakban négyszer rendezett diákköri iskolát, mégpedig két ízben az ELTE visegrádi üdülőjében (1981. október, 1982. október), és egy-egy alkalommal Síkfőkúton (1981. április), illetve Szegeden (1982. április). A rendezvények háromnaposak voltak, és alkalmanként 8—9 előadás hangzott el.

1981 tavaszán, a *XV. Országos Diákköri Konferencián* öt résztvevővel szerepeltünk. (Szatmáry Károly „A galaxisok spirálkarjainak keletkezése és stabilitása” című dolgozata I. díjat nyert, Juhász Tibor, Surek György, Tóth Imre és Zsoldos Endre pedig dícséretben részesült.) A *kari diákköri konferencián* 1981 őszén Ender János és Váradai Ferenc dolgozata, 1982 őszén pedig Baranyi Tünde és Váradai Ferenc munkája kapott I. díjat. Évente kétszer nyilvános diákköri ülésre került sor a Kossuth Klubban. A diákkör jelentős részt vállalt a Csillagász Klub munkájából is. Sokoldalú és eredményes munkájáért 1982 novemberében kitüntető oklevelet kapott.

1981-ben, illetve 1982-ben a következő hallgatók kaptak csillagász részszakos diplomát: E. Kovács Zoltán, Fehér Katalin, Juhász Tibor, Sturman László, Surek György, Szatmáry Károly, Szilágyi Sándor, Tóth Imre, Tóth István és Zsoldos Endre.

Tanszékünk a *csillagász szakemberek szakmai továbbképzését* is elősegíti. Továbbra is egyik szervezője az országos csillagászati szemináriumnak, amely a hazai csillagásztársadalom fontos szakmai fóruma. A beszámolási időszakban is átlagosan havonta egyszer került sor szemináriumi előadásokra (az esetek többségében valamelyik előadótermünkben).

Sajnos tanszékünk műszerállománya az elmúlt két évben csak a korábbinál szerényebb mértékben gyarapodott. Félmillió forint feletti értékű beszerzésünk csupán egy jénai Zeiss Sternplattenkomparator volt. Mellette még egy Theo 010A/360 típusú teodolítot, EMI fotomultipliereket, néhány kisebb kiértékelő műszert, valamint oktatás-, illetve számítástechnikai eszközt vettünk.

Tanszékünkön a beszámolási időszakban az alábbi témakörökben folytak munkák:

Nyílthalmazok többszín-fotometriája és galaktikus eloszlásuk vizsgálata (Témafelelős: dr. Balázs Béla. Kooperációban az MTA Csillagászati Kutatóintézetével.)

Tovább folytattuk — részben a Lin-féle gravitációs sűrűséghullám-elmélet obszervációs ellenőrzése keretében, részben attól függetlenül — a nyílt csillaghalmazok mint optimális spirálkar-indikátorok vizsgálatát. „Hagyományos”, valamint általunk javasolt korrigált távolságaik alapján diszkutáltuk galaktikus eloszlásukat, és átlagos méretüknek a galaktocentrikus távolságtól való függését.

Miután a módosított távolsághálók szerint (ahol $R_{\text{Nap}} = 7,1$ kpc) Napunk valószínűleg a Tejútrendszer ún. korotációs zónájában tartózkodik, következtetéseket vontunk le arra vonatkozóan, hogy ez a körülmény hogyan befolyásolta a Naprendszer kialakulását. A vizsgálatokat a témafelelős ismertette az Astronomische Gesellschaft innsbrucki, valamint strasbourg-i közgyűlésén, továbbá a bécsi, grazi, innsbrucki és jénai egyetemek csillagászati szemináriumain, végül a potsdami központi asztrofizikai kutatóintézetben és az országos csillagászati szemináriumon.

Tovább folytattuk az UBV-fotometriai anyag gyűjtését az Alcyone körüli területről a vörös törpecsillagok statisztikai vizsgálata céljából. Sajnos a példátlanul gyenge időjárás miatt a munkát még mindig nem sikerült befejezni. (A témakörből Szécsényi-Nagy Gábor kandidátusi értekezést készít.)

„A csillagok fizikája és fejlődése” elnevezésű multilaterális akadémiai együttműködés keretében további UBV-észlelési anyagot gyűjtöttünk a megállapodásban rögzített nyílthalmazokról az MTA Csillagászati Kutatóintézete piszkéztetői Schmidt-teleszkópjával.

A témakörben megjelent tudományos publikációk:

Balázs Béla: *Verändert sich die mittlere Grösse der offenen Sternhaufen mit der galaktozentrischen Entfernung?*; Mitt. Astron. Ges. 57, 284, 1982.

On the Observational Vulnerability of the Models for the Galaxy; Proc. Worksh. on Dynamical Astronomy, Budapest, 1982. pp. 159—164.

Balázs Béla: (T.: J. Ruprecht, R. E. White): *Catalogue of Star Clusters and Associations Supplement 1, Vols. I—III.*; Bull. Inform. CDS, No. 22, 132, 1982.

Tóth Imre (T.: Balázs Lajos): *Über die Altersverteilung von Sonnennahen A-Sternen*; Mitt. Astron. Ges. 55, 119, 1982.

A plazmafizika csillagászati alkalmazásai. (Témafelelős: dr. Marik Miklós. Részben kooperációban az MTA Csillagászati Kutatóintézetével.)

A már korábban beindított — mágneses és „foltos” csillagokkal foglalkozó — témakörben folytattuk a mágneses csillagokon észlelhető felületi rendellenességek magnetohidrodinamikai vizsgálatát. Sajnos a témához tervezett szombathelyi észlelések még nem kezdődhettek el, mert a 60 cm-es Cassegrain-távcső fotoelektromos fotométere nem készült el a tervezett határidőre.

1982-ben Pap Judit aspiráns megkezdte tanszékünkön a napállandó változásaival kapcsolatos kutatásait.

A Nap kromoszférájának szerkezetére vonatkozó kutatások keretében egy publikáció jelent meg a beszámolási periódusban:

Marik Miklós: *A Theoretical Model of the Solar Chromosphere over a Sunspot*; Proceedings of the Sixth European Regional Astronomical Meeting, Dubrovnik, 113, 1982.

Égi mechanika. (Témafelelős: dr. Érdi Bálint).

A kutatások a beszámolási időszakban is elsősorban a trójai kisbolygók mozgásának vizsgálatára irányultak. Témafelelős a témakörből 1981. június 4-én kandidátusi disszertációt védett meg, és előadásokat tartott az oberwolfachi, budapesti és thessaloniki nemzetközi szimpozionokon, továbbá a grazi, illetve bécsi egyetem csillagászati intézetében.

Idevágó tudományos publikációk:

Érdi Bálint: *A Trójai kisbolygók hosszú periódusú perturbációinak vizsgálata*; Kandidátusi értekezés. Megvédés időpontja: 1981. június 4.

On the Variation of the Jacobi Constant of Trojan Asteroids in the Elliptic Restricted Problem of Three Bodies; Proc. Worksh. on Dynamical Astronomy, Budapest, 1982. pp. 17—36.

A Generalization of Szebehely's Equation for Three Dimensions. Celestial Mechanics, 1982, 28, 209.

Sztochasztikus viselkedés az égi mechanikában; A Káosz, szerk. Szépfalusy P.—Tél T., Akadémiai Kiadó, Budapest, 1982. 329—347.

Rezonanciák a Naprendszerben; Csillagászati Évkönyv 1982, Gondolat Kiadó, Budapest, 1981, 168—187.

The perturbations of the Orbital Elements of Trojan Asteroids; Celestial Mechanics, 1981, 24, 377.

Egyéb munkák

Az Interkozmosz Vega-programjának keretében egyrészt üstökösfelvételek ekvidenzitometriai és általában képfeldolgozási problémáival foglalkoztunk, másrészt kis számítógépeken is futtatható, fotografikus asztrometriai mérésekre alapozott pályaszámítási programokat dolgoztunk ki. A munkáról előadásokat tartottunk az 1982-es budapesti üstökös-kutatási rendezvényen (ICCE).

A szombathelyi Gothard Obszervatóriumban multidiszciplináris témaként tovább vizsgálták a holdfázisok, a naptevékenység és a földmágnesesség hatását egyes rovarfajták magatartására. Az obszervatórium vezetője számára engedélyezték, hogy a témakörből kandidátusi disszertációt védjen meg. Ugyanitt tovább folytatták a Gothard Jenővel kapcsolatos tudománytörténeti kutatásokat, és korábban nem ismert részleteket tártak fel.

Idevágó megjelent munkák:

- Szécsényi-Nagy Gábor: *Equidensitometric Studies of Astronomical Plates' Recording the Comet 1975 n During its Disintegration*; International Conference on Cometary Exploration, Abstracts, Budapest, 1982, p. 45.
- Tóth György (T.: Kiss M., Ekk I., Szabó S. és Nowinszky L.): *Common Effect of Geomagnetism and Change of Moon Phases on Light-trap Catches of Fall Webworm Moth*; Z. ang. Ent. 91, p. 403, 1981.
- Tóth György (T.: Prugberger L., Andits T., Weigl M.): *A naptevékenység és a miocardialis infarctus összefüggésének vizsgálata számítástechnikai módszerrel*; Számítástechnikai és kibernetikai módszerek alkalmazása az orvostudományban és a biológiában; Szeged, Neumann J. Számítógéptud. Társ. Kiadv., p. 173, 1981.
- Tóth György (T.: Nowinszky L., Járfás J.): *Az éjszakai környezeti megvilágítottság kiszámításának módszerei*; Számítástechnikai és kibernetikai módszerek alkalmazása az orvostudományban és a biológiában. Szeged, Neumann J. Számítógéptud. Társ. Kiadv., p. 183, 1981.
- Tóth György (T.: Ekk I., Kiss M., Nowinszky L., Szabó S.): *Fénycsapdás rovargyűjtést módosító időjárás- és kozmikus tényezők együttes hatásának vizsgálata többváltozós módszerekkel*; Számítástechnikai és kibernetikai módszerek alkalmazása az orvostudományban és a biológiában, Szeged, Neumann J. Számítógéptud. Társ. Kiadv., p. 195, 1981.
- Tóth György (T.: Nowinszky L.): *Összefüggés a Hold fényváltozásai és a vetési bagolylepké rajzásfenológiája között*; Tudomány és Mezőgazdaság, 20, No. 1, 1982.

Tanszékünk oktatói és kutatói a beszámolási időszakban is számos külföldi tanulmányutat bonyolítottak le. Továbbra is tevékenyen részt vettek különböző nemzetközi, illetve hazai tudományos szervezetek munkájában, bel- és külföldi szakmai rendezvények programjában; emellett kiterjedt nemzetközi kapcsolatokat tartottak fenn egyetemünk kétoldalú egyezményei keretében. 1981—1982-ben a következő (nemzetközi látogatottságú) hazai rendezvények szervezésében vettünk részt: Nemzetközi Tudománytörténeti Szimpozium az ELTE Gothard Asztrofizikai Observatóriuma 100 éves évfordulója alkalmából (Szombathely, 1981. május 28—30.). MTA—NSF (USA) Workshop on Dynamical Astronomy (Budapest, 1981. augusztus 31.—szeptember 4.). A „Csillagok fizikája és fejlődése” elnevezésű multilaterális kooperáció szimpozionja: Magnetic and Variable Stars (Szombathely, 1982. május 30.—június 3.).

A kapcsolódó kiadványok közül eddig a következők jelentek meg: *Dynamical Astronomy*; Proceedings of a Workshop Sponsored by the NSF USA and by the Hungarian Academy of Sciences (editors: B. A. Balázs and V. Szebehely), Budapest, 1982, pp. 1—164.
Gothard Jenő és kora; Tudománytörténeti Nemzetközi Szimpozium anyaga (szerk. Tóth Gy.), Vasi Szemle, XXXV., pp. 635—638, 1981.

A beszámolási időszakban a moszkvai Lomonoszov Egyetem, a jénai F. Schiller Egyetem, a Belgrádi Egyetem, a Bécsi Egyetem, a Grazi

Egyetem, a Prágai Egyetem és a Texasi Egyetem (Austin) szakkollégái látogatták meg tanszékiünket.

Oktatói és kutatói feladataink ellátása mellett munkatársaink továbbra is komoly részt vállaltak a MTESZ és a TIT munkájában, úgy a szóbeli, mint az írásbeli csillagászati és világnézeti ismeretterjesztésben, illetve továbbképzésben.

HORVÁTH ANDRÁS—ZOMBORI OTTÓ

A TIT KÖZPONTI PLANETÁRIUM
ÉS AZ URÁNIA CSILLAGVIZSGÁLÓ
AZ 1982. ÉVBEN

Planetárium

Műsorok

A közönség 1982-ben havonta öt-tíz különféle műsor közül válogathatott, az általános és középiskolásoknak a korábbiakban kialakult rendszernek megfelelően háromféle oktatóműsort adtunk. A felsőoktatási intézmények hallgatóinak szférikus csillagászati programokat adtunk, illetve elvégeztük a tanárképző főiskolák számára a csillagászati kísérleti tanönyvek planetáriumi adaptálását is.

A beszámolás évében négy új nagy műsor és két speciális program készült. A nagy műsorok a következők voltak: *Ikarosztól a Szputnyik—1-ig* (Csaba György), *Az időmérés története* (Ponori Thewrewk Aurél), *Élet a Világegyetemben* (Schalk Gyula), *Földünk bolygótestvérei* (Taracsák Gábor).

Az *Ikarosztól a Szputnyik—1-ig* című műsor az űrhajózás előtörténetét foglalta össze, azt mutatta be, hogy az ókori naiv elképzelésektől hogyan fejlődött a repülés, űrrepülés gondolata, illetve eszközei az 1957-es tényleges megvalósításig.

Az időmérés története a csillagászati, fizikai időmérési elveket és az időmérésre használt eszközök fejlődését szemléltette a nap- és homokórától az atomóráig.

Az *Élet a Világegyetemben* című programunk egy képzelt csillagközi űrutazás kapcsán azt tárgyalta, hogy melyek az élet kialakulásának feltételei, ezek hol találhatóak meg, és milyen valószínűséggel számíthatunk Földön kívüli civilizációk létezésére.

A *Földünk bolygótestvérei* a Naprendszer bolygóiról űrszondákkal nyert legújabb eredményeket és legszebb képeket mutatta be egy elképzelt bolygóközi repülés során (ez a műsor csak címében emlékeztet elődjére!).

A két speciális, 20—20 perces programot Csaba György és Taracsák Gábor készítette: az egyik egy orosz nyelvű *üstökösműsor*, a másik ennek módosított magyar változata *A Planetárium bemutatkozik* címen.

Átdolgozott műsorunk: *Az űrkutatás negyedszázada* (Sajó Péter—Zombori Judit). Ez a program (korábbi címe: *Űrkutatás—űrhajózás* volt) az űrhajózás történetének legfontosabb és legérdekesebb esemé-

nyeit mutatta be, s kiegészült az új bolygó kutatási eredményekkel, valamint az űrrepülőgépre és a hosszú idejű szovjet űrrepülésekre vonatkozó adatokkal, melyeket filmbetéttel is szemléltettünk.

A fentiekén kívül még a következő műsorok szerepeltek az 1982-es programban: *Hazánk csillagos égboltja, Kalandozás az égbolton* (Csaba György); *Helyünk a Világegyetemben, Lesz-e világvége?* (Csaba György—Taracsák Gábor); *Naptárunk története* (Ponori Thewrewk Aurél); *A betlehemi csillag* (Ponori Thewrewk Aurél—Schalk Gyula); *A fény világa, a Nap családja* (gyermekműsor), *Utazás térben és időben* (Schalk Gyula); *Űrkutatás—Űrhajózás* (Sajó Péter); *Pillantás a végtelenbe* (Taracsák Gábor). 1982-ben a három oktatási programon kívül tehát 16 különböző csillagászati—űrkutatási műsort adtunk.

Az év második felében, augusztustól új műsorrendet vezettünk be: a gyér látogatottság miatt a hétfői, keddi, csütörtöki 18 órás előadásokat áttettük péntek, szombat, vasárnap 14 órára. a hétfői 16 órás nagyközönségi előadásból pedig pénteki 12 órás iskolai előadást alakítottunk ki. Az így felszabadult hétfői napon speciális programokat adtunk, illetve az öregedő Zeiss-műszer egyre gyakrabban szükségessé váló műszaki karbantartási munkáit hajtottuk végre.

Egyéb programok (előadás-sorozatok, kiállítások, tanácskozások)

1982 őszétől a Budapesti Csillagászati és Űrkutatási Szakosztállyal közösen új szabadegyetemi sorozat indult *Csillagokról a Planetáriumban*, illetve *Műsormúzeum* címmel. Ez a hétfő esténként tartott speciális sorozat, válogatás öt év planetáriumi előadásaiból. A bemutatásra kerülő előadások többsége ma már nem szerepel a Planetárium programjában, átdolgozott formában is talán csak évek múltán kerül ismét a nézők elé. Sorozatunk abban nyújt többet a szabványos planetáriumi műsoroknál, hogy a nézők találkozhatnak a szerzőkkel, konzultálhatnak az előadással, és bepillanthatnak a műhelytitkokba is. A *Műsormúzeum* 1982-es előadásai a következők voltak: *Kalandozás az égbolton* (Csaba György); *Naptárunk története* (Ponori Thewrewk Aurél); *Földünk bolygótestvérei* (Taracsák Gábor); *A csillagok között* (Taracsák Gábor); *A galaxiák világa* (Taracsák Gábor); *A betlehemi csillag* (Ponori Thewrewk Aurél).

A Budapesti Csillagászati és Űrkutatási Szakosztály idén is, már hagyományosan, a Planetáriumban rendezte a központi *Csillagászati Hetet* (október 3—9.). Az előadások a *Csillagászat tegnap—ma—holnap* sorozat címmel a csillagászat és más tudományok (történelem, asztronautika, technika, biológia, földtudományok, fizika), valamint a művészetek kapcsolatáról szólnak. A tavalyiaknak megfelelően munkatársaink ez alkalommal is a témához kapcsolódó 15 perces planetáriumi műsort építettek be minden előadásba.

A Budapesti Műszaki Egyetem KISZ Bizottságának *Multimedia Stúdiója (MMS)* továbbra is önköltséges terembéreltetel tartotta előadásait a planetáriumi műsorok utáni időben, illetve szünnepjainkon. Felújított műsoruk az *Űropera* és a *Lézerofónia*, valamint új programjaik a *Zodiac*, a *Galaktikus Lézer Koncert*, a *Lézerotika* és a *Lézerock* összesen 170 előadásban, 31 528 nézőnek nyújtott könnyű szórakozást (teremkihasználtságuk 50,1%, ez 186 néző előadásonként).

1982. április 6-án Hubay Miklós, az Írószövetség elnöke nyitotta meg *Kutassy Imre Ferenc csillagászati és űrhajózási témájú képeinek kiállítását* a Planetárium körfolyosóján. Az idős, 85 éves képzőművész szín- és formagazdag képein főleg az ember holdutazásának általa elképzelt látványát-élményét örökítette meg. Ezt a képkiállítást júniusig tekinthették meg látogatóink.

Október 4-én, az első mesterséges hold pályára állításának, azaz az *űrkorszak kezdetének 25 éves évfordulójára* az MTA Interkozmosz Tanácsa, az MTESZ Központi Asztronautikai Szakosztálya, az MSZBT és a TIT *ünnepi ülést* rendezett a Planetárium kupolatermében. A megemlékezést Szegő Károly a KFKI Részecske- és Magfizikai Intézetének igazgatója tartotta. Az ünnepi ülésen nyitotta meg Pál Lénárt akadémikus a planetáriumi körfolyosón rendezett, *Az űrkitatás negyedszázada* című kiállítást. Az űrkitatási kiállítást 1982. december végéig mintegy három hónap alatt kb. 70 ezer látogató tekintette meg.

Körfolyosónkon továbbra is látható volt az Országos Műszaki Múzeum állandónak tekinthető, 11 vitrines *csillagásztörténeti kiállítása*, amely főleg régi csillagászati könyveket és műszereket, armilláris szférát, asztrolábiumokat, kvadránsokat, optikai távcsöveket, szextánsokat, órákat, valamint a Bay Zoltán és csoportja 1946-os Hold-radarjának regisztráló coulométerét mutatja be.

1982 első félévében még megtekinthető volt az Országos Műszaki Múzeum *ég- és földgömbkiállítása*, valamint a Magyar Bélyeggyűjtők Országos Szövetségének *űrkitatási bélyegkiállítása* (Jász Lajos és Hajdu Kálmán gyűjtők anyagai). A planetáriumi űrkitatási kiállításra a Magyar-Bélyegmúzeum *Az űrkitatás 25 éve magyar bélyegeken* címmel olyan speciális bélyegkiállítást készített, amelyen a bélyegeken kívül azok eredeti, nagyméretű grafikája is bemutatásra került.

A Planetárium az év folyamán több országos vonatkozású tanácskozásnak is otthont nyújtott: többek között itt rendezték az osztályfőnöki munkaközösség-vezetők továbbképzését, az ipari szakmunkásképző intézetek kulturális nevelőtanárainak tanácskozását (mindkettő az OPI szervezésében). A fizika és földrajz szakos szakfelügyelők „nyári akadémiaja” utolsó munkanapját is a Planetáriumban tartották. Ezeket a rendezvényeket a szakmai programokat a Planetárium munkatársai bonyolították le.

Látogatottság

A Planetáriumban 1982-ben 926 előadást tartottunk 177 404 látogató számára, ez 51,8%-os teremkihasználtságot jelent előadásenként. A látogatottságnak az 1981-eshez képesti 5%-os visszaesése valószínűleg a szigorodó gazdasági körülményekkel magyarázható.

1982. december 18-án köszöntöttük a Planetárium egymilliomodik nézőjét. A sorsolás alapján a Planetárium egymilliomodik nézője *Farkas Erika* székesfehérvári csillagászati szakköri tag lett, aki ajándékként egy világító éggömböt, egy Űrhajózási lexikont, Menzel: Csillagászat című könyvét, hat Planetáriumi Füzetet és egy évre szóló állandó belépőt, valamint planetáriumi plakátokat kapott.

Szervezés és propaganda

Az 1982—1983- as iskolai műsorrendünket ismét éves programfüzetben adtuk ki és küldtük szét az ország iskoláiba. Negyedéves műsorfüzetünk 1982-ben is négy alkalommal tájékoztatott a napi programokról. Szintén hagyományosan a Pesti Műsor hetente, a Magyar Rádió pedig naponta ismertette a Planetárium műsorait.

1982 decemberében a MTV reklámműsoraiban közvetítették a Planetárium új félperces reklámfilmjét. Valószínű, hogy ennek hatására emelkedett a december végi és 1983 januári nézettségünk az előző évihez képest 10%-kal (tavaly ugyanis nem volt tv-propagandánk).

1982-ben is kiadtuk a közkedvelté vált kártyanaptárunkat, melyet Korga György grafikája díszített. Ennek nagy- és kisméretű plakát változatával propagáltuk a Planetáriumot a budapesti, miskolci, szegedi, pécsi, győri, debreceni utcai hirdetőhelyeken és a budapesti járműveken.

Szintén hagyományosnak tekinthető az őszi évad elején megrendezett sajtótájékoztató. Ezen ismertettük és értékeltük a Planetárium ötéves tevékenységének adatait.

A 3-as metró Népliget állomásának népligeti feljárója előtti hirdetőoszlopot planetáriumi reklámcélokra használtuk fel. Az oszlopra festett grafikán felül galaktikák, kozmikus ködök, csillagok, középen a Nap és a bolygók, valamint planetáriumi irányjelző, alul pedig egy éjszakai várospanoráma látható. Az oszlop hátoldalán a Planetáriumból eltávozók számára az Uránia Csillagvizsgáló reklámja látható.

Műszaki fejlesztés

A másfél hónapos nyári szünetben a műszaki karbantartás során az ötéves működés alatt felgyülemlett komolyabb kopások, hibák megszüntetésére és általában az üzembiztonság fokozására törekedtünk (hajtások

beállítása, hajtómű-olajcsere, motorcsere, optikák tisztítása, csillagégők huzalozásának javítása stb.).

A központi vezérlőpulton saját tervezésű és készítésű új vezérlőtáblát helyeztünk üzembe, modern, világítóernyős kapcsolókkal. Innen irányíthatók a fogyasztás-, a zoom-, a GAF-típusú panoráma- és a filmvetítők, valamint az előadás kezdetét jelző gong is. A vezérlőtáblán fénydiódák jelzik a készülékek bekapcsolt állapotát, valamint a zoom-optika végállás helyzetét. A GAF-típusú panoráma- és a zoom-vetítőnél hétszemes kijelző mutatja a diaváltás irányát (E—H).

Ugyancsak a központi vezérlőpultba került beépítésre a *négyszínű horizont kupolafény* tirisztoros szabályozórendszere. Elkészült egy új *zoom-vetítő*, amelyet GAF-diavetítőből alakítottunk ki. Kiegészítettük a húrmentén vetítő GAF-panorámarendszert négyeleműre, valamint üzembe helyeztünk két újabb végerősítő fokozatot az 1000 W-os háromcsatornás hangsugárzó rendszerhez.

Mivel a lakatos- és forgácsológépek zavarták az irodaépület rendjét, ezért az alagsorban a lépcsőbejárat alatt kialakítottunk egy 12 m²-es új *mechanikai műhelyt* (ide került az esztergapad, a fűrőgép, a műhelyasztal stb.), a régi szobában pedig optikai és elektronikai műhelyt rendeztünk be.

Az előadások látványosságának fokozására beszereztünk egy *35 mm-es filmvetítő rendszert*.

Az év folyamán figyelemmel követtük a *kecskeméti kisplanetárium* építkezését, a *pécsi kisplanetárium-műszert* pedig halogénizzós vetítésre építettük át.

Planetárium Tanács

A beszámolás évében, a társulat VIII. küldöttgyűlése után került sor az öt éve működő Planetárium Tanács *újjáalakulására*. Az addigi, 19 tagú testületben ugyanis többen voltak, akik más elfoglaltságuk miatt nem tudtak kellő aktivitással részt venni a tanács munkájában. Az újak behívásának fontos szempontja volt az is, hogy kifejeződjön a testület országos hatásköre: ezért a már működő pécsi, illetve a megnyitás előtt álló kecskeméti kisplanetárium képviselői is tagok lettek.

Az alakuló ülésen — a többi között — sor került új műsorok bemutatására, s a 17 tagú új tanács tagjai megtárgyalták a felvetett szakmai és technikai kérdéseket, továbbá rendkívül sok és hasznos szempontot adtak a jövő műsorok sikeresebb tételéhez.

Kiadványok

A *Planetárium Füzetek* sorozatban 1982-ben a következő három kötetet (5—7. sz.) adtuk ki: *A bellehemi csillag* (Ponori Thewrewk Aurél); *Lesz-e világvége?* (Csaba György); *Naptárunk története* (Ponori Thewrewk Aurél).

Nemzetközi kapcsolatok

1982-ben is sok külföldi vendég kereste meg a Planetáriumot, nézte meg idegennyelvű műsorunkat, illetve az épületegyüttest.

Tárgyalásaink eredményeképpen kaptuk meg a Szovjetunió Tudományos Akadémiájától a Szputnyik—1 mesterséges hold 1:1 méretű makettjét, amelyet a körsarnokban mutattunk be.

A bécsi planetárium részére átadtuk német nyelvű *Csillagrapszódia* című műsorunkat, amelynek bevezető részét a bécsi környezetre adaptáltuk.

Személyi ügyek

A beszámolás évében sikerült a negyedik tudományos-politikai munkatársi helyet betölteni *Zombori Judit* személyében, aki 1982-ben fejezte be tanulmányait az ELTE matematika—fizika tanári szakán.

Ebben az évben lépett ki a szervezési csoportvezető *Zsolnai Zoltán*. Helyére *Halasy-Nagy Endrét* vettük fel. Sajnos Halasy alkalmazása csak közbülső, ideiglenes megoldásnak bizonyult, az ő távozása után erre a feladatkörre *Danóczy Klára* biológia—földrajz szakos tanárt alkalmaztuk.

1982-ben Sajó Péter igazgatóhelyettesi, Csaba György és Schalk Gyula főmunkatársi, Németh Lászlóné főügyelő-helyettesi kinevezést kapott.

Egyéb ügyek

A Halley-üstökös 1986-os úrszondás vizsgálatára tervezett *Vega-program* nemzetközi tudományos és műszaki bizottsága 1982. március 23-án egy planetáriumi látogatás keretében tekintette meg a KFKI által fejlesztett tv-rendszer első, kísérleti változatát. A külföldi és hazai vendégeknek ekkor került benutatóra Csaba—Taracsák 20 perces orosz nyelvű *üstökös-műsora*.

A Planetárium pénztárában tovább folytattuk a csillagászati és űrkutatási témájú könyvek, térképek árusítását.

Munkatársaink bekapcsolódtak az Uránia Csillagvizsgáló *szakköri programjába*. Ennek keretén belül három általános iskolai csillagászati szakkör kezdte meg működését a Planetáriumban, Csaba György és Zombori Judit vezetésével.

1982-ben a műsorok látványosságának fokozására négy új, négyelemű *panorámagrafika* készült: az éjszakai Betlehemről, a Marsról, a Vénuszról és egy elképzelt bolygóról.

Uránia Csillagvizsgáló

Közönségfogadás, előadások, szakkörök

Az Uránia Csillagvizsgáló munkatársai minden derült hétköznap este távcsöves bemutatást tartottak az érdeklődő látogatók részére.

A *Mi közüink a csillagokhoz?* című, világnézeti—kultúrtörténeti—művészeti *hétfői sorozat* (január 11.—március 22.) témakörei és előadói: *Csillagászat és biológia* (dr. Tóth Géza); *Csillagászat és modern fizika* (dr. Abonyi Iván); *A csillagászat és a zene* (Ordasi Péter); *A Föld és a csillagok* (dr. Kaszap András); *A csillagászat és a tudományos-fantasztikus irodalom* (Szentmihályi-Szabó Péter); *Csillagászat az űrutatás korában* (dr. Horváth András); *Csillagászat és kultúrtörténet* (Pap Gábor); *A csillagászat és az időszámítás* (Ponori Thewrewk Aurél). A sorozat házigazdája és az előadók beszélgetőpartnere Zombori Ottó volt.

A *tavaszi csütörtöki sorozat* (március 25.—május 24.) előadásai és előadói: *Ember és Kozmosz* (dr. Kulin György); *Tavaszi csillagok* (Zombori Ottó); *Sugárzások a világűrben* (dr. Makra Zsigmond); *Miért van éjszaka sötét?* (dr. Kelemen János); *Csillagunk, a Nap* (dr. Marik Miklós); *Venyérák a Vénusznál* (dr. Horváth András); *Világegyetem 1982* (Paál György); *A Szaturnusz rendszere* (dr. Both Előd); *Az űrrepülőgép* (Schlosser Tamás).

Dr. Kulin György: *A Világegyetem és az ember* című hétfői előadás-sorozatának (március 29.—május 24.) témái: *A mai modern világkép, Az elemek keletkezése — a Világegyetem anyagforgalma, A természettudományok kozmikus jellege, Kozmobiológia, A Kozmosz energiáiból élünk, A Nap és a Föld várható élettartama, Kozmikus védettségünk és fenyegetettségünk, Más lakott világok I—II.*

A *Találkozás egy új világgal* című *őszi csütörtöki sorozat* (október 14.—december 16.) témakörei és előadói: *Naptárunk 400 éves évfordulója* (Ponori Thewrewk Aurél); *Találkozás egy új világgal* (dr. Kelemen János); *Követeink a kozmoszban* (Gesztési Albert); *Találkozások a világűrben* (dr. Horváth András); *Az új Nap alatt* (dr. Marik Miklós); *Bolygóközi barangolások* (Schlosser Tamás); *Óriások és törpék* (dr. Both Előd); *Lehetőségek*

és veszélyek a világűrben (dr. Almár Iván); *A legnagyobb találkozások* (Zombori Ottó); *Az élet hulláma a Világmindenségben* (Schalk Gyula).

A Fővárosi Pedagógiai Intézettel közösen a budapesti iskolák számára szervezett *szakköreinkbe* oly nagyszámú érdeklődő jelentkezett (kb. 100 fő), hogy lehetőség nyílt gyakorlatilag minden iskolai korosztály számára külön-külön csoportot (összesen kilencet) indítani, melyeket főleg az Uránia és Planetárium munkatársai vezettek.

Továbbra is igen látogatott volt a *citadellai panoráma bemutatóhelyünk*, ahol a beszámolási év tavaszán sikerült a teljes műszerparkot felújítani.

Összesítve tehát az *Uránia Csillagvizsgáló rendezvényeinek száma* az 1981-es 250-ről több mint 25%-kal, azaz *318-ra emelkedett 1982-ben.*

A Csillagászat Baráti Köre

A Csillagászat Baráti Körébe jelentkezettek száma az 1982-es év végére meghaladta a 7000 főt! Ennek a nem kis létszámú, de azonos érdeklődésű mozgalomnak az irányítása egyre újabb és újabb feladatokat ró mind a megyei, mind az országos vezetőségre. A tagsággal a legszorosabb kapcsolatot (tagkönyvkiállítás, tagnyilvántartás, rendezvényekre meghívó küldése) természetesen a megyei vezetőség tartja. Legrangosabb rendezvényeink a *megyei CSBK-találkozók*, ilyenre 1982-ben *Nógrád és Komárom megyében* került sor.

A CSBK-mozgalomnak a beszámolási időszakban legkiemelkedőbb országos rendezvénye a Kaposváron 1982. július 15—18. között megrendezett *XII. országos találkozó* volt. A találkozón több mint 300 amatőr csillagász vett részt, a meghívott külföldi vendégek a Szovjetunió, Csehszlovákia, Románia és Finnország hasonló érdeklődésű amatőrjeinek üdvözlését tolmácsolták a magyar amatőr csillagászoknak. A kiváló amatőrcsillagász-tevékenységet elismerő Zerinváry-émlékéremet *Szentmártoni Béla* kaposvári amatőr csillagász kapta meg, a magyarországi amatőrök észlelőmunkájának megszervezésében szerzett elévülhetetlen érdemeiért. A szakmai program keretében elhangzott előadások: *A csillagászat legújabb eredményei* (dr. Marik Miklós); *Napkutató üreszközökkel* (ifj. dr. Kálmán Béla); *Világképünk fizikai alapjai* (dr. Kulin György); *Jön az üstökös* (dr. Kelemen János); *Univerzum '82 (a neutrínó tömegétől az Univerzum szerkezetéig)* (Paál György); *A tudománytörténeti adatgyűjtés céljai és lehetőségei* (ifj. Bartha Lajos), *Régi magyar csillagászati megfigyelések* (Keszthelyi Sándor), *Csillagásztörténeti műemlékek (pusztuló csillagok és napórák)* (Mizser Attila); *Mesterséges holdak szférája a Föld körül* (dr. Almár Iván). Az előadások anyagát a résztvevők kis füzet formájában megkapták. A hagyományoknak megfelelően bonyolódottak a találkozó délutánjai-estéi-éjszakai: kisebb-nagyobb csoportok tapasztalatszeri, konzultációk az amatőr csillagászati kiadványok szerkesztői

között, észlelési gyakorlatok a kaposvári amatőr csillagászati szakkempingben a kaposvári Uránia Bemutató Csillagvizsgáló műszereivel. A találkozó programját egy lovasbemutató színesítette a kaposvári Mezőgazdasági Főiskola pályáján. A találkozó ideje alatt kedvezményes vásárt tartottunk a központi Uránia és Planetárium eszközeiből és kiadványaiból.

Az év folyamán a *CSBK vezetősége* háromszor ülésezett, legfontosabb határozatai:

- megbízta dr. Dankó Sándort egy korszerű CSBK-alapszabály kidolgozásával;
- jóváhagyta Ponori Thewrewk Aurél társelnöki funkcióját;
- eldöntötte, hogy a XIII. országos találkozó 1984-ben, Debrecenben lesz.

Szakmai-módszertani irányító munka

A csillagászati *szakköri mozgalom* egységesítése és erősítése érdekében a Művelődési Minisztérium 1982-től a Központi Uránia Csillagvizsgálót *országos módszertani feladatok* ellátásával bízta meg. Ennek megfelelően a beszámolási időszakban a következő feladatokat végeztük el:

- A helyzetfelmérésre a Meteor és a helyi TIT-szervezetek segítségével *adatkérő lapokat* juttattunk el a csillagászati szakkörökhöz. Ezek alapján jelenleg több mint 100 szakkör működésére, felszereltségére, vezetőjére vonatkozó adatok állnak rendelkezésünkre. A pillanatnyi képet és a továbbfejlesztés lehetőségeit az 1982. december 4-i szakkörvezetői tanácskozáson ismertettük.
- Az országban működő *úttörőcsillagász-szakkörök részére tanfolyamot tartottunk* Turán (július 5—10), a Köztársaság úti általános iskola és a TIT Pest megyei Szervezetének közreműködésével.
- A dunántúli csillagászati szakkörvezetők részére szakmai-módszertani továbbképzésük céljából *minősítő tanfolyamot* rendeztünk Szombathelyen a megyei művelődési és ifjúsági központtal együttműködve (augusztus 2—8.). A tanfolyamon a csillagászati előadások mellett módszertani, kiscsoport-szociológiai előadások is elhangzottak.
- Mivel a szakköröknek mintegy 70%-a iskolában működik, a szakkörvezetők egy jelentős része pedig földrajz, illetve fizika szakos tanár, augusztus 21—25. között Székesfehérváron a fizika, illetve földrajz szakos általános iskolai és gimnáziumi *szakfelügyelők részére „nyári akadémiaát”* szerveztünk *A csillagászat helye és szerepe az iskolákban* címmel az OPI-val és a TIT Fejér megyei Szervezetével közösen. A rendezvényen magas szintű szakmai előadások, illetve az iskolai oktatás lehetőségeit tárgyaló módszertani jellegű megbeszélések voltak.

- A szakkörök szakmai-módszertani segítésére *kiadványokat* bocsátotunk rendelkezésükre, valamint elkészítettünk két *diasorozatot*, amelyeket önköltségi áron tettünk közzé. (A 45 db-os *Csillagászati alapsorozatot* és a 36 db-os *Voyager-programot*.)
- A TIT Természettudományi Stúdióval együttműködve *javaslatot* készítettünk a Művelődési Minisztérium számára a *szakkörvezetők minősítési, képzési és továbbképzési rendszerére*.
- Részt vettünk a szolnoki iskolai és iskolán kívüli csillagászatoktatási kísérlet előkészítésében.

Az Uránia szakmai-módszertani jellegű segítséget nyújtott a vidéken működő *csillagászati ismeretterjesztő intézményhálózatnak*, mind a létesítendő Urániák, mind pedig a már működő Urániák problémáinak megoldásában — helyszíni látogatások, távcsőbeállítások, tervezés, tanácsadás formájában, (Debrecen, Eger, Kaposvár, Kecskemét, Pécs, Salgótarján).

Az Uránia munkatársai szervezik és vezetik az *amatőr-csillagász-mozgalom megfigyelőmunkáját*, ehhez észlelőtáborokat (Rókafarm, Kaposvár, június 23—30.) és továbbképzéseket szerveztünk.

Az Uránia Csillagvizsgálónak az iskolai *oktatást segítő, kiegészítő tevékenysége* abból a tényből adódik, hogy Magyarországon a csillagászat iskolai tanítása még a környező országokhoz viszonyítva is elmaradott, így ennek pótlása értelemszerűen a TIT, tehát az Uránia feladata is.

Kiadványok

A *Meteor* az Uránia legrangosabb kiadványa — a TIT CSBK megfigyelési tájékoztatója csillagászati szakkörök és észlelő amatőrök számára. Ez a lap 1982-ben először jelent meg havonta, ami igen feszes munkatempót igényelt mind az észlelőktől, mind a rovat szerkesztőktől, mind a kézirat előkészítőitől — az anyaggyűjtéstől a nyomdai feladatok kifogástalan megoldásán át egészen a terjesztésig. A 12 szám mellett alkalmanként körleveleket és két mellékletet jelentettünk meg: *PVH Változócsillag-katalógus* (Mezősi—Mizser—Szőke); *A Nap megfigyelése* (Iskum József).

A *Meteor* szerkesztő bizottsága a hagyományoknak megfelelően az év folyamán három alkalommal ülésezett.

Az *Uránia Füzetek* sorozatban elkészült a *Bevezetés a csillagászatba III.*, amelyet a *Bevezetés a csillagászatba I—II.* kötetével egybefűzve könyv alakban (175 oldal) jelentettünk meg 1982-ben: *Bevezetés a csillagászatba* (dr. Kelemen János).

A beszámolási év végén megjelentettünk a régen várt *Meteor Atlasz '82-t* és a *Csillagászati tudnivalók 1983* című kiadványainkat. A beszámolási időszakban egyszer adtuk ki az *Uránia tájékoztatóját* (CSBK-tudni-

valók, árjegyzék a CSBK-tagok, amatőrök számára), és négyszer jelent meg a Planetárium és Uránia Csillagvizsgáló műsorfüzete. Hasonlóképpen tartalmazta az Uránia rendezvényeit az 1981—1982, illetve 1982—1983-ra megjelentetett a *Planetárium és Uránia Csillagvizsgáló iskolai műsora* című kiadvány is.

Az Uránia műhelyeinek tevékenysége

Az Uránia Csillagvizsgáló műhelyei — korszerűtlenségük ellenére — Magyarországon egyedülálló szerepet töltenek be a hazai csillagászati ismeretterjesztő tevékenység és az ehhez szorosan kapcsolódó ismeretterjesztési mozgalmak (CSBK, szakkörök) eszközellátásában.

1982-ben 730 db *távcső és mikroszkóp*, 188 db távcső összeállításához szükséges *optikai készlet*, 94 db különböző átmérőjű (ebből 24 db optikai padon levizsgált) kész alumíniumozott *távcsőtükör*, 284 db kész *okulár* és 487 db *objektívtlencse* került ki az Uránia műhelyeiből.

A citadellai bemutatóhely teljes műszerparkjának cseréje szintén a minőségi javulás útján történt jelentős előrelépés.

Hazai és nemzetközi kapcsolatok

Az elmúlt évek gyakorlatában a művelődési otthonokkal, könyvtárakkal és a MTESZ-szel kialakult, hagyományosan jó együttműködés mellett az iskola- és oktatásirányítással, illetve ennek intézményeivel (OPI, Fővárosi Pedagógiai Intézet) kezdtek reményt keltően javulni kapcsolataink. Ezt érzékletesen demonstrálja mind a rendezők, mind a résztvevők által elismerten kiemelkedőnek nevezett *A csillagászat helye és szerepe az iskolákban* című közös rendezvényünk.

Az Uránia munkatársai részt vettek a hazai továbbképzéseken (MTA Csillagászati Kutatóintézete, ELTE Csillagászati Tanszék, penci Kozmikus Geodéziai Obszervatórium), a budapesti *nemzetközi üstökös-kutató konferencián (ICCE)*, a *XI. ionoszféra-magnetoszféra szemináriumon* (Kecskemét), valamint a *mágneses és változó csillagokról* Szombathelyen rendezett nemzetközi konferencián.

A hazai jó kapcsolatot példázza, hogy Horváth, Kelemen és Zombori továbbra is részt vesznek az MTA Csillagászati Kutatóintézete kutatási és észlelési programjaiban. Kelemen folytatja a nemzetközi *Vega-programban* munkáját, amelynek célja a Halley-üstökös űrszondás vizsgálata. Tóth Imrével végzett közös munkájukról be is számoltak a budapesti üstökös-kutató konferencián.

Nemzetközi viszonylatban is a „hagyományosan jó” minősítés jellemzi az 1982-es évet. A rendszeres kiadványcsere elsősorban a szocialista országok hasonló feladatokat ellátó intézményeivel áll fenn. A személyes

nemzetközi kapcsolattartás erősítésére szolgált a CSBK XII. találkozó-jára érkezett szovjet, csehszlovák, román és finn vendégekkel való eszmecsere, továbbá azok a csak részben hivatalos találkozások, melyeket az Uránia munkatársai külföldi útjaik során lebonyolítottak: Zombori Ógyallán és Zágrábban, valamint Kelemen Bécsben.

Egyéb tevékenységek

Az Uránia munkatársai 1982-ben is sok segítséget nyújtottak a TIT Csillagászati és Űrkutatási Választmányával közösen szervezett rendezvények előkészítésénél, rendezésénél: a korábban felsoroltak mellett a *Posztoczky Károly-emlékülésnél* (Tatabánya, május 7—9), valamint a választmány levelező tanfolyamának központi és kihelyezett vizsgáinál.

Személyi ügyek

A beszámolási időszak lényegi változásai, hogy Torma Tibor tudományos munkatárs helyére *dr. Both Előd*, az MTA Csillagvizsgáló Intézete Bajai Observatóriumának munkatársa került, Zombori Ottó igazgatóhelyettesi, *dr. Kelemen János* főmunkatársi kinevezést kapott.

Igazgató: *dr. Horváth András*. Igazgatóhelyettes: *Zombori Ottó*. Tudományos főmunkatárs: *dr. Kelemen János* és *dr. Kulin György* (részfoglalkozásban.) Tudományos munkatárs: *dr. Both Előd*. Titkár-nő: *Rónai Edith*. Gazdasági ügyintéző: *Bársony Bertalanné*. Műhely-vezető: *Kürti Imre*. Műszerészek: *Varga János*, *Orgoványi János* (részállásban). Optikus: *Ulrich Ferenc* (részfoglalkozásban), *Busi György* (részfoglalkozásban). Gondnok: *Nagy Ferenc*. Takarító: *Hajnal Ferencné*. Citadellai pénztáros: *Tóth Erzsébet*.

Az Uránia Csillagvizsgáló esti közönségforgalmának lebonyolításában aktívan részt vettek a következő *külső, társadalmi munkatársak* is: *Bán András*, *Deicsics László*, *Farkas Ernő*, *Holl András*, *Kovács Attila*, *Mizser Attila*, *Molnár Tamás*, *Németh Buhin Ákos*, *Róka László*, *Spányi Péter*, *Steiner András*, *Szánthó Lajos*, *Tarnai Kálmán* és *Závodi László*.

A CSILLAGÁSZAT ÚJABB EREDMÉNYEIBŐL

Aminosavak a Murchison-meteoritban

Az 1969-ben Ausztráliában lehullott Murchinson meteoritban az arizonai egyetem kutatói *aminosavakat* találtak, mégpedig olyanokat, amelyek a fény polarizációs síkját *balra* forgatják. (Aminosavakat már más meteoritban is találtak, de mindig olyanokat, amelyek között a balra és jobbra forgatók vegyesen voltak.) A mostani felfedezésnek az a jelentősége, hogy *a földi élőlények fehérjéi kizárólag balra forgató aminosavakból épülnek fel.*

Ha az aminosavak a világűrben véletlenszerűen keletkeznek, akkor *egyforma* valószínűséggel várunk jobbra és balra forgatókat. A meteoritban talált aminosavak igen ritkán fordulnak elő a Földön, míg a Földön gyakoriakat csak nyomokban találták. Azért, hogy a földi szennyeződés lehetőségét kizárják, a mintát a meteorit belsejéből vették. Mielőtt az eredményeket nyilvánosságra hozták volna, más kutatókkal is ellenőriztették a méréseket, és ezek megerősítették a felfedezést. Az eredmény nem jelenti azt, hogy élet lenne a világűrben, hanem csak arra enged következtetni, hogy létezik a természetben egy olyan mechanizmus, amely a balra fogató aminosavak keletkezésének kedvez.

Víz a Ceres kisbolygón

Az arizonai egyetem kutatói a Ceres — amely 770 km-es átmérőjével a legnagyobb kisbolygó, és a Földéhez hasonló (5 g/cm³-es) sűrűségű — infravörös színeképe alapján *víz-molekulákra* utaló jeleket találtak a felszínt borító kőzetekben. Ezek a kőzetek igen hasonlítanak a Földön igen gyakori *agyaghoz*, amely a szilikát- és alumíniumvegyületek mellett vizet is tartalmaz. A kutatók összehasonlították a Ceres színeképet földi anyagok színeképeivel, és azt találták, hogy *a kisbolygó össztömegét kb. 10%-ban víz alkotja.* A Ceres felszíni hőmérséklete a Naptól való nagy távolság miatt jóval a víz fagypontja alatt van. Valójában a csillagá-

szok vizjég jelenlétére utaló nyomokat találtak, amely akkor keletkezik, amikor a víz az agyagból eltávozik. Ezek a mérések azt bizonyítanák, hogy a Ceres felülete némileg hasonlít a Föld sarki sapkáihoz.

Újonnan felfedezett Szaturnusz-holdak

1982 februárjában a NASA négy, eddig ismeretlen Szaturnusz-hold felfedezését jelentette be, s további kettőt rögzítettek a Voyager-szondák, de ezeket csak egyszer sikerült észlelniük. Ezekkel az észlelésekkel a *Szaturnusz holdjainak száma 23-ra emelkedett!*

A legbelső újonnan felfedezett hold lényegében a *Mimas pályáján* kering. A *Thetyst* az addig ismert két „kísérőn” kívül egy, de lehet, hogy két, eddig ismeretlen holdacska követi. A *Dionénak* is van a korábban találtakon túlmenően egy kísérője. Egy további holdat találtak a *Thetys és Dione pályája között* is, ez a Szaturnuszt 2,44 nap alatt kerüli meg. Végül a *Dione és Rhea pályája között* is találtak egy holdat, amelynek létezését még nem sikerült minden kétséget kizáróan megerősíteni. A Mimas kísérő hold átmérőjét 10 km-re becsülik, míg a többi újonnan felfedezetté 15 és 20 km között van.

Megtalálták a Halley-üstökösöt?

A Palomar-hegyi 5 m-es távcsővel 1982. október 16-án sikerült a *Halley-üstökös* nyomára bukkanni. A felfedezést a három nappal később készített felvétel teljesen bizonyossá tette. Az észlelés során a Föld körüli pályára küldendő űrteleszkóp egyik kísérleti, CCD-érzékelővel felszerelt kameráját használták. A megtalálás pillanatában az üstökös $8''$ -cel nyugatra tartózkodott az előre megadott helytől, és fényessége $24^m,2 \pm 0^m,2$ volt a vizuális színképtartományban. A fényességből és az ismert távolságból megbecsülték az üstökös magjának méretét, amely (0,5-es albedót feltételezve) $1,4 \pm 0,2$ km-nek adódott.

Pontosabb adatok az óriásbolygók holdjairól és a Plútóról

Tíz éve *D. Morrison* publikálta a következő egyszerű elvet: egy távoli bolygó (hold) sugarát meghatározhatjuk, ha egyidejűleg meg tudjuk mérni vizuális és infravörös fényességét. A vizuális fényesség ugyanis a bolygó a albedójának és d korongátmérőjének szorzatával arányos, míg az infravörös fényesség a $d(1 - a)$ szorzattal arányos. Ez azért van így, mert ha a beeső fénynek (amely napfény lévén a vizuális tartományban

a legerősebb) az a -ad része verődik vissza, akkor az $(1 - a)$ -ad része nyelődik el. Egy távoli (hideg) bolygó vagy hold felületéről viszont az elnyelt napfény *infravörös* sugárzás formájában jön vissza.

Az elv tehát egyszerű, a részletes számítások már bonyolultabbak, s ehhez jön még a szintén nem könnyű mérés, amelyet $\sim 20 \mu\text{m}$ -es hullámhosszon kell elvégezni, ahol a földi vízgőz elnyelése is számottevő. A bizonytalanságot okozó sok tényező miatt a módszertől újat az óriásbolygók kicsi holdjainál és a Plútónál várhatunk.

Az infravörös méréseket *R. H. Brown, D. P. Cruikshank* és *Morrison* végezte a Mauna Kea Obszervatóriumban (Hawaii), amely 4200 m-rel van a tengerszint felett, a Mauna Kea nevű vulkán tetején, s ezért a légköri vízgőz nagy része fölé emelkedik. Eredményüket az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat

Külső égitestek átmérői

égitest	albedó	átmérő (km)
Ariel	$0,30 \pm 0,06$	1330 ± 130
Umbriel	$0,19 \pm 0,04$	1110 ± 100
Titania	$0,23 \pm 0,04$	1600 ± 120
Oberon	$0,18 \pm 0,04$	1630 ± 140
Rhea	$0,60 \pm 0,04$	1530 ± 45
Triton	$0,4 \pm 0,1$	3200 ± 200
Plútó	$0,4$	$3000 (?)$

A Triton és a Plútó esetében igen bizonytalan az eredmény, de a többihez is több bizalommal volnánk, ha a szerzők által közölt táblázatba bekerült volna olyan hold is, amelynek az átmérőjét távcső primer fókuszában való közvetlen mérésből is ismerjük. Talán még annyi tartozik ide, hogy a Plútó átmérőjét mostanában „speckle-interferometria” segítségével is megmérték, s ez szintén 3000—4000 km közötti átmérőre vezetett.

Az Arcturus fizikai jellemzői

A Göncölszékér rúdja mutat az égen az Arcturusra, e sárgás-vöröses csillagra, amelyet szinte mindenki jól ismer, aki az égre kicsit is figyelmesen pillant. A tőlünk látható égbolt legfényesebb csillagai közé tartozik, s ez alapján azt várnánk, hogy fizikai paraméterei jól ismertek. Hogy ez koránt sincs így, azt mutatja, hogy az angliai Cambridge-ben

neves asztrofizikusok gyülekezete is csak elég jelentősen eltérő tömegben tudott megállapodni e csillagra vonatkozóan.

Kezdjük a biztos adatokkal. Trigonometriai parallaxisa $\pi = 0",092 \pm 0",005$, interferometrikus úton megmért átmérője $0",020 \pm 0",001$, amiből $r \approx 28$ Nap-sugárnyi adódik, tehát óriáscsillag, amit az is sejtet, hogy színképe szerint a Morgan—Keenan-osztályozás III. luminozitási osztályába tartozik. (Mint tudjuk, a Nap az V-be, a legfényesebb szuperóriások az Ia-ba.) Színképe igen jól ismert, az „Arcturus Atlasz” feloldása a 0,01 nm nagyságrendjébe esik, úgyhogy színkép vonalainak profilját is jól meg lehet határozni belőle. Ez egyedülálló lehetőséget ad arra, hogy több úton határozzuk meg az effektív hőmérsékletét, a felszíni nehézségi gyorsulását, s felvilágosítást kaphatunk ezen utak megbízhatóságáról is olyan csillagok esetében, amelyeknél csak egy út járható.

A kontinuum és a vonalprofilok tanulmányozása alapján a különböző szerzők $T_e = 4200—4500$ K közötti értéket adnak meg az effektív hőmérsékletre. Ez látszólag szűk tartomány, kicsi a szórás — gondolnánk —, de a luminozitásban már 30%-nyira eltér a két szélsőérték. Még rosszabb a helyzet a felszíni nehézségi gyorsulással: $\lg g = 0,9—2,1$ között változnak a különböző szerzők által a legjobbnak tartott értékek, s mindez a tömegre 0,1—3,5 naptömegnyi értéket egyaránt lehetővé tesz!

A konferencia egyik résztvevője hasonló úton, ahogy az Arcturusra, kiszámította a Nap felszíni nehézségi gyorsulását az FeI- és FeII-vonalakból. Az eredmény $\lg g = 4,14—5,05$ között változott. Itt viszont pontosan tudjuk, hogy $\lg g = 4,44$ -et kellett volna kapnia.

A fennálló nehézségek ellenére is megvan a remény arra, hogy jobb atomfizikai adatokkal pontosan határozzuk meg az Arcturus vagy bármelyik másik csillag légkörének a szerkezetét, s ha a nyitva álló asztrofizikai problémákra (lokális termodinamikai egyensúly, hidrodinamikai jelenségek a csillag légkörében) keressük a pontos választ, előbb-utóbb eljutunk oda, hogy néhány százalékos pontossággal nyilatkozhatunk majd például az Arcturus tömegéről.

A Plejádok rejtélye

Három évvel ezelőtt már hírt adtunk róla, hogy valami „nincs rendben” a Plejádok fősorozatával. Ha a Plejádok fősorozatának felső részét összevetjük a csillagfejlődési elméletekkel, a halmaz korára 70 millió évet kapunk. Ezzel szemben a halmaz kora a kis tömegű csillagoknak a fősorozathoz képest elfoglalt helyzetéből 400—800 millió évnél adódik, ha a kis tömegű csillagok összehúzódási (és ennek során a fősorozatra jutásának) idejét a megfelelő elméletekből vesszük. Ezt az időt abból a

mérési eredményből kapták, amely szerint a fősorozat kb. a 0,3—0,4 naptömegű csillagokig tart. E csillagok látszó fényessége a Plejádok távolságából 15^m.

Az újabb, több csillagra kiterjedő, a halmaz tagjait gondosan kiválogató mérések szerint a három évvel ezelőtt ismertett eredmény kiválasztási hibákkal volt terhelt, és kevés csillagon alapult. Az újabb mérések szerint a *Plejádok fősorozata legalább 17^m-ig tart*, vagyis a fényes és halvány csillagokból levezethető kétféle kor között még nagyobb az eltérés, mint ahogyan azt a három évvel ezelőtti mérések mutatták! Annak eldöntésére, hogy a mérések az elméleti modellek hibáira vagy a halmazban található fényes és halvány csillagok közötti jelentős életkorkülönbségre utalnak-e, a vizsgálatokat más közeli halmazokra, például az α Persei halmazra is kiterjesztik.

A legkisebb vörös törpe

Az eddig ismert legkisebb abszolút fényességű csillag a VB 10-es volt 18,75 abszolút vizuális fényességgel. Angol kutatók most különböző szűrőkkel készített felvételek segítségével megvizsgálták a déli galaktikus pólus irányában a csillagok eloszlását a kéktől az infravörösig terjedő színtartományban. Ennek során azt találták, hogy az *RG 0050—2722 jelű csillag minden eddigi ismert csillagnál halványabb abszolút fényességű!* A csillag abszolút vizuális fényességét +19^m-ra becsülték. Ha azt tételezzük fel, hogy az *RG 0050—2722* a fősorozati csillagokra érvényes tömeg—fényesség-relációt követi, akkor tömegére 0,023 naptömeg értéket kapunk, amely mintegy hússzor nagyobb a Jupiter tömegénél. Elméleti megfontolások szerint a legkisebb csillag, amely magfúzióval energiát képes termelni 0,08 naptömegű. Az ennél kisebb tömegűekben sohasem indul be a fúzió, és fokozatos összehúzódással a „fekete törpe” állapotba jutnak. Mivel a fenti csillag tömegét nem lehet a tömeg—fényesség-reláció extrapolációjával meghatározni, így a tömegre kapott érték még megerősítésre szorul.

A T Tauri kísérője

A hawaii és a marylandi egyetem kutatói a kialudt Mauna Kea vulkánon levő 2,2 m-es távcsővel a teljesen új infravörös speckle-interferometria módszerét alkalmazva felfedezték a T Tauri csillag kísérőjét.

A T Tauri egy csillagtípus jellegzetes képviselője, amely típusra az a jellemző, hogy még az *összehúzódás állapotában van*, s nem érte el a Hertzsprung—Russell-diagram fősorozatát. Az összehúzódást rendszer-

telen fényváltozások kísérik, és ezek az égitestek jelentős tömeget veszítenek az erős csillagszél miatt. Színképükben tipikusak az erős emissziós vonalak. Dacára annak, hogy a T Tauri egy típus jellegzetes képviselője, több olyan tulajdonságát is megfigyelték, amely a típushoz tartozó többi objektumra nem jellemző. Az egyik ilyen tulajdonsága a 2,2 μm -nél megfigyelhető jelentős fényesség-növekedés, amelyet mindeddig egy sűrű, a csillagot övező porfelhő hatásának gondoltak. Ezzel szemben a vele rokon csillagok egyikénél sem sikerült ilyen porburok nyomára bukkanni.

A T Tauri csillagok vizsgálata azért is rendkívül fontos, mert számos kutató úgy véli, hogy valamikor Napunk is átment a T Tauri állapoton, és ez az állapot a bolygók kialakulására nézve is igen jelentős.

A kísérő jelenléte számos problémát megold, például az erős infravörös sugárzást is. A főcsillag igen hasonló az osztály többi tagjához, míg a kísérő, amely 145 CSE-re van a főkomponenstől, mindössze 650 K felszíni hőmérsékletű, és valószínűleg a csillagfejlődés igen korai szakaszában van.

Minikvazár a Tejútrendszer centrumában

A Tejútrendszer központi vidékéről nagy felbontású méréseket készítettek az Új-Mexikóban levő rádióteleszkóp-antennarendszerrel (*VLA = Very Large Array*). A rádiómérésekből összeállított képen a rádiósugárzást kibocsátó forró ionizált gáz jellegzetes S-formát mutat.

Ezt az eredményt jól lehet értelmezni a kvazárok és Seyfert-galaxisok magjára kidolgozott modellekkel. Eszerint a Tejútrendszer centrumában egy *forgó fekete lyuk* lenne található, amely a környezetében levő anyagot magába szippantja. Ez az anyag (a modell alapja) a fekete lyuk körül egy *korongba* rendeződik, és erősen felizzik. Az anyag egy része a fekete lyukba hullik, így hatalmas mennyiségű energiát sugároz ki, míg egy másik része az erős mágneses tér miatt újra kilökődik a korongból, két ellentétes irányú gázáram formájában. Ez hozza létre a jellegzetes S alakot. A fekete lyuk tömegét — a modellszámítás alapja — 100 és 1 millió naptömeg közöttinek becsülik. Mindenesetre aligha valószínű, hogy ekkora fekete lyuk egyetlen csillag szupernóva-robbanásával jött volna létre. Nyitott kérdés, hogy a Tejútrendszer közepén levő fekete lyuk képes-e annyi anyagot magába szívni, hogy elérje egy kvazárban levő fekete lyuk tömegét, és maga is aktív galaxismaggá váljék.

Galaxis a 3C48 kvazár körül

Régóta tudták, hogy a 3C 48-as csillagszerű rádióforrást egy *halvány ködöcske* övezi. Jóllehet, több más kvazárt is megfigyeltek, amelyet halvány, diffúz haló vesz körül, ezek mibenlétét eddig azonban nem sikerült megfigyelések útján tisztázni. Gyanították, hogy a kvazárok igen aktív galaxismagok, és a körülöttük látható haló nem más, mint az *őket körülvevő galaxis*. A kvazárok többsége sajnos olyan messze van, hogy alig van remény a hozzájuk tartozó galaxis megfigyelésére, de a kis vöröseltolódásúaknál ez mégis lehetséges. A kvazár körüli halóban forró gázokra utaló emissziós vonalakat már eddig is sikerült kimutatni, de csillagokra jellemző *abszorpciós* vonalakat még nem sikerült észlelni.

A Palomar-hegyi 5 m-es távcsőre szerelt CCD-kamerával sikerült színeképet készíteni a 3C 48 ködöcskéről, és *ebben csillagokra jellemző abszorpciós vonalakat találtak!* A színeképek alapján ezek a csillagok olyanok, amelyek a csillagkeletkezésben jelenleg is aktív galaxisokban megfigyelhetők. Koruk becslése elég nehéz, de a legfényesebbek valószínűleg legfeljebb 100 millió—1 milliárd évesek. Ezeknek az észleléseknek az alapján úgy gondolták, hogy a kvazárt övező galaxis a spirálisok közé tartozik, habár ilyen távolságból igen nehéz a spirális szerkezet kimutatása. Érdekes, hogy a vékony emissziós vonalokból levezetett vöröseltolódás kb. 400 km/s-mal eltér az abszorpciós vonalokból levezetettől. Ennek az okát eddig még nem sikerült kideríteni.

A galaxisok külső régiói

1982 nyarán a Royal Greenwich Obszervatóriumban konferenciát rendeztek a galaxisok régióiról. Az előadásokban számos új és érdekes eredményről, elképzelésről számoltak be, amelyekből következzenek most itt néhány.

Mindeddig úgy hittük, hogy az *elliptikus galaxisok nem tartalmaznak gázt* — szemben a spirálisokkal. E hiedelmünk alapja az volt, hogy semleges hidrogén (vagy HII)-zónák nyomait nem sikerült kimutatni bennük. A negatív eredmény oka azonban az, hogy nem jól kerestük a csillagközi anyagot az elliptikus galaxisokban, mert az utóbbi időben *forró gázra jellemző erős emissziós vonalakat* sikerült kimutatni, főként az aktív mag táján, amely ionizálja ezt a gázt. Sőt a gáz még valószínűleg forog is! A forgástengely nem esik egybe az elliptikus galaxis egyik optikai tengelyével sem.

Ez utóbbi nem túl meglepő, mert egyre nyilvánvalóbbá válik manapság, hogy az elliptikus galaxisokban *a csillagok igen csekély impulzusnyomatékkal bírnak* — ha egyáltalán van nekik —, s hogy e galaxisok

alakját valami mással kellene magyarázni, például a már keletkezésük-
kor fennállott anizotrópiával. Most ehhez jön az, hogy e csillagrendsze-
rekben mégis van *impulzuszómomentum*, csak az esetleg az eddig ismeretlen
gázkomponensben koncentrálódik. Talán e mozgó gáz kölcsönhatása az
állóval okozná az olyan erős rádiósugárzást, amelyet a Centaurus A-ban
figyelünk meg, s ez még egy elliptikus galaxis felaprózódására is vezet-
het?

Némi vita volt a konferencián a következő szemléletes képről: A spi-
rális galaxisok egy bizonyos galaktikus sugáron túl olyanformák, mint
egy elliptikus galaxis, tehát a *spirálisok szinte egy elliptikusba ágyazva
élnek*. Ennek viszont ellentmond egy mérésorozat, amely szerint a spi-
rálisok „fénydudorainak” intenzitása $R^{1/2}$ szerint változik, míg az ellip-
tikusoké $R^{1/4}$ szerint, ha R a dudor átmérője. Többen érveltek a fény-
dudor léte mellett, s ha ez a saját galaxisunkban is megvan, a kép a
következő: a fiatal csillagok skálamagassága kb. 100 pc, az öregeké
300 pc, s ehhez jönne még egy erősen lapult rendszer — a tulajdon-
képpen dudor — 1,5 kpc skálamagassággal, s csak ezután következne
a gömbszimmetrikus halo, vagyis az az elliptikus galaxis, amelybe ágyaz-
va élünk.

E problémát csak újabb megfigyelésekkel lehet eldönteni, amelyek
egyben a *rejtett tömeg* magyarázatához is hozzájárulhatnak, mert általuk
pontosabbá válnak ismereteink galaxisunk, illetve más galaxisok külső
régióiról. A ma ismeretes csillagszámlálások szerint a Tejút körül nincs
számottevő rejtett tömeg.*

A spirálisok *tengelyforgásáról* is kiderül két érdekes részlet. Az egyik,
hogy a spirálisok rotációs görbéje igen hasonló, csak a skálát kell transz-
formálni. Három típus létezik skála szerint, s ezek nagyjából egybe is
esnek a Hubble-osztályozással. A másik részlet, hogy 18 kettős galaxis
„keringési tömege” nagyobb, mint a tengelyforgásukból adódó. Mivel
a galaxisok tengelyforgását a radiális sebesség eloszlásából mérik —
amint az a centrumtól kifelé haladva változik —, ebből az következik,
hogy még volna tömeg azon a ponton kívül is, amelyik az utolsó „ten-
gelyforgási pont”. Vagyis itt bizonyos rejtett tömeg hatását látjuk, ami
mellesleg a mi Tejútunkból hiányzik.

A legújabb észlelések tükrében úgy tűnik, hogy a Lokális-rendszer-
ben áramlás van a Tejútrendszer és az Androméda-köd között, és hogy

* Ismeretes, hogy a rejtett tömeg hipotézisét annak a megfigyelési ténynek
a magyarázatára vezették be, mely szerint a galaxishalmazok látható —
tehát világító — objektumok formájában jelenlevő tömege nem elég
ahhoz, hogy a galaxishalmazt a tömegvonzás útján stabilizálja. A vilá-
gító anyag és a rejtett tömeg csak *együttesen* elég ahhoz, hogy egy galaxis-
halmaz évmilliárdokon át gravitációsan kötött rendszerként együtt-
maradjon.

a törpegalaxisok (Leo I, Leo II, Sculptor, Fornax) áramot képeznek, akárcsak a „Magellán-áram”, azaz e törpegalaxisok mintegy „zsinigre” vannak felfűzve.

„Virág” a Virgóban

Régóta ismert, hogy az északi égbolton sok a galaxis, a délin kevés. Ennek oka az, hogy a Virgóban van a Lokális-szuperhalmaz közép-pontja. (Az utóbbi években vált egyre nyilvánvalóbbá, hogy a galaxisok *szuperhalmazokba* tömörülnek, s ma már egyre többről derül ki a mérete, szerkezete — azaz a galaxisok eloszlása benne.) A Lokális-szuperhalmaz átmérője mintegy 10 millió fényév, s ezen a távolságon belül az M 87-hez, a szuperhalmaz legkiemelkedőbb objektumához 60 fényes és sok halvány galaxis tartozik. Összehasonlításként annyit, hogy a Tejútrendszer közelében ilyen távolságon belül csak az Androméda-köd, a Triangulum galaxis és néhány halványabb kísérőgalaxis található. Ráadásul az M 87 óriás elliptikus galaxis, párját ritkító tömeggel, luminozitással, mérettel, tehát jogosan lehet e szuperhalmaz közepének tekinteni.

Az utóbbi időben befejezett részletes vizsgálatok 2200 galaxis vöröseltolódására terjedtek ki, s ebből a Hubble-törvény segítségével össze lehetett rakni a Lokális-szuperhalmaz térbeli térképét. Az jött ki, hogy *a galaxisok eloszlása egy virágra emlékeztet!* Valószínűtlennek kell tartanunk azt, hogy ez a minta gravitációs képződmény, inkább talán az ősrobbanás utáni forró állapot inhomogenitásainak kései lenyomata.

Nagy üres térségek az Univerzumban

A közelmúltban készült el az északi égbolt galaxisainak vöröseltolódásáról egy katalógus, amely $14^m,5$ látszó fényességig teljes, míg a déli égbolton hasonló katalógusa 13^m -ig teljes. (Ha a Hubble-állandóra $50 \text{ kms}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ értéket veszünk, akkor egy galaxis 21^m -s átlagfényessége esetén ez a minta 130, illetve 65 Mpc -ig teljes. . Ebből a két katalógusból igen nagy tartományra meg lehetett szerkeszteni a galaxisok térbeli eloszlását, nemcsak a Virgo környékére, amiről az előző hír számol be.

Az egymással kapcsolatban álló galaxisok vizsgálatára bevezették a *korrelációs hosszat*, legyen ez r . Ha r -t túl kicsire választjuk, a kiválasztott galaxis közelében nem találunk másik galaxist, ha túl nagyra vesszük, akkor meg már sokat találunk. Nyilván optimálisan választott r mellett galaxisról galaxisra léphetünk, s ha a mintánk eloszlása nem homogén, számítógép segítségével könnyen összeválogathatjuk azokat a galaxisokat, amelyek valamilyen alakzatba tömörülnek.

E vizsgálat eredménye szerint *a galaxisok 90—95%-a csomókba, vo-*

nalakba és lapokba tömörül, s a mintában az egymillió köbmegaparszek térfogatú űrök (tehát 100 Mpc élű üres kockák!) egyáltalán nem ritkák, lényegében így rajzolódott ki az utóbbi években a *galaxisvilág cellás szerkezete*, vagy ahogy kicsit könnyedebben mondjuk az angol szakirodalom nyomán, a „palacsinta-diagram.”

Ezek az eredmények nem teszik érvénytelenné a homogén és izotróp világmodellből adódó következtetéseket, például az ősrobbanást, mert az üres térrészek térfogata elenyésző az Univerzum általunk jelenleg vizsgálható tartományához képest. Mindazonáltal igen érdekes következtetéseket, spekulációkat váltottak ki az ősrobbanás részleteit illetően. Csak egész röviden, a következőkről van szó: az ősrobbanás után a hűlő gázban különféle kölcsönhatások lehetségesek. E kölcsönhatások milyenségétől függ például az, hogy a gömbhalmaz méretű anyagcseppek jelentik-e az alapvető elemeket, amelyekből a világ *gravitációs sűrűsödés* útján épül föl (miként a falkockákból a kisgyermek háza), avagy éppen ellenkezőleg: a „palacsinta-diagram” milliárd gömbhalmaz-tömegnyi konfiguráció az őselemek, amelyeknek *szétaprózódása* vezet a kisebb egységek — galaxishalmazok, galaxisok, gömbhalmazok, csillagok — kialakulására. S ha például a neutrínók nyugalmi tömege véges, ezek — gravitációs kölcsönhatásuk útján — szintén afféle árnyékgalaxisokká rendeződhetnek.

Szinte a szemünk előtt rajzolódik ki most az Univerzum finom szerkezete. Mindehhez a kiindulási alapot az jelentette, hogy a modern elektronikus képátalakítók jóvoltából ezerszámra vált lehetővé a galaxisok vöröseltolódásának mérése, s ezt az anyagot szorgos munkával katalógusokba rendezték, így lehetővé vált a minta széles körű és alapos elemzése a számítógépek segítségével.

A „palacsinták” és űrök létében nem vagyunk teljesen biztosak, megfigyelési szelekció is vezethet ilyen végeredményre, ezért a közvetlen jövőben az észlelések e gyanús területre fognak koncentrálni, s remélhetőleg hamarosan meghibonyosodhatunk létükről vagy nemlétükről. A jelek szerint azonban véletlenszerű fluktuációval már semmiképpen nem magyarázhatók meg a bizonyosan *valódi* csomók és vonalak a galaxisok eloszlásában.

A SZÁZADVÉG OPTIKAI CSILLAGÁSZATÁNAK MEGFIGYELŐMŰSZEREI

Tekintettel arra, hogy egy csillagász vagy kutatócsoport által megfigyelhető kozmikus objektumok körét s ezen objektumok elemezhető paramétereinek sokaságát igen markánsan megszabják a rendelkezésükre álló távcsövek és egyéb berendezések, mindenképpen indokolt áttekintenünk, hogy milyen műszerekkel dolgozhatnak kollégáink napjainkban, és hogy milyen reményekkel nézhetnek az eljövendő másfél évtized elé.

A jelenleg működő teleszkópok

Jelen cikkben az *optikai csillagászat* körébe soroljuk mindazokat a megfigyeléseket, amelyek a földi légkörön áthatolni képes *ibolyántúli (UV-), látható és infravörös (IR-) sugarak* tanulmányozására irányulnak. Ennek megfelelően igyekszünk szót ejteni mindazokról a műszerekről, amelyek e színek tartományban alkalmasak az elektromágneses sugarak összegyűjtésére, leképezésére. Tekintve, hogy a csillagászati távcsövek teljesítőképességét elsősorban objektívjük (főtükörük vagy tárgylencsájük) átmérője szabja meg, a jelenleg működő teleszkópok közül csak a legnagyobbak felsorolására szorítkozunk.

A világ legnagyobb lensés távcsövei

Kezdjük a legkönnyebben számba vehető műszerekkel, a lensés távcsövekkel vagy más szóval *refraktorokkal*. Ezek legnagyobbjai a múlt század végén épültek, és — minthogy méreteik aligha növelhetők tovább — úgy tűnik, hogy az óriásrefraktorok listája az évezredfordulón sem fog különbözni az *1. táblázatban* felsoroltakétól. Az összes többi meglevő lensés távcső nyílásának átmérője kisebb háromnegyed méternél, és az optikai üzemek jelenleg nem is ajánlanak vásárlóiknak 60—65 cm-nél nagyobb átmérőjű új műszereket.

A legnagyobb működő refraktorok

szabad nyílás (cm)	felállítás helye	obszervatórium neve	átadás éve
101,6	Williams Bay (USA)	Yerkes, University of Chicago	1897
89,5	Mt. Hamilton (USA)	Lick	1888
83,0	Meudon (Franciaország)	Observatoire de Paris	
80,0	Potsdam (NDK)	Zentralinstitut für Astrophysik	1899
		Allegheny	1899
76,0	Pittsburgh (USA)		1914

A Schmidt-teleszkópok

Másodikként vegyük sorra a nagyon szerencsésnek bizonyult Schmidt-féle optikai rendszer elvét alkalmazó távcsöveket. Ezek főtükre mindig szférikus, a gömbi hiba kompenzálására a fényútba helyezett *korrekciós lemez* pedig az egyik oldalán sík, a másik oldalán pedig *negyedrendű forgásfelülettel* határolt vékony korong. Éppen ez utóbbi optikai elem korlátozza a Schmidt-távcsövek átmérőjének további számottevő növelését. Napjaink optikusai ugyanis képtelenek másfél métert elérő vagy azt meghaladó átmérőjű korrekciós lemezeket készíteni.

Az 1983 elején érvényes rangsor a 2. táblázatban látható. A többi működő Schmidt-teleszkóp nyílása nem haladja meg a 90 cm-t. Magyarországon egyetlen (60 cm-es nyílású) Schmidt-távcső üzemel az MTA Csillagászati Kutató Intézete piszkés-tetői megfigyelőállomásán.

A legnagyobb Schmidt-teleszkópok

szabad nyílás (cm)	felállítás helye	obszervatórium neve	átadás éve
134	Tautenburg (NDK)	Karl Schwarzschild	1960
126	Mt. Palomar (USA)	Palomar	1948
124	Siding Spring (Ausztrália)	Royal Observatory, Edinburgh	1973
105	Kiso (Japán)	Tokyo	1976
100	Cerro La Silla (Chile)	ESO	1972
100	Llano del Hato (Venezuela)	C. I. D. A.	1978
100	Kvistaberg (Svédország)	Uppsala (egyetemi)	1963
100	Bjurakán (SZU)	Bjurakáni Asztrofizikai Obszervatórium	1961

A csillagászati reflektorok

A legnépesebb csoportot minden bizonnyal a tükrös csillagászati távcsövek, vagy más szóval a *csillagászati reflektorok* alkotják. Az utóbbi évtizedekben épült minden tíz számottevő méretű távcső közül legalább kilenc ebbe a családba tartozik. Ez nem is csoda, hiszen azonos szabad nyílású műszereket hasonlítva össze, ezek a legolcsóbbak. Így például egy 60—70 cm-es tükörátmérőjű reflektort szinte minden intézet megengedhet magának.

A legelterjedtebb reflektortípusban a *főtükör forgási paraboloid* (homorú), míg a *segédtükör forgási hiperboloid* (domború). Ezt az optikai rendszert nevezik *Cassegrain-félenek*. Egy másik, az utóbbi években egyre népszerűbbé váló megoldás az amerikai *Ritchey* és a francia *Chrétien* által javasolt, amelyben mind a főtükör, mind pedig a segédtükör forgási hiperboloid felületű. Mivel ezt az utóbbi *RC-rendszert* könnyebben korrigálható leképezési hibák terhelik, ezért a kiterjedt objektumok vizsgálatára is szánt távcsöveket rendszerint ilyenre készítik. (Az optikai tengely közvetlen közelében ugyanis mind a Cassegrain-, mind az RC-teleszkópok jó leképezést adnak, de a parabolikus objektívek *kómahibáját* a tengelytől távolabb már igen nehéz kompenzálni. Ezzel szemben — a két hiperboloidtükör után megfelelő korrekciós lencsék helyezve a fény útjába — az RC-távcsöveket akár egy-másfél fok átmérőjű mező torzításmentes leképezésére is alkalmassá tehetjük.)

A csillagászati reflektorok ranglistája a *3. táblázatban* szerepel. A felsorolt tizenegy óriástávcső — mint az látható — elég egyenetlenül oszlik el bolygónk felszínén, hisz mindössze *kettő található közülük a keleti féltekén, és összesen csak három az egyenlítőtől délre*. Ha számításba vesszük a már-már átadásra kerülő két további műszert is (a Dél-Spanyolországban, a *Calar Alto* fölállítandó *3,5 m-es reflektort*, amelynek építésére és üzemeltetésére a Német — Spanyol Csillagászati Központ vállalkozott, továbbá a *Kanári-szigeteken* épülő Observatorio Del Roque De Los Muchachos területén fölállítandó *4,2 m átmérőjű angol teleszkópot*, amely William Herschel nevét viseli), akkor a fenti arányok még jobban eltolódnak az északnyugati glóbusznegyed javára.

Ez az aránytalanság két okból is kellemetlen. Egyrészt az égi egyenlítőtől távol elhelyezkedő objektumok megfigyelésére általában csak azok a műszerek alkalmasak, amelyek az egyenlítőnek *ugyanazon* az oldalán vannak, mint amelyen a tanulmányozni kívánt égitest, másrészt pedig azért, mert a felsorolásból egyértelműen kiderül, hogy például a keleti féltekén elterülő Magyarország csillagászainak szinte alig van esélyük arra, hogy valaha is számottevő mennyiségű észlelési időt kapjanak óriástávcsövet igénylő programjaik, vagy programjaik óriástávcsövet igénylő részleteinek végrehajtására.

A világ legnagyobb tükrös távcsövei

szabad nyílás (cm)	felállítás helye	obszervatórium neve	átadás éve
600	Pásztorok hegye, Zelencsuk, Kaukázus (SZU)	Speciális Asztrofizikai Obszervatórium	1976
508	Mt. Palomar (USA)	Palomar	1948
450*	Mt. Hopkins (USA)	MMT	1979
401	Cerro Tololo (Chile)	Cerro Tololo Inter-American	1976
389,3	Siding Spring (Ausztrália)	Anglo-Australian	1975
381	Kitt Peak (USA)	Kitt Peak National	1973
380,2	Mauna Kea (USA)	Royal Observatory, Edinburgh	1979
360	Mauna Kea (USA)	Canada—France—Hawaii Telescope	1979
357	Cerro La Silla (Chile)	ESO	1976
305	Mt. Hamilton (USA)	Lick	1959
300	Mauna Kea (USA)	Mauna Kea, NASA (IRTF)	1959

* A hat darab 1,8 m átmérőjű trüköből összerakott MMT (több tükrös távcső) fénygyűjtő felületével azonos felszínű, hagyományos építésű teleszkóp szabad nyílása. Érdemes megjegyezni, hogy a távcső feloldó-képessége egy 690 cm szabad nyílású, szokásos építésű reflektoréval egyezik meg!

Hazánkban négy tükröteleszkóp áll a kutatók rendelkezésére. Budapesten és Szombathelyen egy-egy 60 cm, Pizskés-tetőn egy 50 cm nyílású Cassegrain-reflektor, továbbá utóbbi helyen egy 100 cm nyílású RC-távcső.

Csillagászati obszervatóriumok az űrben

Részben a már említett egyenetlen eloszlást is kompenzálnák azok a műszerek, amelyek — *Föld körüli pályára állítva* — bármely csillagászati intézet vagy bármely ország kutatóinak rendelkezésére állnának. Ez azonban csak az egyik, s meglehetősen bizonyos szempontból csupán kisebb előnyük a keringő obszervatóriumoknak „röghöz kötött” rokonaikkal szemben. A sok szempontból fontosabbnak tűnő, bizonyos értelemben forradalminak is nevezhető különbség a Föld felszínére telepített és a körülötte keringő csillagászati megfigyelőműszerek között az, hogy az előbbiekre csak a Föld légkörén áthaladva juthat el a kozmikus objek-

tumok fénye, míg az utóbbiakba *gyakorlatilag* *planétánk atmoszférájának zavaró hatásaitól teljesen mentesen.*

Az ún. *optikai ablak* tehát számottevően kitágítható, és az így felárulköző színeképtartomány határait lényegében csak a fölbocsátott távcső optikai tulajdonságai és a fókuszába szerelt detektorok érzékenységi profilja szabja meg. Éppen, mert a földi obszervatóriumokból nem is tanulmányozható színeképtervallumok észlelésétől várták a legtöbbet a kutatók, mindeddig csak olyan űrtávcsövek kerültek ki a légkörön kívülre, amelyek feladata épp az ilyen „egzotikus” színeképtartományokban való mérések lefolytatása volt.

Valamennyiük közül a talán az *IUE (International Ultraviolet Explorer)* elnevezésű holdacska sikerült a legjobban, amelynek (a népi obszervatóriumok távcsöveinél alig-alig nagyobb) reflektorával fölbecsülhetetlen értékű adatok sokaságához jutottak a csillagászok. Ez a kis műszeresomag viszonylag csöndben készült el és kezdett munkához, de eredményei annál frappánsabban bizonyították, mennyire megéri a befektetést egy-egy ilyen keringő obszervatórium. A világ asztronómusai által várt igazi „csodafegyver” azonban egy — még a Földön is tekintélyes méretűnek számító — nagy reflektor pályára állítása lenne.

A NASA űrteleszkópja

A korábbi tervektől eltérően — részben pénzügyi okokból, részben pedig a segédberendezések és detektorok időközben bekövetkezett látványos fejlődése miatt — az *űrteleszkóp* (korábban *Large Space Telescope* — nagy űrtávcső, jelenleg egyszerűen *Space Telescope*) főtükreinek átmérője lényegesen kisebb lesz három méternél, bár még *240 cm-es átmérőjével* is bejutna Európa öt legnagyobb távcsöve közé!

Jóllehet a távcső felbocsátását csak 1985 elejére tervezik, a műszer szeme, a *főtükör* már elkészült. A gyártó cég, a Perkin-Elmer szóvivője több éves munkájuk eredményét értékelve úgy nyilatkozott, hogy „ez a tükör a valaha gyártott legtökéletesebb nagyméretű optikai elem a világon”. Valóban: egy majd két és fél méteres tükör felületét úgy megmunkálni, hogy az *a vörös fény hullámhosszának hatvanadrésznél* kevesebbel térjen csak el a számított ideális hiperboloid alaktól — tiszteletre méltó teljesítmény! Ezt az ideálisnak nevezhető eredményt a legmodernebb optikai ellenőrző eljárások, a tesztek során kapott eredmények számítógépes kiértékelése és a megkívánt korrekciók maradéktalan végrehajtása tették lehetővé. A tükör 0,000 065 mm vastagságú, *reflexiós bevonatát* ezek után úgy kellett felvinni a polírozott felületre, hogy az ne változtassa meg az ideális felületet. Éppen ezért egy, az óriástükrök készítése során mindeddig soha nem alkalmazott fogást kellett bevetniük. A vákuumkamrában a fonsorozás ideje alatt *a tükröt percnként*

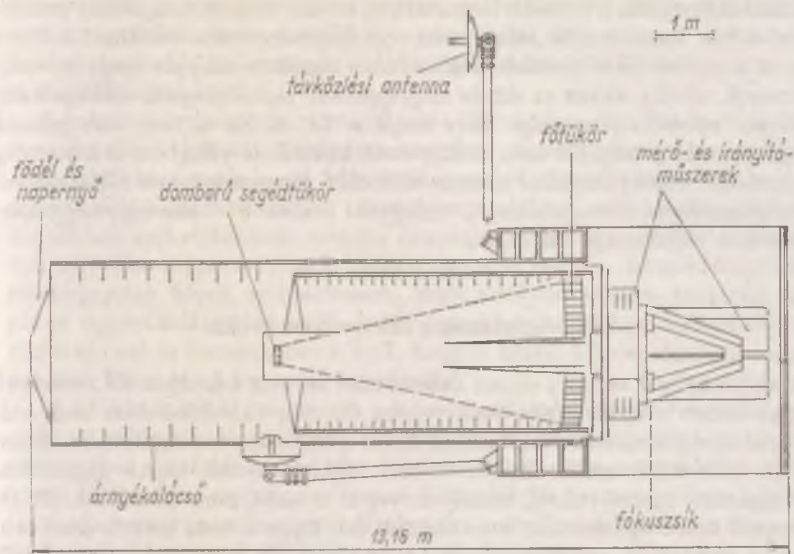
ötször körbeforgatták, ezáltal biztosítva, hogy a tükröző bevonat mindeütt azonos vastagságú legyen. Az objektív gyártásának utolsó fázisában az elkészült alumíniumréteget egy még vékonyabb, s az ibolyántúli sugarakat könnyen áteresztő *magnézium-fluorid védőréteggel* vonták be.

Az elkészült főtükör optikai vizsgálata során kiderült, hogy az a csillagászati szempontból oly fontos *Lyman-alfa vonal hullámhosszán* (121,6 nm) a rászó fény 76%-át reflektálja — méghozzá oly tökéletesen, hogy a tükör optikai tengelyével párhuzamosan érkező fénysugarak egy 0",15 sugarú korongban koncentrálnak! A látható fényt a tükör még jobb (vörösben is 89%-os) hatásfokkal veri vissza, és egészen az 1 μ m-es hullámhosszig csupán 0",1 a kialakuló elhajlási korongocska sugarának látószöge. Érdekes, hogy a tesztelést a távoli infravörös és a mikro-hullámok határán is megismételték, s ebből az derült ki, hogy míg 0,1 mm-en az elhajlási korong sugara 10"-nek felel meg, addig az 1 mm-en már 105". Ezek a mért értékek jól közelítik az elméleti formulákból számítottakat. Az RC-rendszer megvalósításához szükséges domború segéd-tükörrel kiegészülve az optikai berendezés nyílászviszonya $f/24$ -es lesz majd.

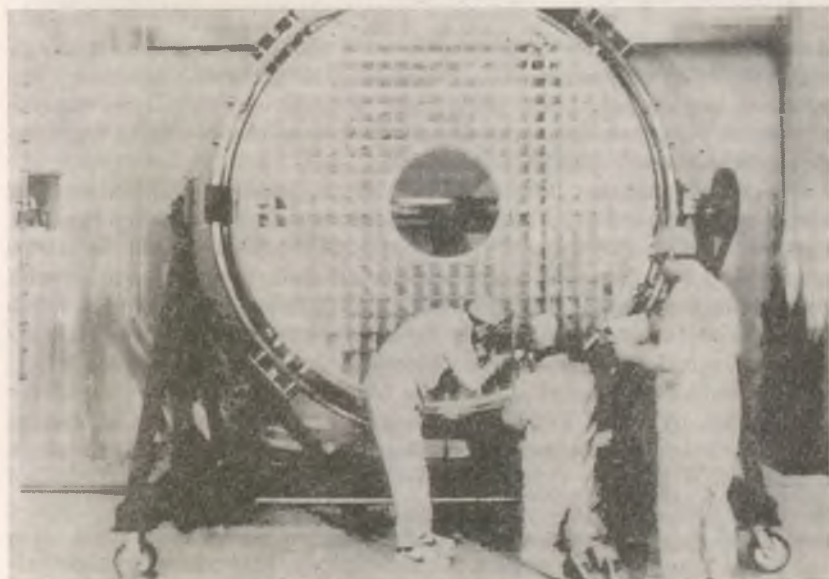
A főtükör alapanyaga a Corning gyár „rendkívül kis hőtágulású üvegnek” nevezett terméke. Ebből az anyagból — hogy a tükör minél könnyebb legyen — két nagy korongot készítettek, s ezeket egy olyan rácsozat két oldalára ragasztották, amelynek elemei vékony falú négyzetes hasábok voltak. Ez a rácsozat szintén a fenti, speciális üvegből készült. Az így kapott, belül meglehetősen üreges test egyik oldali korongját csiszolták és polírozták a kívánt alakra. Végül a két véglapot egy borítópálással kötötték össze, még merevebbé, mérettartóbbá téve ezáltal az egész rendszert. Végeredményben a tükör tömege még a 800 kg-ot sem éri el. Ez annyit jelent, hogy a ragasztásos technológia révén mintegy 60—80%-kal sikerült csökkenteni a Föld körüli pályára szánt obszervatórium talán leg súlyosabb alkatrészének tömegét.

Újdonság a távcső moduláris felépítése is (1. ábra), de a tervezett különleges üzemeltetési körülmények meg is kívánják ezt az újítást a tervezőktől. Az űrtávcső ugyanis minden csillagásztól és technikustól távol, a világűrben, automatikusan fog dolgozni. *Helyszíni javításra* csak egészen egyszerű hibák esetén vállalkozhatnak majd az űrhajósok. Ezért sokkal célravezetőbbnek látszott olyan „építőköckaelv” alapján megtervezni a műszert, amely lehetővé teszi, hogy a teleszkóp egy-egy rosszabbul sikerült, vagy valamilyen előre nem látható esemény miatt meghibásodó részét a távcső szervizét ellátó asztronauták egyszerűen kiemeljék a távcsőből, és rögtön egy működő műszeregységet helyezzenek a helyére, majd visszatérjenek a rossz segédberendezést vagy detektor-rendszert tartalmazó konténerrel.

Az űrtávcső a tervek szerint legalább tizenöt esztendeig lesz majd



1. ábra. A Space Telescope (űrteleszkóp) vázlata (a) és főtükre (b)



működőképes. Ha a fentebb bemutatott, kiváló tulajdonságokkal rendelkező tükrök hozzá méltó színvonalú *segédberendezésekbe* vetítheti a fényt (és ez a tervek és a kísérleti példányok vizsgálata alapján nagyon valószínűnek tűnik), akkor *az általa megfigyelhető leghalványabb csillagok lát-szólagos vizuális fényessége eléri majd a 28^m-t!* Ez a tény azt jelenti, hogy (az eddig még föl nem térképezett kozmikus világban is a jelenleg ismert égi objektumokkal azonos abszolút fényességüket feltételezve) a megfigyelhető Metagalaxis — térfogatát tekintve — mintegy négyszázszorosára tágul majd előttünk.

Távcsőgigászok a kilencvenes évekre

Az alábbiakban néhány olyan óriástávcső terveit vázoljuk föl, amelyek legkorábban a nyolcvanas évek végén, de még valószínűbben csak *századunk utolsó évtizedében* állhatnak majd a tudomány szolgálatába. A kutatók már több emberöltővel ezelőtt is álmodoztak olyan gigantikus csillagászati távcsövekről, amelyek végül is soha nem készültek el. De legyünk most optimisták, s tételezzük fel, hogy a mai tervek nem csupán a rajztároló szekrényeknek és az utánunk következő generációk tudománytörténezeinek készültek!

Konstrukciós alapelvek — régiak és újak

Mielőtt sorra vennénk a többé-kevésbé már kialakult koncepciókat, gondoljuk át, hogy milyen elveket is kell szem előtt tartaniuk azoknak a kutatóknak és mérnököknek, akik részt vesznek egy-egy ilyen távcsőmonstrum terveinek kidolgozásában! Ezeket az elveket talán legszemléletesebb három csoportba sorolnunk.

Első helyen említhetjük (bár ez az első „helyezés” egyáltalában nem jelenti azt, hogy e követelmények a másik kettőnél többet nyomnának a latban) az építendő műszer kívánatos *optikai tulajdonságait*. Köztudomású, hogy a csillagászok azért kívánnak mindig nagyobb és nagyobb távcsövekkel dolgozni, hogy segítségével *minél halványabbnak* látszó kozmikus objektumokat tudjanak érzékelni, illetve hogy a vizsgált objektumokról *minél jobb felbontású, részletgazdag képet* kaphassanak.

Az előbbi követelményt általában a fénygyűjtő felület növelésével (és a nyílászviszony minél kedvezőbb megválasztásával), míg az utóbbit a távcsőobjektív átmérőjének minél nagyobbra tervezésével igyekeznek kielégíteni. A halvány égitestek fényének összegyűjtése szempontjából azonban tulajdonképpen lényegtelen, hogy *egyetlen tükróriás* képezi-e le az illető objektumokat, vagy *egy sereg átlagos méretű tükrök* által alkotott képet kombinálunk össze a fókuszfelületen. Egy „mozaiktükrök” al-

kotóelemeit kellően pontos rendszerré építve elérhető, hogy ez a rendszer határmagnitúdó szempontjából egyenértékű legyen egy (föltehetően sokkal nagyobb nehézségek és költségek árán előállítható) gigantikus monolitikus tükörrel.

A másik követelmény, a minél jobb fölbontása, sem kíván föltétlenül egy darabból készült tükörmonstrumot. Amennyiben viszont kisebb elemekből kívánunk nagy felbontóképességű távcsőtükrot készíteni, az elemek által alkotott képek „összekomponálása” során sokkal körültekintőbben kell eljárunk, mintha csupán a távcső fénygyűjtő képességének növelése lenne a célunk. Ahhoz ugyanis, hogy a mozaiktükör olyan részletgazdag képet szolgáltatson, mint amilyen átlagos átmérője vagy pláne egymástól legtávolabb levő elemeinek távolsága ismeretében várható, azt is biztosítanunk kell, hogy a képet alkotó elektromágneses sugarak *koherensek* legyenek egymással.

Az utóbbi feltétel jelenti azt a láncszemet, amely a tervezendő távcső optikai jellemzőivel szemben támasztott követelményeket összeköti a *mechanikai és elektronikai elemekkel* szemben támasztandókkal. Ezek közül első helyen szokás említeni a távcsőobjektív mozgatását lehetővé tevő *állványzat* (a csillagászok által csak „szerelésnek” említett bonyolult mechanikai konstrukció) kívánatos tulajdonságait.

A távcsőszerelésnek kell biztosítania, hogy a műszerrel a horizont fölött elhelyezkedő égitesteket lehetőleg minden korlátozás nélkül meg lehessen figyelni — azaz ne csupán *beirányozni* lehessen azokat a távcsővel, hanem látszólagos égi pályájukon *követni* is lehessen őket.*

Ugyanennek az elektromechanikai rendszernek kell gondoskodnia arról, hogy a távcső legérzékenyebb optikai elemének, az *objektívnek a paramétereit lehetőleg változatlanok maradjanak*. Ha ez nem érhető el, akkor legalább azt kell biztosítsa, hogy e jellemzők annyira összhangban változzanak, hogy ezáltal az objektív által alkotott kép *állandó minőségű* legyen. E kívánalom magában foglalja a főtükrő megfelelő kompenzálását — a folyamatos mozgatás következtében folyton változó gravitációs erő, valamint a tükrő hőtágulása miatt föllépő mechanikai feszültségek és deformációk kiegyenlítését. Azaz, a tükrot oly módon kell fölfüggeszteni és megtámasztani, valamint termikus stabilitását biztosítani, hogy a tükrő (optikai tulajdonságai és a földi légkör zavaró hatása által meg szabott) képminősége a lehető legjobb legyen.

* Ez utóbbi követelményt azért is emeljük ki, mert a lassacskán népszerűvé váló *azimutális fölállítási* eszközök — a Föld pólusainak és egyenlítőjének kivételével — sehol sem teszik lehetővé az észlelőhely *zenitje* körül átvonuló objektumok követését. Az így kialakuló holt zóna, amely ráadásul éppen arra a területre esik, ahol a földi légkör a legcsekélyebb mértékben zavarja a megfigyeléseket, annál nagyobb, minél nagyobb méretű és tömegű a távcső.

Ugyancsak ettől a rendszertől várjuk el azt, hogy *a távcső objektívjét a többi optikai elemmel állandóan a megkívánt elrendezésben tartsa*, és hogy az optikai rendszer által alkotott képet a kutatók által alkalmazni kívánt segédberendezésekbe és érzékelőkre vetítse.

Bár a távcsöveket az időjárás viszontagságaitól megóvó épületek — korábban egyértelműen kupolák — általában teljesen függetlenek a távcsöveket hordozó állványzattól, ebbe a témakörbe tartozik *a távcső megfelelő védelmének biztosítása* is.

A harmadik elv, amelyet ugyancsak nem lehet figyelmen kívül hagyni a tervezetésnél, a műszer és a védőépület *várható ára*, illetve az új teleszkóp építését finanszírozó intézmény vagy szervezet anyagi teherbíró képessége.

Két további tényező, amely ugyancsak figyelmet érdemel, *a távcső megfelelő elhelyezése* (úgy tűnik, hogy ebből a szempontból már sikerült megtalálni a Föld felszínén arra legalkalmasabb helyeket) és a kitézőtt vagy várható asztrofizikai mérésekhez szükséges *segédberendezések* megépítése.

Utóbbi kettőt, úgy érzem, nem kell az alapelvek körébe sorolnunk. Egyrészt, mert ma már 4200 m-es tengerszint fölötti magasságban is vannak óriástávcsövek, s így minden lehetőség adott az építendő távcső-gigászok legkedvezőbb elhelyezésének kiválasztásához — méghozzá az utak és a szükséges kommunális hálózat kiépültével szinte a várható költségek tekintetbevétele nélkül. Másrészt az utóbbi évszázadokban *éppen a távcsövek* bizonyultak a csillagvizsgálók legmaradandóbb berendezési tárgyainak. Nem véletlen, hogy — neves és anyagi szempontból is elég jól álló — obszervatóriumokban ma is dolgoznak *ötven vagy esetenként még száz évvel ezelőtt készült távcsövekkel!* Az optikai elemek és a távcsőszerelések átlagos élettartamát tehát nyugodtan tekinthetjük fél-száz esztendőnek, ami egyszersmind azt is jelenti, hogy szinte meg sem kísérelhetjük a távcső tervezésének stádiumában fölmérni: *milyen segédberendezésekkel és érzékelőkkel* ellátva, *milyen mérésekre* fogják majd használni utódaink.

Az *elektronika* utóbbi évtizedekben tapasztalt robbanásszerű fejlődése szinte minden évben hozott egy-egy olyan fölfedezést vagy újítást, amely új távlatokat nyitott a megfigyelő csillagászok előtt. (Különösen szomorú, hogy részben anyagi, részben devizális okokból — illetve bizonyos detektorfajták esetében a gyártókra és forgalmazókra érvényes exportkorlátozási intézkedések miatt — a hazai csillagászati kutatóhelyek e látványos fejlődésben *legalább tizenöt-húsz esztendővel elmaradtak* az élvonalbeli obszervatóriumoktól, elsősorban a fényelektromos érzékelők, a képerősítők, az elektronográfia és a félvezető detektorok alkalmazása terén!)

Az eddig felsorolt körülmények tehát csupán arra kötelezik a tervezés-

ben részt vevő szakembereket, hogy a hatalmas összegek árán létrehozandó óriástávcsövek a lehetőségekhez képest „rugalmasak” legyenek — azaz különböző optikai elrendezésekben a lehető legkülönfélébb feladatok megoldására lehessen alkalmazni őket. Lássuk tehát a terveket!

A nancsingi tanulmányterv

1979 október—novemberében két vezető amerikai csillagász és távcsőkonstruktor, *A. Meinel* és *M. Meinel* látogatást tett több kínai obszervatóriumban és optikai kutató—fejlesztő intézetben, mind a Kínai Népköztársaságban, mind pedig Tajvan szigetén.

A pekingi asztrofizikai obszervatórium munkatársai elárulták Meineléknek, hogy legjobban egy 2 m körüli átmérőjű teleszkóp tervezése érdekelné őket, minthogy pillanatnyilag egy ekkora műszerre tudnának pénzt szerezni. Az amerikai csillagászok ezzel szemben azt javasolták, hogy — szakítva az emberöltők során kialakított csillagászati tükörteleszkóp-tervezési hagyományokkal — teljesen új utakon induljanak, s a modern technika nyújtotta előnyök kihasználásával próbáljanak egy kb. 4 m-es főtükörű „*avantgarde*” teleszkópot tervezni, amely (feltehetően) nem lenne drágább a tradicionális kétméteresnél!

Számunkra azért különösen érdekes a tervezés folyamatának nyomon követése, mert a (viszonylag gyors munka eredményeként) megszületett tanulmányterv számos olyan korszakalkotó újítást tartalmaz, amelyek közül remélhetőleg többel is találkozhatunk majd a közeljövőben megépülő távcsöveknél. Ugyancsak jól nyomonkövethető a tervezés során a korábban említett elvek és néhány gyakorlati szempont méltánylása.

Adott volt tehát az a *maximális keretösszeg*, amelyet egy megszokott, kétméteres főtükörű, forgatható és nyitható kupolában fölállított, ekvatoriális szerelésű reflektor költségei jelentettek. (Megjegyzendő, hogy több európai szocialista ország — az NDK, Csehszlovákia, Bulgária — is rendelkezik már ekkora csillagászati távcsővel.) Ugyancsak fontos szempont volt a távcső tervezése során, hogy a főtükör méretei igazodjanak a *kínai optikai ipar jelenlegi teljesítőképességéhez*. Ez egészen pontosan azt jelentette, hogy a leendő főtükör kialakításának céljára öntendő nyerstömb-össztömege nem haladhatja meg a hét tonnát (kb. ekkora üveg- vagy üvegkerámia korong öntésére vállalkozhat napjainkban a sanghaji Xihu üveggyár). Végül figyelembe kellett venniük a tervezőknek, hogy az egész távcsőnek és a védelmére tervezendő épületnek kínai alkatrészekből, kínai vállalatok által megépíthetőnek kell lennie. Tekintve, hogy a két amerikai vendég teljesen új elvek alapján való távcsőtervezés szakértője volt, nem látszott reménytelennek az (első ránézésre egymást szinte kizáró) feltételeknek eleget tenni a reflektor tanulmánytervének elkészítésekor.

Az egész műszer- és épületegyüttes költségeinek alakulása szempontjából a *főtükör méretének és gyújtótávolságának megválasztása* a meghatározó jelentőségű. A korábban említett általános elvek és a kínai csillagászok igazán méltányolható igényei (egyedül a Bíbor-hegység Observatóriumában több mint kétszáz tudományos kutató dolgozik!) azt sugallták, hogy a földi obszervatóriumokban már több helyen alkalmazott, és több szempontból is igen jól kihasználhatónak bizonyult *4 m körüli főtükrű távcsőóriás* építése mellett döntsenek.

A távcső objektívének átmérője azonban önmagában még nem szabja meg az építés várható költségeit. Míg a hagyományos teleszkópok ára ugyanis nagyjából átmérőjük 2,6-es kitevőjű hatványával arányos, eddig a védelmükre szolgáló kupoláké a kupolaátmérő köbével. Ez utóbbi értékét pedig lényegében *a távcső hossza*, egészen pontosan az szabja meg, hogy a műszer mozgatása során mekkora térrészt „söpör” végig. A reflektorok esetében *az első segédtükrő befogására szolgáló tartószerkezet és váz, valamint a főtükröt hordozó és mozgó szerelés méretei* lesznek a mérvadóak.

A segédtükrő tartója akkor tervezhető igazán kompaktra, ha *a főtükrő gyújtótávolsága kicsi*, azaz (adott objektívátmérő mellett) nyílászviszonya nagy. Az évtizedek óta alkalmazott tüköresisolási és -ellenőrzési eljárásokkal azonban nem lehet tetszőleges nyílászviszonyú távcsőtükrőket igazán jó optikai minőségben legyártani. A nyerstömbből eltávolítandó anyag mennyisége ugyanis rohamosan nő a nyílászviszony növekedtével (lényegében ez utóbbi köbével arányos), és ez egyúttal azt is jelenti, hogy a tükör megcsiszolása és polírozása nagyon elhúzódik. Az optikusok ezért általában nem is vállalják az $f/2$ -nél nagyobb nyílászviszonyú óriástükrők készítését. Ennek ellenére, figyelembe véve a legutóbbi években kidolgozott, s csak mostanában elterjedő munkafogásokat és minőségellenőrző módszereket, a tervezőgárda úgy döntött, hogy *a kialakítandó tükrő nyílászviszonya $f/1,5$ legyen!* A kínai optikai szakemberek egyetértettek Meinelékkal abban, hogy ez a *4 m átmérőjű és 6 m fókusztávolságú tükrő* néhány éven belül elkészíthető lesz a KNK-ban.

A tervezett távcső hosszát tehát a lehető legrövidebbre választották, a mechanikai szerelés méreteit viszont elsősorban a *főtükör tömege és felfüggesztésének módja* szabja meg. A 7 t-s tükör alakját ezért úgy kellett megtervezni, hogy egyrészt átmérője a megadott értékű legyen, másrészt mozgatása során a lehető legcsekélyebb deformációkat szenvedje el. Meinelék azt javasolták, hogy *az elkészítendő tükrő pereme legyen a lehető*

legvékonyabb (hisz a nagyobb átmérőjű körgyűrűk egyre nagyobb tömeget jelentenek).*

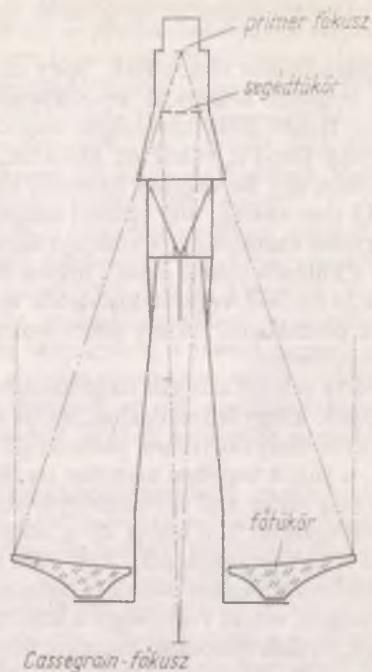
Véleményük alátámasztására elmondták, hogy az Egyesült Államok légierijének Hawaii szigetén fölállított teleszkópjában (USAF Lunar Ranging Telescope = Hold—Föld távolságot meghatározó távcső) egy olyan, 152 cm átmérőjű Cer-Vit tükör az objektív, amelynek keresztmetszete leginkább talán egy *harangé*hoz hasonló. Ez a homorú tükör a peremén mindössze 15 mm vastag, míg optikai tengelye felé fokozatosan vastagodik! A legnagyobb vastagságot a közepén tátongó lyuk pereménél éri el, tekintve, hogy a különös tökröt ezen a helyen rögzítették a mechanikai tartóvázhoz. A távcsővel végzett kísérletek és mérések pedig bebizonyították, hogy a példátlanul vékony tükör semmiféle zavaró leképezési hibát nem eredményezett.

A nancsingi távcsőterv szerint a tükör megtámasztására egy, az objektív hátoldalára erősítendő körgyűrű szolgálna, így az elképzelt tükör metszete egy közepén lyukas mélytányérhoz hasonló (2. ábra). Az objektív tömegét nyolc darab, a tükör testéhez mereven csatlakozó tartó hordozná, amelyek egy 150 mm széles acél támasztógyűrűhöz kapcsolódnának. A gyűrű átmérője nem egészen 3 m lenne, és a tükröknek a gyűrűre támaszkodó része lenne a legvastagabb (kb. 350—400 mm).

Az objektív *hátoldalának* pontos alakját optimalizációs módszerrel határozták meg. A kitűzött cél az volt, hogy a kész tükör tömege ne haladja meg a 6400 kg-ot, és alakváltozásai az adott méretek mellett a lehető legcsekélyebbek legyenek. Az eljárás során egy olyan alakzatot választottak nulladik közelítésnek, amely egy nagy nyílásszögű kúpból úgy nyerhető, hogy előbb egy lapos csonkakúpot alakítanak ki belőle, majd pedig hátulról egy lyukat fúrva a közepébe, azt ugyancsak kúposan kimélyítik. Az optimalizálás során a tükör felületének mind az eredetileg megtervezett paraboloidtól, mind pedig, egy a deformáció hatására legjobban megközelített paraboloidtól való eltéréseit figyelembe vették. Így jutottak el ahhoz a keresztmetszethez, amely végül is 18%-kal kisebb tömegű tükröt szolgáltat a nulladik közelítésként választottnál, és egyáltalán merevebb, alaktartóbb is annál.

A tükröt a zenit vagy a horizont irányába fordítva a fellépő legnagyobb

* A csillagászati távcsövek tükröit mindeddig többé-kevésbé vaskos *korongokból* csiszolták — azaz alig-alig készült olyan óriástükör a világon, amelynek vastagsága számottevő mértékben változott volna az átmérője mentén. A legelterjedtebb tükrőtípusok esetében az optikai tengelyhez közelebb eső tartományokban (középen) volt a legvékonyabb a tükör, és a peremvidéken a legvastagabb. Ezt a formát követelték a legáltalánosabban alkalmazott tükrőtartó és -támasztó rendszerek is, hiszen ezekben a tükör tömege néhány hátlapi, illetve peremi támasztékon nyugodott.



2. ábra. A nanszingi teleszkóp főtükörének különleges keresztmetszete jól kivehető az optikai rendszer vázlatán

deformációk az objektív területének legnagyobb részén még az 5 nm-t sem érik el, és sehol sem nagyobbak 30 nm-nél! E parányi alakváltozások olyannyira minimálisak, hogy a tervezők javasolják annak részletes elemzését, hogy nem volna-e elegendő a nyolc tartó helyett csupán hármat alkalmazni.*

Az optimálisnak tűnő keresztmetszetet — a kínai kollégák javaslatára — óvatosságból határozták meg olyképpen, hogy a tükör belső és külső peremén egyaránt 50 mm vastag legyen. A sanghaji gyárban a Cer-Vit-hez hasonló tulajdonságokkal rendelkező VO—2 jelű anyagból

* Ez a megoldás azzal a különleges előnnyel járna, hogy az oldalirányú erőket kompenzáló három tartó közül kettőt rögzíteni lehetne, és csupán egyetlenegynek kellene ellensúllyal kiegyenlítenie a változó erőhatást. A tartógyűrűre egyébként (az eredeti terv szerint) tizenhat ponton támaszkodna föl a tükör, és e pontok között helyezkedne el szabályos elrendezésben a tükör testébe lehorgonyozott nyolc tartócsap.

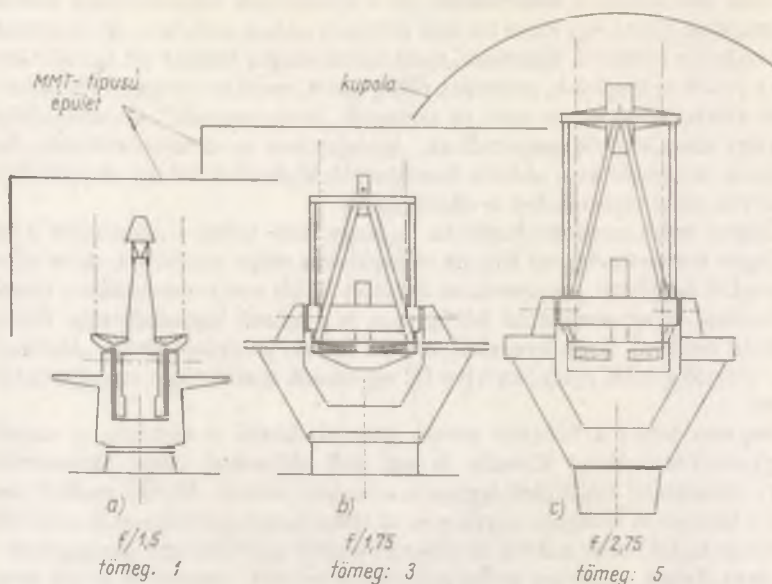
kellene elkészíteni a tükróriást, de a nyerstömb folyamatosan változó vastagsága miatt egy kissé túl kell tervezni annak méreteit. Az óvatosság két okból is célszerű. Egyrészt, mert a különleges formát jól ki kell töltenie a tükrő anyagának, másrészt pedig azért, mert az üvegnek kerámiává való átlalakulása során ezek az anyagok „összemennek”, hozzávetőlegesen egy százaléknyt zsugorodnak. Amennyiben ez a méretváltozás nem teljesen szimmetrikus, akkora feszültségek léphetnek föl az objektívben, amelyek akár repedéseket is okozhatnak.

Éppen ezért megfontolandó az is, hogy nem volna-e célszerűbb e különleges keresztmetszetű tükrök csiszolására szánt tömböket eleve olyan anyagból készíteni, amelynek az öntés és hűtés során minimális a méretváltozása, és egyszersmind hőtágulása is a lehető legcsekélyebb. Elképzelhető például, hogy kvarcból kellene önteni a kívánt alakú „korongokat”, esetleg több rétegben víve föl egymásra a szükséges anyaginennyiséget.

Megvan tehát a főtükrő terve, lássunk hozzá a tartóváz, a szerelés megkonstruálásához! Először is azt kell eldönteni, hogy ekvatoriális vagy azimutális felállítású legyen-e a leendő távcső. Előbbi mellett csupán a távcsövet mozgató szerkezet, az óragép egyszerűsége szól, míg ellene hozható föl óriási mérete és tömege, amely egyszerűen már önmagában is roppant drága, másrészt pedig gigantikus méretű kupolát is kíván maga köré. A másik elképzelhető megoldás, az *alt-azimutális felállítás*, sokkal előnyösebb az össztömeg és a méretek szempontjából (3. ábra), de ennek a szerelésnek közismert hátránya, hogy segítségével csak úgy oldható meg az égi objektumok követése, ha mindkét tengely körül folyamatosan változó sebességgel forgatjuk a műszert.

Ez a követelmény hosszú időn át elriasztotta a konstruktőröket attól, hogy komolyabb megfigyelési programokra szánt csillagászati távcsöveket azimutális állványra szereljenek, de az utóbbi időben már nemcsak az óriástávcsövek között találunk azimutális felállításúakat (amelyeknek roppant tömege kívánja meg ezt a mechanikai szempontból előnyösebb változatot), hanem még az egy méternél kisebb átmérőjűek között is. Ennek az az oka, hogy az elektronikus számítógépek vagy mikroprocesszorok alkalmazásával a feladat roppantul leegyszerűsödik, s az azimutális szerelésnek csupán egyetlen, korábban már említett hátránya marad meg, nevezetesen az, hogy a megfigyelőhely zenitje környékén képtelen követni a kozmikus objektumok mozgását.

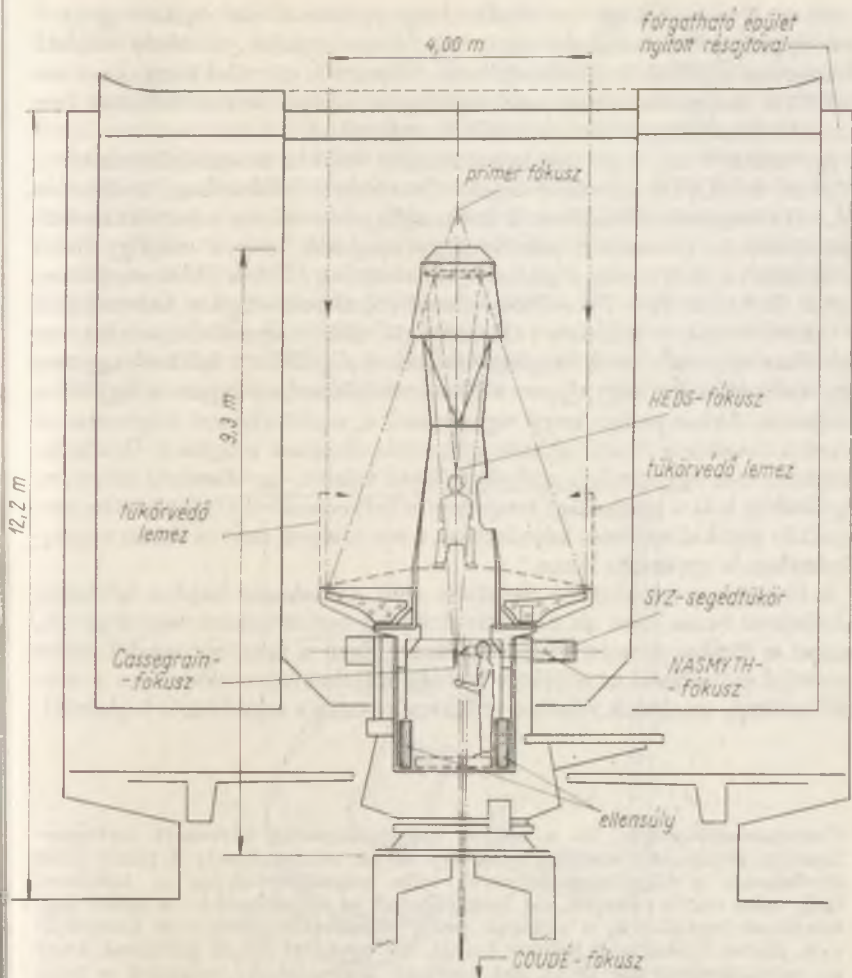
A nancsingi távcsőterv kialakítói tehát azimutális felállítású teleszkóp tervezése mellett foglaltak állást (4. ábra). Tekintve, hogy a tükröt csupán a mögötte megbúvó gyűrű tartja, teljesen fölösleges olyan hagyományos tükrőtartó téglét építeni, amely valósággal körbefogja az objektívet. A főtükrő külső pereménél csupán egy viszonylag gyenge, kis tömegű fémgűrűt kell elhelyezni, melyre a tükröt védő takarólemezek csuk-



3. ábra. Három különböző szerkezetű, 4 m-es tükrű csillagászati távcső méret- és tömegarányai: a) a nancsingi azimutális távcső; b) egy modern, rövid gyújtótávolságú, de klasszikus kivitelű azimutális teleszkóp; c) a Kitt Peak Observatórium óriüstelezkópja

lópántjait rá lehet erősíteni. Ezzel a megoldással a *tükörtartó egység tömegét a hagyományos változatéhoz képest mintegy 65%-kal lehet csökkenteni!*

A nancsingi tanulmányterv talán legszembeötlőbb újítása az, hogy a főtükröt megtámasztó és rögzítő gyűrű *mögött* (illetve általában alatta) helyezkedik el a magassági (vízszintes) tengely két csapágya, amelyek a függőlegesen álló azimuttengelyre szerelt villához kapcsolódnak (l. 4. ábra). Ezzel a megoldással — amely leginkább talán a közepes és kis méretű rádiótávcsövek esetében alkalmazotthoz hasonlítható — sikerült a teleszkóp mechanikájának tömegét tovább csökkenteni. A villának ugyanis csupán akkorának kell lennie, hogy benne a Cassegrain-megfigye-



4. ábra. A 4 m-es azimutális távcső szerkezeti felépítése

lőhely és a távcső ellensúlya elférjen, azaz belső feszávolsága még a 3 m-t sem kell hogy elérje.*

Mindaddig nem esett azonban még szó a távcső optikai részének többi eleméről. Az $f/1,5$ -ös primer fókuszon kívül a tervezők még további négy gyújtópont kialakítására tettek javaslatot (1. 4. ábra). Egy domború hiperbolikus segédtükrő segítségével, amelynek átmérője alig valamivel

lenne csak nagyobb egy méternél, „megnyújtanak” az objektív gyújtótávolságát. Itt a hangsúly azon van, hogy *egyellen, állítható helyzetű Cassegrain-segédtükröt* kívánnak csak felszerelni a reflektorra, és a segédtükrő mozgatása miatt szükségképpen föllépő optikai hibákat *korrekciós lencserendszerekkel* kívánják kompenzálni.

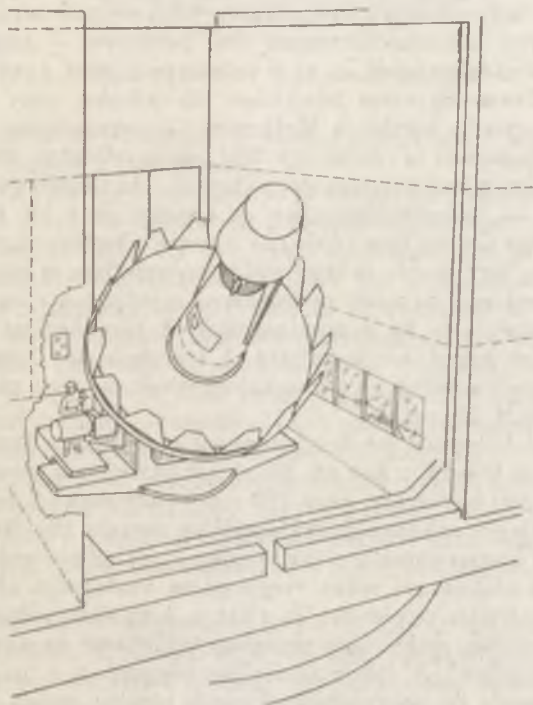
Így érnék el azt, hogy kép keletkezzék a főtükrő és segédtükrő közötti *f/3,9-es, ún. HEDS (Harland Epps—Dan Schulte)-fókuszban*, továbbá az *f/6,3-es Cassegrain-fókuszban*. E két megfigyelési helyen a korrekciós lencserendszerek áteresztési tulajdonságai szabnák meg a megfigyelhető szinképtartományt, míg a primér fókuszban, az *f/7,4-es Nasmyth-fókuszban* és az *f/35-ös Su—Yu—Zhou—Coudé-fókuszban* a légköri áteresztés és a tükrőbevonatok reflexiós tulajdonságai által megszabott szinképtartományban végezhetnének megfigyeléseket. A segédtükrő felületét ugyanis úgy alakítanak ki, hogy éppen a Nasmyth-fókuszban legyen a legjobb a leképezés. Ahhoz pedig, hogy ugyanezzel a segédtükrőrel kaphassanak képet a majdnem ötször akkora gyújtótávolságnak megfelelő Coudé-fókuszban, még egy további görbült felületű tükröt, egy *domború elliptikus segédtükröt* kell a magassági tengelyen elhelyezendő tükrőfoglatatba szerelni. Az optikai rendszer képalakotása a számítások szerint ebben a gyújtópontban is optimális lenne.

A Cassegrain-segédtükrő *foglalatát* sem a szokásos módon kívánják felerősíteni (azaz nem az objektívet övező tartórendszer segítségével), hanem *a főtükrő furatán át* (ld. 4. ábra). Ezen a mintegy másfél méter átmérőjű nyíláson át az objektív tartógyűrűjéhez kapcsolódna az a szűkülő acélcső, amelynek végéhez erősítenék hozzá a segédtükrő foglatatát.

* Összehasonlításképp, ha a tükröt hagyományosan tervezett tartószerkezetbe kívánnánk szerelni, azaz egy olyan vázba, amely a tükrő *fölött* csatlakozik a függőleges helyzetű villa száraihoz, akkor — tekintve, hogy nem volna célszerű, ha leárnyékolná az objektívet — a tükrő foglatának legalább 4, a villának pedig hozzávetőlegesen 5 m átmérőjűnek, illetve nyílásúnak kellene lennie. Ez egyúttal azt is jelentené, hogy az azimuttengelynek és az azt hordozó alapozásnak, valamint a talpcsapágyazásnak is arányosan nagyobbak és erősebbnek kellene lennie. Ez egyrészt tovább növelné a mozgatandó tömeget (erősebb motorokat és fékberendezéseket követelne), másrészt sokkal drágábbá tenné az egész berendezést. A csillagászati távcsövek építésének költségeit ugyanis elég jó közelítéssel két tételből lehet megkapni. A távcső főtükrének árát (1980-as dollárban számolva) kilogrammonként 120 dollárral lehet számítani, míg a „szerelés”, a távcső egyéb részeinek költségeit kilogrammonként 50 dollárral. Ezekkel az adatokkal az objektív ára 762—768 000 dollárnak, a mechanikáé 968 000 és 1 360 000 dollár közöttinek adódnék. Ugy tűnik, hogy e tervek alapján a 4 m-es teleszkóp mindenképpen megépíthető nem egészen 2 millió dollárból.

Ugyanebben a csőben kellene elhelyezkednie a megfigyelőnek is, ha a HEDS-fókuszban kívánna méréseket végezni. (A rajzok alapján úgy vélem, hogy a hely egy kissé szűk, és elég nehezen megközelíthető volna megtermettebb csillagászokké számára, de a kisebb növésű és testsúlyú kínai asztronómusoknak minden bizonnyal kényelmesnek tűnik.)

Az ismertetett tervvázlat alapján megépítendő teleszkóp *össztömege előreláthatólag 30 t körül lenne*, ami nagyjából ötöde a Kitt Peak Nemzeti Observatóriumban hosszú ideje sikeresen működő négyméteres főtükrű reflektorénak! A nancsingi terv további előnye, hogy a távcső magassága a tartópillértől mérve is csupán 9,3 m lenne, míg a segédtükör foglalatának a legtávolabbi pontja mindössze hat méterre volna a magassági tengelytől. E meglepően kompakt távcső köré így valóban csupán egy szerény méretű „kupolát” kellene építeni. A költségek további csökkentése céljából ez a kupola (5. ábra) a távcsővel együtt elforduló,



5. ábra. A tervezett 4 m-es nancsingi azimutális távcső a vele együtt forgó épületben.

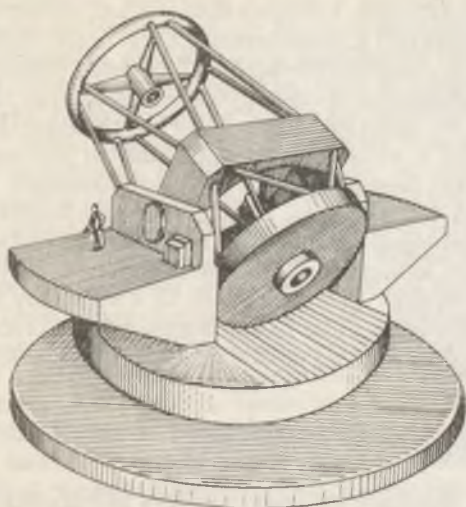
az MMT-éhez hasonló szerkezetű épület lenne, s alig valamivel több mint tizenkét méterrel emelkedne a talaj szintje fölé.

Ha a fentiekben ismertetett tervjavaslat a közeljövőben a KNK gazdasági helyzete miatt talán nem is válik valóra, mindenesetre igen jól szemlélteti azokat a gondokat, amelyek egy-egy új óriástávcső tervezése során fölmerülnek, és egyúttal számos olyan új ötlettel és technikai megoldási javaslattal is szolgál, amelyek mindenképpen hasznos segítséget jelentenek a világ különböző országaiban a távcsőkolosszusok tervezésén fáradozó konstruktőröknek.

A texasiak óriása

Az Egyesült Államok e roppant gazdag, déli olajtermelő államának csillagászat iránt, érdeklődő lakói közül sokan méltánytalannak tartják, hogy szűkebb pátriájukban (ahol oly sok világhírű csillagász is dolgozik) szinte nincs is komolyabb méretű optikai teleszkóp. Éppen ezért talán austini kollégáinknak van a legnagyobb esélyük arra, hogy az új korszakot nyitó távcsőmonstrumok első példánya — magánalapítványokból és közadakozásból — az ő műszerparkjukat gyarapítja majd. Az austini Texas Egyetem irányítása alá jelenleg négy csillagászati intézmény tartozik, köztük a McDonald Observatórium. Ennek legnagyobb csillagászati távcsőve egy 270 cm-es reflektor, amely a nagy kutatói létszám miatt borzasztóan túlterhelt. Az utóbbi évek tapasztalatai szerint az observatóriumban az éjszakai órák kb. 65%-át lehet kihasználni, így azután nem csoda, ha texasi kollégáink régóta álmodoznak róla, hogy egy újabb, ezúttal világviszonylatban is jelentős méretű távcsőhöz jussanak. És miért ne legyen az mindjárt a világ legnagyobb optikai teleszkópja is, ha a magánszemélyek pénztárcáját éppen ezzel a jelzővel lehet leginkább megnyitni. A terveken már hosszú évek óta dolgoznak a szakemberek, és a munkában tevékeny részt vállalt a Kínában járt A. és M. Meinel is.

A tervezett kolosszus minden bizonnyal monolitikus főtükrrű, azimutális felállítású teleszkóp lesz (6. ábra). Objektívjének *átmérőjét hét méterre* (illetve 300 hüvelykre, azaz 762 cm-re) tervezik. A főtükör összehasonlíthatatlanul vékonyabb (valószínűleg csupán 16—20 cm vastag) lenne, mint a konvencionális elvek alapján épült reflektorokéi, amelyeknél a tükör kialakítására szánt üvegporgácsa vastagsága általában eléri az átmérő hatodát, nyolcadát is. (Ezt a korábban alkalmazottaktól teljesen különböző, számítógép vezérlésű tükörtartó és -támasztó rendszer teszi lehetővé.) A tükör átmérőjét elsősorban a napjainkban is meglevő csiszoló- és polírozóberendezések mérete szabja meg, hiszen ha az óriástávcső tükrének elkészítéséhez új gépeket is kellene gyártani,



6. ábra. A texasi 7 m-es távcső makettje

az oly mértékben megdrágítaná a műszer kivitelezését, hogy valószínűleg meg is hiúsítaná a vállalkozást.

A texasi óriás primer gyűjtőtávolsága valószínűleg 600 hüvelyk (15,24 m) körül lesz majd, de elsősorban *Nasmyth-rendszerben* kívának majd észleléseket végezni vele. Ez az optikai elrendezés igen jó összhangban van az alt-azimutális állványzattal, mert így az összetartó, képkalkoló fénynyaláb a magassági tengely furatán át vetíthető ki a kényelmes megfigyelési körülményeket biztosító platformra. Ez a kilátóerkélyhez hasonló, mindig vízszintes helyzetű (a távcső függőleges tengely körüli mozgásában is részt vevő), több tucat négyzetméter kiterjedésű terület a legkülönbözőbb mérő-, érzékelő- és kiértékelőberendezések, -műszerek elhelyezését teszi lehetővé. A tervek szerint, amelyeket *E. Pearson* vezetésével alakítanak ki, a mérőrendszereket oly módon helyezik majd el a Nasmyth-fókuszok körül, hogy nagyon gyorsan át lehessen terelni a fényt az egyikből a másikba, ezáltal is törekedve arra, hogy a meteorológiai viszonyok megszabta észlelési időt minél hatékonyabban használhassák ki.

A távcsövet nem a megszokott formájú, félgömbbel lezárt hengeres kupolába helyeznék el, hanem egy olyan, a távcső azimutirányú forgását követő épületbe, amelynek oldalán egy *igen széles, redőnnyel zárható nyíláson* át tekinthetne ki a műszer a csillagos égre.

A Texas Egyetem már egy előzetes tervezési szerződést is kötött a

teleszkóp részletterveinck kidolgozására a Ford Aerospace nyugati fejlesztőlaboratóriumával, s hozzákezdtek a 25 millió dollárra rúgó költségek fedezetének „össztányérozásához” is. Jelen pillanatban tehát úgy tűnik, hogy a hétméteres távcső ügye a lehető legjobb úton van a megvalósulás felé. Az egyetlen dolog, ami az amerikai kollégákat kissé szkeptikussá teszi a vállalkozással kapcsolatban az, hogy valószínűleg csak akkor sikerül összegyűjteni a szükséges összeget, ha a távcsövet *Texasban* állítják föl. Bár igaz, hogy ebben az államban is vannak elfogadható meteorológiai viszonyokkal megáldott területek, de az is tény, hogy csillagászati szempontból ezek a telephelyek lényegesen rosszabbak például Hawaiiánál. Ezért sokakban az a vélemény alakult ki, hogy a következő évtizedre a világ három legnagyobb távcsöve (a 6, az 5 és a 7 m-es) távolról sem a legideálisabb asztróklímájú környezetben fog majd dolgozni.

Tíz méter átmérőjű reflektor Kaliforniának

Ha ismét abból indulunk ki, hogy mekkora távcsövekkel rendelkeznek napjainkban az új teleszkóp fölállítását tervező berkeleyi California Egyetem csillagásza, róluk is kiderül, hogy alig valamivel állnak csak jobban texasi kollegáiknál. Az ő hatáskörükbe tartozó legnagyobb reflektor a Lick Observatórium 3 m átmérőjű távcsöve. Ezért ők is immáron majd egy évtizede komolyan foglalkoznak azzal a kérdéssel, hogy egy minden eddiginél nagyobb távcső építésére koncentrálják-e szellemi és anyagi erőforrásaikat, vagy inkább több, ma már csak közepesnek, esetleg mérsékeltén nagyméretűnek számító reflektort építtessenek.

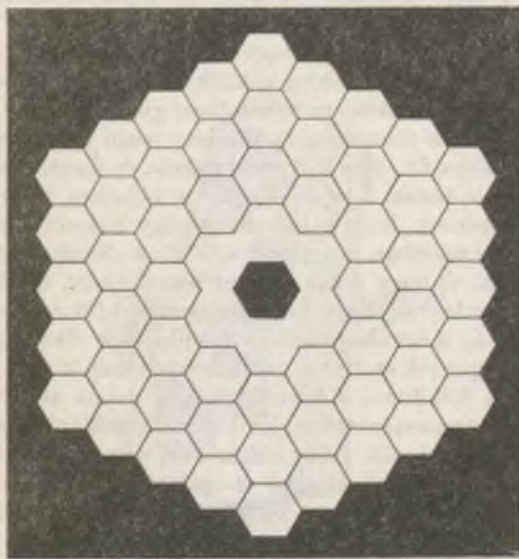
Kétségtelen ugyan, hogy a sokak által hön áhitott *10 m átmérőjű* monstrum valóban számos, eddig reménytelennek tartott mérés elvégzésére alkalmas lehetne (és így minden bizonnyal egy halom új felfedezéssel gazdagítaná a csillagászat tudományát), de az is majdnem ugyanennyire biztos, hogy ezáltal a csillagászok legtöbbszörének alig-alig javulnának meg a távcsőközelbe kerülési kilátásai. Ezért a California Egyetemen a problémakör részletes tanulmányozására egy olyan munkacsoportot alakítottak *D. E. Osterbrock* (Lick Observatórium) vezetésével, amely nemcsak optikai, elektronikai s mechanikai szakembereket, hanem megfigyelő és elméleti csillagászokat is tagjává fogadott. Ez a bizottság végül is arra a következtetésre jutott, hogy meg kell próbálni „összehozni” a 10 m-es főtükrré reflektort, mert pillanatnyilag ez szolgálná hasznosabban a csillagászat érdekeit.

Két tervvázlatot terjesztettek elő a távcsőkoiosszusra. Az egyik szerint annak objektívje *egyetlen darabból* készülne, méghozzá átmérőjéhez képest megdöbbenően vékony (mindössze 10—15 cm vastag) korongból. Egy ilyen óriástükör azonban a mai berendezéseken nem gyártható

le, s ráadásul különböző irányokba állítva a majdani távcsövet olyan feszültségek jönnének létre benne, és olyan deformációkat szenvedne, amelyek kompenzálására még nincsenek kidolgozott módszereink.

Ezért pillanatnyilag sokkal valószínűbb, hogy ha megépül a kaliforniai óriás, akkor annak főtükre *mintegy félszáz kis átmérőjű tükörelemből* áll majd össze. Az ilyen, mozaiktükörnek nevezett összeállítások kétségtelen előnye a monolitikus tükörrel szemben az, hogy össztömegük ugyanakkora hasznos fénygyűjtő felület esetén sokkal kisebb emezekénél, még ha egymással összehasonlítható optikai és mechanikai stabilitásúra készülnek is. A mozaikváltozatot vagy *hatvan darab, egyenként 1,4 m átmérőjű és mintegy 10 cm vastagságú, szabályos hatszög alakú tükörelemből* raknák össze, vagy pedig egy nagyobb középponti elem köré csoportosítanának ötvennégy ilyen kisebb elemet (7. ábra). Az így létrehozott 10 méter átmérőjű objektív tömege kb. 15 t lenne, ami nagyjából megfelel egy tradicionális módon készített 4 m-es tükör tömegének.

A mozaiktükör elemeinek legyártása azonban lényegesen nehezebb feladat, mint a hasonló vagy akár valamelyest nagyobb méretű hagyományos tükörké. A mozaiktükör elemeinek felülete ugyanis *nem forgásszimmetrikus alakzat*, hanem például csupán egy hatalmas forgási paraboloidnak a szimmetriatengelytől távoli darabkája. Jelen pillanatban



7. ábra. A kaliforniai mozaiktükör vázlatos rajza

egyetlen optikai üzem sincs berendezkedve arra, hogy ilyen „féloldalas” tükkörreszleteket gyártson, bár a feladat megoldására már történtek próbálkozások. Elkészült egy olyan, 40 cm átmérőjű aszférikus tükkör, amelynek nyerstömbjét a csiszolás előtt erőszakkal meggörbítették, majd felületét aszférikusan csiszolták. A szükséges pontosságú felület elérése után a deformáló erőket megszüntették, és így a visszaegyenesező tükkör éppen a kívánt és előre számított alakot vette föl. Ez a kísérlet arra utal, hogy talán sorozatgyártásra is be lehet majd rendezkedni a mozaikelemeket csiszoló műhelyben, ami kétségkívül sokkal vonzóbbá tenné az egész vállalkozást az optikai üzemek vezetőinek szemében.

A fölvázolt elképzelés egy másik lényeges pontja, hogy az egyes elemek *szabályos hatszög alakúak* lennének. Ez a „körhöz közel álló” alak egyrészt biztosítja a kialakítandó felület hézagmentes letakarását, másrészt igen kellemes szimmetriatulajdonságai vannak.

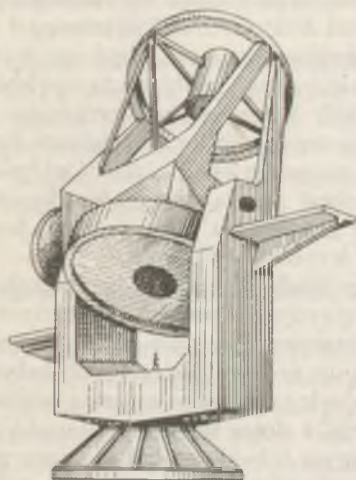
Ha az óriástükkör különálló darabkákból készül majd, akkor egyes elemeit minden bizonnyal olyan tartóvázra és támaszokra kell majd szerelni, amelyek biztosítják az egyes elemek mozgatás közben fellépő deformációinak optimális kiegyenlítését. Az így kialakított „*aktív optika*” vezérlését egy *nagy teljesítőképességű számítógépnek* kell majd biztosítania, méghozzá olyan információk alapján, amelyek részben e tükkormozaik valamelyik fókuszában elhelyezett *képelemző detektorrendszertől*, részben pedig a tükkörelemeken és közöttük telepített, *mechanikai feszültségeket érzékelő detektorokból* származnak. Ez utóbbiakból meglehetősen sokat kell majd készíteni, így nagy előnyt jelent, hogy a hatszögek alkalmazása esetén a szomszédos tükrök közé kerülő nyomásérzékeny eszközök szabványosíthatók, és sorozatban gyárthatók.

A távcsőmonstrum mozgatására természetesen csak *azimutális szerelés* jöhet számításba (8. ábra). Ennek mérete és össztömege lényegesen felülmúlja majd a texasi 7 m-esét, bár a rajzokra tekintve szinte az az érzése az embernek, hogy a két távcső úgy hasonlít egymásra, mint két tojás. Ahogy azonban a tojások között is akadnak gömbölyűbbek és nyúlánkabbak, éppúgy e két műszer sem teljesen egyforma.

A kérdések kérdése — hogy hol állítják majd föl e csúcstartó teleszkópot — ma még megválaszolatlan. Jelenleg két elképzelés látszik elfogadhatónak. Az egyik szerint a már bizonyítottan kiváló asztróklimájú *Hawaiiin* kellene fölállítani a távcsőóriást, a másik szerint pedig Chile területén, az *Atacama-sivatagban*. Előbbi mellett kiépítettségén kívül az is szól, hogy az Egyesült Államokhoz tartozik, míg a latin-amerikai országok kormányzatainak átlagos szolgálati idejét ismerve sokan óva intenek attól, hogy egy ekkora beruházást épp Chilében valósítsanak meg.

Az európaiak gigásza

Az utóbbi tíz-tizenöt évben nemcsak a politika, a gazdaság és az emberi kapcsolatok területén fejlődött sokat a nyugat-európai államok közöisége, hanem tudományos együttműködésük is sokkal szorosabbá, tervszerűbbé vált. Jól megfigyelhető ez a csillagászatban is, hiszen az *ESO* (Európai Observatórium a Déli-félgömbön) ma a világ egyik legeredményesebben működő, legjobban felszerelt tudományos intézménye. Az 1962-ben alakult ESO akkor öt részt vevő állam csillagászainak együttműködésével kezdte meg munkáját, a nyolcvanas évekre pedig szinte minden tehetősebb európai tőkés ország kutatói dolgoznak már benne. Közösen épített csillagvizsgálójuk Chile fővárosától mintegy 500 km-re északra, *Cerro La Silla*n áll, a tengerszint fölött mintegy 2400 m-es magasságban. Ebben az obszervatóriumban a közös távcsöveken kívül (359 cm nyílású tükörteleszkóp, 152 cm nyílású spektroszkópiai reflektor, 147 cm nyílású Coudé-távcső, 108 cm nyílású fotometriai reflektor, 100 cm nyílású Schmidt-távcső, 52 cm nyílású fotometriai reflektor és 39 cm nyílású objektívprizmás refraktor) az egyes tagországok intézetei is fölállítottak csillagászati megfigyelőműszereket (154 cm nyílású Cassegrain-teleszkóp — Dánia; 91 cm nyílású fotometriai reflektor — Hollandia; 61 cm nyílású Cassegrain-teleszkóp — NSZK; 52 cm nyílású Cassegrain-reflektor — Dánia). Az irigylésre méltó távcsőpark használhatóságát növeli a számos, világszínvonalon álló segédberendezés, a



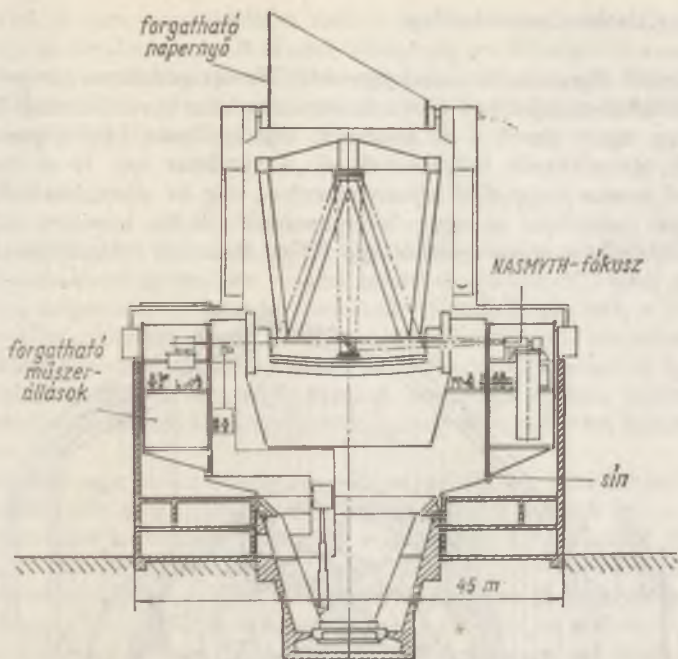
8. ábra. A 10 m-es kaliforniai mammuttávcső terve

kiválóan szervezett fenntartó- és javítószolgálat. Az ESO kutatómunkájában részt vevő csillagászok a rendkívül hatékonyan dolgozó garchingi számítóközpontban dolgozhatják föl méréseik eredményét, és készíthetik elő azokat publikálásra. Vannak tehát lehetőségeik a nyugat-európai kollegáknak, de ők sem akarnak elmaradni az óriásteleszkópok fejlesztésében a szuperhatalmak csillagászaitól, s ezért egy 16 m átmérőjű távcső terveit dédelgetik.

A hallatlan méretű optikai reflektor terveinek két változatán is dolgoznak. Az egyikben a gigantikus főtükröt *mozaikelemekből* állítanák össze, s azok mindenkori helyzetét és alakját néhány ezredmásodpercenként helyesbítenék az optimális leképezés elérése érdekében. Ez a 18 tükrőből álló rendszer 54 ponton való szabályozását kívánná, az *aktív optika* elveinek megfelelő alkalmazásával. Ha ezt a változatot valósítják meg, akkor valószínűleg egy hatalmas, függőleges szárú villában helyezik majd el az objektív foglalatát. Ezen a villán keresztül jön majd ki a képet alkotó fénynyaláb a távcső *egyetlen Nasmyth-fókuszába*.

Ez a különleges, nagy távcsöveknél mindeddig nem alkalmazott megoldás csak akkor lesz célravezető, ha valóban megépül és kielégítően működik majd az a *gyűrű alakú észlelőtér* (9. ábra), amelyet a távcső köré, annak magassági tengelyével egy szintbe terveznek. Ennek a több szintes épületnek (amely talán jól szemléltethető a városmajori Budapest „körszálló” negyedik, ötödik és hatodik emeleti szobái által alkotott vastag falú hengerrel) a műszer azimuttengelyén kialakítandó, gyűrű alakú sínen kell majd elfordulnia, mégpedig vagy a távcsővel együtt (abban az esetben, ha éppen folyik az észlelés egy bizonyos műszer-csoporttal), vagy attól különböző szögsebességgel (olyankor, amikor a gyűrűbe szerelt műszerkomplexumok közül egy másikat akarnak a Nasmyth-fókuszba állítani). A távcsőkolosszus épületének körvonalait egy óriási, 45 m átmérőjű, hengeres konzervdobozra állított vasos „fél karéj kenyéréhez” lehetne hasonlítani. Tekintve, hogy a távcsövet nemcsak éjszaka, hanem nappal is lehetne használni (például infravörös fényben végzendő mérésekre) a hatalmas tetőszerkezetre még egy mozgathatóan felszerelendő „napernyőt” is terveztek, hogy a közvetlen nap-sugárzástól megóvja a műszer optikáját.

Az ESO berkeiben kialakult másik tervjavaslat szerint a 16 m-es tükrővel azonos fénygyűjtő képességű teleszkópot *több kisebb távcsőből* raknák össze. Ez a tervezet *tizenhat darab, egyenként 4 m* átmérőjű, vagy négy darab 8—10 m-es reflektor fölállításával számol. A távcsőrendszer egyes elemeinek megépítése ma már különösebb technikai akadályokba nem ütközik, a dolog legbizonytalanabb pontja a légüres csőrendszer, amely az egyes teleszkópok által összegyűjtött fénynyaláboknak egy *közös Coudé-fókuszban* való egyesítésére szolgálna. Ez a megoldás azért szükséges, mert egyébként a talaj közelében, illetve az épületekben



9. ábra. Az ESO terveiben szereplő óriásreflektor vázlata

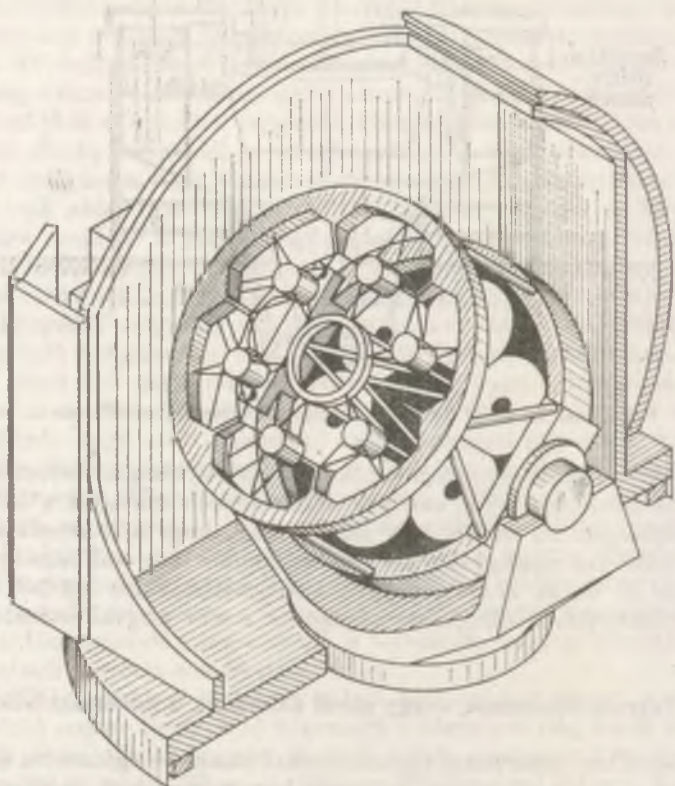
futó fényt mentén olyan légáramlások és örvénylések zavarhatnák meg az egyes nyalábok útját, amelyek számottevően rontanák a keletkező kép minőségét. Ez utóbbi terv mellett szól, hogy a „távcsővel” már akkor is lehetne megfigyeléseket végezni, amikor még csak néhány eleme készülne el, de az is igaz, hogy a fénynyalábokénti hét-hét tükrön való reflexió miatt sokan idegenkednének e terv megvalósításától.

Távcsőkolosszusok, avagy miről álmodnak a konstruktőrök

Az eddigiekben ismertetett elgondolásokat józanul megfontolva azt kell mondjuk, hogy azok *megvalósíthatók*, bár megépítésük megkívánja a technikai fejlesztés jelenlegi ütemének tartását még vagy egy évtizeden át. Azok a tervek viszont, amelyekről alább lesz szó, félig-meddig már légváraknak tűnnek szemünkben. Ha nagyon finoman fogalmazunk, akkor is azt kell mondanunk, hogy kiagyalóik legfőljebb egyik lábukkal állottak holygónk felszínén, míg terveiket készítették.

A második több tükros teleszkóp

Az Arizona Egyetem és annak Steward Observatóriuma távcsőépítési tervei között szerepel egy olyan óriási azimutális távcsőállvány építése, amelyben *nyolc darab 5 m átmérőjű, vékony testű forgási paraboloid felületű távcsőtükör*t helyeznének el. A rendszer *egy 14 m átmérőjű tükörrel azonos fénygyűjtő képességű* volna, míg ha sikerülne kellő pontossággal összesíteni az egyes komponensek alkotta képeket, akkor az *elérhető felbontás szempontjából egy 22 m átmérőjű óriástárcsóval lenne*



10. ábra. Az Observatorio del Roque de los Muchachos (Kanári-szigetek) kíváló klimatikus viszonyainak még teljesebb kihasználására a Royal Greenwich Observatóriumban egy olyan, föltehetően hat darab 7,5 m-es tükörből összeállítandó távcső megépítését fontolgatják, amelynek fénygyűjtő képessége egy 18 m-es objektívvel lenne azonos

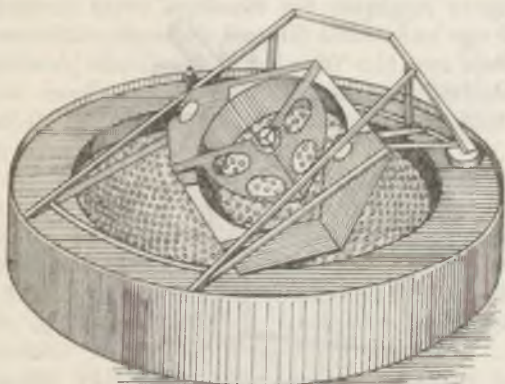
egyenértékű. A terv megvalósítása mellett szól a tervezőknek az az állítása, hogy az általuk javasolt távcső tömege és ára föltehetően nem haladná meg egy szokásos tervezésű 4 m-es tükröteleszkópét. Reméljük, így lesz! Hasonló elveken nyugvó brit terv (hat darab 7,5 m-es távcsőből álló rendszer) látható a 10. ábrán.

Az arecibói serleg

Az óriási optikai távcsövek tervezői több olyan ötletet is alkalmaznak, amelyek a rádiócsillagászatban — ahol hosszú évtizedek óta igazi monstrokkal dolgoznak — már jól beváltak. (Gondoljunk csak a különböző szerelési módokra vagy a több tükrökből tervezett távcsövekre.) Az Amerikai Egyesült Államok kutatói által Puerto Rico szigetén épített és üzemeltetett 305 m átmérőjű paraboloidantenna optikai megfelelőjének szánt *serlegtávcső* (két lényeges különbségtől eltekintve) hasonlóan működne.

Az objektív egy olyan gömbsüveg lenne, amelynek égre tekintő homorú oldalát *sok száz, esetleg több ezer tükrölemből* raknák ki — akár egy extravagáns milliomas tükrökkel csempézett, furcsa alakú fürdőmedencéjét (11. ábra). A tükröket úgy kellene elhelyezni és beállítani, hogy polírozott felületük egyetlen pont körül legyen koncentrikus. Tekintve, hogy a gömbtükrök leképezése nem tökéletes, a szférikus aberráció képrontó hatásának csökkentésére a leképezésben az objektívnek mindig *más-más része* venne csak részt.

Ennek a szabad nyílásnak a kialakítására *a segédtükröt is hordozó kolosszális vázszerkezet* szolgálna, amely csak a gömbsüveg egy részéről



11. ábra. Az arecibói serleg makettje

(felületének kb. 15%-áról) engedné a reflektált fénysugarakat a segédtükörrre. A „távcső” mozgatható részének elemeit úgy alakítanák ki, hogy az égitestek követésekor vagy az újabb égi területekre való átálláskor a segédtükör éppen a főtükör görbületi középpontja körül forduljon el. A javasolt berendezés igen súlyos hátránya (ami az objektív alakjából következik), hogy a képalkotásban a tükörmozaik mindig más-más elemcsoportjai vesznek részt, és ez a mérések kiértékelésénél rendkívül bonyolult számításokat, továbbá időről időre elvégzendő kalibrációs méréseket tesz szükségessé. Érdekes, hogy a serlegtávcsőből — a költségvetés készítői szerint — már 60 millió (1980-as) dollárért meg lehetne építeni egy 25 m átmérőjű példányt.

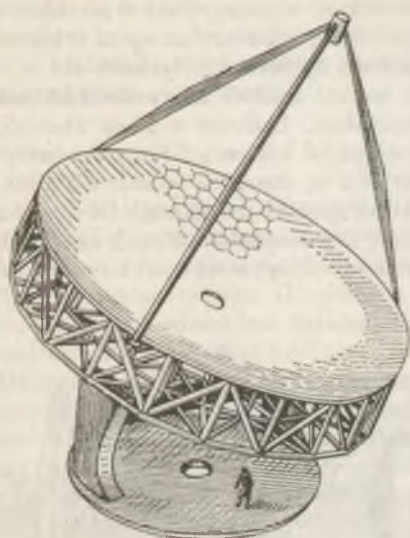
Az NGT terve

A Kitt Peak Nemzeti Observatóriumban 1974 óta foglalkoznak egy korszakalkotóan új távcső terveinek kialakításával. Ez a műszer viselné az *NGT* (*Next Generation Telescope* — a következő nemzedékű távcső) nevet. E műszernek hozzávetőlegesen egy 25 m átmérőjű objektívvel azonos teljesítőképességűnek kellene lennie.

Az egyik, akár a mai műszaki ismeretek birtokában is megvalósítható elképzelés szerint a távcső egy *gigantikus sicipőhöz* hasonlítana (12. ábra). Ez az építmény egy függőleges tengely körül fogatható, vízszintes platformon állna, és mintegy a cipő homorú „rüsztjére” szerelnék a főtükör mozaikelemeit. (Ez a kicsempézett felület 25 m széles és 75 m hosszú lenne, s tekintve, hogy itt is mindig csak a fénygyűjtő felület egy részletét tudnák használni, valójában tényleg egy 25 m átmérőjű



12. ábra. A „nagy sicipőhöz” hasonló NGT vázlata



13. ábra. A rádiótávcsövek antennájához hasonló NGT vázlata

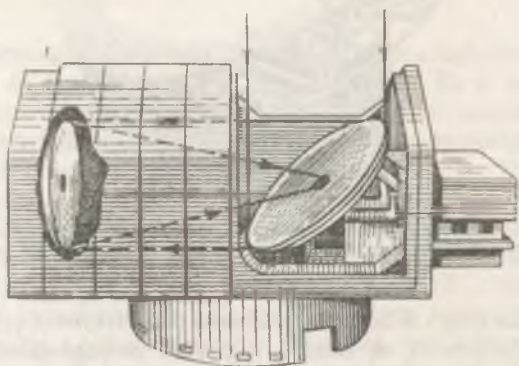
tükörnek felelne meg.) A homorú, szférikus tükröfelületet talán leginkább olyanformán helyeznék el, mint a régi idők csillagászainak fali kvadránsai mentén az észlelést lehetővé tevő görbült lépcsőt. E mellé a tükrőszáv mellé kétoldalt egy-egy hatalmas pillért állítanának, amelyeken a segédtüköröt tartó szerkezet két csapágya nyugodna. Ez a túlméretezett meridiánműszerhez hasonló alkotmány egy 60° -os ív mentén volna mozgatható, lehetővé téve így a 30° -nál nem kisebb magasságban levő égitestek megfigyelését. A többszörösen eltérített fénysugarak a műszer *Coudé-fókuszában*, a főtükrő alsó szakasza mellett építendő laboratóriumban alkotnának képet.

Az NGT egy másik terv szerint a jelenleg üzemelő rádiótávcsövek derékhadának tagjaihoz, a 30 m körüli átmérőjű *paraboloidantennákhoz* lenne hasonlatos (13. ábra). Természetesen szupervékony főtükörrel, amelyet hatszögletű lapokból raknának ki, és a megszokott azimutális szereléssel. Ami ezen a tervezeten különösen szembeötlő, az a segédtüköröt tartó, optikai távcsövekre egyáltalán nem hasonlító, roppant karcsú háromláb.

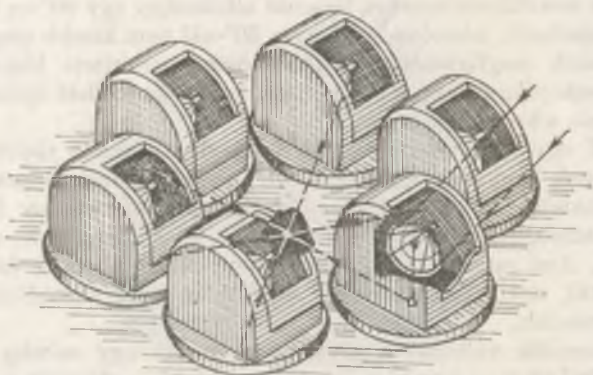
Egy harmadik változat a távcsőmonstrumot egy *mindig vízszintes tengelyű főtükörből* és egy még ennél is nagyobb, a főtükör tengelyével 45° -os szögű bezáró *síktükörből* állítaná össze, gigászi sziderosztát for-

májában (14. ábra). Az objektumok beállítását és követését ebben az esetben az tenné lehetővé, hogy egyrészt a síktükör elforgatható lenne az objektív tengelye körül, másrészt az egész tükrörendszert függőleges tengely körül forgatható épületben helyeznék el.

Van azután egy sokkal inkább megvalósíthatónak látszó terv is a konstruktőrök tarsolyában. Eszerint a 25 m átmérőjű főtükröt helyett egy vele azonos fénygyűjtő képességű távcsőrendszert építenének ki. Ez hat darab, egyenként 10,2 m átmérőjű reflektorból állna (15. ábra). A hat komponens különálló kupolákban állítanak föl egy 45 m sugarú kör mentén, egymástól egyenlő távolságokban. Ennek az elrendezésnek akad a legtöbb híve a kutatók körében, egyrészt mert a rendelkezésükre álló tapaszt-



14. ábra. Az NGT óriás sziderosztátja



15. ábra. A hat darab 10 m-es távcsőből összerakott NGT

talatok birtokában valóban kivitelezhetőnek látszik, másrészt, mert az egymás után elkészülő távcsövek egyenként is használatba vehetők, és nem utolsósorban azért is, mert ha sikerül megoldani a képek megfelelő összejátszását, ez a változat (interferométer üzemmódban) egy kb. 100 m átmérőjű műszerrel lenne egyenértékű!

Egy szovjet távcsőterv

A világ jelenleg működő legnagyobb távcsöve a Szovjetunióban van. Szomszédaink valószínűleg hosszú távon is szeretnék megtartani előkelő pozíciójukat, ezért náluk is folynak a munkálatok egy minden eddiginél hatalmasabb reflektor megtervezésére. Grandiózus elképzeléseik szerint egy 25 m átmérőjű *azimutális teleszkópot* építenének, lényegében hasonló szerkezetűt a meglevőhöz. A lényeges különbség abban lenne, hogy az objektívet *mozaiklapokból* állítanák össze, s az egyes elemek *aktív optikát* alkotnának. A mammuttávcső méreteit jól érzékeleti, hogy *segédtükrének* átmérője lenne 6 m, míg elhelyezésére egy 91 m magas kupola szolgálna! Arról, hogy hol állítanák föl ezt a távcsőkolosszust, semmit sem lehet tudni, de valószínűleg nem a jelenlegi világrekorder közelében, mert ott (a várakozásokkal ellentétben) viszonylag kevés a derült, jól kihasználható éjszaka. A hatalmas erőfeszítések árán építendő műszertől egyébként nem várnak csodákat, hiszen a tervek szerint csupán 1"-es fölbontást kell majd elérnie, ami az optikai tartományban éppen egy 10—12 cm-es átmérőjű teleszkóp *elméleti* föloldási határának felel meg. Így föltehető, hogy a távcsővel elsősorban a *roppant halvány égitestek* megfigyelését tervezik, s nem a finom részletek tanulmányozása lesz majd az elsődleges cél. Megjegyzendő még, hogy a mozaiktükör építésének és az egyes komponensek vezérlésének vizsgálatára építettek már a Szovjetunióban is egy kísérleti elrendezést, amelynek 1,2 m átmérőjű főtükre hét darab állítható helyzetű, hatszögletű tükörlapból áll. Ezzel az AST—1200 kódjelű teleszkóppal sikerült olyan jó minőségű képeket kapniuk, amelyekről megállapítható volt, hogy hibáikat pusztán a légkör paraméterei szabták meg.

És a hazai tervek?

Végül egy rossz hír a magyar csillagászoknak. Magyarországon sem egy *óriási*, sem egy *nagy*, de még egy *közepes* méretű távcső fölállítását sem kívánja finanszírozni senki a jelenleg rendelkezésünkre álló információk szerint. Hasonlóképpen rendkívül korlátozott esélyeink vannak csak rá, hogy valamely *nemzetközi obszervatóriumba* betársuljunk. (Pedig minden bizonnyal célszerű és gazdaságos megoldás lenne a kisebb szocialista

országok számára is egy jól kiválasztott helyen fölépítendő közös modern csillagda építése.) Arra sem igen gondolhatunk, hogy valamelyik igazi nagy távcsővel végezhessünk rendszeres megfigyeléseket. Pedig pillanatnyilag még ez látszanék a legcélravezetőbb megoldásnak, hiszen köztudott, hogy hazánkban nincs is olyan hely, ahol érdemes lenne több millió dollárra rúgó távcsöveket föllállítani! A másutt kellő üzembiztonsággal működő távcsövekhez azonban mindenképpen kifizetődő volna elküldeni csillagászatunk nagyköveteit, hisz egy-egy ilyen megfigyelési periódus során olyan adatok birtokába juthatnának, amelyeket az itthoni műszerekkel vagy soha nem szerezhetnének meg, vagy hosszú évek keserves munkájával kísérlelhetnék csak meg összegyűjteni azokat...

TELEKI GYÖRGY

Csillagászati Obszervatórium, Belgrád

KOZMIKUS ASZTROMETRIA: A HIPPARCOS- ÉS TYCHO-TERVEK

Az ókor nagy csillagásza, *Hipparkhosz* (i. e. II. század) volt az első, aki egy pontosabb, kb. 850 csillag helyzetét tartalmazó katalógust készített (ennek alapján jutott a precesszió felfedezésére), s meghatározta még többek között a Hold parallaxisát is. *Tycho Brahe* (1546—1601) szintén egy — az akkori időkhöz viszonyítva — igen pontos, 788 csillagot magában foglaló csillagkatalógus szerzője. Ez volt az első, teljesen modern csillagkatalógus. Hipparkhosz és Tycho jelentősége igen nagy: mindketten döntően hozzájárultak az *asztrometria* fundamentális jelentőségéhez, így nem meglepő, hogy az Európai Űrhajózási Ügynökség *ESA* = *EuroSpace Agency*) az első kozmikus *asztrometriai* programot Hipparkhoszról, míg az ebből „melléktermékként” kialakuló második tervezetet Tychóról nevezte el. Az *ESA* programjának jelentősége ugyanis feltétlenül egyenrangú Hipparkhosz és Tycho életművével.

A Hipparcos-program keretében kb. 100 000 csillag pozícióit, sajátmozgását és *parallaxisát* határozzák meg, a mai *asztrometriai* mérésekhez viszonyítva közel két nagyságrenddel kisebb hibával! (A Hipparcos név az angol írásmódban is levezethető: *High Precision Parallax Collecting Satellite* — bár így a terv csak egyik, igaz, talán legfontosabb feladatát emeli ki.)

A Tycho-tervezet jóval nagyobb számú csillagot ölel fel, az eredmények kisebb pontosságúak lesznek, de még így is nagy előrelépés lesz a jelenlegi földi mérésekhez képest: tervezet keretében ugyanis egy nagy *fotometriai mérésorozatot* is terveznek.

Az *asztrometria* fejlődése

Az *asztrometria* alapfeladata: meghatározni az égitestek helyzetét rögzítő *fundamentális koordinátarendszert* és az azzal kapcsolatos csillagászati konstansok összességét — mindezeket az égitestek helyzetének és a Föld mozgásának ismeretében. Az *asztrometriát* két részre szokás osztani:

fundamentális asztrometriára — amelyet egyszerűen csak asztrometriának emlegetnek — és *gyakorlati csillagászatra*. Az első a csillagok, bolygók és galaxisok pozícióit, a másik pedig a Föld mozgását határozza meg. Mi e cikkben csak az első résszel fogunk foglalkozni.

Az asztrometria állandó feladata a *csillagok helyzetének meghatározása*. A különböző időpontokban nyert ismételt pozíciómérések alapján meghatározható a csillag legvalószínűbb égi helyzete, sajátmozgása (tehát a csillag helyzetének időbeli változása) és trigonometrikus parallaxisa; mindezek természetesen *egy adott koordinátarendszerben*.

Ez a folytonosan ismétlődő helymeghatározás nem könnyű feladat — nagy figyelmet, és ami igen fontos, sok időt kíván. Néhány évig tart egy

észlelési katalógus

kialakítása. Az utolsó húsz évszázad alatt kb. 2400 ilyen katalógus készült el (meridiánműszerekkel vizuálisan és asztrográfokkal fotografikusan). Az *1. táblázatban* hét katalógus adatait találjuk, amelyek azt kívánják szemléltetni, hogy miképpen is nőtt az *asztrometriai (meridián-) katalógusok pontossága*. Láthatjuk, hogy 2000 év alatt a hiba 4500-szor kisebb lett! A hiba csökkenésének menete természetesen nem volt egyenletes. Ha csak az utolsó két évszázad katalógusait vesszük tekintetbe, akkor azt lehet mondani, hogy azok pontossága kb. 34 évenként megkétszereződött.

A jelenlegi észlelési katalógusok *becsült hibája kb. $\pm 0'',2$* . Ez a pontosság közel van a kortárs földi asztrometriai műszerek maximális lehetőségeihez, valamint ahhoz, amit a földi légkör gyakorlatilag megenged. (Igaz, egyes esetekben ennél nagyobb pontosság is elérhető, de ez nem jelentős, mert csak kis számú csillagról van szó.) Jelenleg megközelítőleg *50 000 csillag helyzetét ismerjük $1''$ — $1'',5$ -nél nagyobb pontossággal*, míg a többiét csak ennél jóval nagyobb hibával. Honnan ered ez a lemaradás?

1. táblázat

A csillagok helyzetét tartalmazó egyes katalógusok becsült hibái

szerző	csillagok száma	epocha	becsült hiba
Ptolemaiosz	1 025	138	$\pm 900''$
Tycho Brahe	1 005	1601	120''
Hevelius	1 564	1661	120''
Flamsteed	2 934	1689	10''
Bradley	3 222	1755	2''
Gill és társai	3 007	1890	0,4''
Høg és tsai.	24 900	1970	0,2''

Az ok főleg abban kereshető, hogy a csillagoknak *sajátmozgásuk* van, ami azt jelenti, hogy változtatják helyüket az égbolton. De az asztrometria szerencsétlenségére a sajátmozgás igen kicsiny nagyságú, és így ezeket az értékeket nehéz meghatározni. *Több, egymástól időben távoli mérésre* van szükség. Ez viszont sok nehézséget okoz, mert például az egy évszázaddal megelőtti mérések súlya mindössze csak százada a mainak.

Érthető tehát, hogy az asztrometriai adatok pontossága csak lassan emelkedett, illetve emelkedik az idő folyamán, és ez a tény *korlátozza az asztrometriai adatokban rejlő információk felfedezését*. Mondjunk erre néhány példát: az i. e. II. századi asztrometriai pontosság elég volt, hogy napvilágra kerüljön a *precesszió*, de 1718-ig kellett várni, míg *E. Halley* felfedezte a *csillagok saját mozgását*, vagy 1838-ig, míg *F. W. Bessel* megállapította egy csillag *parallaxisát* (távolságát).

Mi rejlik még az asztrometriai adatokban — erre nehéz feleletet adni, de az nem vitás, hogy a csillagászat ezen ágának alapvető jelentősége van. Ennek ellenére mind kevesebb csillagászt vonzanak ezek a kutatók. A katalógusok száma a XIX. század végéig állandóan emelkedett, azután pedig egy stagnálás kezdődött, amely végül is a katalógusok számának állandó csökkenését eredményezte. Miért állt elő ez a helyzet? A fő okot abban kell keresni, hogy *egy csillagkatalógus készítése hosszú munkát követel*, és ez a munka ma már nem ad nagy alkotói lehetőséget — közel sem olyat, mint a csillagászat többi ága. Az asztrometriai kutatókkal mind több kutató hagy fel, a fenti okokon kívül azért is, mert hosszú idő óta stagnál a mérések pontossága, vagy ha emelkedik is, csak csigalassúsággal. Ez volt a múltban, ez a jelen helyzet is, de mint látni fogjuk, a jövő ígéretesnek tűnik.

Számított katalógusok

Az észlelési katalógusokból, illetve általában az asztrometriai mérésekből fontos adatokat vezethetünk le. Több észlelési katalógusból ún. *számított katalógust* alakítunk ki. Ezek között a *fundamentálisoknak* nevezettek a legfontosabbak, mert azok rögzítik az adott korszakban az égi koordináta-rendszert.

Jelenleg ilyen az 1963-ból származó, *FK4* jelű katalógus, amely *1535 csillagot* ölel fel. Ez a fundamentális katalógus az 1879-ben megkezdett *FC* katalógus negyedik változata. Érdekes megjegyezni, hogy e sorozat pontossága jelentősen nőtt az idők folyamán: 12 évenként megkétszereződött. Ami az *FK4* valódi pontosságát illeti, az megközelítőleg $\pm 0,1$, de ez a hibaérték (főleg a pontatlan sajátmozgásadatok miatt) állandóan növekszik: kb. 24 évenként megkétszereződik. Ezért mindig újabb és újabb fundamentális katalógusra van szükség; a közeljövőben fog megjelenni az *FK5* jelű.

Sajátmozgás

Jelenleg kb. 300 000 csillag sajátmozgását ismerjük. Ezek nagy részének pontossága $\pm 0,01$ /év, de az FK4 csillagainál (1535 db) a saját mozgás értékeinek hibája csupán $\pm 0,002$ /év. Különben, a meridiánműszerekkel összegyűjtött adatokból (ha a két mérés között legalább 50 év telt el) a saját mozgást kb. $\pm 0,003$ /év-nyi hibával vezethetjük le.

De nagyok a különbségek csillag és csillag között! Bár kis hibának látszik a $0,01$, de az évek folyamán nagyra nő. *Maguk a sajátmozgásértékek sem nagyok*, ezért nem csoda, hogy a távoli múltban a csillagokat állócsillagoknak nevezték. Legnagyobb sajátmozgása ($10,27$ évenként) a Barnard csillagnak van; megközelítőleg száz csillag mozgása nagyobb évi $2''$ -nél, és kb. 4000 csillagé ($21^m,5$ -ig) nagyobb az évi $0,5$ -nél.

Trigonometrikus parallaxis (távolság)

Asztrometrikus módszerekkel (a különböző időpontokban mért adatokból) határozzák meg a csillagok trigonometrikus parallaxisát is. Elvileg ez a legpontosabb módszer a *csillagok távolságának* (parallaxisának) meghatározására, de sajnos csak a *közeli* csillagoknál használható. Ez azért van így, mert a parallaxisszög kicsiny érték — a legnagyobb ($0,762$) a hozzánk legközelebbi Proxima Centaurinál. A meghatározási pontosság sem kielégítő (a legjobb esetben, a fényesebb csillagoknál kb. $\pm 0,01$).

Mindössze 760 csillag parallaxisa nagyobb $0,05$ -nél. Csak pár száz csillag parallaxisát ismerjük az érték 10% -ánál kisebb hibával, és ezek a csillagok mind a Nap közelében vannak — legfeljebb 20 parszek (65 fényév) távolságban. Közel 12 000 csillag parallaxisát határozzák meg napjainkig, de ennek felét 50% -nál is nagyobb hibával! Tehát nyugodtan állíthatjuk, hogy *igen rossz* a helyzet a trigonometrikus parallaxis ismerete terén, és így nem csoda, hogy sok csillagvizsgáló abbahagyta a csillagparallaxisok trigonometrikus módszerrel való meghatározását.

Az asztrometria jövője

Az asztrometria jelenlegi pontossága senkit sem elégít ki — sem az asztrometriával foglalkozókat, sem pedig azokat, akik felhasználják eredményeiket. Már régóta világos, hogy a kiutat nem lehet a klasszikus földi technikával elérni, mert a *földi légkör és a műszerek határt szabnak a pontosság növekedésének*. Csekély ugyanis az a pontosságnövekedés, amelyet a régi típusú műszerek modernizálásával jobb légköri feltételekkel el lehet érni (bár ilyen akciók még ma is vannak, és talán lesznek is a jövőben). Csak *új módszerekkel és technikával* lehet elérni például azt az Amerikai

Egyesült Államok csillagászai által megadott célt, hogy még ezen évtizedben a csillagok (relatív) helyzetének meghatározásánál a hiba ne legyen nagyobb $0,0001$ -nél! Ez fantasztikus kíváncsi — ha csak a mai helyzetet vesszük alapul. Elérni nem lesz könnyű, de úgy látszik, hogy optimistának kell lennünk; a NASA ugyanis már most egy olyan terven dolgozik, amelynek feladata a fenti hibahatárt jelentősen túlszárnyalni: elérni a $0,000001$ -es pontosságot! Ezt látva, az asztrometria előtt nagyserű jövő áll, és a pontosság ugrásszerűen fog nőni.

Jelenleg két hathatós út áll előttünk: az egyik a

rádióasztrometria.

A kozmikus rádióforrások helyzetének meghatározása legpontosabban a *nagyon hosszú bázisvonalú interferometria* (angol rövidítése :VLBI) módszerével végezhető el. (A hosszú bázisvonal azt jelenti, hogy a rádióteleszkópok között néhány ezer kilométer távolság van). Ilyen technikával a források helyzetét remélhetőleg $\pm 0,001$ -es pontossággal lehet majd meghatározni. Ez még nem valósult meg, de minden remény megvan rá: kisebb bázisvonalakkal már elérték a $\pm 0,02$ -es pontosságot! Ezzel kapcsolatban azonban feltétlenül tudomásul kell venni, hogy a fenti technikával *rádióforrások, nem pedig a „látható” csillagok helyzetét mérjük.* Elvileg az optikai és rádiómérések az égitest helyzetére egy ugyanazon értéket kell hogy adják, de a mai gyakorlatban ez nem így van. Ily módon jelenleg külön beszélünk az optikai és külön a rádiópozícióról.

A tisztán optikai helyzetmeghatározásnál legtöbb reményünk a

kozmosz asztrometria

bevezetéséhez fűződik. A kozmikus szó alatt azt értjük, hogy a mérőműszer a *Föld légkörén kívül* (műholdon) van, tehát nem a földfelszínen helyezkedik el. Jelenleg két ilyen terv áll közvetlenül a megvalósítás előtt:

a *Space Telescope* és a *Hipparcos*.

A *Space Telescope* az amerikai NASA és a nyugat-európai ESA közös gondozásában fog megvalósulni, várhatólag 1985-ben, s nem is lesz kimondottan asztrometriai célú kísérlet, mert az észlelési időnek csak kb. hetedét fordítják majd az asztrometriai feladatok elvégzésére. A 2,4 m átmérőjű űrtávcső Föld körüli pályáról 15—20 évig fogja meghatározni az egyes csillagok helyzetét, sajátmozgását és trigonometrikus parallaxisát. A 20^m -nál fényesebb csillagok helyzetét előreláthatólag $\pm 0,01$ -es, a 20 és 27 fényrend közötti csillagokét pedig $\pm 0,03$ -es hibával határozza majd meg. A sajátmozgások végső pontosságára $\pm 0,0001$, a parallaxisára pedig $\pm 0,002$ várható.

A Hipparcos-terv

Az ESA tervezete, amelynek megvalósítása 1986-ra várható, *tisztán asztrometriai jellegű*. Már készül a teleszkóp, az ahhoz kapcsolódó műszerrendszer, és természetesen az észlelési program is. Az ESA gondoskodik a technikáról, mindarról, amit a mesterséges hold majd magával visz, s később pedig a műhold—Föld kapcsolatáról is. Nyugat-Európa csillagászati intézeteinek egy csoportja fogja elkészíteni a kb. 100 000 db, 13^m-ig terjedő fényességű csillagút tartalmazó észlelési programot.

A műhold által összegyűjtött adatok feldolgozását két tudományos közösség vállalja. Ezek *egymástól függetlenül* fogják feldolgozni a mérési eredményeket, s ezt nemcsak az ellenőrzés szigorúsága miatt teszik. A közösségek mindegyikének más és más elképzelése van ugyanis a végső eredmények elérésének útjáról. Nincs még szigorúan meghatározott szabály, miként és mit kell tekintetbe venni a feldolgozásnál, hogyan kell kiegyenlíteni az adatokat, miként kell kialakítani az alap-koordináta-rendszert stb. stb. Ezért szigorúan véve *két független katalógus* megjelenését várhatjuk 1991—92-ben, de ez nem zárja ki, hogy végül is kialakul egyetlenegy Hipparcos-katalógus.

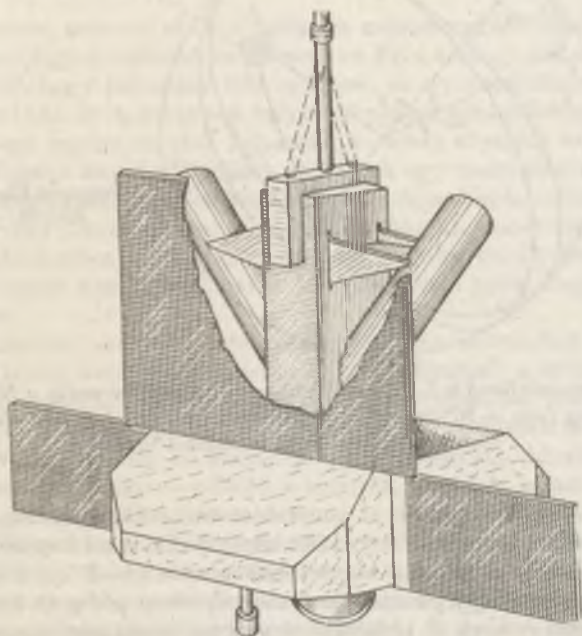
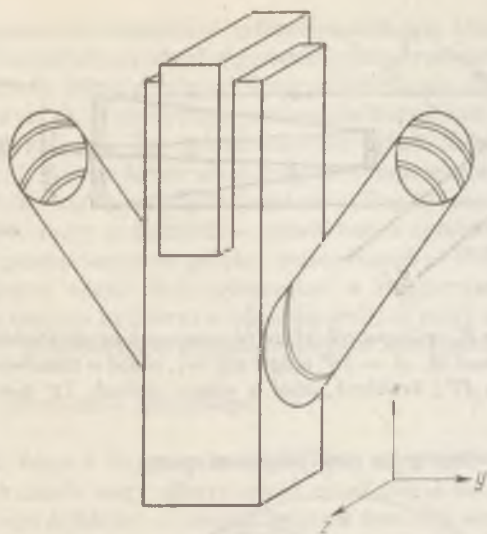
A mesterséges hold működése

Nagy pontossággal mérni az égbolton egymástól távol levő csillagpárok szögtávolságát — ez az alapötlet. Ebből kiindulva az ESA szakemberei egy *V alakú távcső* kidolgozásán munkálkodnak (1. a, b ábra), melynek „karjai” állandó szöget zárnak be. (A műszerre vonatkozó adatok még nem véglegesek, mi itt a legutolsó információkat közöljük; e szerint a szög 68°,5-os lesz.)

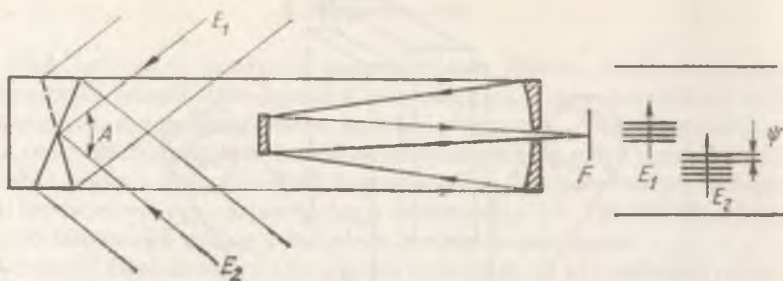
A „karok” irányából bejövő fénysugarak a központi cső alján levő 250 mm átmérőjű *alaptükörre* vetődnek, amelynek felülete két, egymással állandó (szintén kb. 70°-os), szöget bezáró részre oszlik (2. ábra). A sugarak az alaptükörből a *fő-, majd a segédtükörre* jutnak, végül pedig a *távcső fókuszsíkjába*. Itt a két csillag képe egy *optikai rácstra* jut.

A rácson 2945 db rés van, egy-egy rés szélessége: 0,275, a réseket pedig 1,1 választja el egymástól. A távcső *úgy forog tengelye körül* (24 óránként 10 fordulatot tesz meg), *hogy a csillagok képei merőlegesen haladjanak át a réseken*. Az így modulált fénysugár — egy 30"×30"-es ablakon át — az érzékeny fotokatódra jut el.

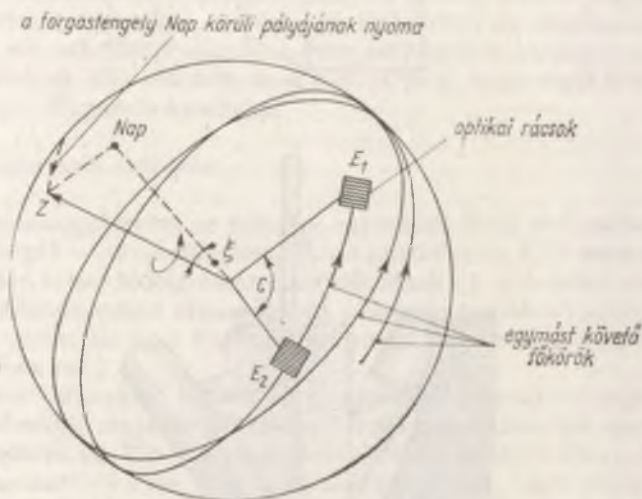
A távcső rotációja adja meg az égbolt főkörét, amely mentén (egydimenziós) koordinátamérés történik (3. ábra). Az elsődleges feladat meghatározni azt a főkörre vetített szöget, amely a két csillag iránya között van (ide tartozik a 2. ábrán látható φ fáziscsúszási szög mérése is). Ha a csillagok helyzetét legalább $\pm 0,5$ pontossággal ismerjük, akkor csak



1. ábra. A Hipparchos kettős távcsöve (a) és a műhold (b) rajza



2. ábra. Az E_1 és E_2 csillagokról érkező fénysugarak az alaptükörrre esnek (a tükör két része egymással kb. $A = 70^\circ$ szöget zár be), majd a tükörrendszeren keresztül a fókuszisikba (F) kerülnek, ahol a rácsra jutnak. Itt mérik a Ψ szöget



3. ábra. A távcső forog a Z-tengely körül, maga a tengely pedig a Naphoz viszonyítva kering (egy $\sim 36^\circ$ -os nyílásszögű kúpot írva le). Így állandóan újabb és újabb főkörökön lehet méréseket végezni

annak a fáziskülönbségnek az ismeretére van szükség, amely a két csillag rácsok által modulált fénye közt létrejön. De ezzel kapcsolatban fontos követelmény a műhold helyzetének pontos (1–2''-nyi) ismerete is. Ezt elsődlegesen négy *giroszkóppal*, másodsorban pedig az ún. *csillagtérképező ráccsal* érik el. A térképezőrács egyes részei párhuzamosak a főrács réseivel, mások pedig ezekkel szöget zárnak be. Az (egy bizonyos

közelítésben) ismert koordinátájú referenciacsillagok áthaladása ezen a résrendszeren *korrekciót* ad majd a giroszkópos helyzetmeghatározáshoz.

A tengely, amely körüli a távcső forog, állandó, kb. 36° -os szöget zár be a Nap irányával (1. 3. ábra), egy precessziós kúpot írva le a Nap körül, kb. 50 napos periódussal. Így fokozatosan az égbolt minden részét sikerül majd kimérni. Két és fél év alatt, míg ez a mérésorozat tart, átlagosan 45-ször méri meg egy-egy kiválasztott csillag helyzetét.

Megjegyzendő, hogy a műhold — amelyben a műszerek tömege kb. 86 kg lesz — geostacionárius pályán kering majd a Föld körül. Mint a hasonló feladatot végző földi műszereket, a Hipparcos-műhold mérőberendezését is nagyon kell óvni a hőhatásoktól, és ezért a távcső hőmérsékletét $\pm 0,1^\circ\text{C}$ pontossággal fogják állandóan ellenőrizni.

A Hipparcos asztrometriai jelentősége

Már említettük, hogy a Hipparcos-tervtől *igen nagy asztrometriai pontosságot* várunk. A másik nagy előnye ennek az akciónak az, hogy *nagy számú — az egész eget behálózó — csillag helyzetét ismerjük majd meg*. A várt hiba $\pm 0,002$, közel százszor kisebb a jelenlegi katalógusokban levő hibáknál.

A Hipparcos mérései után a csillagok sajátmozgását legalább olyan pontossággal fogjuk ismerni, mint most az FK4 csillagjaiét, csak azzal a különbséggel, hogy *hetvenszer több csillagra*, és a pontszerű galaxisokhoz viszonyítva! (Az ilyen galaxisok helyzete ugyanis gyakorlatilag változatlan kell, hogy legyen az idők folyamán — tehát abszolút sajátmozgásértékeket fogunk kapni.) Mindezek az adatok egy viszonylag igen pontos égi koordináta-rendszer felállítását eredményezhetik. Ami pedig a *trigonometrikus parallaxisokat* illeti, a pontosság kb. *ötszörösére* fog növekedni a jelenlegihez képest: 25 parszekig a hiba kisebb lesz 5%-nál, 25 és 50 parszek között 10%-nál, a 100 parszeknél pedig megközelítőleg 20%-os lesz.

A Hipparcostól az asztrometria más területein is haladást várunk. A Föld Nap körüli keringését és tengely körüli forgását a csillagos éghez viszonyítva mérjük. Ha pontosabb csillagkoordinátáink lesznek, akkor *pontosabban határozhatjuk meg a Föld mozgását is*, nemcsak most, hanem a múltba visszamenőleg is. Hasonlóképpen jelentősen növekedni fog a Naprendszer többi tagja — a Hold, a bolygók, a holdak, az üstökösök és a kisholygók mozgásának ismerete is.

Sajnos a Hipparcos—terv során csak egy két és fél éves mérési periódust terveznek. Ez különösen sajnálatos a *sajátmozgások* meghatározása miatt. Jobb volna hosszabb mérési periódus, de még az is eredményesebb lenne, ha a mérés ugyan csak két és fél évig tartana, de egy és negyed év után ötéves pauza lenne, mert ezzel a sajátmozgások meghatározásának pon-

tossága három-négyszeresére emelkedne. Reméljük, hogy a Hipparcos után egy újabb asztrometriai üreszközt is indítanak majd Föld körüli pályára. Ha húsz év múlva ismétlik meg ugyanazon csillagok mérését, akkor a sajátmozgások értékei $\pm 0,0001$ pontossággal lesznek ismeretesekek (2. táblázat).

2. táblázat

Példa a megfigyelési programra

m_{sz}	csillagok száma	teljesség (%)	a teljes megfigyelés idő %-a	átlagos hiba ($\times 0,0001$)		
				lehet	majd-mozgás	parallaxis
< 6	3 000	100	1	1,0	1,4	1,4
6—7	5 400	100	3	1,0	1,4	1,4
7—8	14 800	100	9	1,1	1,5	1,5
8—9	40 800	100	33	1,1	1,6	1,7
9—10	16 000	15	18	1,3	1,9	1,9
10—11	12 000	4	18	1,7	2,3	2,4
11—12	6 000	0,8	12	2,2	3,0	3,1
12—13	2 000	0,1	6	3,0	4,3	4,3
összesen	100 000		100			
átlag				1,3	1,8	1,9

A Hipparcos csillagászati jelentősége

Eddig csak a Hipparcos-terv asztrometriai jelentőségéről szóltunk. Feltétlenül említést kell tenni, ha röviden is, arról, hogy mit várhat a csillagászat többi része ettől a tervtől.

Az asztrofizika egyik igen fontos kívánalma a csillagok reális fényességét megadó abszolút magnitúdó meghatározása. Az abszolút fényesség értékének kiszámításához szükség van a csillag *távolságára*, illetve *parallaxisára*. E tekintetben a Hipparcos nagy segítséget fog nyújtani. Az a remény, hogy a Hipparcos adatainak felhasználásával az abszolút fényesség számításának pontossága 25 parszek távolságig $\pm 0^M,1$, 25 és 50 parszek között $\pm 0^M,15$, 100 parszek körül pedig $\pm 0^M,4$ értékű lesz. A közeli csillagoknál tehát nagy haladás várható, de sajnos a 100 parszek távolságnál az abszolút fényesség értéke még csak statisztikus jellegű lesz — bár akkor is jobb lesz a helyzet, mint ma.

Hány csillagnál jelenthet ez javulást? Ha csak a 11^M -nál fényesebb csillagokat vesszük tekintetbe, akkor 50 parszek távolságig kb. 9000 csillag van, ennek 75%-át a főág menti, F8-tól K7-ig terjedő objektumok alkotják. 50 és 100 parszek között 39 000 ilyen csillag van. Tehát globálisan véve a Hipparcos-tervezet 48 000 csillagnál ad pontosabb

fényesszámítási lehetőséget — ez 9%-át teszi ki a 11^M-nál fényesebb csillagoknak. Ez a javulás sokat fog jelenteni, nemcsak a csillagok egészének vizsgálatánál, hanem az egyes csillagok analizisének is — különösen ha azok „furesza” természetűek.

Így pontosabb Hertzsprung—Russell-diagram kialakítását várhatjuk (a jelenlegi diagramon az objektumok helyzetének átlagos pontossága $\pm 1^M$). Ami pedig az egyes csillagokat illeti, íme egy példa: jobban kelene ismerni a *Be típusú csillagok* helyzetét a HRD-n, hogy megállapíthassuk: ezek milyen kapcsolatban is vannak a normális B csillagokkal; míg ez nem valósul meg, addig nem lehet választ adni arra a kérdésre, hogy a Be csillagok vajon a B csillagok fejlődésének egyik szakaszát jelentik-e vagy sem.

Ha nem lehet kellő biztonsággal megadni a csillagok trigonometriai parallaxisát, akkor az abszolút fényesség értékét jelenleg felbecsülhetjük olyan *statisztikai kapcsolatok* révén is, amely például az ismert parallaxisú csillagok fizikai tulajdonságai és az abszolút fényességek között fennáll. Ezek szerint tehát a nem trigonometrikus parallaxisokat (ahol lehet) az egyes csillagok ismert parallaxisai alapján határozzák meg. Az a vélemény, hogy az ilyen módszerek hitelesítéséhez a trigonometrikus parallaxisokat *legalább 15%-os pontossággal* kellene ismerni! Ha ez így van, akkor a mostani állapotok szerint csak a 15 parszeknél közelebb levő csillagokat használhatjuk fel. Ha teljesen a Hipparcos-terv, akkor ez a határ kb. 75 parszekra tolódik ki, vagyis a jelenleginek ötszörösére. A 75 parszek sugarú térben megközelítőleg 15 000 db, 11^M-nál fényesebb csillag van, amelynek kétharmada a HRD főágán levő F és G típusú csillag.

A Hipparcos összesen *hat nyílthalmaz trigonometriai parallaxisát* fogja meghatározni. Ebből három távolsága kevesebb, mint 100 parszek: az *Ursa Maior* halmaz 23 parszek távolságra, a *Hyadok* kb. 40 parszekre és a *Coma Berenices* halmaz 77 parszekre van tőlünk. Viszonylagosan közel van még három: a *Plejádok* 125 parszekra, a Praesepe 167 parszekra és az Alfa Persei halmaz 167 parszekra. Az *Ursa Maior* halmaz minden tagjának parallaxisát *5%-os pontossággal* fogják meghatározni, ami azt eredményezi, hogy *a halmaz távolságát 1%-os hibával tudjuk majd megállapítani*. Kb. hasonló végső pontosságot várhatunk a 60 tagot számláló *Hyadok*nál is. Ez a nagy pontosság nemcsak azért lesz fontos, hogy a halmazokban (főleg a *Hyadok*ban mint a legérdekesebben) uralkodó viszonyokat megállapítsuk, hanem azért is, hogy egy általános standardot kapjunk a kozmikus távolságok meghatározásánál.

Az abszolút fényesség értékeinek ismerete mellett igen fontos kíváncsi a *csillagok tömegének* meghatározása. Ezzel kapcsolatban az alapadatokat a *kettőscsillagok* adják. Tudnivaló, hogy a kettőscsillagok parallaxisában jelentkező hiba háromszorosan épül be a kiszámított

tömegbe: egy 50%-os parallaxishiba a tömegénél 15%-os bizonytalanságot ad! Jelenleg 500 kettőscsillagnak ismerjük jól meghatározott pályaelemeit, de ezek közül csak 25 kettőscsillag parallaxisát tudjuk 5%-nál pontosabban. Remény van arra, hogy a Hipparcos e számot meg fogja ötszörözni, esetleg tízszerezni.

Ha már a kettőscsillagokról van szó, akkor meg kell említeni, hogy a Hipparcos méréseinek köszönve feltételezhetőleg *sok új kettőst* fogunk megismerni. Itt főleg az egymástól $0'',05$ és $0'',5$ látszó szögtávolság közti kettősökre gondolunk.

Fontos információkat adnak majd a Hipparcos pontosabb saját mozgásértékei is. Ha ezekhez hozzávesszük a csillagok *radiális sebességeit* — amelyek földi technikával való meghatározása a következő években fel fog gyorsulni —, akkor a csillagok *térbeli mozgását* kapjuk meg. Az ilyen térbeli sebességadatok igen fontosak a csillagok egyéni útpályáinak megismerésére a Galaxisban, valamint arra is, hogy következtessünk e csillagok születési helyére.

De a csillagok mozgásával kapcsolatos adatok együttesen is hathatósan felhasználhatók lesznek — mondjuk, a *Galaxis rotációjának* meghatározásánál. Az Oort-féle állandó (B) a csillagok sajátmozgásából vezethető le. Ha a B -t a jelenlegi legpontosabb (FK4-ből származó) sajátmozgásadatokból számítjuk ki, a középhiha akkor sem kisebb 30%-nál. Ez érthető, mert a B értéke ($-0,0021/\text{év}$) nagyságrendileg egyezik a Hipparcos sajátmozgásadatainak várható hibájával. A Hipparcostól így nemcsak a belső pontosság emelkedését várjuk, hanem azt is, hogy szigorúbb kapcsolat alakuljon ki egy *realisabb inerciális koordináta-rendszerrel*.

Még sok ötlet van, hogy mire is lehet majd felhasználni a Hipparcos méréseit. Ime néhány gondolat: kettős kisbolygók felfedezésére, a csillagok körüli sötét követők (fekete lyukak?) regisztrálására, a relativisztikus effektus okozta fényelhajlás meghatározására stb.

A Tycho-terv

A Hipparcos fejlesztése folyamán kiderült, hogy a műhold felszerelése (egy kis hővitéssel) sok más adatot is adhat. Mint már az előbb megjegyeztük, a műhold térbeli helyzetét a két csillagtérképező rácson áthaladó csillagok segítségével határozzák meg. Megállapítást nyert azonban, hogy erre a célra egy térképező is elég. Ha viszont a térképezőket B (kék) és V (sárga) színszűrőkkel szerelik fel, és biztosítják a teljes foton-adattömeg átvitelét a földi központba, akkor egyrészt növelni lehet azoknak a csillagoknak a számát, amelyek helyzetét a jelenleginél (földinél) pontosabban ismerjük, másrészt pedig nagyszámú csillag fényességét (B, V) határozhatjuk meg. Ez a terv kapta a Tycho nevet.

A Hipparcos- és Tycho-mérések várható pontossága,
valamint a jelenlegi földi mérések jellemzői

	pozíció	sajátmozgás	B,V	B—V
Hipparcos (100 000 csillag)	0,002	0,002/év	—	—
Tycho (400 000 csillag, B ≈ 10 ^m -ig)	0,03	0,003/év	0 ^m ,03	0 ^m ,05
Földi technika (a 400 000 csillag legtöbbjénél)	0,7	0,015/év	0 ^m ,3	0 ^m ,2
Tycho (800 000 csillag, B = 11 ^m —12 ^m)	0,10	0,004/év	0 ^m ,1	0 ^m ,1
Földi technika (a 800 000 csillag legtöbbjénél)	5"	—	0 ^m ,5	—

A 3. táblázatban összegezve találjuk a Tycho várható eredményeit és azok pontosságát. Itt összehasonlítást is találunk a jelenlegi helyzettel.

Ebből világosan látható, hogy a Tycho *kisebb pontossággal* adja meg a csillagok — főleg a halványabbak — helyzetét és sajátmozgását, mint a Hipparcos, de még így is sokkal pontosabban, mint a földi technika. De itt nemcsak a pontosságról, hanem az *összesített eredményről* is szó van: ha a földi műszerekkel kellene meghatározni 400 000 csillag adatait, akkor a meridiánműszerekkel 5000 ember/év és az asztrográfokkal pedig legalább 500 ember/év munkára volna szükség (500 ember/év azt jelenti, hogy 500 ember egyenként egy évig, vagy 50 ember 10 évig stb. dolgozik). A Tycho-terv mindössze csak 10 ember/évet követel! Talán azt is lehetne mondani, hogy a Tycho olyan munkát fog elvégezni, amelyet földi távcsövekkel gyakorlatilag sohasem végeznénk el.

A Tycho másik igen fontos eredménye lesz a *fotometrikus adatok meghatározása egy egységes rendszerben*. Jelenleg mindössze csak 70 000 csillag UBV-adatait ismerjük, és ez a szám évente megközelítőleg 5000-rel gyarapodik. Ezt tudva, a Tycho-terv megvalósítása ugrásszerű haladást fog jelenteni. A pontossági tényezők — mint ahogy azt a 3. táblázatban látjuk — még csak fokozzák jelentőségét.

A Tycho-terv sokat fog adni a *változócsillagok* kutatásánál is. Statisztikus felbecsülés szerint $V = 10^m$ -ig kb. 33 000 változócsillag van, de mi jelenleg csak 1500-at ismerünk. Tehát feltehetően sok új változót lehet még felfedezni. Erre a kozmikus asztrometriai terv is lehetőséget ad, mert az észlelések különböző időpontokban történnek. (Egy-egy csillag fényességét a két és fél év alatt átlagosan 45-ször fogják meghatározni.) Az észlelések adatait ráadásul különböző időközökben kap-

juk: a két különböző látómezőben való észlelés között 1640^s , míg a két ugyanazon látómezei között 8640^s telik el. A négy (néha még több) ilyen észlelés megismétlődik, háromszor (vagy négyszer) kéthónaponként, mindez pedig hathónaponként. De lesz lehetőség kisebb időközökben is mérni: a B és V térképező között 30^s , az ugyanazon térképező két (vertikális és dőlt) résrendszere között 4^s , minden résrendszer 8 rése között kb. $0^s,02$ az időkülönbség. Tehát tényleg alkalom fog nyílni több csillag időben változó természetét felismerni, különösen pedig azokat a változásokat, amelyek kis amplitúdójúak. Még arra is lehet számítani, hogy a Tycho-terv keretében *nóva- és más kitöréseket* lehet felfedezni a csillagokon. Gondolnak arra is, hogy az ilyen adatokat a lehető legrövidebb időn belül kell eljuttatni a földi csillagvizsgálókhoz.

A HALLEY-ÜSTÖKÖS 1985/86. ÉVI VISSZATÉRÉSÉRŐL

Az emberiség történetének egyik leglátványosabb és legjobban rettegett üstököse kétségkívül a *Halley-üstökös*: az emberiség mindig is tragédiák előfutárának tekintette az üstökösök feltűnését, különösen a ma Halley-üstökösnek nevezett égitest vissza-visszatérését. Ma már, az üstökösfizika elért fejlettségi szintje alapján sokat tudunk az üstökösökben végbemenő fizikai folyamatokról, eredetükről, de nem eleget: közvetlenül például még senki nem vizsgálhatott meg részletesen egy üstökös magot, az üstökös „hajtómotorját, szívét”. Ez az elkövetkezendő évek úrszondáinak kutatási feladata lesz.

Az ó- és középkorban (mivel légköri jelenségeknek vagy vulkáni kigőzölgéseknek tekintették az üstökösöket) nem fordítottak kellő gondot megfigyelésükre, a pontos pozíciók meghatározására. Az újkorban, Newton gravitációs elmélete alapján, *E. Halley* angol csillagász felismerte, hogy az 1531. évi, Apianus, az 1607. évi, Kepler és az 1682. évi, Flamsteed által is megfigyelt üstökösök pályaelemei rendkívül hasonlóak, és tulajdonképp *ugyanarról az üstökösről* van szó, amely a Naprendszerben ellipszis alakú pályán mintegy *76 év alatt tesz meg egy teljes keringést*. Halley azt is kimutatta, hogy ugyanarról az üstökös-ről van szó, mint amit Toscanelli már 1456-ban megfigyelt.

Az üstökös 1758/59 telén a Halley által *előre kiszámított időben és helyen* újból megjelent, ami a newtoni mechanika és pályaszámítás újabb sikerét hozta: ez az üstökös volt az első, amelynek pályaelemeit és a Naprendszerhez való tartozásának tényét meghatározták. A későbbi számítások alapján aztán a Halley-üstökössel azonosítottak — kellő biztonsággal — több kínai, japán, koreai és más ó- és középkori nép krónikáiban található üstökösmegfigyelést.

A Halley-üstökös elsőrendű szerepet játszik az *üstökösfizikában*, mert hosszú évszázadok óta megfigyelték, és róla van viszonylag a legtöbb információnk, különösen az 1910-es legutóbbi visszatérésének megfigyeléséből. Általában ez utóbbi észlelésekből szoktuk leszármaztatni az üstökösök *legáltalánosabb, legalapvetőbb paramétereit* (üstökösmodel-

lek készítése, por- és gáztartalom, a mag paraméterei stb.), eltekintve néhány az utóbbi időben megfigyelt fényesebb vagy irreguláris üstököstől (például Kohoutek, West, Mrkos stb.).

Az üstökös 1985/86. évi visszatérésének megfigyelésére az összehangolt és eredményes kutatás érdekében *nemzetközi összefogással különböző programok indultak be a Halley-üstökös megfigyelésére*, az adatok gyűjtésének összehangolására, koordinálására. Kiemelkedően fontosak az űrszondás, helyszíni méréseket előkészítő programok. A tervek szerint *négy űrszonda* indul felderíteni a Halley-üstökös titkait: két Interkozmosz-szonda, egy nyugat-európai együttműködéssel készülő, és egy japán űrszonda. A legnagyobb érdeklődéssel a szondák által a Földre továbbítandó *tv-képek* iránt lehetünk, mert ezek választ adhatnak arra a kérdésre, milyen az üstökös magja és annak közvetlen környezete. Ma már vannak ugyan elképzeléseink és számításokkal végigkövetett magfejlődési modelljeink, de kérdés, az űrszondás mérések alátámasztják-e mindentben azokat, vagy esetleg a közvetlen felderítés valami új típusú objektumot fog feltárni?

A jelen cikkben rövid történeti összefoglaló után ismertetjük a Halley-üstökös 1910-es visszatérésének történetét, legfontosabb fizikai tulajdonságait, és áttekintést adunk az 1985/86-os megfigyelhetőségi viszonyairól. Amennyiben az üstökös valamelyik jellemző paramétere (például fényessége, mérete stb.) nem felel majd meg a várakozásnak, hanem alulmarad, akkor sem az üstökösben kell csalódnunk, hanem még hiányos ismereteinkben . . .

Történeti áttekintés

Az üstökösökkel már számos *ókori* feljegyzés és eredetükre utaló magyarázat is foglalkozik. Maga a *komet*, *kométa* szó görög eredetű, jelentése „hajas, üstökös csillag”, ami az üstökösök látványa alapján keletkezett. Az ókorban még nem voltak biztosak abban, mi is valójában egy üstökös. Démokritosz azt hitte, hogy két bolygó igen szoros látszó közelsége (például az okkultáció kontaktusaikor) tűnik üstökösjelenségnek. Arisztotelész szerint a földi atmoszférában születnek az üstökösök. E nézet szerint az üstökösök légköri kigőzölések, és emiatt az atmoszféra véletlen jelenségei közé tartoznak. Seneca római író (i. sz. I. század) szerint már azonban nem helytálló az üstökösöket légköri képződménynek tartani, hanem olyan *csillagászati jelenségeknek* kell tekinteni, amelyek valójában az égen igen hosszú pályát befutó objektumok. Szerencsére azért maradtak ránk pontosabb *ókori üstökösfeljegyzések* is, mint például az i. e. 613-ban, kínai és japán csillagászok által viszonylag precízen rögzített pozíciók egy akkor feltűnt üstökösről,

ami a kínai *Beidou*, mai elnevezéssel Nagy Medve csillagképben járt akkor.

A koru középkori európai megfigyelők az arisztotelészi felfogást vetették át, ezért nem is fordítottak gondot az üstökösök csillagos égi háttérhez képest végbemenő mozgásának rögzítésére, feljegyzésére, így kevés üstököspozíció-megfigyelést örököltünk abból a korból.

A távcső előtti csillagászati megfigyelések közül kiemelkednek *Tycho de Brahe* megfigyelései az 1577-ben feltűnt nagy üstökösről. (Tycho összegyűjtötte más európai észlelők megfigyeléseit is, s — annak alapján, hogy a Földön a forgás következtében az obszervatóriumok nyugat—keleti irányban mozdulnak el, így az elmozdulások bázisvonalat tűznek ki a térben — meghatározta az üstökös parallaxisát. Tycho — mint tudjuk — igen pontos méréseket végzett, és mérései alapján az üstökösre *zérus, vagy a Holdnál sokkal kisebb parallaxist kapott*. Ebből arra következtetett, hogy az üstökös legalább hatszor nagyobb távolságra van a Földtől, mint a Hold. Ezután az üstökösöket a csillagászok már nem tekintették meteorológiai jelenségnek, s elkezdték részletesebb tanulmányozásukat.

A Halley-üstökös visszatérései az ókori és középkori krónikák alapján

Az írott történelemben a Halley-üstökösnek mintegy harminc visszatérését jegyezték fel. *D. K. Yeomans* és *T. Kiang*, a kínai krónikák feljegyzésére hivatkozva, egy *i. e. 1404-ben tett feljegyzést* tekint az első, legrégebben rögzített megfigyelésnek. *Y. C. Chang* az első biztos kínai forrás alapján *i. e. 1057/58 telére* teszi az üstökös visszatérésének legkorábbi megfigyelését.

P. H. Cowell és *A. C. D. Crommelin* 1907—1910 közt hatalmas számítási munkálatokat végzett a Halley-üstökös múltbeli visszatéréseinek meghatározására, s az *égi mechanikai perturbációs számítás* módszereivel *i. e. 87-ig* minden perihéliumátmenetet és -pályát is meghatároztak. (A perihéliumátmenetek időpontjait az *1. táblázatban* közöljük.)

Egyöntetű vélemény szerint a minden kétséget kizáró első biztos feljegyzés az üstökös visszatéréséről az *i. e. 240-ből* származó kínai híradás. Az *i. e. 164. évi* visszatérésről nincs kínai adat, de vannak japán és koreai feljegyzések, és ezután *i. e. 87-től* napjainkig minden perihéliumátmenetet feljegyezték.

Az *i. e. 12-ben* ismét feltűnt Halley-üstökössel hozza kapcsolatba számos bibliakutató a Jézus születésének időpontja körül látszó *bellehemi csillagot*, de az utóbbi esemény az üstökös perihéliumátmenete után legalább 5—6 évvel később következhetett be!

Az üstökös kardra emlékeztető alakja *i. sz. 66-ban* baljós fényével ragyogta be Jeruzsálem egét, és megjelenését *Josephus Flavius* kora-

A Halley-üstökös perihéliumátmenetei i.e. 87 és 1910 között

év	hónap	nap	év	hónap	nap	év	hónap	nap			
i. e.	87.	aug.	15.	i. sz.	607.	márc.	2.	i. sz.	1301.	okt.	23.
i. e.	12.	okt.	8.		684.	nov.	26.		1378.	nov.	9.
i. sz.	66.	jan.	26.		760.	jún.	15.		1456.	jún.	8.
	141.	márc.	25.		837.	feb.	25.		1531.	aug.	26.
	218.	ápr.	6.		912.	júl.	19.		1607.	okt.	29.
	295.	ápr.	7.		989.	okt.	9.		1682.	szept.	15.
	373.	nov.	7.		1066.	márc.	27.		1759.	márc.	13.
	451.	júl.	3.		1145.	ápr.	6.		1835.	nov.	16.
	530.	nov.	15.		1222.	szept.	10.		1910.	ápr.	19.

beli történetíró a város és a jeruzsálemi nagytemplom i. sz. 70-ben bekövetkezett pusztulását előrevetítő intő jelnek tekintette.

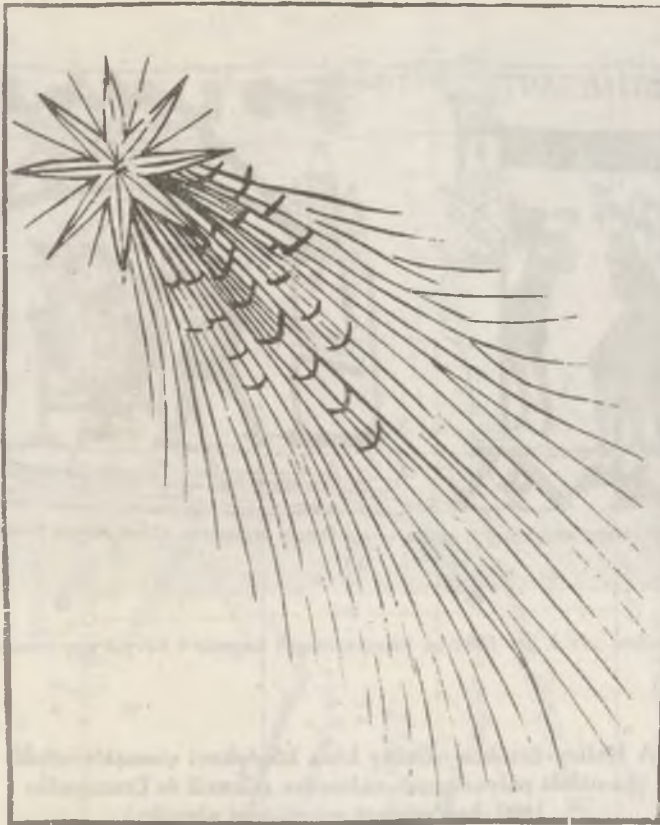
Az *i. sz. 684-ben* történt visszatérésekor készült rajzot a Nürnbergi Krónika lapjain láthatjuk (1. ábra).

Az üstökös feljegyzett visszatérései közül *i. sz. 837-ben* volt a legközelebb a Földhöz, mintegy 0,04 cs. e-re, ami április 11-én következett be. Ekkor volt a legfényesebb ($-3^m,5$) és a leghosszabb csóvájú (mintegy 100° kiterjedésben).*

Az üstökös *1066. évi visszatérését* a kb. 1080-ban készült *bayeux-i kárpit* képe örökíti meg, mely ábrázolásnak a Halley-üstökössel való kapcsolatát *J. R. Hind* számításai mutatták ki a XIX. század közepén. A kárpiton látható felirat: *Isti mirant stella* durva latinsággal kb. azt jelenti „Csodálkozás a csillag (látványa) felett.” A „csillag” a Geminiben ragyogott 1066 áprilisában; a kárpiton II. Harold angol király feje felett látható (2. ábra). Az üstökösben akkor is tragikus események közeledtét vélték felfedezni, amelyek később Anglia és Harold király későbbi sorsát is „eldöntötték”. [Hódító Vilmos, Normandia hercege legyőzte II. Harold seregeit a Hastings mellett vívott ütközetben (1066. október 14.) amelyben elesett II. Harold is. Ezután Hódító Vilmos elfoglalta Angliát.]

Az *1222-es visszatéréssel* kapcsolatban egy látszó pályáról készült rajzot mutatunk be (3. ábra), amelyet Cowell és Crommelin készített pályaszámításuk illusztrációjaként. (Érdekes végigkövetni néhány visz

* A régi megfigyelések közös vonása, hogy *mind egyik igen fényes, nagy kiterjedésű üstökösnek írja le a Halleyt* — a Naptól, illetve a Földtől való távolságtól függetlenül, ami azt sejteti, hogy 1910-hez képest régebben sokkal fényesebb volt, és időközben a visszatérések során elveszítette por- és gáztartalma jelentős részét.



1. ábra. A Halley-üstökös i. sz. 684. évi visszatérésekor, ahogyan a Nürnbergi Krónika megörökíti (1493)

szatérésre számolt pályaelemet és azok változását: az excentricitás viszonylag stabil marad, de a perihélium argumentuma és a felszálló csomó változik — ld. 2. táblázat.)

1301-ben Giotto di Bondone firenzei festő is látta a Halley-üstököst és a páduai Arena-kápolna egyik freskóján az üstököst a betlehemi csillagként örökítette meg.

A XV. századtól mind erőteljesebben hódít az oszmán birodalom. A Halley-üstökös 1456-os visszatéréseben Hunyadi János hadjáratai és a nándorfehérvári csata jelét látta több krónika.

Az üstökös 1531. augusztusi láthatóságát örökíti meg P. Apianus



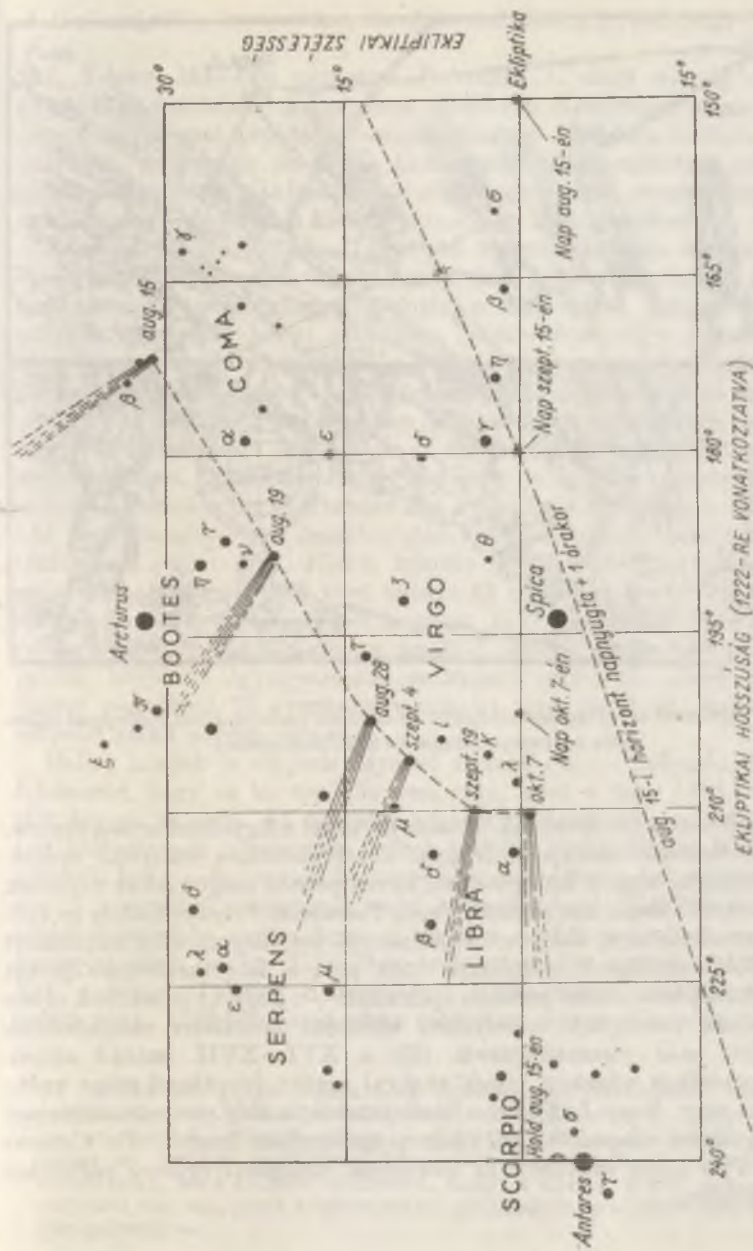
2. ábra. Az i. sz. 1066-os visszatérése a buyeux-i kárpit egy részletén

2. táblázat

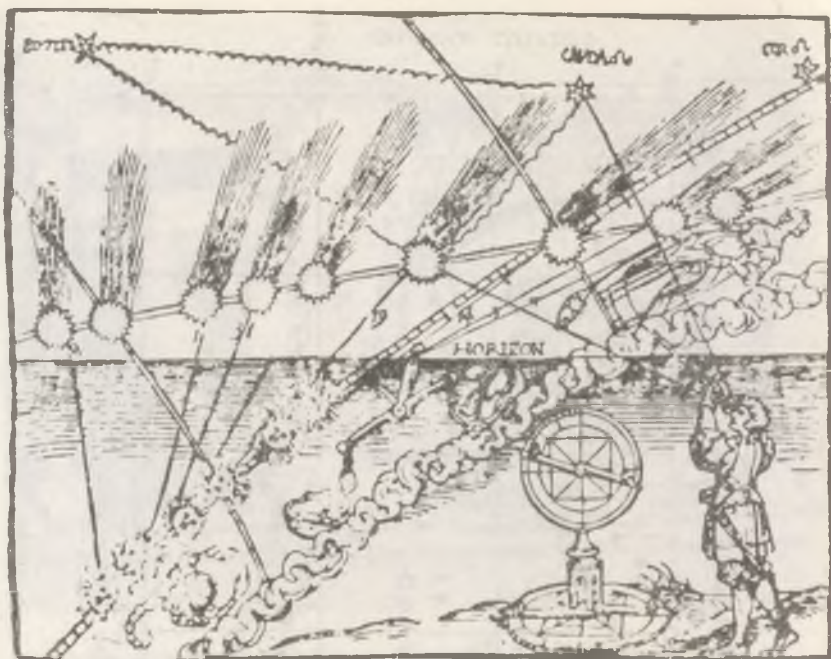
A Halley-üstökös néhány kora középkori visszatéréséből
számított pályaelemek változása (Cowell és Crommelin
1907-ben végzett számításai alapján)

i. sz. pályaelem	451	760	1066	1145	1222
T	július 3,5	június 11	március 27	április 19	augusztus 22
$\bar{\omega}$	284 ^o	289 ^o	293,03	294,05	296,05
Ω	32,05	36,05	38,06	39,09	42 ^o
i	16 ^o	17 ^o	16,05	16,05	16,05
q	0,60	0,60	0,60	0,60	0,67

ahol: T = a perihéliumátmenet időpontja
 $\bar{\omega}$ = a perihélium hosszúsága
 Ω = a felszálló csomó hossza
i = inklináció (pályahajlás az ekliptikához)
q = a perihélium távolsága (CSE)



3. ábra. Rekonstruált rajz (Cowell és Crommelin 1907-es számításai alapján) az üstökös 1922. évi visszatéréséről



4. ábra. Apianus megfigyelése alapján az üstökös csóvája közel a Nappal ellentétes irányban látszik (1531. augusztus)

megfigyelő rajza (4. ábra), aki először hívta fel a figyelmet arra a tényre, hogy az üstökös csóvája a Nappal közel ellentétes irányban mutat.

Említettük, hogy a középkorban kevés pontos megfigyelést végeztek üstökösökről. Mégis kiemelkedő Paolo Toscanelli firenzei fizikus és csillagász tevékenysége, aki pontos, számszerű üstököspozíciókat határozott meg. Több csillagász spekulatív úton arra a következtetésre jutott — ami kicsit több, mint pusztán spekuláció —, hogy az üstökösök olyan zárt pályán mozognak, amelyeken időnként ismételtlen megközelítik a Földet, azaz visszatérhetnek. (Ez a XVI—XVII. század elején, a heliocentrikus világkép térhódításával együtt jelentkező nézet volt.) Ironikus tény, hogy J. Kepler a Halley-üstökös 1607. évi visszatérésének megfigyelésére alapozott, 1619-ben Augsburgban kiadott *De Cometis Libelli Tres* című művében az üstökösök mozgását egyenes pályákkal demonstrálta!

A Halley-üstökös azonosítása, Sir Edmund Halley tevékenysége

I. Newton 1687-ben megjelent *Principia* ... című művéig nem tárgyalták az üstökösök mozgásának elméletét. Kezdetben maga Newton is egy egyenessel próbálta demonstrálni az 1680-ban feltűnt üstökös pályáját, de később az általa kidolgozott félig analitikus pályameghatározási módszer alkalmazásával elképzelését olyan *parabolikus pályára* módosította, amelynek a fókuszában a Nap helyezkedik el.

Edmund Halley (1656—1742), aki Newton barátja volt és ennek révén közel állt Newton munkáihoz, tudta, hogy a gravitációs törvényben szereplő távolságfüggés alapján a Nap körül keringő égitestek pályája háromféle lehet: elliptikus, parabolikus vagy hiperbolikus.* Már Newton is rámutatott arra a tényre, hogy a megfigyelésekből való pályameghatározás hosszú és bonyolult eljárás, különösen az üstökösök esetén. Az 1682-ben és 1695-ben feltűnt fényes üstökösök az akkor még fiatal Halleyben felvetették az üstökösök pályameghatározásának szükségességét. 1703-ban Halley az oxfordi egyetem geometriai tan-zsékének élére került, és elkezdte írni a *Synopsis of Cometary Astronomy* (Az üstökös csillagászat összefoglalása) című könyvét, amely 1705-ben Oxfordban jelent meg. Ebben közölte óriási számítási munkái eredményét: az 1337 és 1698 közt feltűnt 24 üstökösre parabolikus pályát számított. Azonnal felismerte, hogy az *1531-ben, 1607-ben és 1682-ben feltűnt üstökösök pályája nagyon hasonló*, amiből arra a következtetésre jutott, hogy itt egyugyanazon üstökösről van szó, amely ráadásul (mivel nagyjából 76 évenként visszatér) nem parabola, hanem zárt, ellipszis alakú pályán mozog.

Halley később is ellipszispályával számolt, és — helyesen — azt is felismerte, hogy ez az üstökös nem más, mint a már 1456-ban is itt járt fényes üstökös. Az egymást követő perihéliumátmenetek közt eltelt időtartamok ugyan nem voltak teljesen egyenlők, de Halley arra gondolt, hogy a Jupiter és Szaturnusz *perturbálhatja* az üstökös mozgását. A következő visszatérést ezért 1758-ra jelezte. Későbbi számításai során figyelembe vette, hogy a *Jupiter hatása megnöveli az üstökös keringési idejét*, és így 1758/59-re tette az újabb perihéliumátmenetet. Ezt a tényt *Tabulae Astronomicae* (Csillagászati táblázatok) című, halála után, 1749-ben Londonban megjelent művében közölte.

* Az utóbbi két pálya esetén nem beszélhetünk *keringésről*, mert nyílt pályák, de ezek például üstökösöknél szóba jöhetnek — még akkor is, ha az üstökös ellipszispályán kering, nagy excentricitással. Ugyanis ekkor az üstökös perihélium környékén megfigyelhető pályájának kis ívből még nem tudjuk eldönteni, hogy a három közül milyen alakú pályáról van szó, mert a kis ív miatt egymáshoz igen közel esik a háromféle pályatípus.

Halley 1742-ben bekövetkezett halála után három francia matematikus-csillagász is foglalkozott az üstökös pályájának számításával. *J. J. L. Lalande* 1765-ben kimutatta (ő már ismerte az 1759-es perihéliumátmenetet), hogy az 1682-es találkozást a Jupiterrel egy újabb követte 1683-ban, ami hozzávetőleg ugyanannyival csökkentette a kerin-gési időt, mint amennyivel Halley növekedni gondolta azt.

Madame Lepaute segítségével *A. C. Clairaut* módosította az analitikus alakú Hold-mozgásegyenleteket, azonkívül kiszámította a Jupiter és Szaturnusz 1531 és 1759 közti perturbációs hatását (1531—1607 és 1607—1782 intervallumokra osztva a számításokat). Az 1682-re jelzett perihéliumátmenet kb. 1 hónapon belül megegyezett a megfigyelésekből adódóval, és a következőnek (*Clairaut* szerint) 1759. április közepén kellett volna megtörténnie.

Az üstökös keresését ez idő tájt *Ch. Messier* kezdte el, aki második-ként, 1759. január 21-én talált rá. Az első felfedező *J. Palitzsch*, német amatőr csillagász volt, aki 1758. december 25-én éjjel (karácsonykor) találta meg az üstökösöt. Az üstökös 1759. kora tavaszán látszott a leg-jobban az északi félgömbről, az Ariesből a Capricornus felé tartott, 30° körüli csóvával. A perihéliumon a valóságban 1759. május 13,1 UT-kor* haladt át.

Az üstökösöt 1758/59. évi újramegtalálása és láthatósága után *E. Halley* tiszteletére nevezték el. *J. K. Burckhardt* francia matematikus az 1700-as évek végén európai és kínai krónikák alapján 989-ig nyomon tudta követni a Halley-i üstökös pályáját.

Az 1835. évi perihéliumátmenet

Az 1759-es láthatóság utáni perihéliumátmenet bekövetkezésének időpontját elsősorban a *J. L. Lagrange* által 1783-ban kifejlesztett változó variálásának módszerén alapuló számításokkal határozták meg. A cél ugyanis az volt, hogy a perturbációs számítás alapján minél pontosabb pályát határozzanak meg. (Probléma volt, hogy hány pályaelem változását kell feltételezni, hány perihéliumátmenetet kell felhasználni a számításokhoz, és hány nagybolygó perturbáló hatását kell figyelembe venni. Ez utóbbi problémán némileg könnyített az Uránusz 1781. március 13-án történt felfedezése; továbbá a XIX. század elejétől rendelkezésre álltak a *C. F. Gauss* és *Lagrange* által kidolgozott — megfigyelésekből történő — pályaszámítási módszerek is.)

M. C. T. Damoiseau 1829-ben a Jupiter, a Szaturnusz és az Uránusz,

* Az időpontok a továbbiakban — hacsak külön nem jelezzük — UT-ben értendők!

illetve a Föld perturbációs hatását is figyelembe vette az 1682—1835 közötti időszakban, s így 1835. november 4,81-re jelezte a perihéliumátmenetet. *G. de Pontécoulant* 1835-ben közölt és hasonló módon elvégzett számításai november 13,1-re adták meg a perihéliumátmenetet. A legátfogóbb számítási munka *O. A. Rosenberger* nevéhez fűződik, aki kiszámította az üstökös 1682 és 1759 közti pályáját, majd az akkor ismert hét nagyholygó perturbációs hatását figyelembe véve az összes pályaelemre vonatkozóan kiszámította az üstökőspályát, az 1682—1835-re terjedő időszakban is, és így a perihéliumátmenetet november 12,0-re adta meg. *J. W. H. Lehmann* csak a Jupiter, Szaturnusz és Uránusz hatásával számolt az 1607 és 1835 közti időszakra, s november 26,73-ra tette a perihéliumot. (B. G. Marsden napjainkban 1835. november 16,4387 *efemeris időre* teszi a perihéliumátmenet akkori időpontját, amihez Rosenberger becslése áll a legközelebb!)

Az üstökös keresése már 1834 decemberében megkezdődött, de az 1835 késő nyaráig sikertelen maradt. Az újrafelfedezés *M. Domouchel atya* nevéhez fűződik, aki a római Kollégium obszervatóriumában 1835. augusztus 5/6-án talált rá az üstökösre. Akkor az üstökös mintegy 8—9^m-s lehetett, és így — a Hold miatt — csak augusztus 20-án találta meg *W. Struve* a dorpati Fraunhofer Obszervatóriumban, majd a párizsi megfigyelők a következő nap éjjelén. Az első megfigyelések alapján de Pontécoulant 1835. november 16-ra jelezte a perihéliumon való áthaladást.

Az üstökös 1835 kora őszen a Taurus majd a Gemini-Cancer vidékén látszott, és északkelet felé mozgott. Október 5-én a Lynxben, 8-án az az Ursa Maiorban látszott, ahol elérte a +62°-os deklinációt, és kulminált. Közben fokozatosan 8^m-ról 3—4^m-ra fényesedett. Október 12-én 0,19 cs.e.-nyire, földközelpén volt. Azután a Bootesben, a Corona Borealisban, a Herculesben, majd október 20-a körül az Ophiucusban látszott, míg nem 23-án átment a déli éggömbre. 1836 januárjában a Skorpióban ragyogott, majd „lesétált” a Centaurusba, és elérte a —32°-os déli deklinációt, azután 1836 áprilisától a Hydrában halványodni kezdett.

A Halley-üstökös kómája maximálisan 260 000 km átmérőjű volt, benne a központi kondenzáció mintegy 2—3'' méretűnek látszott. A csóva 1835 októberében 25° körüli méretű, ami 13 millió km-nek felel meg. (1910-ben a fotografikus észlelések hosszabbnak mutatták a csóvát, de a csóva látszó mérete függ a megfigyelési körülményektől is!)

F. W. Bessel és *F. Arago* részletes rajzain felismerhető a kóma nagy méretskálájú áramlási szerkezete: s magból kiáramló anyag a Nap felőli oldalon, a Nap hatására fordított, a Nappal ellentétes irányba kezd áramlani, és ezt az áramlási héjas szerkezetet az 1910-es megfigyelések is mutatják.

Arago polarizációs méréseket is végzett, amelyek alapján azt a következtetést vonta le, hogy az üstökösben található részecskék a Nap fényé-

nek reflexióját okozzák, és ezt a visszavert fényt észleljük. (Ma már tudjuk, hogy nemcsak reflektált, szórt fény van, hanem a gázkomponens sugárzása is hozzájárul az üstökösök fényességéhez.)

Az 1835-ös visszatéréskor mért pozíciók adatait is felhasználva *P. A. F. Laugier* a párizsi obszervatóriumban az *i. e. 451-es, 760-as és i. sz. 1378-as üstökösöket* azonosította a Halley-üstökössel (és megerősítette *Burekhardt* 1378-as üstökösre vonatkozó azonosítását is). *Hind*, aki 1835-ben, 12 éves korában figyelte meg a Halley-üstököst, és ez nagy hatást gyakorolt rá, a kínai krónikák által feljegyzett 15 valószínű Halley-visszatérésre koncentrált (mint említettük, ő azonosította az 1066-os visszatérést), s a látszó égi mozgás alapján kimutatta, hogy az *i. e. 12-ben Rómában* is látszó üstökös a Halleyvel azonos, és utalt arra, hogy Róma polgárait mennyire megfélemlítette a közvetlenül a „városuk felett látszó” üstökös.

A Halley-üstökös 1910-es visszatérése

Jelenlegi ismereteink zöme a Halley-üstökösről 1909/11. évi visszatéréseinek megfigyelési anyagán alapszik, és csak az 1982. évi újrafelfedezés óta gyarapodott.

Az 1909—1911-es láthatóság 21 hónapja alatt mintegy 1500 fotografikus felvétel készült a világ obszervatóriumaiban. Sok felvétel született nagy látómezejű refraktorok segítségével; ezeken a képeken jól vizsgálható a *nagy kiterjedésű csóva*, a felvételek viszonylag jó minőségűek. A nagy reflektorok Newton-fókuszában készített felvételek segítségével a *külső kóma és a csóva* részleteit lehet tanulmányozni. Azokon a felvételeken, amelyek nem túlexponáltak, jól tanulmányozható a *belső kómakiáramlás és a kóma héjas szerkezete*.

1910-ben csak *vizuális és fotografikus* megfigyelési technika állt rendelkezésre, s bár széles körben alkalmazták a *relatív fotometriai módszereket*, de a kiterjedt fényforrásokra, mint például egy üstökös, nem végeztek *abszolút fotometriai* méréseket, így a fotók és spektrumfelvételek kalibrálását sem végezték el. Ezért csak nagyságrendi becslésekre szorítkozhatunk az intenzitáviszonyokat illetően.

Tekintsük át röviden az 1910-es visszatérés közvetlen előzményeit és az akkori megfigyeléseket.

Az újrafelfedezés 1909-ben

A. J. Angström 1862-ben hatványsorok segítségével megpróbálta kiszámítani az addig ismert perihéliumátmenetekből a soron következő időpontját. A számítások — jóllehet a múltbeli perihéliumátmenetek idő-

pontját 1 éven belüli pontossággal visszaadták — a jövőbeni elsőét 1913,1 \pm 2,8 évnél adták meg. Az átlagos keringési időre 76,93 év adódott, amelyben maximum 2,3 éves nagyságú periodikus eltérések mutatkoztak, egy 2650 éves és egy 782 éves periódussal.

De Pontécoulant 1864-ben (a Jupiter, Szaturnusz és Uránusz perturbáló hatását figyelembe véve) az átmenetet 1910. május 24,36-ra jelezte előre.

Cowell és Crommelin a greenwichi királyi csillagdában a Vénusz, Föld, Jupiter, Szaturnusz, Uránusz és Neptunusz perturbációs hatásának figyelembevételével számoltak, oly módon, hogy a Jupiter és Szaturnusz perturbált mozgását 1759 és 1835 közt újraszámolták. A kapott következő perihéliumátmenet időpontja: 1910. április 8,5* (A roppant számítási feladat nagyságának illusztrálására megemlíjtjük, hogy a perturbációszámítás segítségével nyert derékszögű koordinátákat az üstökösre a *numerikus integrálás* módszereinek alkalmazásával kapták. Az integrálás-kor az időlépéseket 2 nap és 256 nap [2⁸ nap] közt változtatták. Az integrálásokat 1835-től kezdődően az időben vissza 1759-ig és előre 1910-ig végezték — mindezt számítógépek nélkül! A számítások egyébként automatikusan megmutatták, hogy a jövőbeni perihéliumátmenet keresésekor mikor kell megállni, mikor adja ki a módszer a következő integrációs lépésben a keresett időpontot.)

Az üstökös 1909-es újrafelfedezése után a megfigyelt pozíciók alapján Cowell és Crommelin 1910. április 17,51 \pm 2 napnak jelezte a perihéliumátmenet időpontját. (A 2 napos hibaintervallum eredetét a nagybolygók tömegének pontatlan ismeretében, illetve a felhalmozódó számítási pontatlanságokban látták.)

Amikor az észlelő csillagászok már tudták, mikor is lesz a legközelebbi perihéliumátmenet, jó előre elkezdték az égbolt azon részének pásztázását, ahol a pozíciószámítások alapján a *megfigyelés időpontjában* a Halley-üstökös tartózkodott.

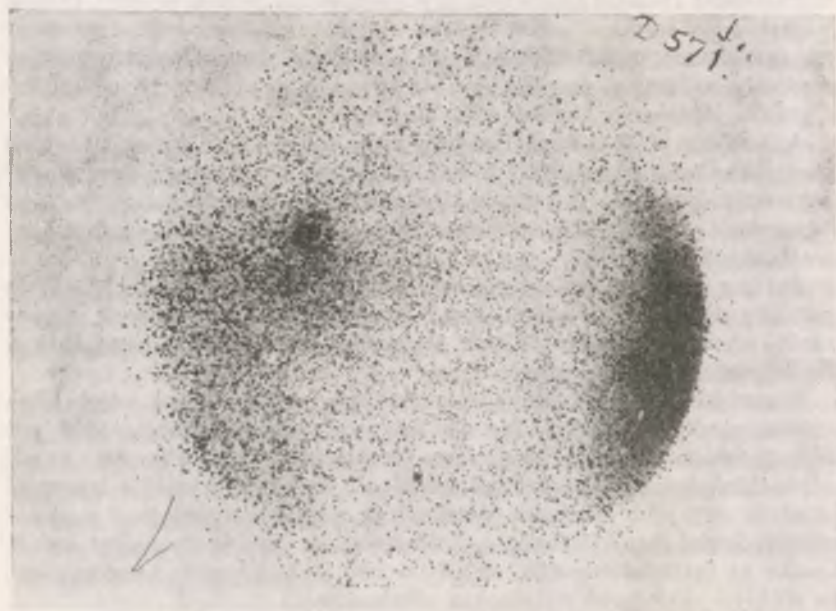
Hosszú idővel a perihéliumátmenet előtt a keresésnél csak *fotografikus* módszerekről lehetett szó. (Az első lefényképezett üstökös az 1858. évi *Donati-üstökös* volt, de a kezdetleges fotolemezek miatt akkor csak gyengébb minőségű fotókat tudtak készíteni. Az cziist-bromidos lemezek, amelyek már jobb minőségű képet adtak, 1870-től terjedtek el a csillagászati fotózásban. 1881-től, a *Tebbott-üstökös* lefényképezésével indult igazán az üstökös-fotográfia, és 1910-re már jól kidolgozott fototechnikai és előhívó—kidolgozó eljárásokat alkalmaztak.)

* Megjegyezzük, hogy az 1759-es perihélium időpontján később egy —0,55 napos korrekciót kellett végrehajtani, és az így kapott új időpont 1910. április 17,11 lett.

1908. december 22-én, a Yerkes Observatóriumban készültek az első keresőfelvételek, de ezeken nem sikerült megtalálni a Halley-üstököst (túl halvány volt még akkor).

1909. szeptember 11-én Heidelbergben, fotografikus úton Max Wolf találta meg a Naptól 3,43 és a Földtől 3,60 CSE távolságban járó Halley-üstököst nem messze a γ Geminorum csillagtól (5. ábra). Wolf egy 72 cm-es reflektort használt, és 1 órát exponált. A felfedezéskor mintegy 15^m vizuális fényességű volt az üstökös, és a kómája már egy 7" átmérőjű ködös foltnak mutatkozott. A megfigyelt és az előre számított pozíció egymástól 24^s -mal tért el rektaszcenzióban és $4'$ -cel deklinációban. A felfedezés megerősítése után az 1909 c jelölést kapta az objektum, majd később az 1910 II elnevezést.

Az első megfigyelt pozíciók alapján számított pályából a perihélium-átmenet idejét 1910. április 20-ra jósolták. Amint később kiderült, a heluani (Egyiptom) obszervatórium felvételein már 1909. augusztus 24-én



5. ábra. Max Wolf fotója Heidelbergben 1909. szeptember 11-én készült, amikor újra felfedezte az 1910-es perihéliuma felé közeledő Halley-üstököst, nem messze a gamma Geminorum csillagtól. A használt távcső egy 72 cm-es reflektor volt, és az expozíciós idő 1 óra. A felfedezéskor a naptávolság 3,4 és a földtávolság 3,6 CSE volt. A perihélium mintegy nyolc hónap múlva következett be

és szeptember 9-én is látszott a Halley-üstökös, de ezt ott nem vették észre! (Az 1910-es láthatóság ideje alatt egyébként 57 különösen jó minőségű felvételt készítettek Helaunban.)

Az üstökös fényessége

Mint tudjuk, az üstökös fényessége a helio- és geocentrikus távolsággal kifejezve, magnitúdó egységekben:

$$m = m_0 + 5 \lg \Delta + 2,5 n \lg r,$$

ahol m a vizuális, m_0 az abszolút fényesség (magnitúdóban), Δ a geocentrikus, r a heliocentrikus távolság (cs.e.-ben).

Az n egy empirikus úton lezármasztatható fényességi paramétert jelöl. Egy aszteroidyszerű test esetén $n = 2$. Az üstökös azonban, mikor már kómát fejleszt, egy olyan fényforrás, amelyben a gáz és a por közösen adja a fényességjárulékot. Mivel a por reflexiója, fényszórása miatt a látható fényesség függ a fázisszögtől is, a fenti formulában figyelembe kellene venni egy fázisszögtől függő tagot, de ezt az n -be építjük bele. (Általában a 2-től különböző n -értékek a por fényt szóró hatásának fellépte miatt vannak.)

N. T. Bobrovnikoff a Lick Obszervatóriumban 1931-ben összegezte a Halley-üstökös 1910-es megfigyeléseit — többek közt 32 észlelő fényességbecsléseit is — a világ minden részéből beérkező adatok alapján. *C. S. Morris* és *D. W. E. Green* 1981-ben statisztikát készítettek (*Bobrovnikoff* munkája alapján) a Halley-üstökös perihéliumátmenete előtti és utáni viselkedéséről (3. táblázat). A konstansok becsült értékeiben a perihélium előtt és után megmutatkozó különbség minden bizonnyal a Halley-üstökös fizikai állapotának megváltozását tükrözi a mondott

3. táblázat

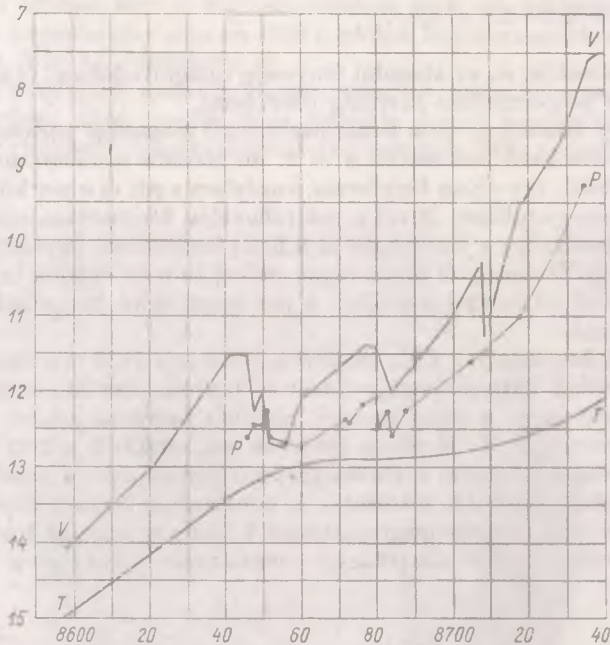
A Halley-üstökös fényességi paraméterei

paraméter	perihélium	
	előtt	után
m^0	5,51 ± 0,06	4,94 ± 0,06
n	4,29 ± 0,09	3,04 ± 0,06
heliocentrikus távolságtartomány CSE	3,35 — 0,59	0,59 — 5,00

időszakban.* *A perihélium után jelentősen megnövekszik a por fényzórásának járuléka a fényességben (az n paraméteren keresztül)!*

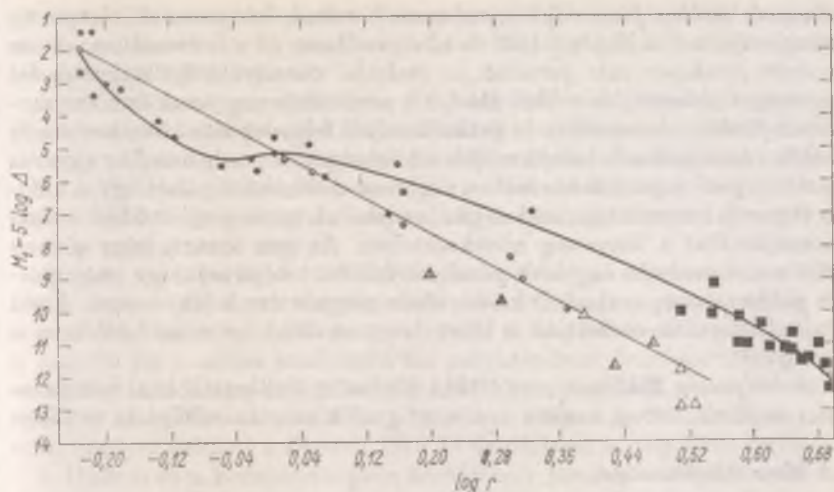
Az üstökös becsült vizuális összfényességének időbeli változásában 1909 decemberére (a felfedezéskori 15^m -val szemben) már 11 – 12^m -ra beállt fényességet jegyeztek fel a megfigyelők. 1910 márciusáig 7 – 8^m -ra fényesedett ki az üstökös.

Igen érdekes ténytet említett meg *S. Orlov* az *Astronomische Nachrichten* egyik 1912-es számában: a perihéliuma felé közeledő üstökös növekvő



6. ábra. *S. Orlov* 1912-ben publikált felfedezése arról, hogy a napfolt-relatívszám menetében mutatkozó szélsőértékekkel közel egy időben vannak ugyanolyan szélsőértékek az üstökös fénygörbéjén, ami az üstökös fényessége és a napaktivitás közti összefüggésre mutat rá

* Ezenkívül a vizuális fénybecslésből származó mellékhatások is szerepet játszanak az üstökös fényességének meghatározásában. Nevezetesen: az égbolt háttérfényessége, az alkalmazott észlelési módszer és műszer. A látszó kóma kiterjedése — és így becsült fényessége is — erősen függ a fenti körülményektől. 1910 májusában az üstökös például erősen megközelítette a Földet, ilyenkor egy 10^6 km átmérőjű kóma 1 négyzetfokra is kiterjedhet, s ez erősen hozzájárulhat a bizonytalan fénybecslésekhez!



7. ábra. Az 1909—1910-es visszatéréskor vizuálisan becsült fényesség menete a heliocentrikus távolság logaritmusával. Az adatok egy 6,78 cm-es távcsőre normalizáltak (üres karika: perihélium előtt, tele karika: perihélium után), a nem normalizált adatok, amelyek 33—102 cm-es nagyobb műszerekkel készültek — háromszög: perihélium előtt, négyzet: perihélium után

fényességében időszakos hullámzások figyelhetők meg, és a fényesség görbét összevetve a napfolt-relatívszám (R) változásával (6. ábra), a fénygörbén levő minimumok—maximumok jó közelítéssel akkor fordulnak elő, amikor a napfolt-relatívszám hasonló értékei! (Megjegyezzük, hogy 1910 körül *naptevékenységi maximum* volt, és így a Nap és az üstökös közötti kölcsönhatás igen szembetűnően mutatkozott meg. 1986-ban a naptevékenységi *minimum* körül következik be a Halley-üstökös visszatérése, és így alkalmunk lesz azt is tanulmányozni, hogyan viselkedik ilyenkor az üstökös.)

A perihéliumban 2—3^m-s volt az üstökös, majd egy érdekes jelenség következett be a perihélium utáni fénygörbében (7. ábra): a Naptól 0,6—1,0 CSE-nyi távolságban *csökkenés* állt be a fényességében, majd *emelkedés*, de a perihélium előtti „szimmetrikus” szakaszhoz képest *félfényesebb* értékkel!

Megoszlanak a vélemények arról, hogy mi is lehetett a jelenség oka. Egyfelől a *megfigyelési körülmények* miatt következhetett be a lokális minimum: a geocentrikus távolság a mondott időszakban 1,21-ről 0,15 CSE-re csökkent, majd 0,40 CSE-re nőtt. Más szavakkal ez azt is jelenti, hogy a megfigyelők a fénybecslést egy *növekvő kiterjedésű*, nagy felületű,

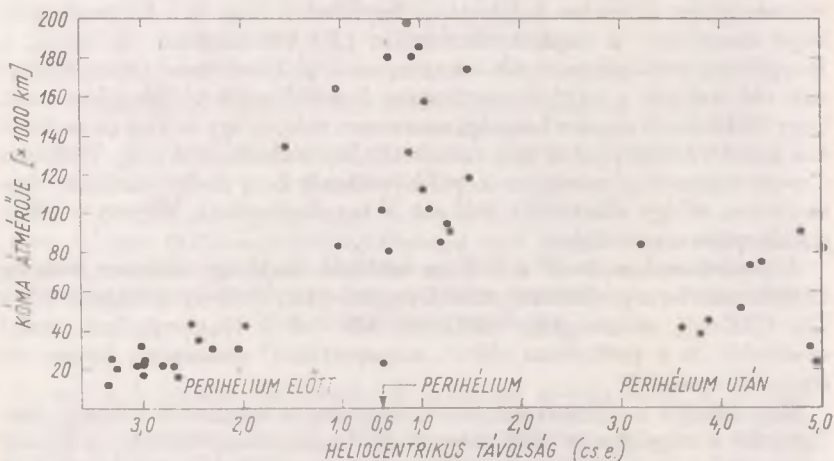
alacsony felületi fényességű „pamacson” voltak kénytelenek elvégezni, ráadásul közel a Naphoz (42° -os elongációban) és a horizonthoz. A távolodó üstökösre már javultak az észlelési viszonyok, így nagyobb fényességet „lehetett” becsülni. Másfelől, az üstökös magjának és környezetének *fizikai viszonyaiban* (a perihéliumbeli felmelegedés következtében) beállt változásoknak tulajdonítják a jelenséget. A perihéliumkor ugyanis *intenzív por- és gázkidobás* mehet végbe az üstökös magjából, így a kidobott por (a fényszórás miatt) és gáz (a molekulaionok gerjesztődése miatt) hozzájárulhat a fényesség növekedéséhez. Az sem kizárt, hogy *a mag több részre szakadt*, nagyobb párolgási felületet képviselt, így nagy por- és gázmennyiség szabadult ki — erősen megnövelve a fényességet. Ezen fizikai tényezők mellett az is lehet, hogy az előző, „optikai” effektus is beigeyített.

A fényesség 1910 májusától 1911 júniusáig hullámzásokkal fokozatosan csökkent 18^m -ig, amikor is a megfigyelők számára eltűnt az üstökös.

A kóma tulajdonságai

Több jó minőségű, jó felbontású felvétel készült az üstökösről hosszú fókuszu műszerekkel: a Lick Observatórium 535 cm-es, a Mt. Wilson Observatórium 750 cm-es, a Cordoba Observatórium 343 cm-es, és a Heluan Observatórium 350 cm-es műszerével.

A kóma becsült méretének változását a 8. ábra alapján követhetjük



8. ábra. Az 1909—1911-es visszatéréskor becsült kómaátmérők változása a heliocentrikus távolsággal

nyomon. (Az ábra az alkalmazott műszerek fókusztávolságai alapján szükséges korrekció figyelembevételével készült). A kóma legnagyobb kiterjedése 200 000 km volt.

A kóma fényessége elsősorban a C_2 -molekulák ionjainak rezonancia-fluoreszcenciájából és a por fényszórásából tevődik össze. A felületi fényesség a C_2 és a por magból való kiáramlási ütemével arányosan növekszik. A Halley-üstökös esetében az idő múlásával közel lineárisan változott a felületi fényesség, az anyag kiáramlása így minden bizonnyal izotróp módon ment végbe.

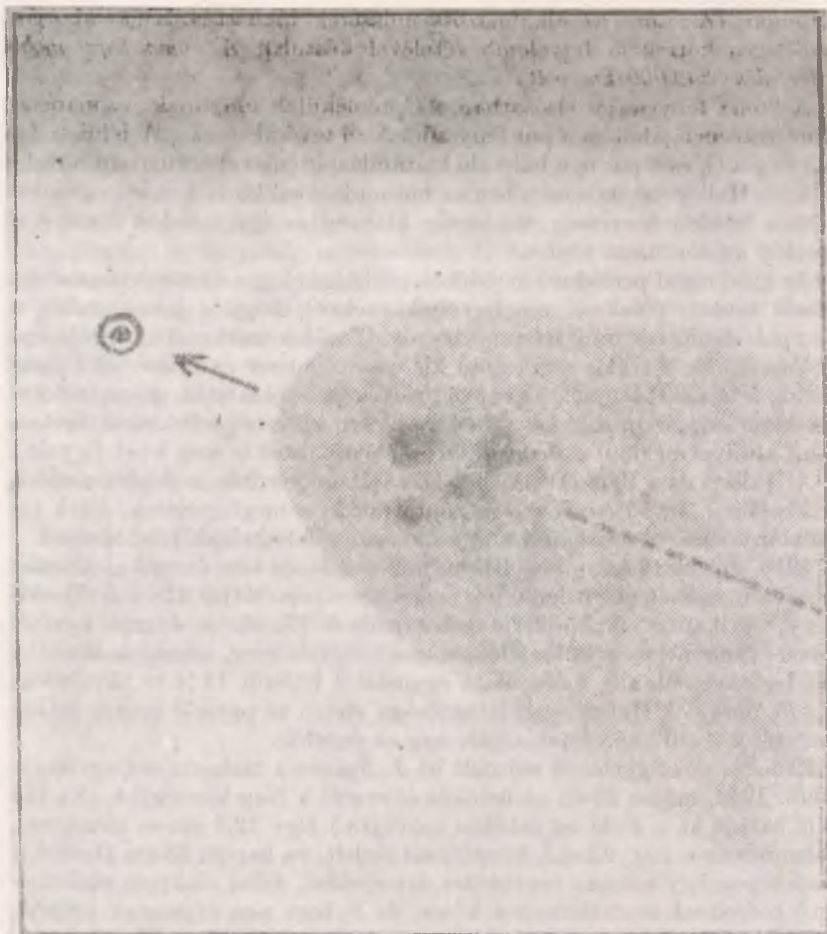
Az idős, rövid periódusú üstökösök többsége eléggé *asszimmetrikus alakú kómát* mutat. Gyakran megfigyelték ezeknél, hogy a kóma szélén a Nappal ellentétes irányba mutató rövid, szálas szerkezetű *mellékcsova* is látszik. Ez a szálas szerkezetű kis csóvarendszer és kismértékű alakaszimmetria a Halley-üstökös izofóta-térképein is látszik, de az izofóta-rendszer alapján szimmetrikus, majdnem körszerű struktúrát mutat, mint amilyet például a *Bennett 1970 II* üstökösnél is meg lehet figyelni.

A Halley- és a Bennett-üstökös kómájában jelentős *anyagkiáramlási, -külövellési („jet”-)* tevékenységet mutattak ki a megfigyelések. Ezek tanulmányozása elsősorban rövid expozíciójú felvételekkel lehetséges.

1910. április 16-án, május 31-én, június 2-án és 4-én fényes „jet”-eket és több magyszerű gócot figyeltek meg a kómában. Május 31-én *J. Rheden* négy, optikailag elkülönült magot rajzolt le (9. ábra). Június 4-én *J. Comas Sola* négy-öt különálló „magot” figyeltek meg, amelyek közül a két legfényesebb alig 2 óra alatt egymástól $6^{\circ}5'$ -ről $12^{\circ}4'$ -re távolodott el (10. ábra). A Halley ezen láthatósága idején az optikai magok látszó méretét $2''$ — $10''$ körülinek adják meg az észlelők.

Érdekes megfigyelésről számolt be *J. Sykora* a taskenti csillagvizsgálóból. 1910. május 22-én az üstökös átvonult a Nap korongján. (Ez idő tájt haladt át a Föld az üstökös csóváján.) Egy 12,5 cm-es távcsővel, harmincszoros nagyítással, kivetítéssel észlelt, s a kapott 13 cm átmérőjű Nap-képen egy néhány centiméter kiterjedésű, felhő alakjára emlékeztető *ködfoltnak* mutatkozott a kóma, de Sykora *nem tapasztalt sötétebb, nagyobb méretű magra utaló foltot* (a valódi mag valószínűleg 3 km-es lehet)!

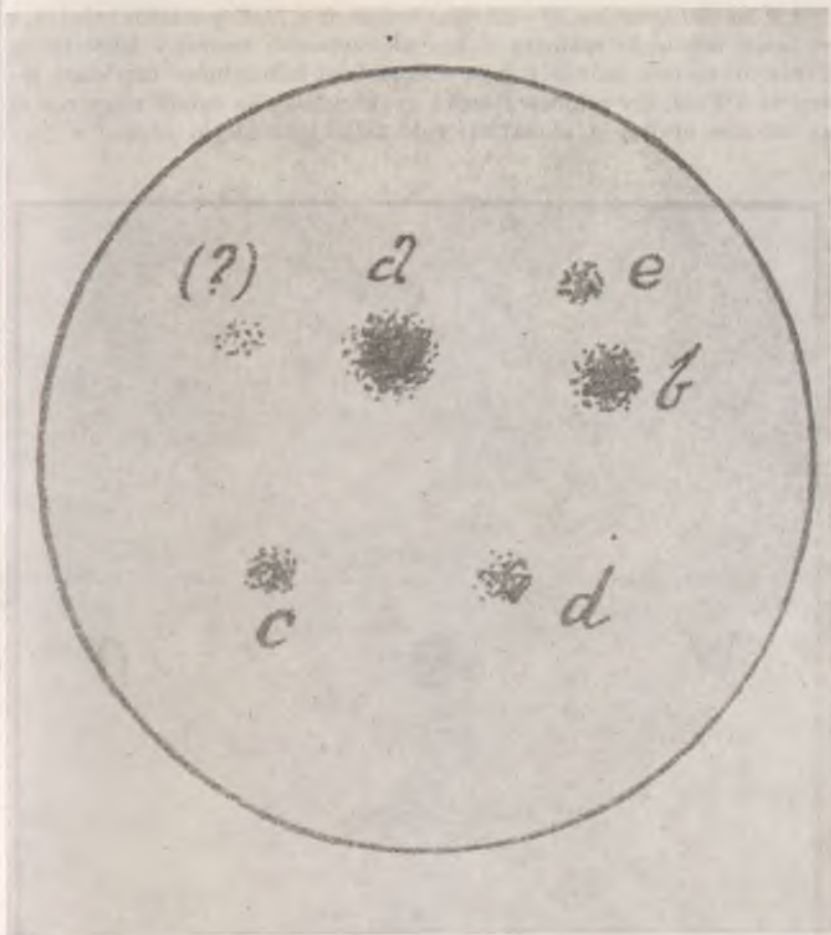
A kómáról több észlelő is készített rajzokat, amelyek hasonlítanak a Bessel-féle üstökös-kómaraajzokhoz: a teljes héjszerkezetből jól látható a Nap felőli oldalról az ellentétes oldal felé hajló kiáramlási kép legfényesebb héja. Ilyen rajzot mutatunk be *J. Hartmann*tól (Göttingen) a 11. ábrán. (Hartmann Konkoly-Thege Miklós észlelő csillagász kollégája volt, vendégszillagász is Ógyallán.)



9. ábra. J. Rheden rajza a Halley-üstökösről 1910. május 31-én 9^h15^m-kor. Négy kondenzáció különböztethető meg a kómában

A csóva szerkezete

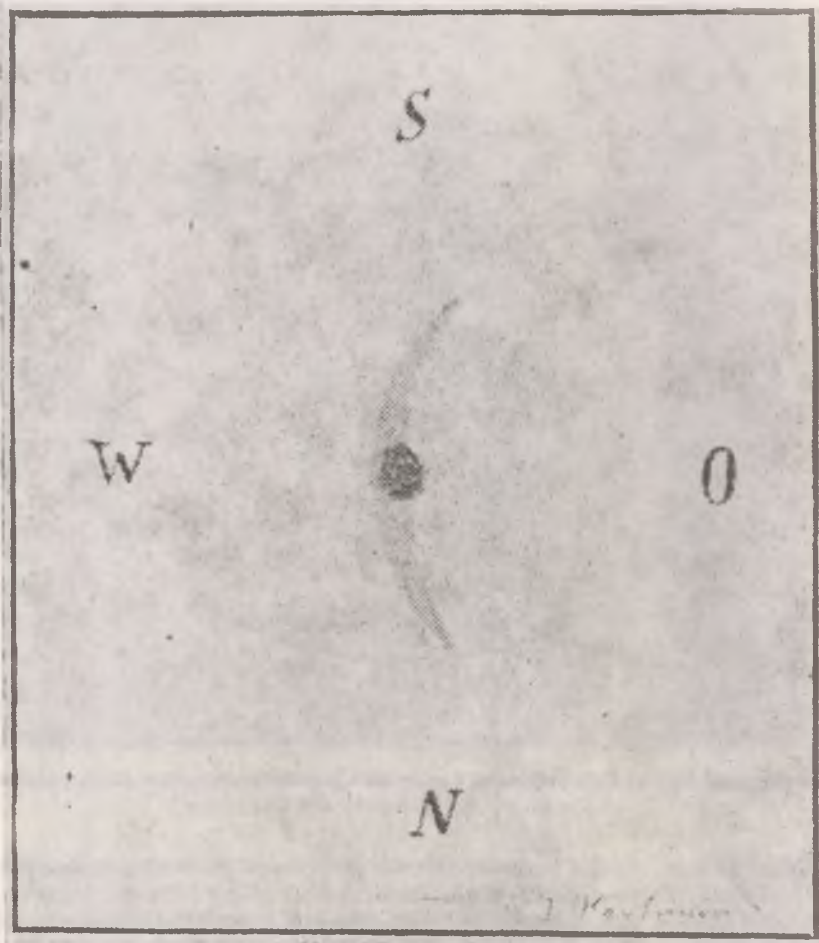
Minden 1910-ben készült fotó igen részletesen mutatja az üstökös csóva szerkezetét, különösen az 1910. április közepétől július végéig készültek, amikor is a heliocentrikus távolság 0,59 CSE-ről 1,5 CSE-re, a geocentrikus távolság pedig 1,4 CSE-ről 0,15 CSE-re csökkent, majd utána 1,6 CSE-re változott.



10. ábra. J. Comas Sola rajza hat kondenzációt mutat a kómában 1910. június 4-én

Mind az ion-, mind a porcsóva *jelentős görbültséget* mutatott, különösen a porcsóva. Wolf május 12-én készített rajza alapján (12. ábra) jól érzékelhető a csóva mérete és szerkezete, amikor is a fej a Halakban, a csóva vége még az Aquarius/Capricornus határán volt. A láthatóság ideje alatt *átlagosan mintegy 20°-os látszó csóvahosszat* becsültek, de a legnagyobb földközelség idején gyakorlatilag 180°-os kiterjedésű is volt a csóvarendszer. A 13. ábra a csóva méretváltozását mutatja az időben.

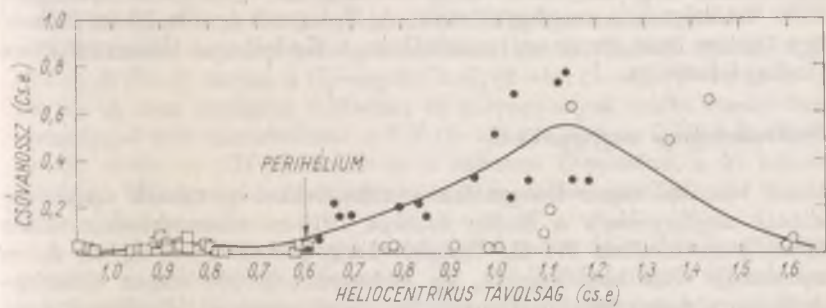
A Föld 1910. május 19—22. közt haladt át a Halley-üstökös csóváján, s ez talán mindenki számára a legemlézesebb esemény lehetett: a látványos méretű csóvasávok és -csikok közt három-négy nap alatt jutott át a Föld, így minden éjszaka gyakorlatilag az égbolt nagy részét az üstökös uralta. A csóvával való találkozás idején nappal a Nap



11. ábra. J. Hartmann rajza az üstökös fejéről egy sűrűbb (felbontatlan?) kondenzációt mutat, és a látható fényes kiáramlási kép (N—S irányú) holdsarlóra emlékeztet. (1910. május 20/21.)



12. ábra. M. Wolf megfigyelése nyomán készült rajz 1910. május 12-én a csóváról, amely Piscestől a Capricornusig terjedt, figyelemre méltóak a halvány mellécsóvák is az Aquariusban



13. ábra. A csóva hosszának időbeli változása (1759—1910) és az egyes visszaterésekkor a heliocentrikus távolsággal való változása. (1759: üres karika, 1835: négyzet, 1910: tele kör.) Megjegyezzük, hogy fotografikusan (1909—1911) a legnagyobb távolság a Naptól, ahol még detektálható volt a csóva 2,3 CSE a perihéliumátmenet előtt és 1,6 CSE a perihéliumátmenet után

fényében nem tapasztaltak semmilyen változást, csakúgy, mint 1861. június 30-án, amikor az 1861 II jelű üstökös csóváján haladt át a Föld.

A Halley-üstökös 1910. május 19-én lépett át pályája leszálló csomópontján és az idő tájt fordult elő 90° -os vagy annál nagyobb fázisszög és $120\text{--}180^\circ$ -os csóvaméret (*E. E. Barnard* feljegyzése). Május 19—22 közt már az ekliptika déli oldalán volt az üstökös. A Föld először az ioncsóva néhány egymástól elkülönült mellékcsováját metszette (az ioncsóva többi része már túl délre mutatott az ekliptikához képest), és csak május 22-én halad át az erősen görbült porcsóván. A megfigyelések több részről álló porcsóváról számolnak be, amelyek csíkokban, sávokban látszottak az égbolton.

A csóva aktivitása elsősorban az ioncsóva viselkedésében mutatkozott meg — az erős naptevékenységnek köszönhetően. Az egy nap karakterisztikus idejű változások voltak a leggyakoribbak. Május 6-án két elkülönült ioncsóva látható a Lowell Obszervatórium felvételén, amelyek a napszéllal való kölcsönhatás miatt alakultak ki. Május 13-án a 45° hosszúságú csóvával párhuzamosan egy másik ioncsóva látszik, a magtól 18° -ra. Ez példa egy plazmaszakadásra (diszkontinuitás), melynek eredete az üstökösplazma-csóva és a bolygóközi mágneses tér szektorhatárának találkozásában rejlik.

A június 5—7-i felvételeken gyorsan mozgó, a magtól 57 km/s sebességgel távolodó leszakadt ioncsóvárészt mutatnak a Yerkes Obszervatóriumban, Hawaiiiban és Bejrutban készült felvételek.

A mágneses térben mozgó töltött részecskék a Lorenz-erő hatása miatt közelítőleg csavarvonal mentén mozognak. Ilyen mozgású zavarok több üstökösnél is megfigyelhetők. A Halley-nél április 22-én látható egy tipikus ilyen zavar az ioncsóvában, a Kodaikanal Obszervatórium (India) felvételén.

Spektroszkópiai megfigyelések

Mind vizuális, mind fotografikus módszerekkel történtek spektroszkópiai megfigyelések a Halley-üstökös 1910-es visszatérésekor. Ezek közül kiemelkedőek W. H. Wright (Lick Obszervatórium, 30 cm -es refraktor) vizuálisan végzett, és Bobrovnikoff (90 cm -es Crossley-reflektor) spektroszkópiai lemezekre kvarespektrográffal történt fotografikus észlelései.

Az üstökösökről első ízben *Sir William Huggins* készített fotografikus spektrumot: 1881-ben, a Tebbott-üstökösről. (A résspektrumkészítés nehézségei miatt kevés ilyen felvétel készült, a prizmás, objektívprizmás felvételek gyakorlatára csak később került sor.) Mivel a vonalak és sávok szerkezetének és az egyes vonalszélességeknek az igazi jelentőségét az 1910-es években még nem ismerték fel (a kvantummechanika ilyen

irányú fejlődése lényegében csak 1920 után indult meg), ezért a Halley-üstökös esetében nem is törekedhettek nagy spektrális felbontásra és fotometriai mérésekre, csupán az egyes molekulásávok jelenlétének a megállapítása, nem a keletkezésük elméleti hátterének tisztázása volt a cél.

Az első spektrum a Halleyről 1909. október 22-én, a Lick-csillagvizsgáló 90 cm-es Crossley-reflektorával készült. Később máshol is készültek prizmával, illetve réssel megfigyelések, de szisztematikusan főleg a Lick és Mt. Wilson Observatórium készített összesen 77 jó minőségű spektrumfelvételt.

Az emissziós spektrum

Az első, három óra expozíciós idejű spektrumfelvételen egyenletesen halvány kontinuum és halvány CN-, illetve C₂-sávok voltak megfigyelhetők, azonkívül 405 nm-nél a szintén halványan látszó C₃-csoport (az ún. C+H- vagy Raffety-sávok). A mai észlelési technikával megfigyelt üstökösök spektruma is megerősíti azt a nézetet, hogy a C₂ sávrendszere mintegy 3 CSE-nyi heliocentrikus távolságnál kezd feltűnni a spektrumban.

1910. február elején, 1,6 CSE naptávolságban a CN- és a (0—1)-es C₂-sávok közel azonos erősségűek lettek; ezután a C₂-sávok domináltak egészen június végéig, amikor az üstökös 1,4 CSE-re volt a Naptól, később a CN lett erősebb. A C₃- és CN-sávok többé-kevésbé azonos módon változtatták spektrális tulajdonságaikat. Ez a kimutatott három leginkább alapvető molekula — mint általában más üstökösöknél — a Halley-nél is normális spektrális viselkedést mutatott.

A kómában minden kétséget kizáróan kimutathatóak voltak a CN (0—0) és (0—1) sávjai, a C₃-csoport, a C₂ (2—0), (1—0), (0—0) és (0—1) sávjai. A nem kielégítő felbontás és halványságuk miatt kisebb bizonyossággal volt kimutatható a CN (0—2) sávja és a C₂ (0—2), illetve (0—3) sávja. A CH-molekulát és a nátrium D-vonalait is ki lehetett mutatni. Más komponensek jelenlétének igazolása azonban már bizonytalan volt a kómában.

A csóvában a CO⁺ sávjainak erőssége a csóva mentén helyről helyre jelentős ingadozásokat mutatott. Az N₂⁺-molekula két éjjelen volt megfigyelhető (Bobrovnikoff szerint). A Halley-üstökös emissziós spektruma normális és általános tulajdonságú volt.

A kontinuum

A spektroszkópiai lemezekre akkoriban még nem volt érzékenység — hullámhossz és denzitás — fényesség szerinti kalibráció. Ezért elég kockázatos a folytonos színkép tulajdonságairól beszélni — annál is

inkább, mert a kis spektrális felbontású lemezeken eléggé egybefoly-
nak az egyes molekulásávok, elfedve a kontinuumot. Némely állítás
ellenére sem látszik megerősítettnek a Halley-üstökös *reflexiós spektru-
mának* kimutatása. (Többen állították, hogy az üstökös „ibolyakon-
tinuuma” a Naphoz közeledve eltolódott „Nap-típusú kontinuummá”.
Ez, a folytonos színkép változásának tulajdonított jelenség valószínű-
leg a C_2 sávjainak intenzitásváltozását tükrözi vissza.)

Megemlítjük, hogy Konkoly-Thege Miklós is végzett az üstökösökről
— köztük a Halleyről is — spektroszkópiai megfigyeléseket, és a spekt-
rum egyes érdekesebb tartományait színszűrőkkel választotta ki.

A Halley-üstökösről készült utolsó megfigyelések időpontja és a következő perihélium

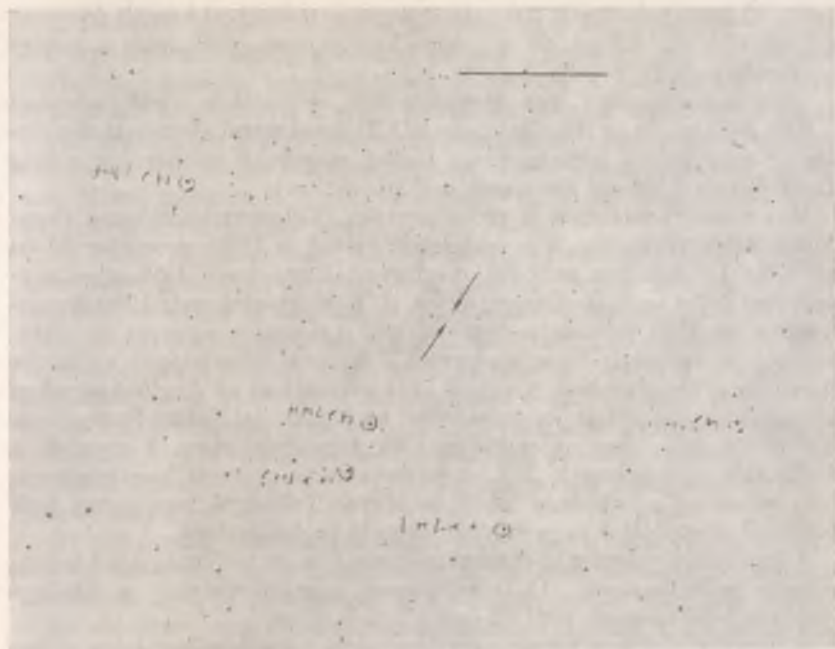
Az utolsó fotó — amelyen még *meglátható* — 1911. június 15-én készült,
a Lick Obszervatórium 90 cm-es Crossley-reflektorával. Az ezt meg-
előző, még *jól tanulmányozható* felvétel 1911. május 30-án készült,
a Lowell Obszervatóriumban. Akkor 5,28 CSE-re volt a Naptól (14.
ábra). Becsült fotografikus fényessége 18^m volt, és az ezt megelőző
öt naphan már 1^m -t halványodott. A mag épp akkor kezdett inaktívvá
válni, és csak „kicsi szörpainságnak látszott”. Ezután a Halley-üstökös
eltűnt a megfigyelők (fotografikus) szeme elől a külső bolygóközi tér
„mély és sötét, hideg térségében”.

Megkezdődtek az égi mechanikai számítások, mikor is kerül ismét
perihéliumba az üstökös. Az Angström-féle félempirikus módszerekhez
hasonlóan *M. Kamienski* 1962-ben 1986,88-ra jelezte előre a következő
perihéliumátmenetet, ami 9 hónappal későbbi, mint az 1982-es újra-
felfedezés utáni megfigyelésekből számolt *1986. február 9,3 UT*. Brady
és Carpenter 1967-ben a Cowell-féle számítási eljárással, az 1835-ös és
1910-es adatokból 1986. február 5,3678-ra jelezte a perihéliumon való
áthaladást. 1971-ben Brady és Carpenter módosította számításait, és
1986. február 9,3947-re, míg Yeomans (tíz évvel később) 1986. február
9,6613-ra tette a perihéliumátmenetet.

A Halley-üstökös újrafelfedezése 1982-ben

Brady, Carpenter és mások alapvető jelentőségű pozíciószámításai és
fényesség-előrejelzései felhasználásával több próbálkozás is történt
a világ nagy obszervatóriumainak óriásteleszkópjaival a Halley-üstökös
1986-os perihéliumátmenete előtti újrafelfedezésére.

A próbálkozások 1977. november 13-án vették kezdetüket, amikor
a Kitt Peaken a 4 m-es teleszkóppal 30 perces expozíciót készítettek



14. ábra. A Lowell Observatórium felvétele (Flagstaff, Arizona) 1911. május 30-án készült a Jupiter távolságában levő — a megfigyelők elöl eltűnő — üstökösről (nyílak között)

az égboltnak arról a vidékéről, ahol a számítások szerint a Halley abban az időben tartózkodott. Az akkorra jelzett fényessége 26^m , a helio- és geocentrikus távolság 19,3, illetve 18,8 CSE volt, így nem is sikerült megtalálni az üstökösöt. 1977. november 16/17-én a Palomar-hegyen az 5 m-es teleszkópra szerelt CCD-detektorral 45 perces expozíciókat végezve sem sikerült rábukkanni a Halleyre.

Közben Yeomans új pozíciókat és fényességeket számolt, amelyeket szintén figyelembe vettek a keresésnél az égi koordináták és az expozíciós viszonyok megválasztására.

1979. november 24-én ($r = 16,3$ CSE, $\Delta = 15,7$ CSE) és 1980. december 9-én ($r = 14,6$ CSE, $\Delta = 13,8$ CSE) a Kitt Peaken próbálkoztak újabb kereséssel — sikertelenül. Ekkor 24^m -t értek el a CCD-s detektorral. Az 5 m-es palomari teleszkópra egy 500×500 képelemből álló CCD-detektormátrix került, és ennek segítségével próbáltak a Halley nyomára akadni 1980. március 5-én, illetve április 9/10-én, majd egy 800×800 -as CCD-vel 1981 januárjában ($r = 14,4$ CSE, $\Delta = 13,5$ CSE

volt). Ekkor nyolc darab 300 másodperces expozícióval készült felvételt egyesítettek egy képpé, de a gyenge légköri viszonyok miatt a határfényesség csak 23^m6 volt.

1981 decemberében újra megkísérelték az üstökös újrafelfedezését a Kitt Peaken, és az itt alkalmazott CCD-detektorral elért határfényességből már *becslést tudtak adni a Halley magjának méretére is: a mag átmérőjének 3 km-nél kisebbnek kell lennie!*

Más obszervatóriumok is próbálkoztak. 1979 novemberében a Cerro Tololo Obszervatórium 4 m-es teleszkópjával és 1980. december 31-én az ESO La Sillában működő megfigyelőállomásának 1,54 m-es távcsövével 24^m -s határfényességet értek el. Kísérleteztek még 1980 decemberében és 1981 februárja—áprilisa közt, valamint ugyancs év októberében a kanadai—francia—hawaii 3,6 m-es teleszkóppal a Mauna Kea Obszervatóriumban, továbbá 1981 májusában az Anglo-Australian Obszervatórium 381 cm-es műszerével az ausztráliai Siding Springsben. Ezenkívül még megemlítenők a Lick Obszervatórium 3 m-es és a McDonald csillagvizsgáló 272 cm-es műszerével végzett kísérletsorozatok, valamint az arizónai Multiple Mirror Telescope rendszerrel (sok tükrösből egyesített 4 m-es műszer) végzett próbálkozások.

A kaukázusi zelencsuki obszervatórium 6 m-es teleszkópjával is történtek próbálkozások (CCD-detektorok alkalmazásával) a Halley-üstökös felkutatására 1981/82-ben.

Különböző jóslatok láttak napvilágot arra vonatkozólag, hogy mikor fedezhető fel újra a Halley-üstökös. Az 1981 márciusában, Tucsonban megtartott üstökös-konferencián *R. Newburn* azt állította, hogy 50% az esélye annak, hogy az 1981-es oppozíció idején megtalálják a Halleyt, és 90% annak, hogy 1982 végéig felfedezzék. *Marsden* pesszimistábban nyilatkozott: 1984-ig — amíg az üstökös el nem megy a megtalálását nehezítő, csillagokban gazdag Tejút-vidékről — nem valószínű a felfedezés, feltéve, hogy tényleg olyan halvány, mint amilyen fényességűnek az eddigi próbálkozások alapján becsülhető. Mindezek ellenére az optimista jóslatoknak lett igaza.

A Palomar-hegyi obszervatórium 5 m-es teleszkópjára szerelték fel a *Space Telescope* nagy látászögű bolygókamerájának mérnöki kísérleti példányát — műszaki vizsgálatok céljából. Ezzel az eszközzel, amelyben egyébként egy CCD-detektor volt, végezték a Halley-üstökös felkutatására irányuló kísérleteiket egy kutatócsoport tagjai. *1982. október 16-án* hajnalban sikerült is felfedezniük az 1986-os perihéliumátmenete felé közeledő Halley-üstököst, amely a megfigyeléskor *a Naptól mintegy 11,04 és a Földtől pedig 10,93 CSE távolságra járt*, közeledve a Szaturnusz pályájához. Az üstököst „újra felfedező” csoport tagjai *D. C. Jewitt, G. E. Danielson, J. E. Gunn, J. A. Westphal, D. P. Schneider, A. Dressler, M. Schmidt és B. A. Zimmerman* voltak.

A teleszkóp primer fókuszába helyezték el a CCD-detektort, és egy 500 nm hullámhossznál áteresztő (sárga) széles sávú szűrőn keresztül öt felvétel készült, egyenként 480 másodperces „expozíciós” idővel. A pirkadat közeledtével a vörös szűrő használatára tértek át. A kapott képek legtöbbször a Halley-üstökös előrejelzett pozíciói közelében egyértelműen felismerhető egy *csillagszerű, kóma nélküli objektum*, amelynek látszó mozgása $3^{\circ}5'$ volt óránként (15. ábra). Fényessége V-ben 24^m2 , B-ben mintegy 25^m volt.

Az észlelt objektumnak a Halley-üstökössel való azonosítási feltételei igen nehezek voltak, mert egy csillagokban gazdag Tejút-sáv irányában látszott akkor az üstökös, és ki kellett zárni más mozgó objektumok (például egy kisbolygó) lehetőségét is. Az identifikálás biztosabbá tétele érdekében mind *csillagkövető*, mind az *objektumot követő* expozíciók is készültek, és ez utóbbiakon az objektum csillagszerűnek látszott (16. ábra). (A távcsövet ugyanis a Halley számított mozgása irányában mozgatták, így a csillagszerűnek mutatkozó objektum csakis a Halley-üstökös lehet — vagy egy olyan égitest, amely kísértetiesen azonos pályán mozog.)

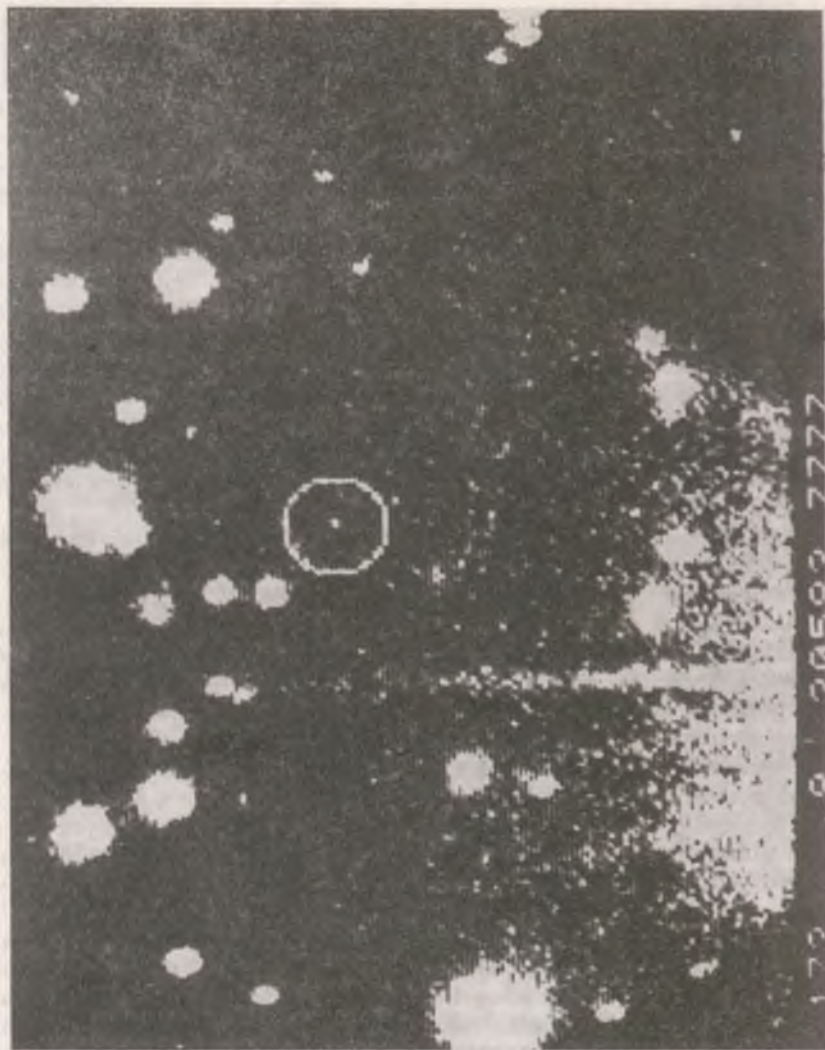
Az első megfigyelési sorozat október 19-ig folyt, és az időben egymást követő felvételek egybemásolása és képjavítása után az *objektum elmozdulása* igen jó közelítéssel a *Halley előrejelzett mozgását mutatta*.

Az objektum csak $0^{\circ}6'$ -mal volt nyugatabbra, mint a Yeomans által előrejelzett pozíció. Az első pozíciómérések eredményeit a 4. táblázat mutatja, amelyben látható a kb. 1,5 órás megfigyelés alatti elmozdulás a koordinátákban. A mért pozíciókból előre számítható perihéliumátmenet időpontja: 1986. február 9,3 UT.

Összevetve az előrejelzett fényességet a megfigyelttel (a legoptimistább becslés alapján 21^m körülinek jósolták 1982 őszére a fényességet), és figyelembe véve az 1981 decemberében tett kísérleteket, helyénvalónak tűnik az a jóslat, hogy *a mag kicsi, mintegy 3 km átmérőjű*. Abban az esetben, ha a geometriai albedót 0,5-nek tételezzük fel, a mag rádiuszára az első fényességmérésekből $1,4 \pm 0,2$ km adódik.

A Halley-üstökös újrafelfedezését megerősítették M. J. S. Belton és H. Butcher megfigyelései is a Kitt Peak Observatóriumban. Október 18-án és 20-án a 4 m-es teleszkóppal, néhány perces expozíciós időekkel és CCD-detektorral végeztek megfigyeléseket néhány órán keresztül éjjelente. Az üstökös fényessége V-ben 24^m -nál halványabbnak bizonyult. A kiátlagolt pozíciók alapján a várható perihéliumátmenet 1986. február 9,2—9,3 UT között fog bekövetkezni.

Miután bizonyossá vált, hogy a Halley-üstökösről van szó, ez lett az 1982-ben megfigyelt kilencedik üstökös, és az évi üstökösrajstromban az 1982 *i* elnevezést kapta. Marsden az IAU telegramközpontjából



15. ábra. Újra felfedezték a Halley-üstököt

az IAU Circular 3737. és 3742. számú körleveleiben adta tudtára hivatalosan is a világnak a várva várt felfedezést.

1758 karácsonyának éjjelén Palitzsch német földműves és amatőr csillagász mintegy három hónappal a perihéliumátmenet előtt találta



16. ábra. A Halley-üstökös azonosítása (lásd a szöveget!)

4. táblázat

A Halley-üstökös pozíciói az 1982-es újrafelfedezéskor

Dátum [UT] 1982. október...	R. A.	D.
	(1950)	
...16,475 69	7 ^h 11 ^m 01,9	+9° 33' 03''
16,490 97	7 11 01,8	+9 33 02
16,521 53	7 11 01,7	+9 33 00

meg a Halleyt, 1909 szeptemberében Wolf Heidelbergben nyolc hónap-
pal. 1982-ben pedig a technika fejlődésének következtében a perihélium-
átmenet előtt több mint három évvel sikerült megtalálni az üstökös-
— lehetővé téve a részletes vizsgálatokat, a folyamatos követést.

A Halley-üstökös általános tulajdonságai

A pálya

A Halley-üstökös mozgásában mutatkozó szabálytalanságok (késik
vagy éppen siet) alapján már *F. W. Bessel* felhívta a figyelmet 1835
után arra, hogy az üstökösök mozgásában szerepet játszanak az ún.
repulzív (rakétameghajtáshoz hasonló) effektusok. Addig az égitestek
mozgásegyenlete:

$$\text{tömeg} \times \text{gyorsulás} = \text{perturbálatlan kéttest-probléma vonzóereje} + \text{perturbációk}$$

alakú volt, vagyis csak *tisztán gravitációs effektusokat* vettek figyelembe.
A nem gravitációs hatások figyelembevételével a mozgásegyenlet
alakja:

$$\text{tömeg} \times \text{gyorsulás} = \text{gravitációs erők} + \text{nem gravitációs erők.}$$

F. L. Whipple és *A. D. Dubjago* 1950-ben kidolgozott jégkonglomerátum („piszkos hógolyó”) modelljére alapozva *Z. Sekanina* és Marsden célul tűzte ki egy olyan pálya meghatározását a Halley-üstökös esetében, amely elegendően pontosan vissza tudja adni az eddig (1910-ig) megfigyelt perihéliumátmeneteket. A számítások során félempirikus módszerekkel vették figyelembe a nem gravitációs eredetű effektusokat: felhasználták a szublimáló vízjég párolgásának heliocentrikus távolságtól való függését. A kérdés az, hogy milyen kapcsolatban van a vízjég szublimációja a nem gravitációs effektusokkal. *A. H. Delsemme* és *M. R. Combi* (1976) megállapítása szerint a *Halley-üstökös magjából elsősorban víz-, CO-, CH₄- és CO₂-molekulák szublimálnak.*

Amennyiben az üstökös magot *monolitikus felépítésűnek* tekintjük (egy tömbből álló hó + meteorikus anyag konglomerátuma), úgy beszélhetünk a *mag tengely körüli forgásáról*, sőt a forgástengely *precessziós mozgásáról* is. Így előfordulhat az, hogy a szubszoláris pont mindig a mag más-más felületi pontja lesz. A szubszoláris pontot, illetve a „délutáni” oldalt melegítik fel elsősorban a Nap sugarai; itt erősebb a *szublimáció*, sőt a melegedésre a reakcióképesebb vegyületek aktiválódhatnak, így

segítve elő a hatásos *repulzív erők* működését. Ezek — belső erőként felépve — befolyásolják az üstökösrag mozgását.

A Halley-üstökös mozgásában mutatkozó szabálytalanságokat megpróbálták *tisztán csak perturbációs hatásokkal* is megmagyarázni. Brady, Klemola és Harlan, valamint Seidelman (1972) számításai szerint egy eddig még ismeretlen, kb. Jupiter-tömegű, nagy pályahajlású külső bolygó feltételezésével fel lehetett volna oldani a Halley-üstökös mozgásában mutatkozó rendellenességeket. Az 1970-es évek elején meg is kezdték (a Cassiopeia vidékén) ennek az új nagybolygónak a szisztematikus keresését, de a kutatás nem járt eredménnyel. Több szerző rámutatott arra is, hogy a számítások során pontatlan perturbáló bolygótömegeket, valamint Nap/Jupiter tömegarányt használtak. *Az üstökösök mozgásában mutatkozó szabálytalanságokat tehát inkább kell a mag tulajdonságaiból adódó nem gravitációs effektusoknak tulajdonítani, mi ntegy ismeretlen nagyobb bolygó perturbáló hatásának!*

Yeomans megvizsgálta az üstökös mozgását az 1607-től 1911-ig terjedő intervallumban, és meghatározta a pályaelemeket az 1986. február 19,0 efemeris időre. (A pályaelemeket és a pálya egyéb adatait az 5. táblázat közli.) Megjegyezzük, hogy *a pálya retrográd, és a keringési idő nem pontosan állandó a perturbációk miatt.* A legrövidebb keringési idő (eddig) 1835 és 1910 közt volt: 74,42 év; a leghosszabb 451 és 530 közt: 79,25 év. 1985/86-ban a számítások alapján az üstökös égi mechanikai összenergiáját legjobban a Vénusz és Föld megközelítése befolyásolja majd, (1986. február 4-én és április 11-én), de ellipszispályán fog maradni, az 5. táblázatban adott pályaelemekhez közeli értékekkel.

A mag

Közvetlenül még senki sem látott üstökösragot, így csak *fotometriai vagy optikai „magról”* beszélhetünk, ami tulajdonképpen:

valódi mag + jéghalo + sűrű por- és gázhéj.

A mag jellemző adatai az optikai mag fotometriai tulajdonságai (albedo, az optikai mag és a kóma közti intenzitáskontraszt, a por és gáz járuléka a fényességhez stb.) alapján határozhatók meg.

A mag mérete a mért intenzitásból*, ésszerű albedo feltételezésével, bizonyos egyszerűsítő feltevések (például gömb alakú mag) mellett kiszámítható. A Halley-üstökös esetében (ha a geometriai albedót 0,1-nek tesszük fel, és figyelembe vesszük, hogy 1980/81-ben még 24^m,1 alatt volt az üstökös) az adódik, hogy a mag rádiusza 6,5 km-nél kisebb kell legyen.

* Nagy heliocentrikus távolságban végzett méréseket kell figyelembe venni, amikor még nem zavar a kóma fénye!

**A Halley-üstökös pályaelemei és a pálya más paramétereit
az 1986. február 19,0 efemeris idejű epochára**

perihéliumátmenet	1986. február 9,3UT
perihéliumtávolság	0,587 096 CSE
excentricitás	0,967 267
perihéliumargumentum	111,°8534
felszálló csomó hossza	58,°1531
pályahajlás (retrográd pálya)	162,°2378
fél nagytengely	17,935 906 CSE
a pálya pólusa:	
ekliptikai hosszúsága	328,°15
ekliptikai szélessége	—72°,24
a perihéliumpont:	
ekliptikai hosszúsága	305,°32
ekliptikai szélessége	16,°45
távolsága az ekliptika síkjától	0,17 CSE
az aféliumpont:	
heliocentrikus távolsága	35,284 72 CSE
ekliptikai hosszúsága	125,°32
ekliptikai szélessége	—16,°45
távolsága az ekliptika síkjától	9,99 CSE
a csomópontok heliocentrikus távolsága:	
felszálló csomópont	1,81 CSE
leszálló csomópont	0,85 CSE
pályabeli sebességek:	
perihéliumban	54,55 km/s
aféliumban	0,91 km/s

Az 1982-es újrafelfedezés és a fényességmérések után (a geometriai albedót 0,5-nek véve) *1,5 km-nél kisebb rádiusz* adódik! Megemlítjük, hogy régebbi becslések 0,5 és 8 km közt adták meg a rádiuszt.

A mag tömegére a pálya nem gravitációs erőket is figyelembe vevő meghatározásából lehet következtetni: a repulzív erők hatásossága a *tömegvesztési rátától* függ, amit viszont a láthatóság időtartama alatt meg lehet becsülni. Feltételezve, hogy a Halley-üstökös magja $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

átlagos sűrűségű vízjég-konglomerátum és 1,5 km rádiuszú, a tömegre $1,4 \cdot 10^{16}$ g becsült értéket kapunk. (A megfigyelt fényesség biztosítására a tömegvesztési ütemnek átlagosan $1,5 \cdot 10^6$ g \cdot s $^{-1}$ nagyságúnak kell lennie.)

Összehasonlítva ezt a tömeget egy Jupiter-hold 10^{26} g-nyi tömegével, látható, hogy már a bolygók holdjai is befolyásolhatják gravitációs hatással egy-egy üstökös pályáját (a P/Lexell- és P/Brooks—2 üstökösök például áthaladtak a Jupiter-rendszeren)!

A mag forgását Whipple határozta meg 1978-ban: a rotációs periódusra mintegy $10^h 19^m$ sziderikus periódust kapott; a forgástengely az üstökös pályasíkjára csaknem merőleges, és a forgás a keringési iránnyal megegyező irányú — ebben az értelemben direkt. (Whipple monolitikus magot tételezett fel, és fotometriai módszerekkel, a kilövellések és halók periodikus fényváltozásából származtatta le a rotációs paramétereket.) A mag forgásának fenti adatait Yeomans és Sekanina pályaszámításai is megerősítik, akik a nem gravitációs effektusokat a mag forgási és párolgási tulajdonságaival kapcsolatba hozták.

A megfigyelésekkel legjobban összeegyeztethető Halley-üstökös-modellek szerint a mag egy 185 K átlagos hőmérsékletű objektum. Valószínű, hogy a mag és a kóma közti intenzitásvizony mindig nagyobb 1-nél, de legalább 1,5, tehát a mag intenzitása nagyobb.

Kémiai összetétel

A legjobb becslések szerint a szublimációra képes, illetve meteorikus anyag tömegének aránya a Halley-üstökösre 1 : 2, oly módon, hogy a párolgásra képes anyag 5/6 része H₂O, a fennmaradó 1/6 rész pedig átlagosan 44 atomi tömegegységű komponensekből tevődik össze.

Az üstökös kómájának emissziós spektrumában jelenlevő CO⁺ a CO₂-ből származik, a CN, a HCN-ből, az NH és NH₂ az NH₃-ből ered. Különböző hidrogén-karbonátokból származnak a C₂⁻, C₃⁻ és CH-molekulák. A csóva esetén E. Kron és K. Schwarzschild szerint lényeges a CO⁺ rezonancia-fluoreszcencia sugárzása. A csóvában rövid ideig megfigyelték a N₂⁺-molekulát is.

A porkomponenst illetően V. I. Moroz szerint 10^{-5} — 10^{-3} g tömegű, 0,5-nél nagyobb szórási albedójú dielektromos részecskék dominálnak.

Az üstökös abszolút fotometriai paraméterei

Az 1910-ben végzett megfigyelések alapján készült izofóta-térképek nincsenek kalibrálva, ezért az üstökös abszolút kalibrált izofóta rendszerének elkészítéséhez modellfeltevéseket kell tennünk (H. U. Keller, Moroz és Newburn foglalkoztak az 1970/80-as évek fordulóján alaposabban

a Halley-üstökös modellezésével). Az alapgondolatok, amelyeket a fotometriai modellek készítésénél felhasználtak:

- Az üstökös (ismert) látszó vizuális fényességét át kell alakítani $W \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{mikron}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1}$ egységekre.
- Meg kell becsülni a gáz és a por járulékát a fényenergia-fluxushoz, és meg kell választani a sugárzó térrész nagyságát.
- Meg kell vizsgálni, hogy a gáz- és porkomponens milyen módon járul hozzá az energiafluxushoz (a gáz sugárzása indukált és spontán emisszióval, a por egyszeri vagy többszörös fényszórással).
- Mikor történhet a magból szimmetrikus vagy aszimmetrikus úton részecskekiáramlás, mennyi a kiáramlás időbeli üteme?
- Milyen lehet a mag fotometriája?

Ezeket a kérdéseket vizsgálva Moroz kidolgozott egy olyan kalibrált izofóta-rendszert (mind a szimmetrikus, mind az aszimmetrikus kiáramlást feltételező modellekre), amely a 10^4 — $5 \cdot 10^6$ g·s⁻¹ tömegvesztésirátatartománytól függően háromféle (minimális, közepes és maximális) fényességet adó fotometriai modellt szolgáltat. E modelleket elsősorban a Halley-üstökös közelébe küldendő Vega-űrszondák tv-rendszerének kidolgozására alkották meg.

A Halley-üstökössel kapcsolatos meteorrajok

Az üstökös mag öregedésével egyre több port és meteorikus anyagot (és gázt is) veszít, ezeket szétszórja a pályája mentén az interplanetáris térben.

A Halley-üstökös kitüntetett abban az értelemben, hogy a pályája mentén két, meteorikus anyagban feldúsult lokális sűrűségcök kering. Az egyikkel a Föld október 20-a körül találkozik, ez az Orionida meteorraj, a másikkal május 3—6. közt, ez pedig az η Aquarida raj (májusi Aquaridák). Az üstökös pályája mentén az Orionidák adják a perihélium felé tartó meteorokat, az Aquaridák a pályán kifelé tartókat.

A meteorrajok anyagsűrűsége nem egyenletesen oszlik meg a pálya mentén. Az Orionida áramban 5—15 éves periódusok vannak (az áramlási „cső” a pálya mentén mintegy 10^7 km átmérőjű, benne szálas szerkezetű lokális sűrűség-növekedésekkel), az η Aquarida áram is hasonló szerkezetű, de fele akkora mérettel. Mindkét raj átlagosan 10—30 meteor/óra intenzitást mutat, s mindkét raj intenzitása jelentősen megnövekszik az üstökös visszatérése körüli időszakban.

Az Orionidák első említése az i. sz. 585-ből származó kínai krónikákból való, az η Aquaridáké i. sz. 401-ből. Mivel maga az üstökös jóval idősebb, valószínűtlen, hogy a fent megjelölt években jelentek volna meg először meteorok, valószínűbb, hogy i. sz. 400-ig a hiányos feljegyzések miatt nincs róluk tudomásunk.

Yeomans szerint 1985/86-ban az Orionidák maximuma 1985. október 24,2-kor lesz, az η Aquaridáké 1986. május 8,5-én. Az Orionidák 73 nappal az előtt jelentkeznek, mielőtt az üstökös a felszálló csomópontjához érkezne, az η Aquaridák 45 nappal azután, hogy az üstökös elhagyta a leszálló csomópontját.

A sztratoszférában repülő nagy sebességű repülőgépek által összegyűjtött és azonosított η Aquarida mikrometeoritok mikron méretű (légkörbe érve megoldadt) kondritok és szilikátok.

Megfigyelési viszonyok 1985/1986-ban

A Halley-üstökös előrejelzett pozíciója

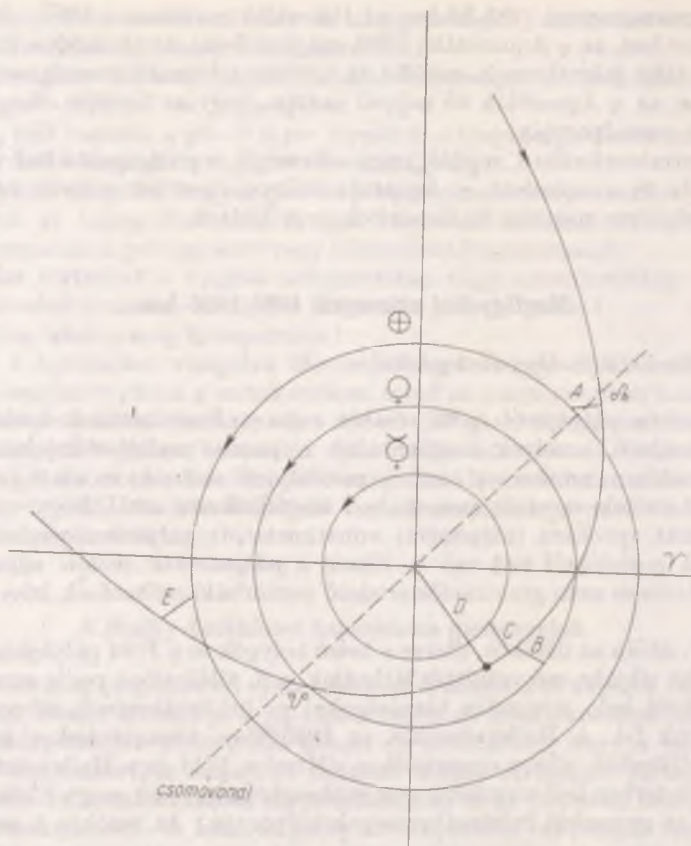
Az üstökös pályájáról szóló részben már említést tettünk azokról a problémákról, amelyek megnehezítik a precíz pozíció-előrejelzést. A továbbiakban, amikor az üstökös pozíciójáról szólnunk, ez alatt *közeltő pozíciót* értünk, ugyanis nem szabad megfeledkezni arról, hogy mindig egy adott epochára (időpontra) vonatkoztatott pályaelem-rendszerből számolt pozíciókról van szó — hiszen a *pályaelemek időben változnak* gravitációs és nem gravitációs eredetű perturbáló erőhatások következtében.

A 17. ábrán az üstökös, illetve a belső bolygók és a Föld pályájának az ekliptika síkjába eső vetületét láthatjuk, a 6. táblázatban pedig az egyes bolygóktól való minimális távolságokat és bekövetkezésiük időpontját tüntettük fel. A Halley-üstökös az 1985/86-os visszatérésekor *kétszer lesz földközelpontban, illetve oppozícióban*. (Mivel a Föld és a Halley-üstökös pályáját térben kell szemlélni, nem szükségképp egyezik meg a földközelpont és az oppozíció bekövetkezésének időpontja.) Az üstökös a perihélium

6. táblázat

A Halley-üstökös 1985/86-os visszatérésekor bolygóközelségek és a perihélium

bolygó	dátum (UT)	távolság CSE	pont
Föld	1985. november 27. 22 ^h 48 ^m	0,617	A
Vénusz	1986. február 4. 16 ^h 34 ^m	0,272	B
Merkúr	február 5. 5 ^h 46 ^m	0,286	C
Föld	április 11. 21 ^h 07 ^m	0,418	E
perihélium	1986. február 9. 7 ^h 33 ^m	0,587	D



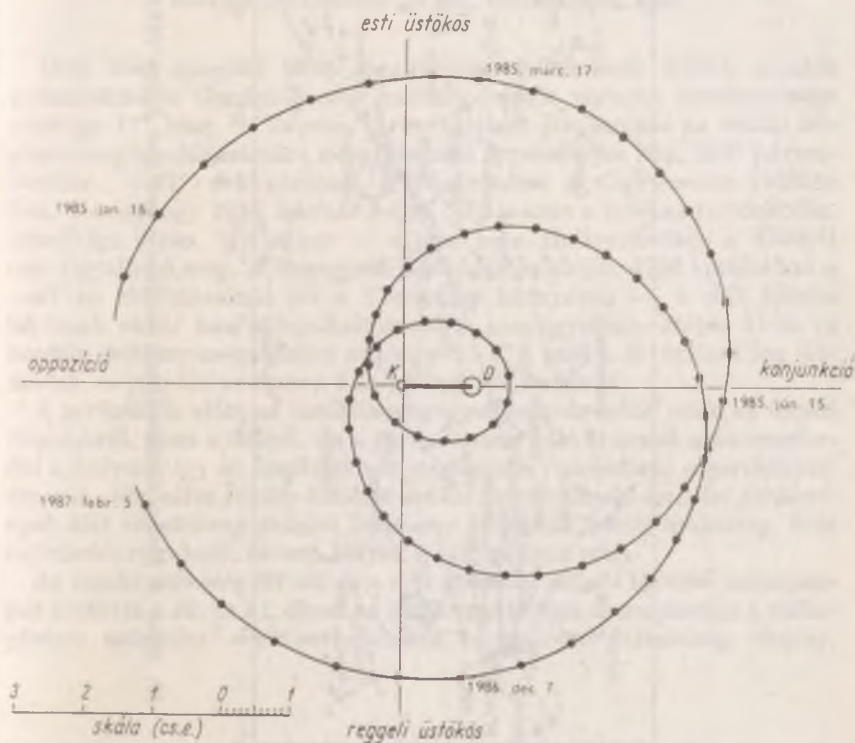
17. ábra. A Halley-üstökös 1985/86-os visszatérésekor a belső bolygók közti mozgása (a pálya az ekliptika síkjába vetítve)

liumátmenet időpontja előtt 1985. november 18-án lesz oppozícióban és 27-én földközelpontban (0,62 CSE-re a Földtől), a perihéliumon való átmenet után pedig 1986. április 15-én oppozícióban és 11-én földközelpontban, amikor is 0,42 CSE-re lesz tőlünk. A belső bolygók közül a Merkurtól 0,29 CSE-re, a Vénustól pedig 0,27 CSE távolságra halad majd el.

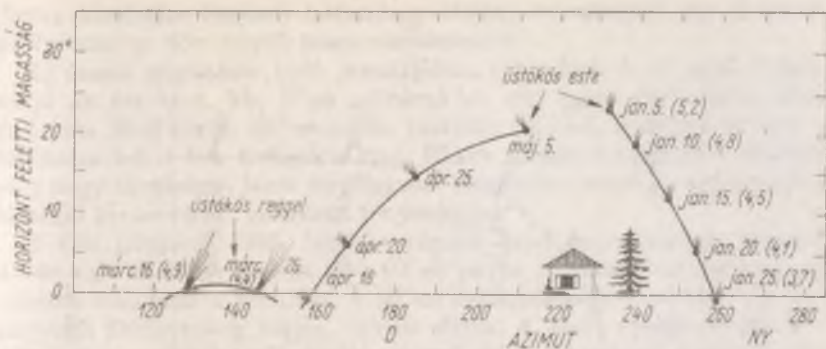
A láthatósági viszonyok taglalásához — nevezetesen ahhoz, hogy a konjunkciók, oppozíciók és a perihélium-átmenet a Földhöz és a Naphoz képest hol következnek be — igen hasznosnak bizonyul egy olyan koordináta-rendszer, amelynek origója a Föld, első tengelye a Föld—Nap

egyenes, a második tengelye erre merőleges, és szintén távolságskálával ellátott. Felmérve a helio- és geocentrikus távolságokat, egy ún. *bipoláris diagramhoz* jutunk (18. ábra). A bipoláris diagramból nyilvánvaló, hogy az üstökös nem lesz olyan jól megfigyelhető 1985/86-ban, mint például 1910-ben volt. A *perihéliumátmenet időpontja körül ugyanis — amikor várhatóan a legfényesebb az üstökös — a Nap túlsó oldalán, konjunkcióban lesz*. Továbbá, mivel nem kerül a Föld és a Nap közé, ezért nem is számolhatunk olyan, bizonyára igen érdekes jelenség bekövetkezésével, mint a Halley-üstökös átvonulása a Nap korongján.

Megszerkesztve a *csillagképek közt látszó pályát* 1984 júliusa és 1986 novembere közt (19. ábra), nyomon követhető az üstökös látszó mozgása az égen, és információt kaphatunk arról is, hogy mikor mely földrajzi helyről lesz kedvező a láthatósága.



18. ábra. Bipoláris diagram az üstökös mozgásáról (Nap és Föld rögzített helyzetű), feltüntetve az opozíciók és konjunkciók helyzete (a skála CSE-ben)



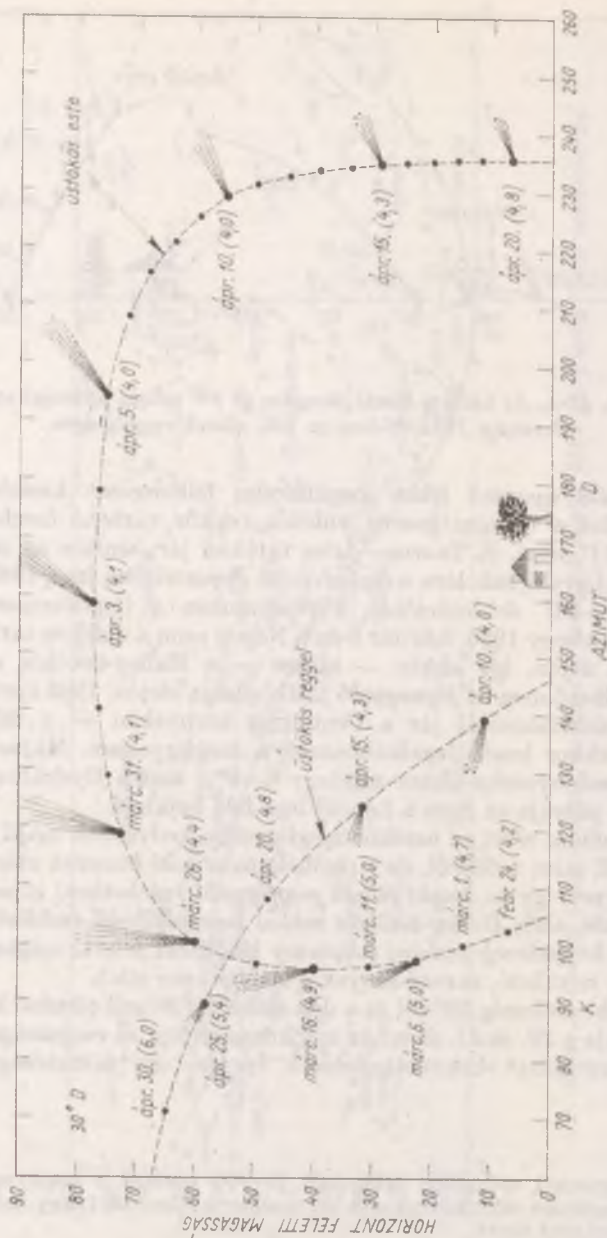
20. ábra. Az üstökös látszó mozgása az 50° északi földrajzi szélességen 1985/86-ban az esti, illetve reggeli égen

1985 késő nyaratól lehet megkísérelni felkeresését kisebb amatőr műszerekkel a Gemini-Taurus vidékén (ekkor várható összfényessége mintegy 11^m lesz). A Taurus—Aries tájékán jár, amikor az északi félgömb megfigyelői számára a legkedvezőbb oppozícióban lesz, 1985 novemberében, $+21^\circ$ deklinációnál. Perihéliumban a Capricornus vidékén lesz, és minthogy 1986. február 9-én a Nap is azon a vidéken tartózkodik, látszó égi útján, így akkor — sajnos — a Halley-üstökös a Földről nem figyelhető meg. A legnagyobb földközelsége idején, 1986 áprilisában a -47° -os deklinációnál jár a Centaurus környékén — a déli félteke lakóinak ekkor lesz a legalkalmasabb a megfigyelésre. Május 31-én (a becsült összfényessége ekkor mintegy $8-9^m$) már a Hydrában fog látszódni, és pályája az égen a Leo—Virgo felé hajlik el.

A perihélium előtt az üstökös megfigyelése kedvezőbb majd az északi félgömből, mint a délről, de a perihéliumon való átmenet után megfordul a helyzet, így az északi félteke megfigyelői (várhatóan) a perihélium-átmenet után aktív Halley-üstököst sokkal kedvezőtlenebb észlelési körülmények közt kénytelenek észlelni (alacsony látóhatár feletti magasság, erős extinkció, refrakció, zavaró fények a látóhatáron stb.).

Az északi szélesség 50° -ról és a déli szélesség 30° -ról történő láthatóságot mutatja a 20. és 21. ábra. Az üstökös azimutja és magassága a csillagászati szürkület* bekövetkezésének végére (esti láthatóság idején),

* A csillagászati szürkület átlagosan 70—90 perccel a napnyugta után, illetve napkelte előtt következik be, amikor a Nap már (vagy még) 18° -kal van a horizont alatt.

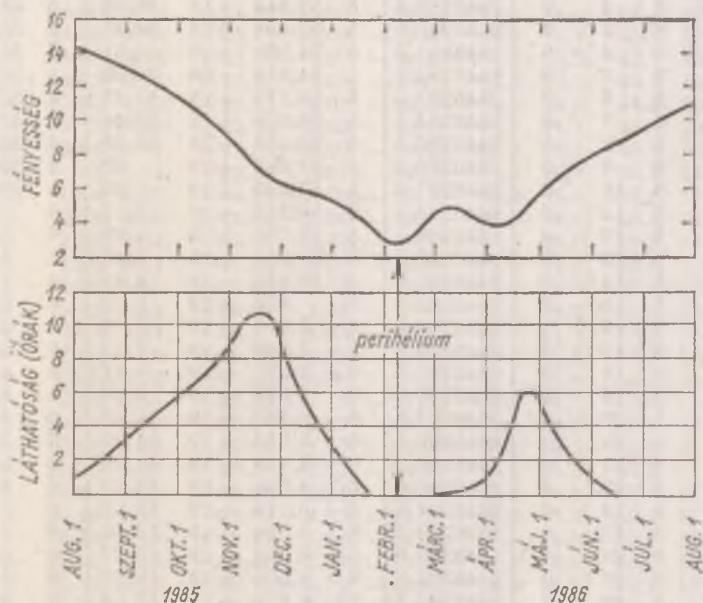


21. ábra. Az ústökös lútszó mozgása a 30° déli szélességről nézve.

illetve kezdetére (hajnali láthatóság idején) vonatkozik. Az ábrákon jelölve van az előre becsült látszó csóvaméret is.

Az északi félgömbön 1986 januárjában várhatóan 4–5^m-snak látják majd az üstököst, kb. 5°-os csóvával az esti égen. Perihélium után (március 26-a körül) 20°-os csóva várható, de csak mintegy 10°-kal a látóhatár felett lesz látható a mag. Ekkor a hajnali égen és a Holdtól elég nagy távolságra lehet megfigyelni. Áprilisban ismét az esti égen fog látszani kis csóvával, csökkenő fényességgel.

A déli féltekéről 1986. február végétől kezd egyre jobban látszani 4–6^m-val. Marsden szerint 20–40°-os csóva várható maximálisan, és mindez majdnem a zenitben, a 30°-os déli szélességről nézve — a legnagyobb földközelség idején, április elején. A Hold április elsején kb. 10°-ra lesz az üstököstől, utolsó negyed előtti fázisában. Április elején az üstökös még látható a 40–50°-os északi szélességről, és ekkor lesz a legjobb helyzetben a déli félgömb észlelőinek; majd május táján egyre feljebb húzódik az égi egyenlítő felé, és egyre magasabban látszik az északabbra levő megfigyelők számára, de ugyanekkor egyre halványodik is.



22. ábra. Az üstökös megfigyelésére alkalmas órák száma és az üstökös becsült látszó fényességének menete

A Halley-üstökös

év	hó	nap	óra	J.D.	R.	A.	1950	D	R.	A.
1985	7	14	.0	2446260.5	5	40.669	+18	31.93	5	42.719
1985	7	15	.0	2446261.5	5	41.325	+18	33.21	5	43.375
1985	7	16	.0	2446262.5	5	41.980	+18	34.47	5	44.031
1985	7	17	.0	2446263.5	5	42.634	+18	35.72	5	44.687
1985	7	18	.0	2446264.5	5	43.287	+18	36.95	5	45.341
1985	7	19	.0	2446265.5	5	43.939	+18	38.16	5	45.993
1985	7	20	.0	2446266.5	5	44.590	+18	39.36	5	46.645
1985	7	21	.0	2446267.5	5	45.239	+18	40.54	5	47.294
1985	7	22	.0	2446268.5	5	45.886	+18	41.71	5	47.942
1985	7	23	.0	2446269.5	5	46.531	+18	42.86	5	48.588
1985	7	24	.0	2446270.5	5	47.174	+18	43.99	5	49.231
1985	7	25	.0	2446271.5	5	47.815	+18	45.11	5	49.873
1985	7	26	.0	2446272.5	5	48.454	+18	46.21	5	50.512
1985	7	27	.0	2446273.5	5	49.090	+18	47.30	5	51.149
1985	7	28	.0	2446274.5	5	49.723	+18	48.38	5	51.783
1985	7	29	.0	2446275.5	5	50.353	+18	49.44	5	52.414
1985	7	30	.0	2446276.5	5	50.981	+18	50.49	5	53.043
1985	7	31	.0	2446277.5	5	51.605	+18	51.52	5	53.668
1985	8	1	.0	2446278.5	5	52.227	+18	52.54	5	54.290
1985	8	2	.0	2446279.5	5	52.844	+18	53.56	5	54.908
1985	8	3	.0	2446280.5	5	53.458	+18	54.55	5	55.523
1985	8	4	.0	2446281.5	5	54.069	+18	55.54	5	56.134
1985	8	5	.0	2446282.5	5	54.675	+18	56.52	5	56.741
1985	8	6	.0	2446283.5	5	55.277	+18	57.48	5	57.344
1985	8	7	.0	2446284.5	5	55.875	+18	58.44	5	57.942
1985	8	8	.0	2446285.5	5	56.468	+18	59.38	5	58.536
1985	8	9	.0	2446286.5	5	57.056	+19	.32	5	59.124
1985	8	10	.0	2446287.5	5	57.639	+19	1.25	5	59.708
1985	8	11	.0	2446288.5	5	58.217	+19	2.17	6	.283
1985	8	12	.0	2446289.5	5	58.790	+19	3.08	6	.860
1985	8	13	.0	2446290.5	5	59.356	+19	3.98	6	1.427
1985	8	14	.0	2446291.5	5	59.916	+19	4.88	6	1.988
1985	8	15	.0	2446292.5	6	.470	+19	5.77	6	2.543
1985	8	16	.0	2446293.5	6	1.017	+19	6.65	6	3.091
1985	8	17	.0	2446294.5	6	1.558	+19	7.53	6	3.632
1985	8	18	.0	2446295.5	6	2.091	+19	8.41	6	4.165
1985	8	19	.0	2446296.5	6	2.616	+19	9.28	6	4.691
1985	8	20	.0	2446297.5	6	3.133	+19	10.15	6	5.209
1985	8	21	.0	2446298.5	6	3.643	+19	11.02	6	5.719
1985	8	22	.0	2446299.5	6	4.143	+19	11.89	6	6.220
1985	8	23	.0	2446300.5	6	4.635	+19	12.75	6	6.713
1985	8	24	.0	2446301.5	6	5.118	+19	13.62	6	7.196
1985	8	25	.0	2446302.5	6	5.591	+19	14.49	6	7.670
1985	8	26	.0	2446303.5	6	6.054	+19	15.37	6	8.134
1985	8	27	.0	2446304.5	6	6.508	+19	16.25	6	8.588
1985	8	28	.0	2446305.5	6	6.950	+19	17.13	6	9.032
1985	8	29	.0	2446306.5	6	7.382	+19	18.02	6	9.464
1985	8	30	.0	2446307.5	6	7.803	+19	18.91	6	9.886
1985	8	31	.0	2446308.5	6	8.212	+19	19.82	6	10.295

látászó	D.	Δ	V _c	r	V _H	m ₁	m ₂	0	β	Hold
+18	32.97	4.20	-33.49	3.31	-19.82	14.9	15.8	26.0	7.7	22
+18	34.22	4.18	-33.93	3.30	-19.85	14.9	15.8	26.8	8.0	12
+18	35.45	4.16	-34.37	3.29	-19.88	14.9	15.8	27.6	8.2	8
+18	36.67	4.14	-34.80	3.28	-19.91	14.8	15.7	28.4	8.5	17
+18	37.87	4.12	-35.23	3.27	-19.94	14.8	15.7	29.2	8.7	29
+18	39.05	4.10	-35.66	3.26	-19.97	14.8	15.7	30.0	9.0	42
+18	40.21	4.08	-36.09	3.24	-20.00	14.7	15.7	30.7	9.2	55
+18	41.36	4.06	-36.51	3.23	-20.03	14.7	15.6	31.5	9.5	69
+18	42.50	4.03	-36.93	3.22	-20.06	14.7	15.6	32.3	9.7	82
+18	43.61	4.01	-37.35	3.21	-20.10	14.7	15.6	33.1	10.0	96
+18	44.71	3.99	-37.76	3.20	-20.13	14.6	15.6	33.9	10.2	110
+18	45.80	3.97	-38.17	3.19	-20.16	14.6	15.5	34.7	10.5	124
+18	46.87	3.95	-38.57	3.17	-20.19	14.6	15.5	35.5	10.7	137
+18	47.93	3.92	-38.98	3.16	-20.22	14.5	15.5	36.3	10.9	151
+18	48.97	3.90	-39.38	3.15	-20.26	14.5	15.4	37.1	11.2	164
+18	50.00	3.88	-39.77	3.14	-20.29	14.5	15.4	37.9	11.4	171
+18	51.02	3.86	-40.16	3.13	-20.32	14.4	15.4	38.7	11.7	163
+18	52.02	3.83	-40.55	3.12	-20.36	14.4	15.4	39.5	11.9	151
+18	53.01	3.81	-40.94	3.10	-20.39	14.3	15.3	40.3	12.2	138
+18	54.00	3.79	-41.32	3.09	-20.42	14.3	15.3	41.1	12.4	125
+18	54.96	3.76	-41.71	3.08	-20.46	14.3	15.3	41.9	12.7	112
+18	55.92	3.74	-42.08	3.07	-20.49	14.2	15.2	42.7	12.9	100
+18	56.87	3.71	-42.46	3.06	-20.52	14.2	15.2	43.5	13.2	88
+18	57.80	3.69	-42.83	3.05	-20.56	14.2	15.2	44.3	13.4	76
+18	58.73	3.66	-43.20	3.03	-20.59	14.1	15.1	45.1	13.7	64
+18	59.64	3.64	-43.57	3.02	-20.63	14.1	15.1	45.9	13.9	53
+19	.55	3.61	-43.93	3.01	-20.66	14.1	15.1	46.7	14.2	41
+19	1.44	3.59	-44.29	3.00	-20.70	14.0	15.0	47.5	14.4	30
+19	2.33	3.56	-44.65	2.99	-20.73	14.0	15.0	48.4	14.7	19
+19	3.22	3.54	-45.00	2.97	-20.77	13.9	15.0	49.2	14.9	9
+19	4.09	3.51	-45.35	2.96	-20.80	13.9	14.9	50.0	15.2	10
+19	4.96	3.48	-45.69	2.95	-20.84	13.9	14.9	50.8	15.4	21
+19	5.82	3.46	-46.03	2.94	-20.87	13.8	14.9	51.6	15.7	34
+19	6.68	3.43	-46.37	2.93	-20.91	13.8	14.8	52.5	15.9	47
+19	7.53	3.40	-46.70	2.91	-20.95	13.7	14.8	53.3	16.2	60
+19	8.38	3.38	-47.03	2.90	-20.98	13.7	14.8	54.1	16.4	74
+19	9.23	3.35	-47.35	2.89	-21.02	13.7	14.7	55.0	16.7	88
+19	10.08	3.32	-47.67	2.88	-21.06	13.6	14.7	55.8	16.9	102
+19	10.92	3.29	-47.98	2.87	-21.09	13.6	14.7	56.6	17.2	117
+19	11.76	3.27	-48.28	2.85	-21.13	13.5	14.6	57.5	17.4	131
+19	12.60	3.24	-48.58	2.84	-21.17	13.5	14.6	58.3	17.6	144
+19	13.44	3.21	-48.88	2.83	-21.21	13.4	14.5	59.2	17.9	158
+19	14.29	3.18	-49.17	2.82	-21.25	13.4	14.5	60.0	18.1	169
+19	15.14	3.15	-49.46	2.80	-21.28	13.4	14.5	60.9	18.4	169
+19	16.00	3.12	-49.74	2.79	-21.32	13.3	14.4	61.7	18.6	158
+19	16.86	3.10	-50.01	2.78	-21.36	13.3	14.4	62.6	18.8	145
+19	17.72	3.07	-50.28	2.77	-21.40	13.2	14.4	63.4	19.1	132
+19	18.60	3.04	-50.55	2.75	-21.44	13.2	14.3	64.3	19.3	120
+19	19.48	3.01	-50.81	2.74	-21.48	13.1	14.3	65.2	19.5	107

év	hó	nap	óra	J. D.	R.	A.	1950	D.	R.	A.
1985	9	1	.0	2446309.5	6	8.608	+19	20.23	6	10.692
1985	9	2	.0	2446310.5	6	8.992	+19	21.65	6	11.077
1985	9	3	.0	2446311.5	6	9.363	+19	22.58	6	11.448
1985	9	4	.0	2446312.5	6	9.720	+19	23.53	6	11.806
1985	9	5	.0	2446313.5	6	10.064	+19	24.49	6	12.150
1985	9	6	.0	2446314.5	6	10.392	+19	25.47	6	12.475
1985	9	7	.0	2446315.5	6	10.705	+19	26.46	6	12.793
1985	9	8	.0	2446316.5	6	11.002	+19	27.47	6	13.091
1985	9	9	.0	2446317.5	6	11.283	+19	28.50	6	13.372
1985	9	10	.0	2446318.5	6	11.546	+19	29.55	6	13.636
1985	9	11	.0	2446319.5	6	11.791	+19	30.63	6	13.883
1985	9	12	.0	2446320.5	6	12.018	+19	31.73	6	14.110
1985	9	13	.0	2446321.5	6	12.225	+19	32.85	6	14.318
1985	9	14	.0	2446322.5	6	12.412	+19	34.00	6	14.506
1985	9	15	.0	2446323.5	6	12.578	+19	35.19	6	14.672
1985	9	16	.0	2446324.5	6	12.722	+19	36.40	6	14.817
1985	9	17	.0	2446325.5	6	12.842	+19	37.65	6	14.938
1985	9	18	.0	2446326.5	6	12.939	+19	38.93	6	15.036
1985	9	19	.0	2446327.5	6	13.012	+19	40.25	6	15.109
1985	9	20	.0	2446328.5	6	13.058	+19	41.61	6	15.156
1985	9	21	.0	2446329.5	6	13.078	+19	43.02	6	15.177
1985	9	22	.0	2446330.5	6	13.069	+19	44.47	6	15.169
1985	9	23	.0	2446331.5	6	13.031	+19	45.97	6	15.133
1985	9	24	.0	2446332.5	6	12.964	+19	47.52	6	15.066
1985	9	25	.0	2446333.5	6	12.864	+19	49.12	6	14.968
1985	9	26	.0	2446334.5	6	12.731	+19	50.77	6	14.836
1985	9	27	.0	2446335.5	6	12.564	+19	52.49	6	14.670
1985	9	28	.0	2446336.5	6	12.361	+19	54.26	6	14.468
1985	9	29	.0	2446337.5	6	12.121	+19	56.10	6	14.228
1985	9	30	.0	2446338.5	6	11.841	+19	58.00	6	13.949
1985	10	1	.0	2446339.5	6	11.520	+19	59.98	6	13.629
1985	10	2	.0	2446340.5	6	11.155	+20	2.02	6	13.266
1985	10	3	.0	2446341.5	6	10.746	+20	4.14	6	12.857
1985	10	4	.0	2446342.5	6	10.288	+20	6.34	6	12.401
1985	10	5	.0	2446343.5	6	9.782	+20	8.62	6	11.895
1985	10	6	.0	2446344.5	6	9.222	+20	10.98	6	11.337
1985	10	7	.0	2446345.5	6	8.608	+20	13.43	6	10.725
1985	10	8	.0	2446346.5	6	7.936	+20	15.98	6	10.054
1985	10	9	.0	2446347.5	6	7.203	+20	18.61	6	9.322
1985	10	10	.0	2446348.5	6	6.406	+20	21.35	6	8.526
1985	10	11	.0	2446349.5	6	5.541	+20	24.18	6	7.663
1985	10	12	.0	2446350.5	6	4.605	+20	27.11	6	6.729
1985	10	13	.0	2446351.5	6	3.594	+20	30.15	6	5.719
1985	10	14	.0	2446352.5	6	2.504	+20	33.30	6	4.630
1985	10	15	.0	2446353.5	6	1.330	+20	36.56	6	3.458
1985	10	16	.0	2446354.5	6	.068	+20	39.93	6	2.198
1985	10	17	.0	2446355.5	5	58.713	+20	43.41	6	.844
1985	10	18	.0	2446356.5	5	57.259	+20	47.01	5	59.392
1985	10	19	.0	2446357.5	5	55.701	+20	50.72	5	57.835

7. táblázat folytatása

látászó	D.	Δ	V_G	r	V_H	m_1	m_2	θ	β	Hold
+19	20.38	2.98	-51.07	2.73	-21.52	13.1	14.2	66.0	19.7	95
+19	21.28	2.95	-51.32	2.72	-21.56	13.0	14.2	66.9	20.0	83
+19	22.19	2.92	-51.57	2.70	-21.60	13.0	14.1	67.8	20.2	71
+19	23.12	2.89	-51.81	2.69	-21.64	12.9	14.1	68.7	20.4	60
+19	24.06	2.86	-52.05	2.68	-21.68	12.9	14.1	69.6	20.6	48
+19	25.02	2.83	-52.28	2.67	-21.72	12.8	14.0	70.5	20.9	37
+19	26.00	2.80	-52.51	2.65	-21.76	12.8	14.0	71.3	21.1	25
+19	27.00	2.77	-52.73	2.64	-21.80	12.7	13.9	72.2	21.3	14
+19	28.01	2.74	-52.94	2.63	-21.84	12.7	13.9	73.1	21.5	8
+19	29.05	2.71	-53.15	2.62	-21.88	12.6	13.8	74.1	21.7	14
+19	30.11	2.68	-53.36	2.60	-21.93	12.6	13.8	75.0	21.9	26
+19	31.20	2.65	-53.55	2.59	-21.97	12.5	13.7	75.9	22.1	39
+19	32.31	2.62	-53.74	2.58	-22.01	12.5	13.7	76.8	22.3	52
+19	33.46	2.58	-53.92	2.57	-22.05	12.4	13.7	77.7	22.5	66
+19	34.63	2.55	-54.09	2.55	-22.10	12.4	13.6	78.7	22.7	81
+19	35.84	2.52	-54.26	2.54	-22.14	12.3	13.6	79.6	22.9	95
+19	37.08	2.49	-54.42	2.53	-22.18	12.3	13.5	80.5	23.1	110
+19	38.36	2.46	-54.57	2.52	-22.23	12.2	13.5	81.5	23.3	124
+19	39.67	2.43	-54.71	2.50	-22.27	12.1	13.4	82.5	23.5	139
+19	41.03	2.40	-54.85	2.49	-22.31	12.1	13.4	83.4	23.6	153
+19	42.43	2.36	-54.97	2.48	-22.36	12.0	13.3	84.4	23.8	165
+19	43.88	2.33	-55.09	2.46	-22.40	12.0	13.3	85.4	24.0	171
+19	45.38	2.30	-55.20	2.45	-22.45	11.9	13.2	86.4	24.1	162
+19	46.94	2.27	-55.30	2.44	-22.49	11.8	13.1	87.4	24.3	150
+19	48.54	2.24	-55.40	2.42	-22.54	11.8	13.1	88.4	24.4	137
+19	50.21	2.20	-55.48	2.41	-22.58	11.7	13.0	89.4	24.6	124
+19	51.93	2.17	-55.56	2.40	-22.63	11.7	13.0	90.4	24.7	112
+19	53.71	2.14	-55.63	2.39	-22.68	11.6	12.9	91.4	24.8	100
+19	55.56	2.11	-55.69	2.37	-22.72	11.5	12.9	92.4	25.0	87
+19	57.48	2.08	-55.74	2.36	-22.77	11.5	12.8	93.5	25.1	75
+19	59.47	2.04	-55.78	2.35	-22.82	11.4	12.8	94.5	25.2	63
+20	1.53	2.01	-55.82	2.33	-22.87	11.3	12.7	95.6	25.3	52
+20	3.67	1.98	-55.84	2.32	-22.91	11.3	12.6	96.7	25.4	40
+20	5.89	1.95	-55.85	2.31	-22.96	11.2	12.6	97.8	25.4	28
+20	8.20	1.91	-55.85	2.29	-23.01	11.1	12.5	98.9	25.5	17
+20	10.59	1.88	-55.84	2.28	-23.06	11.1	12.5	100.0	25.6	8
+20	13.07	1.85	-55.81	2.27	-23.11	11.0	12.4	101.1	25.6	11
+20	15.65	1.82	-55.77	2.25	-23.16	10.9	12.3	102.3	25.7	22
+20	18.33	1.79	-55.72	2.24	-23.20	10.8	12.3	103.4	25.7	35
+20	21.10	1.75	-55.66	2.23	-23.25	10.8	12.2	104.6	25.7	48
+20	23.98	1.72	-55.58	2.21	-23.30	10.7	12.1	105.8	25.7	62
+20	26.96	1.69	-55.49	2.20	-23.35	10.6	12.1	107.0	25.7	76
+20	30.05	1.66	-55.38	2.19	-23.40	10.5	12.0	108.2	25.7	91
+20	33.26	1.63	-55.25	2.17	-23.46	10.5	11.9	109.5	25.7	106
+20	36.58	1.59	-55.10	2.16	-23.51	10.4	11.9	110.8	25.6	121
+20	40.01	1.56	-54.93	2.15	-23.56	10.3	11.8	112.0	25.5	136
+20	43.56	1.53	-54.75	2.13	-23.61	10.2	11.7	113.3	25.4	151
+20	47.23	1.50	-54.54	2.12	-23.66	10.1	11.6	114.7	25.3	166
+20	51.03	1.47	-54.32	2.10	-23.71	10.1	11.6	116.0	25.2	172

év	hó	nap	óra	J. D.	R.	A.	1950	D.	R.	A.
1985	10	20	.0	2446358.5	5	54.032	+20	54.55	5	56.165
1985	10	21	.0	2446359.5	5	52.247	+20	58.48	5	54.385
1985	10	22	.0	2446360.5	5	50.338	+21	2.53	5	52.477
1985	10	23	.0	2446361.5	5	48.297	+21	6.67	5	50.438
1985	10	24	.0	2446362.5	5	46.117	+21	10.92	5	48.260
1985	10	25	.0	2446363.5	5	43.789	+21	15.25	5	45.933
1985	10	26	.0	2446364.5	5	41.304	+21	19.66	5	43.449
1985	10	27	.0	2446365.5	5	38.651	+21	24.14	5	40.798
1985	10	28	.0	2446366.5	5	35.820	+21	28.66	5	37.969
1985	10	29	.0	2446367.5	5	32.800	+21	33.20	5	34.951
1985	10	30	.0	2446368.5	5	29.579	+21	37.75	5	31.731
1985	10	31	.0	2446369.5	5	26.144	+21	42.26	5	28.297
1985	11	1	.0	2446370.5	5	22.481	+21	46.70	5	24.635
1985	11	2	.0	2446371.5	5	18.576	+21	51.02	5	20.730
1985	11	3	.0	2446372.5	5	14.413	+21	55.18	5	16.568
1985	11	4	.0	2446373.5	5	9.976	+21	59.10	5	12.133
1985	11	5	.0	2446374.5	5	5.250	+22	2.71	5	7.407
1985	11	6	.0	2446375.5	5	.218	+22	5.92	5	2.374
1985	11	7	.0	2446376.5	4	54.860	+22	8.64	4	57.016
1985	11	8	.0	2446377.5	4	49.162	+22	10.74	4	51.316
1985	11	9	.0	2446378.5	4	43.105	+22	12.09	4	45.257
1985	11	10	.0	2446379.5	4	36.672	+22	12.54	4	38.822
1985	11	11	.0	2446380.5	4	29.849	+22	11.92	4	31.996
1985	11	12	.0	2446381.5	4	22.623	+22	10.04	4	24.765
1985	11	13	.0	2446382.5	4	14.931	+22	6.69	4	17.119
1985	11	14	.0	2446383.5	4	6.917	+22	1.64	4	9.048
1985	11	15	.0	2446384.5	3	58.426	+21	54.67	4	.551
1985	11	16	.0	2446385.5	3	49.510	+21	45.51	3	51.627
1985	11	17	.0	2446386.5	3	40.177	+21	33.94	3	42.284
1985	11	18	.0	2446387.5	3	30.441	+21	19.69	3	32.537
1985	11	19	.0	2446388.5	3	20.324	+21	2.56	3	22.408
1985	11	20	.0	2446389.5	3	9.856	+20	42.35	3	11.927
1985	11	21	.0	2446390.5	2	59.077	+20	18.91	3	1.133
1985	11	22	.0	2446391.5	2	48.032	+19	52.15	2	50.073
1985	11	23	.0	2446392.5	2	36.776	+19	22.04	2	38.801
1985	11	24	.0	2446393.5	2	25.369	+18	48.64	2	27.377
1985	11	25	.0	2446394.5	2	13.877	+18	12.08	2	15.868
1985	11	26	.0	2446395.5	2	2.366	+17	32.59	2	4.340
1985	11	27	.0	2446396.5	1	50.905	+16	50.46	1	52.862
1985	11	28	.0	2446397.5	1	39.559	+16	6.05	1	41.500
1985	11	29	.0	2446398.5	1	28.390	+15	19.78	1	30.315
1985	11	30	.0	2446399.5	1	17.454	+14	32.09	1	19.365
1985	12	1	.0	2446400.5	1	6.800	+13	43.44	1	8.697
1985	12	2	.0	2446401.5	0	56.468	+12	54.27	0	58.354
1985	12	3	.0	2446402.5	0	46.492	+12	5.02	0	48.366
1985	12	4	.0	2446403.5	0	36.894	+11	16.09	0	38.759
1985	12	5	.0	2446404.5	0	27.692	+10	27.80	0	29.548
1985	12	6	.0	2446405.5	0	18.895	+9	40.47	0	20.743
1985	12	7	.0	2446406.5	0	10.505	+8	54.34	0	12.346

7. táblázat folytatása

látszó	D.	Δ	V_G	r	V_H	m_1	m_2	θ	β	Hold
+20	54.94	1.44	-54.07	2.09	-23.77	10.0	11.5	117.4	25.0	162
+20	58.97	1.40	-53.80	2.08	-23.82	9.9	11.4	118.8	24.8	148
+21	3.11	1.37	-53.50	2.06	-23.87	9.8	11.3	120.3	24.6	135
+21	7.36	1.34	-53.17	2.05	-23.92	9.7	11.3	121.7	24.4	122
+21	11.72	1.31	-52.82	2.04	-23.98	9.6	11.2	123.2	24.1	109
+21	16.17	1.28	-52.44	2.02	-24.03	9.5	11.1	124.8	23.8	96
+21	20.71	1.25	-52.03	2.01	-24.09	9.5	11.0	126.4	23.5	83
+21	25.33	1.22	-51.58	1.99	-24.14	9.4	10.9	128.0	23.1	71
+21	29.99	1.19	-51.09	1.98	-24.19	9.3	10.8	129.6	22.7	58
+21	34.69	1.16	-50.57	1.97	-24.25	9.2	10.8	131.3	22.3	46
+21	39.40	1.13	-50.00	1.95	-24.30	9.1	10.7	133.1	21.8	33
+21	44.09	1.11	-49.39	1.94	-24.36	9.0	10.6	134.9	21.3	21
+21	48.72	1.08	-48.73	1.92	-24.41	8.9	10.5	136.7	20.7	9
+21	53.25	1.05	-48.02	1.91	-24.47	8.8	10.4	138.6	20.1	6
+21	57.61	1.02	-47.24	1.90	-24.52	8.7	10.3	140.6	19.4	18
+22	1.76	.99	-46.41	1.88	-24.58	8.6	10.2	142.6	18.7	31
+22	5.61	.97	-45.51	1.87	-24.64	8.5	10.1	144.7	17.9	44
+22	9.08	.94	-44.53	1.85	-24.69	8.4	10.0	146.8	17.0	58
+22	12.07	.92	-43.48	1.84	-24.75	8.3	10.0	149.1	16.1	72
+22	14.46	.89	-42.35	1.82	-24.80	8.2	9.9	151.4	15.1	87
+22	16.11	.87	-41.12	1.81	-24.86	8.1	9.8	153.8	14.0	103
+22	16.88	.84	-39.80	1.80	-24.92	8.0	9.7	156.3	12.8	119
+22	16.59	.82	-38.37	1.78	-24.97	7.9	9.6	158.8	11.6	135
+22	15.05	.80	-36.84	1.77	-25.03	7.8	9.5	161.5	10.2	152
+22	12.06	.78	-35.20	1.75	-25.09	7.6	9.4	164.2	8.8	169
+22	7.39	.76	-33.44	1.74	-25.15	7.5	9.3	167.1	7.3	173
+22	.81	.74	-31.55	1.72	-25.20	7.4	9.2	170.0	5.7	156
+21	52.05	.72	-29.56	1.71	-25.26	7.3	9.1	172.9	4.1	139
+21	40.89	.71	-27.41	1.69	-25.32	7.2	9.0	175.8	2.4	123
+21	27.06	.69	-25.16	1.68	-25.37	7.1	8.9	177.7	1.3	107
+21	10.34	.68	-22.78	1.66	-25.43	7.1	8.9	176.1	2.3	92
+20	50.55	.66	-20.29	1.65	-25.49	7.0	8.8	173.0	4.2	77
+20	27.51	.65	-17.69	1.64	-25.54	6.9	8.7	169.6	6.3	62
+20	1.15	.64	-15.00	1.62	-25.60	6.8	8.6	166.0	8.5	47
+19	31.42	.64	-12.23	1.61	-25.65	6.7	8.6	162.3	10.8	32
+18	58.39	.63	-9.41	1.59	-25.71	6.6	8.5	158.6	13.1	18
+18	22.17	.63	-6.55	1.58	-25.77	6.6	8.5	154.8	15.5	5
+17	43.00	.62	-3.67	1.56	-25.82	6.5	8.4	151.0	17.9	12
+17	1.16	.62	-.80	1.55	-25.87	6.4	8.4	147.2	20.2	26
+16	17.01	.62	2.03	1.53	-25.93	6.4	8.3	143.4	22.6	40
+15	30.97	.62	4.81	1.52	-25.98	6.3	8.3	139.6	25.0	55
+14	43.47	.63	7.50	1.50	-26.03	6.3	8.3	135.8	27.3	70
+13	54.99	.63	10.10	1.49	-26.09	6.3	8.2	132.1	29.5	84
+13	5.96	.64	12.58	1.47	-26.14	6.2	8.2	128.5	31.7	99
+12	16.83	.65	14.93	1.46	-26.19	6.2	8.2	124.9	33.7	114
+11	27.97	.66	17.15	1.44	-26.24	6.2	8.2	121.4	35.7	129
+10	39.75	.67	19.22	1.43	-26.29	6.1	8.2	118.0	37.6	144
+9	52.46	.68	21.14	1.41	-26.33	6.1	8.1	114.7	39.4	159
+9	6.35	.69	22.91	1.40	-26.38	6.1	8.1	111.5	41.1	169

év	hó	nap	óra	J. D.	R.	A.	1950	D.	R.	A.
1985	12	8	.0	2446407.5	0	2.519	+ 8	9.60	0	4.355
1985	12	9	.0	2446408.5	23	54.932	+ 7	26.39	23	56.763
1985	12	10	.0	2446409.5	23	47.732	+ 6	44.82	23	49.560
1985	12	11	.0	2446410.5	23	40.907	+ 6	4.93	23	42.731
1985	12	12	.0	2446411.5	23	34.441	+ 5	26.78	23	36.263
1985	12	13	.0	2446412.5	23	28.318	+ 4	50.34	23	30.139
1985	12	14	.0	2446413.5	23	22.520	+ 4	15.61	23	24.340
1985	12	15	.0	2446414.5	23	17.031	+ 3	42.54	23	18.851
1985	12	16	.0	2446415.5	23	11.832	+ 3	11.09	23	13.652
1985	12	17	.0	2446416.5	23	6.907	+ 2	41.19	23	8.726
1985	12	18	.0	2446417.5	23	2.238	+ 2	12.77	23	4.057
1985	12	19	.0	2446418.5	22	57.808	+ 1	45.77	22	59.628
1985	12	20	.0	2446419.5	22	53.603	+ 1	20.10	22	55.423
1985	12	21	.0	2446420.5	22	49.606	+ 0	55.69	22	51.428
1985	12	22	.0	2446421.5	22	45.805	+ 0	32.48	22	47.627
1985	12	23	.0	2446422.5	22	42.185	+ 0	10.38	22	44.009
1985	12	24	.0	2446423.5	22	38.734	- 0	10.67	22	40.559
1985	12	25	.0	2446424.5	22	35.440	- 0	30.74	22	37.266
1985	12	26	.0	2446425.5	22	32.291	- 0	49.90	22	34.119
1985	12	27	.0	2446426.5	22	29.278	- 1	8.21	22	31.107
1985	12	28	.0	2446427.5	22	26.390	- 1	25.73	22	28.220
1985	12	29	.0	2446428.5	22	23.618	- 1	42.52	22	25.449
1985	12	30	.0	2446429.5	22	20.953	- 1	58.63	22	22.786
1985	12	31	.0	2446430.5	22	18.387	- 2	14.11	22	20.222
1986	1	1	.0	2446431.5	22	15.913	- 2	29.01	22	17.749
1986	1	2	.0	2446432.5	22	13.522	- 2	43.38	22	15.360
1986	1	3	.0	2446433.5	22	11.210	- 2	57.26	22	13.049
1986	1	4	.0	2446434.5	22	8.968	- 3	10.69	22	10.809
1986	1	5	.0	2446435.5	22	6.792	- 3	23.72	22	8.634
1986	1	6	.0	2446436.5	22	4.675	- 3	36.37	22	6.519
1986	1	7	.0	2446437.5	22	2.612	- 3	48.69	22	4.457
1986	1	8	.0	2446438.5	22	.598	- 4	.70	22	2.445
1986	1	9	.0	2446439.5	21	58.628	- 4	12.46	22	.477
1986	1	10	.0	2446440.5	21	56.697	- 4	23.97	21	58.548
1986	1	11	.0	2446441.5	21	54.802	- 4	35.28	21	56.654
1986	1	12	.0	2446442.5	21	52.937	- 4	46.42	21	54.791
1986	1	13	.0	2446443.5	21	51.099	- 4	57.41	21	52.955
1986	1	14	.0	2446444.5	21	49.284	- 5	8.29	21	51.142
1986	1	15	.0	2446445.5	21	47.489	- 5	19.07	21	49.348
1986	1	16	.0	2446446.5	21	45.710	- 5	29.79	21	47.571
1986	1	17	.0	2446447.5	21	43.944	- 5	40.47	21	45.806
1986	1	18	.0	2446448.5	21	42.188	- 5	51.14	21	44.052
1986	1	19	.0	2446449.5	21	40.439	- 6	1.82	21	42.305
1986	1	20	.0	2446450.5	21	38.695	- 6	12.52	21	40.563
1986	1	21	.0	2446451.5	21	36.954	- 6	23.28	21	38.823
1986	1	22	.0	2446452.5	21	35.212	- 6	34.12	21	37.084
1986	1	23	.0	2446453.5	21	33.469	- 6	45.05	21	35.343
1986	1	24	.0	2446454.5	21	31.722	- 6	56.10	21	33.598
1986	1	25	.0	2446455.5	21	29.970	- 7	7.28	21	31.848

látászó	D.	Δ	V_G	r	V_H	m_1	m_2	θ	β	Hold
+ 8	21.61	.70	24.53	1.38	-26.42	6.1	8.1	108.3	42.7	162
+ 7	38.39	.72	26.01	1.36	-26.47	6.1	8.1	105.3	44.1	147
+ 6	56.80	.73	27.35	1.35	-26.51	6.0	8.1	102.4	45.5	131
+ 6	16.88	.75	28.56	1.33	-26.55	6.0	8.1	99.6	46.7	114
+ 5	38.69	.77	29.63	1.32	-26.59	6.0	8.1	96.8	47.9	98
+ 5	2.21	.79	30.59	1.30	-26.62	6.0	8.1	94.2	48.9	81
+ 4	27.43	.80	31.43	1.29	-26.65	6.0	8.1	91.6	49.8	66
+ 3	54.30	.82	32.16	1.27	-26.69	5.9	8.1	89.1	50.7	50
+ 3	22.79	.84	32.80	1.26	-26.71	5.9	8.1	86.7	51.4	36
+ 2	52.83	.86	33.34	1.24	-26.74	5.9	8.1	84.4	52.1	22
+ 2	24.35	.88	33.80	1.23	-26.76	5.9	8.1	82.1	52.7	12
+ 1	57.28	.90	34.17	1.21	-26.78	5.9	8.1	79.9	53.1	14
+ 1	31.54	.92	34.47	1.20	-26.79	5.8	8.1	77.8	53.6	24
+ 1	7.07	.94	34.70	1.18	-26.80	5.8	8.1	75.7	53.9	36
+ 0	43.79	.96	34.87	1.16	-26.81	5.8	8.1	73.7	54.2	48
+ 0	21.63	.98	34.97	1.15	-26.81	5.7	8.1	71.7	54.4	60
+ 0	.51	1.00	35.02	1.13	-26.80	5.7	8.0	69.7	54.5	73
- 0	19.63	1.02	35.02	1.12	-26.79	5.7	8.0	67.8	54.6	85
- 0	38.85	1.04	34.96	1.10	-26.77	5.6	8.0	66.0	54.6	98
- 0	57.22	1.06	34.85	1.09	-26.75	5.6	8.0	64.2	54.5	111
- 1	14.81	1.08	34.70	1.07	-26.72	5.6	8.0	62.4	54.4	123
- 1	31.65	1.10	34.51	1.06	-26.68	5.5	7.9	60.6	54.2	136
- 1	47.82	1.12	34.27	1.04	-26.63	5.5	7.9	58.9	54.0	149
- 2	3.37	1.14	34.00	1.03	-26.58	5.4	7.9	57.2	53.7	160
- 2	18.33	1.16	33.68	1.01	-26.51	5.4	7.9	55.5	53.4	167
- 2	32.75	1.18	33.33	.99	-26.43	5.3	7.8	53.9	53.0	162
- 2	46.69	1.20	32.93	.98	-26.34	5.3	7.8	52.3	52.6	150
- 3	.18	1.22	32.51	.96	-26.24	5.2	7.8	50.7	52.1	137
- 3	13.26	1.23	32.04	.95	-26.12	5.2	7.7	49.1	51.5	123
- 3	25.97	1.25	31.54	.93	-25.99	5.1	7.7	47.5	50.9	109
- 3	38.34	1.27	31.00	.92	-25.85	5.0	7.7	46.0	50.3	94
- 3	50.41	1.29	30.43	.90	-25.68	5.0	7.6	44.4	49.6	79
- 4	2.22	1.31	29.82	.89	-25.50	4.9	7.6	42.9	48.8	64
- 4	13.79	1.32	29.18	.87	-25.29	4.8	7.5	41.4	48.0	49
- 4	25.15	1.34	28.49	.86	-25.07	4.8	7.5	39.9	47.2	35
- 4	36.34	1.36	27.78	.85	-24.82	4.7	7.4	38.4	46.2	22
- 4	47.39	1.37	27.02	.83	-24.54	4.6	7.4	36.9	45.3	13
- 4	58.32	1.39	26.23	.82	-24.24	4.6	7.3	35.4	44.2	15
- 5	9.15	1.40	25.40	.80	-23.91	4.5	7.3	34.0	43.2	25
- 5	19.93	1.42	24.53	.79	-23.55	4.4	7.2	32.5	42.0	37
- 5	30.66	1.43	23.62	.78	-23.15	4.3	7.2	31.0	40.8	49
- 5	41.38	1.44	22.66	.76	-22.71	4.3	7.1	29.6	39.6	61
- 5	52.11	1.46	21.67	.75	-22.24	4.2	7.1	28.2	38.2	73
- 6	2.87	1.47	20.64	.74	-21.73	4.1	7.0	26.7	36.9	85
- 6	13.68	1.48	19.56	.72	-21.17	4.0	7.0	25.3	35.4	98
- 6	24.57	1.49	18.44	.71	-20.57	3.9	6.9	23.9	34.0	110
- 6	35.56	1.50	17.27	.70	-19.92	3.9	6.8	22.5	32.4	122
- 6	46.66	1.51	16.05	.69	-19.22	3.8	6.8	21.0	30.8	134
- 6	57.90	1.52	14.79	.68	-18.47	3.7	6.7	19.6	29.2	146

év	hó	nap	óra	J. D	R.	A.	1950	D.	R.	A.
1986	1	26	.0	2446456.5	21	28.211	- 7	18.61	21	30.092
1986	1	27	.0	2446457.5	21	26.445	- 7	30.12	21	28.328
1986	1	28	.0	2446458.5	21	24.671	- 7	41.80	21	26.556
1986	1	29	.0	2446459.5	21	22.888	- 7	53.69	21	24.776
1986	1	30	.0	2446460.5	21	21.095	- 8	5.78	21	22.986
1986	1	31	.0	2446461.5	21	19.294	- 8	18.11	21	21.187
1986	2	1	.0	2446462.5	21	17.484	- 8	30.66	21	19.379
1986	2	2	.0	2446463.5	21	15.665	- 8	43.46	21	17.563
1986	2	3	.0	2446464.5	21	13.838	- 8	56.51	21	15.740
1986	2	4	.0	2446465.5	21	12.005	- 9	9.81	21	13.910
1986	2	5	.0	2446466.5	21	10.166	- 9	23.38	21	12.074
1986	2	6	.0	2446467.5	21	8.324	- 9	37.21	21	10.235
1986	2	7	.0	2446468.5	21	6.478	- 9	51.31	21	8.392
1986	2	8	.0	2446469.5	21	4.631	-10	5.67	21	6.549
1986	2	9	.0	2446470.5	21	2.785	-10	20.30	21	4.707
1986	2	10	.0	2446471.5	21	.942	-10	35.20	21	2.867
1986	2	11	.0	2446472.5	20	59.102	-10	50.36	21	1.031
1986	2	12	.0	2446473.5	20	57.268	-11	5.79	20	59.201
1986	2	13	.0	2446474.5	20	55.442	-11	21.48	20	57.378
1986	2	14	.0	2446475.5	20	53.624	-11	37.43	20	55.564
1986	2	15	.0	2446476.5	20	51.816	-11	53.65	20	53.759
1986	2	16	.0	2446477.5	20	50.018	-12	10.13	20	51.966
1986	2	17	.0	2446478.5	20	48.232	-12	26.87	20	50.184
1986	2	18	.0	2446479.5	20	46.457	-12	43.88	20	48.413
1986	2	19	.0	2446480.5	20	44.693	-13	1.18	20	46.654
1986	2	20	.0	2446481.5	20	42.941	-13	18.75	20	44.907
1986	2	21	.0	2446482.5	20	41.200	-13	36.62	20	43.170
1986	2	22	.0	2446483.5	20	39.468	-13	54.80	20	41.443
1986	2	23	.0	2446484.5	20	37.743	-14	13.31	20	39.723
1986	2	24	.0	2446485.5	20	36.025	-14	32.16	20	38.010
1986	2	25	.0	2446486.5	20	34.311	-14	51.37	20	36.301
1986	2	26	.0	2446487.5	20	32.598	-15	10.98	20	34.593
1986	2	27	.0	2446488.5	20	30.884	-15	31.00	20	32.884
1986	2	28	.0	2446489.5	20	29.165	-15	51.47	20	31.170
1986	3	1	.0	2446490.5	20	27.437	-16	12.43	20	29.448
1986	3	2	.0	2446491.5	20	25.696	-16	33.92	20	27.713
1986	3	3	.0	2446492.5	20	23.938	-16	55.97	20	25.961
1986	3	4	.0	2446493.5	20	22.157	-17	18.64	20	24.187
1986	3	5	.0	2446494.5	20	20.348	-17	41.97	20	22.385
1986	3	6	.0	2446495.5	20	18.505	-18	6.03	20	20.548
1986	3	7	.0	2446496.5	20	16.620	-18	30.88	20	18.670
1986	3	8	.0	2446497.5	20	14.686	-18	56.59	20	16.744
1986	3	9	.0	2446498.5	20	12.695	-19	23.23	20	14.761
1986	3	10	.0	2446499.5	20	10.638	-19	50.87	20	12.712
1986	3	11	.0	2446500.5	20	8.505	-20	19.62	20	10.587
1986	3	12	.0	2446501.5	20	6.285	-20	49.57	20	8.376
1986	3	13	.0	2446502.5	20	3.966	-21	20.81	20	6.065
1986	3	14	.0	2446503.5	20	1.533	-21	53.47	20	3.642
1986	3	15	.0	2446504.5	19	58.971	-22	27.66	20	1.091

7. táblázat folytatása

látászó	D.	Δ	V_G	r	V_H	m_1	m_2	θ	β	Hold
-- 7	9.29	1.53	13.48	.67	-17.66	3.6	6.7	18.2	27.5	158
-- 7	20.85	1.54	12.12	.66	-16.80	3.6	6.6	16.9	25.7	167
-- 7	32.60	1.54	10.72	.65	-15.88	3.5	6.6	15.5	23.9	164
-- 7	44.54	1.55	9.27	.64	-14.91	3.4	6.5	14.2	22.1	154
-- 7	56.70	1.55	7.77	.63	-13.78	3.3	6.5	12.9	20.3	141
-- 8	9.09	1.56	6.23	.62	-12.78	3.3	6.4	11.6	18.5	127
-- 8	21.70	1.56	4.65	.62	-11.64	3.2	6.4	10.4	16.7	113
-- 8	34.56	1.56	3.02	.61	-10.44	3.2	6.3	9.3	15.1	99
-- 8	47.68	1.56	1.36	.61	-9.19	3.1	6.3	8.3	13.6	85
-- 9	1.04	1.56	-.32	.60	-7.90	3.1	6.3	7.4	12.3	70
-- 9	14.67	1.56	-2.04	.60	-6.57	3.0	6.2	6.8	11.4	56
-- 9	28.57	1.56	-3.77	.59	-5.20	3.0	6.2	6.5	10.9	41
-- 9	42.73	1.56	-5.52	.59	-3.80	3.0	6.2	6.6	11.0	28
-- 9	57.16	1.56	-7.28	.59	-2.38	2.9	6.2	6.9	11.7	15
-10	11.86	1.55	-9.04	.59	-.95	2.9	6.1	7.6	12.8	14
-10	26.83	1.54	-10.79	.59	.49	2.9	6.1	8.5	14.4	20
-10	42.06	1.54	-12.52	.59	1.92	3.0	6.1	9.5	16.1	32
-10	57.56	1.53	-14.24	.59	3.34	3.0	6.1	10.7	18.1	45
-11	13.32	1.52	-15.93	.59	4.75	3.0	6.1	11.9	20.1	58
-11	29.34	1.51	-17.59	.59	6.13	3.0	6.1	13.2	22.3	70
-11	45.62	1.50	-19.20	.60	7.47	3.1	6.2	14.5	24.4	83
-12	2.17	1.49	-20.78	.60	8.78	3.2	6.2	15.9	26.6	95
-12	18.98	1.48	-22.31	.61	10.04	3.2	6.2	17.3	28.8	107
-12	36.06	1.46	-23.78	.62	11.26	3.3	6.2	18.7	30.9	119
-12	53.42	1.45	-25.21	.62	12.42	3.5	6.2	20.1	33.0	131
-13	11.06	1.43	-26.58	.63	13.53	3.6	6.3	21.5	35.1	144
-13	29.00	1.42	-27.89	.64	14.58	3.7	6.3	22.9	37.1	156
-13	47.25	1.40	-29.14	.65	15.58	3.9	6.3	24.3	39.1	167
-14	5.83	1.39	-30.34	.66	16.51	4.0	6.4	25.8	41.0	169
-14	24.74	1.37	-31.48	.67	17.39	4.1	6.4	27.2	42.9	159
-14	44.03	1.35	-32.57	.68	18.22	4.3	6.4	28.7	44.6	146
-15	3.70	1.33	-33.60	.69	18.99	4.4	6.5	30.1	46.4	132
-15	23.79	1.31	-34.58	.70	19.70	4.5	6.5	31.6	48.0	118
-15	44.34	1.29	-35.51	.71	20.37	4.6	6.6	33.0	49.6	103
-16	5.37	1.27	-36.38	.72	20.99	4.7	6.6	34.5	51.1	89
-16	26.92	1.25	-37.21	.73	21.56	4.8	6.6	36.0	52.5	74
-16	49.04	1.23	-37.98	.75	22.08	4.9	6.7	37.4	53.9	60
-17	11.78	1.20	-38.71	.76	22.57	5.0	6.7	38.9	55.2	45
-17	35.19	1.18	-39.39	.77	23.01	5.0	6.7	40.4	56.4	31
-17	59.33	1.14	-40.03	.79	23.42	5.0	6.8	41.9	57.6	17
-18	24.26	1.14	-40.62	.80	23.79	5.0	6.8	43.5	58.7	6
-18	50.04	1.11	-41.17	.81	24.14	5.0	6.8	45.0	59.7	13
-19	16.77	1.09	-41.67	.83	24.45	5.0	6.9	46.6	60.7	26
-19	44.50	1.06	-42.13	.84	24.73	5.0	6.9	48.1	61.5	40
-20	13.34	1.04	-42.54	.86	24.99	5.0	6.9	49.7	62.4	53
-20	43.38	1.01	-42.90	.87	25.22	5.0	6.9	51.3	63.1	67
-21	14.73	.99	-43.22	.88	25.43	4.9	6.9	53.0	63.8	80
-21	47.49	.96	-43.49	.90	25.62	4.9	7.0	54.6	64.4	92
-22	21.79	.94	-43.71	.91	25.79	4.9	7.0	56.3	64.9	150

év	hó	nap	óra	J. D.	R.	A.	1950	D.	R.	A.
1986	3	16	.0	2446505.5	19	56.264	-23	3.52	19	58.395
1986	3	17	.0	2446506.5	19	53.392	-23	41.18	19	55.535
1986	3	18	.0	2446507.5	19	50.333	-24	20.81	19	52.489
1986	3	19	.0	2446508.5	19	47.062	-25	2.56	19	49.232
1986	3	20	.0	2446509.5	19	43.551	-25	46.62	19	45.735
1986	3	21	.0	2446510.5	19	39.767	-26	33.16	19	41.967
1986	3	22	.0	2446511.5	19	35.672	-27	22.39	19	37.890
1986	3	23	.0	2446512.5	19	31.224	-28	14.49	19	33.460
1986	3	24	.0	2446513.5	19	26.373	-29	9.66	19	28.628
1986	3	25	.0	2446514.5	19	21.059	-30	8.11	19	23.336
1986	3	26	.0	2446515.5	19	15.216	-31	9.99	19	17.516
1986	3	27	.0	2446516.5	19	8.764	-32	15.46	19	11.090
1986	3	28	.0	2446517.5	19	1.611	-33	24.60	19	3.965
1986	3	29	.0	2446518.5	18	53.650	-34	37.41	18	56.034
1986	3	30	.0	2446519.5	18	44.758	-35	53.75	18	47.174
1986	3	31	.0	2446520.5	18	34.790	-37	13.31	18	37.241
1986	4	1	.0	2446521.5	18	23.586	-38	35.50	18	26.074
1986	4	2	.0	2446522.5	18	10.970	-39	59.41	18	13.495
1986	4	3	.0	2446523.5	17	56.752	-41	23.66	17	59.315
1986	4	4	.0	2446524.5	17	40.750	-42	46.30	17	43.347
1986	4	5	.0	2446525.5	17	22.802	-44	4.77	17	25.430
1986	4	6	.0	2446526.5	17	2.810	-45	15.84	17	5.459
1986	4	7	.0	2446527.5	16	40.781	-46	15.72	16	43.436
1986	4	8	.0	2446528.5	16	16.875	-47	.34	16	19.520
1986	4	9	.0	2446529.5	15	51.450	-47	25.83	15	54.062
1986	4	10	.0	2446530.5	15	25.059	-47	29.12	15	27.616
1986	4	11	.0	2446531.5	14	58.399	-47	8.60	15	.882
1986	4	12	.0	2446532.5	14	32.212	-46	24.45	14	34.607
1986	4	13	.0	2446533.5	14	7.168	-45	18.69	14	9.471
1986	4	14	.0	2446534.5	13	43.775	-43	54.76	13	45.988
1986	4	15	.0	2446535.5	13	22.340	-42	16.93	13	24.471
1986	4	16	.0	2446536.5	13	2.982	-40	29.64	13	5.041
1986	4	17	.0	2446537.5	12	45.678	-38	37.00	12	47.677
1986	4	18	.0	2446538.5	12	30.311	-36	42.48	12	32.260
1986	4	19	.0	2446539.5	12	16.711	-34	48.83	12	18.621
1986	4	20	.0	2446540.5	12	4.691	-32	58.06	12	6.570
1986	4	21	.0	2446541.5	11	54.068	-31	11.56	11	55.922
1986	4	22	.0	2446542.5	11	44.665	-29	30.18	11	46.501
1986	4	23	.0	2446543.5	11	36.329	-27	54.39	11	38.150
1986	4	24	.0	2446544.5	11	28.919	-26	24.37	11	30.730
1986	4	25	.0	2446545.5	11	22.318	-25	.10	11	24.120
1986	4	26	.0	2446546.5	11	16.420	-23	41.41	11	18.217
1986	4	27	.0	2446547.5	11	11.140	-22	28.05	11	12.932
1986	4	28	.0	2446548.5	11	6.399	-21	19.74	11	8.189
1986	4	29	.0	2446549.5	11	2.134	-20	16.15	11	3.922
1986	4	30	.0	2446550.5	10	58.289	-19	16.97	11	.076
1986	5	1	.0	2446551.5	10	54.816	-18	21.86	10	56.602
1986	5	2	.0	2446552.5	10	51.674	-17	30.54	10	53.460
1986	5	3	.0	2446553.5	10	48.827	-16	42.70	10	50.614

7. táblázat folytatása

látzó	D.	Δ	V_G	r	V_H	m_1	m_2	θ	β	Hold
-22	57.77	.91	-43.88	.93	25.95	4.8	7.0	58.1	65.3	118
-23	35.56	.89	-44.00	.94	26.08	4.8	7.0	59.8	65.7	130
-24	15.32	.86	-44.05	.96	26.20	4.7	7.0	61.7	65.9	143
-24	57.22	.84	-44.05	.97	26.31	4.7	7.0	63.5	66.1	156
-25	41.44	.81	-43.97	.99	26.40	4.6	7.0	65.4	66.2	169
-26	28.15	.79	-43.83	1.00	26.49	4.6	7.0	67.4	66.2	177
-27	17.57	.76	-43.60	1.02	26.56	4.5	7.0	69.5	66.1	163
-28	9.87	.74	-43.28	1.04	26.62	4.5	7.0	71.6	65.9	149
-29	5.28	.71	-42.87	1.05	26.67	4.5	7.0	73.8	65.6	134
-30	3.98	.69	-42.35	1.07	26.71	4.4	7.0	76.1	65.2	119
-31	6.15	.66	-41.71	1.08	26.74	4.4	6.9	78.5	64.6	104
-32	11.93	.64	-40.94	1.10	26.77	4.3	6.9	81.0	63.9	88
-33	21.42	.62	-40.01	1.11	26.79	4.3	6.9	83.6	63.0	71
-34	34.62	.59	-38.91	1.13	26.80	4.2	6.9	86.4	62.0	55
-35	51.41	.57	-37.61	1.14	26.81	4.2	6.9	89.2	60.8	39
-37	11.47	.55	-36.09	1.16	26.81	4.1	6.8	92.3	59.4	24
-38	34.25	.53	-34.33	1.17	26.80	4.1	6.8	95.5	57.9	11
-39	58.81	.51	-32.30	1.19	26.79	4.1	6.8	98.9	56.1	15
-41	23.80	.49	-29.98	1.21	26.78	4.0	6.8	102.4	54.1	29
-42	47.28	.48	-27.33	1.22	26.77	4.0	6.8	106.2	51.9	45
-44	6.69	.46	-24.35	1.24	26.75	4.0	6.7	110.1	49.5	61
-45	18.79	.45	-21.02	1.25	26.72	4.0	6.7	114.1	46.8	77
-46	19.78	.44	-17.35	1.27	26.69	4.0	6.7	118.3	44.1	92
-47	5.57	.43	-13.37	1.28	26.66	4.0	6.7	122.6	41.1	108
-47	32.24	.42	-9.11	1.30	26.63	4.0	6.8	126.8	38.1	123
-47	36.69	.42	-4.64	1.31	26.60	4.0	6.8	131.0	35.1	136
-47	17.23	.42	-.03	1.33	26.56	4.0	6.8	135.0	32.2	147
-46	34.01	.42	4.62	1.34	26.52	4.1	6.9	138.8	29.4	152
-45	29.03	.42	9.23	1.36	26.48	4.1	7.0	142.1	26.9	143
-44	5.72	.43	13.70	1.37	26.44	4.2	7.0	144.9	24.8	138
-42	28.36	.44	17.97	1.39	26.39	4.3	7.1	147.1	23.1	125
-40	41.40	.45	21.98	1.41	26.35	4.4	7.2	148.5	21.9	112
-38	48.99	.46	25.69	1.42	26.30	4.5	7.3	149.3	21.2	98
-36	54.61	.48	29.08	1.44	26.25	4.6	7.5	149.3	20.9	83
-35	1.04	.50	32.16	1.45	26.20	4.7	7.6	148.8	21.0	69
-33	10.31	.51	34.93	1.47	26.15	4.8	7.7	147.8	21.4	56
-31	23.80	.54	37.41	1.48	26.10	4.9	7.9	146.4	22.1	43
-29	42.40	.56	39.62	1.50	26.05	5.1	8.0	144.8	22.8	33
-28	6.58	.58	41.59	1.51	26.00	5.2	8.1	143.1	23.6	29
-26	36.51	.61	43.34	1.53	25.95	5.3	8.2	141.3	24.4	34
-25	12.18	.63	44.89	1.54	25.89	5.4	8.4	139.4	25.1	44
-23	53.44	.66	46.28	1.56	25.84	5.5	8.5	137.5	25.9	57
-22	40.03	.68	47.50	1.57	25.78	5.6	8.6	135.7	26.6	72
-21	31.66	.71	48.60	1.59	25.73	5.8	8.8	133.8	27.3	86
-20	28.01	.74	49.58	1.60	25.67	5.9	8.9	132.0	27.9	100
-19	28.77	.77	50.45	1.62	25.62	6.0	9.0	130.3	28.4	114
-18	33.61	.80	51.23	1.63	25.56	6.1	9.1	128.6	28.9	127
-17	42.24	.83	51.93	1.65	25.50	6.2	9.3	126.9	29.3	139
-16	54.36	.86	52.55	1.66	25.45	6.3	9.4	125.3	29.7	148

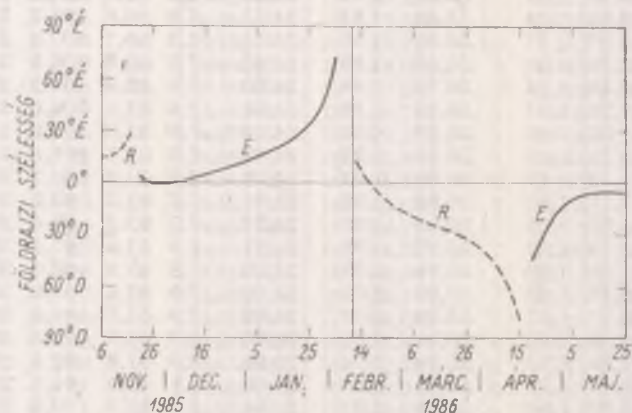
év	hó	nap	óra	J. D.	R.	A.	1950	D.	R.	A.
1986	5	4	.0	2446554.5	10	46.245	-15	58.09	10	48.032
1986	5	5	.0	2446555.5	10	43.901	-15	16.45	10	45.689
1986	5	6	.0	2446556.5	10	41.771	-14	37.56	10	43.560
1986	5	7	.0	2446557.5	10	39.834	-14	1.19	10	41.624
1986	5	8	.0	2446558.5	10	38.073	-13	27.17	10	39.865
1986	5	9	.0	2446559.5	10	36.472	-12	55.30	10	38.265
1986	5	10	.0	2446560.5	10	35.017	-12	25.44	10	36.811
1986	5	11	.0	2446561.5	10	33.695	-11	57.42	10	35.490
1986	5	12	.0	2446562.5	10	32.494	-11	31.13	10	34.291
1986	5	13	.0	2446563.5	10	31.406	-11	6.43	10	33.204
1986	5	14	.0	2446564.5	10	30.420	-10	43.21	10	32.219
1986	5	15	.0	2446565.5	10	29.530	-10	21.38	10	31.330
1986	5	16	.0	2446566.5	10	28.727	-10	.83	10	30.529
1986	5	17	.0	2446567.5	10	28.006	-9	41.48	10	29.808
1986	5	18	.0	2446568.5	10	27.359	-9	23.25	10	29.163
1986	5	19	.0	2446569.5	10	26.783	-9	6.06	10	28.588
1986	5	20	.0	2446570.5	10	26.272	-8	49.86	10	28.078
1986	5	21	.0	2446571.5	10	25.821	-8	34.58	10	27.628
1986	5	22	.0	2446572.5	10	25.427	-8	20.17	10	27.235
1986	5	23	.0	2446573.5	10	25.086	-8	6.56	10	26.895
1986	5	24	.0	2446574.5	10	24.794	-7	53.72	10	26.604
1986	5	25	.0	2446575.5	10	24.549	-7	41.60	10	26.360
1986	5	26	.0	2446576.5	10	24.347	-7	30.15	10	26.159
1986	5	27	.0	2446577.5	10	24.187	-7	19.35	10	25.999
1986	5	28	.0	2446578.5	10	24.065	-7	9.15	10	25.878
1986	5	29	.0	2446579.5	10	23.979	-6	59.52	10	25.794
1986	5	30	.0	2446580.5	10	23.929	-6	50.44	10	25.743
1986	5	31	.0	2446581.5	10	23.910	-6	41.88	10	25.726
1986	6	1	.0	2446582.5	10	23.923	-6	33.81	10	25.739
1986	6	2	.0	2446583.5	10	23.965	-6	26.20	10	25.781
1986	6	3	.0	2446584.5	10	24.035	-6	19.04	10	25.852
1986	6	4	.0	2446585.5	10	24.131	-6	12.30	10	25.948
1986	6	5	.0	2446586.5	10	24.252	-6	5.96	10	26.070
1986	6	6	.0	2446587.5	10	24.397	-6	.01	10	26.215
1986	6	7	.0	2446588.5	10	24.565	-5	54.43	10	26.383
1986	6	8	.0	2446589.5	10	24.754	-5	49.20	10	26.573
1986	6	9	.0	2446590.5	10	24.963	-5	44.31	10	26.783
1986	6	10	.0	2446591.5	10	25.192	-5	39.74	10	27.012
1986	6	11	.0	2446592.5	10	25.439	-5	35.48	10	27.260
1986	6	12	.0	2446593.5	10	25.704	-5	31.51	10	27.525
1986	6	13	.0	2446594.5	10	25.986	-5	27.83	10	27.808
1986	6	14	.0	2446595.5	10	26.284	-5	24.42	10	28.106
1986	6	15	.0	2446596.5	10	26.597	-5	21.27	10	28.419
1986	6	16	.0	2446597.5	10	26.925	-5	18.38	10	28.746
1986	6	17	.0	2446598.5	10	27.266	-5	15.72	10	29.088
1986	6	18	.0	2446599.5	10	27.620	-5	13.30	10	29.443
1986	6	19	.0	2446600.5	10	27.988	-5	11.10	10	29.810
1986	6	20	.0	2446601.5	10	28.367	-5	9.11	10	30.189

7. táblázat folytatása

lábyszó	D.	Δ	V_G	r	V_{II}	m_1	m_2	θ	β	Hold
-16	9.70	.89	53.11	1.67	25.39	6.3	9.5	123.7	30.1	154
-15	28.01	.92	53.61	1.69	25.33	6.4	9.6	122.2	30.4	153
-14	49.08	.95	54.06	1.70	25.28	6.5	9.7	120.7	30.6	147
-14	12.67	.98	54.47	1.72	25.22	6.6	9.8	119.2	30.8	138
-13	38.61	1.01	54.83	1.73	25.16	6.7	9.9	117.8	31.0	127
-13	6.71	1.05	55.15	1.75	25.11	6.8	10.0	116.4	31.2	116
-12	36.82	1.08	55.43	1.76	25.05	6.8	10.1	115.0	31.3	105
-12	8.78	1.11	55.69	1.78	24.99	6.9	10.2	113.7	31.4	94
-11	42.46	1.14	55.91	1.79	24.94	7.0	10.3	112.4	31.4	82
-11	17.74	1.17	56.11	1.81	24.88	7.1	10.4	111.2	31.5	71
-10	54.50	1.21	56.28	1.82	24.82	7.1	10.5	109.9	31.5	60
-10	32.64	1.24	58.43	1.83	24.77	7.2	10.6	108.7	31.5	49
-10	12.07	1.27	56.56	1.85	24.71	7.3	10.7	107.5	31.5	38
-9	52.70	1.31	56.67	1.86	24.65	7.3	10.8	106.3	31.4	28
-9	34.46	1.34	56.76	1.88	24.60	7.4	10.9	105.2	31.3	22
-9	17.26	1.37	56.83	1.89	24.54	7.4	11.0	104.0	31.3	22
-9	1.05	1.40	56.89	1.90	24.49	7.5	11.0	102.9	31.2	29
-8	45.75	1.44	56.93	1.92	24.43	7.6	11.1	101.8	31.1	40
-8	31.33	1.47	56.96	1.93	24.38	7.6	11.2	100.7	31.0	53
-8	17.71	1.50	56.98	1.95	24.32	7.7	11.3	99.6	30.8	67
-8	4.86	1.54	56.98	1.96	24.27	7.7	11.4	98.6	30.7	81
-7	52.73	1.57	56.97	1.98	24.21	7.8	11.4	97.5	30.6	96
-7	41.28	1.60	56.95	1.99	24.16	7.8	11.5	96.5	30.4	110
-7	30.48	1.63	56.93	2.00	24.10	7.9	11.6	95.5	30.2	124
-7	20.27	1.67	56.89	2.02	24.05	7.9	11.7	94.5	30.1	137
-7	10.64	1.70	56.84	2.03	24.00	8.0	11.7	93.5	29.9	149
-7	1.56	1.73	56.78	2.04	23.94	8.0	11.8	92.5	29.7	157
-6	52.99	1.77	56.71	2.06	23.89	8.1	11.9	91.5	29.5	160
-6	44.92	1.80	56.64	2.07	23.84	8.1	11.9	90.5	29.3	155
-6	37.31	1.83	56.55	2.09	23.78	8.2	12.0	89.6	29.1	146
-6	30.14	1.86	56.46	2.10	23.73	8.2	12.1	88.6	28.9	136
-6	23.41	1.90	56.36	2.11	23.68	8.3	12.1	87.7	28.7	125
-6	17.07	1.93	56.25	2.13	23.63	8.3	12.2	86.7	28.4	114
-6	11.12	1.96	56.13	2.14	23.58	8.4	12.3	85.8	28.2	103
-6	5.54	1.99	56.00	2.15	23.52	8.4	12.3	84.9	28.0	92
-6	.32	2.03	55.86	2.17	23.47	8.5	12.4	84.0	27.7	81
-5	55.43	2.06	55.72	2.18	23.42	8.5	12.5	83.0	27.5	69
-5	50.86	2.09	55.57	2.19	23.37	8.6	12.5	82.1	27.3	58
-5	46.61	2.12	55.41	2.21	23.32	8.6	12.6	81.2	27.0	47
-5	42.64	2.15	55.25	2.22	23.27	8.7	12.6	80.3	26.8	36
-5	38.97	2.19	55.08	2.24	23.22	8.7	12.7	79.5	26.5	26
-5	35.56	2.22	54.90	2.25	23.17	8.8	12.7	78.6	26.3	19
-5	32.42	2.25	54.71	2.26	23.12	8.8	12.8	77.7	26.0	18
-5	29.53	2.28	54.52	2.28	23.07	8.9	12.9	76.8	25.8	25
-5	26.88	2.31	54.33	2.29	23.03	8.9	12.9	76.0	25.5	35
-5	24.46	2.34	54.12	2.30	22.98	9.0	13.0	75.1	25.2	48
-5	22.27	2.37	53.91	2.32	22.93	9.0	13.0	74.2	25.0	61
-5	20.29	2.41	53.70	2.33	22.88	9.1	13.1	73.4	24.7	75

Ami az éjszakai megfigyelési órák számát illeti, a 45°-os északi és 30°-os déli szélességekre vonatkozólag a 22. ábra ad tájékoztatást, feltüntetve az üstökös örsz- és magfényességét is.

Arra a kérdésre, hogy mely földrajzi szélességekről látszik a legnagyobb látóhatár feletti magasságban az üstökös, a 23. ábra ad információt. Megállapítható, hogy az 1985 novemberében bekövetkező első oppozíció idején a 0°-tól a 60°-os északi szélességig az esti égen, míg a második oppozíciókor a 30°-tól a 60°-os déli szélességig kedvező a hajnali égen a megfigyelése.



23. ábra. A legoptimálisabb földrajzi szélesség, ahonnan az üstökös látható lesz (R = reggeli, E = esti égbolton)

Magyarázat a 7. táblázathoz:

- R. A. és D. (1950.0): geocentrikus ekvatoriális koordináták (fényidő-korrekcióval) az 1950.0 ekvátorra és ekvinokciumra
- R. A. és D. (látászó): látászó ekvatoriális koordináták, figyelembe véve az évi aberrációt, nutációt is
- J. D.: Julián-dátum (efemeris időre vonatkoztatva)
- Δ : geocentrikus távolság (CSE)
- r: heliocentrikus távolság (CSE)
- v_G : az üstökös geocentrikus sebessége (km/s)
- v_H : heliocentrikus sebesség (km/s)
- m_1 : összfényesség (magnitúdó)
- m_2 : magfényesség (magnitúdó)
- θ : Nap—Föld—üstökös-szög fokokban
- β : Nap—Üstökös—Föld-szög fokokban (fázisszög)
- Hold: Üstökös—Föld—Hold-szög fokokban

Megadjuk a geocentrikus ekvatoriális koordinátákat is a 7. táblázatban 1985. július közepétől, amikor is a legnagyobb amatőr műszerekkel megkísérelhető a felkeresése (legalább 30—40 cm-es objektívátmérő kell hozzá). A számításokat Yeomans végezte, aki figyelembe vette a nagybolygók perturbáló hatását és a nem gravitációs effektusokat is. (Az 1950,0-es ekvátorra és tavaszpontra vonatkoztatott koordinátákat például jól felhasználhatjuk az ugyanolyan alapepochára szerkesztett csillagtérképekkel történő azonosításra, míg a látszó ekvatoriális koordináták segítségével a helyi csillagidő ismeretében a távcső órákórén és deklinációs körén közvetlenül beállítható az üstkösré a távcső. A látszó rektasz-cenzióánál és deklinációánál már figyelembe van véve az évi aberráció, nutáció, precesszió és a kiinduló derékszögű koordinátákból számolt geocentrikus távolságból adódó fényidő-korrekciónak is!)

A várható fényesség

Yeomans összegezte a Halley-üstökös 1910/11-ig rendelkezésre álló fotometriai anyagát, amely a durva, szabad szemmel való észlelésektől a távcsöves vizuálisfényesség becslésekig terjedt. Csak az alkalmazott „átmérő” hatását vette figyelembe, amikor empirikus formulákat vezetett le az üstökös és (optikai) magjának összfényességére. A perihélium előtti összfényesség várhatóan:

$$m_1 = 5,0 + 5 \lg \Delta + 13,1 \lg r,$$

ahol Δ és r a geo- és heliocentrikus (cs. e.) távolság. Az üstökös *perihélium utáni aktivitása* miatt — mint láttuk — az 1910-es észlelések szerint a 0,6 CSE $< r < 1,0$ CSE tartományban mintegy 1—2^m-s fényességnövekedést lehetett megerősíteni, így az m_1 fenti kifejezése egy *átlagos* értéket adó becslésre alkalmas képlet a perihéliumot követő időszakban. Az *optikai magra* vonatkozó formula a távcsöves észlelések alapján:

$$m_2 = 7,5 + 5 \lg \Delta + 10,0 \lg r.$$

Mivel nagy heliocentrikus távolságban ($r > 3$ CSE) nincs számottevő kóma, az M_2 itt a valódi mag fényességére ad közelítést, ugyanis az 1909. augusztus 25-én és 1911. június 16-án $r = 3,6$, illetve $r = 5,4$ CSE-nél végzett megfigyelések (amelyeken a fenti becslés alapul) már eléggé nagy heliocentrikus távolságban készültek.

A 7. táblázatban közölt m_1 és m_2 fényességek a Yeomans-féle becsléseken alapulnak, és amennyiben a Δ és r értéke kívül esett volna azon a tartományon, amelyben az 1910-es értékeket figyelembe lehetett venni, akkor a táblázat adatait extrapoláció útján számították ki. Összevetve

a Brady és Carpenter által becsült fényességeket a Yeomans-féle értékekkel, látható, hogy a Brady és Carpenter által adott $n = 4$ és 6 paraméterekkel számolt fényességgel van összhangban a Yeomans-féle számítás.

Tekintsük át nagy vonalakban, hogyan alakul az üstökös fényessége az 1985/86-os visszatéréskor. 1984 elején még 21^m -s lesz a mag fényessége. Az üstökös a Szaturnusz és a Jupiter pályája közt mozogva, 1985 elejére is csak 18^m halvány lesz, és akkor már jól fényképezhető a piszkés-tetői Schmidt-teleszkóppal is. 1985-ben gyorsan fényesedik, majd novemberre már 6^m - 6^m , 5^m -s lesz, 1986. január elején elérheti a 4^m -t is. A perihéliumon való átmenet után 3^m , 5^m — 4^m , 5^m várható, de itt emlékeztetünk arra a tényre, hogy az újrafelfedezéskor a fényesség inkább a *pesszimista* jóslatokhoz állt közelebb, így valószínűleg 1 — 2^m -val halványabbra kell számítani. Áprilisban, a legnagyobb földközelség idején is csak 5 — 6^m -s, szabad szemmel még látható objektum lesz. Közepes amatőr távcsövek számára (12 — 13^m -s határ) az üstökös 1986 augusztusában minden valószínűség szerint már nem lesz látható, de az 1^m -es távcsövekkel még 1987 tavaszán is követhető lesz a Naptól távolodó Halley-üstökös.

A kóma láthatósága

Az 1909/11-es megfigyelések alapján többnyire csak *vizuális szögmeret-bebecslések* eredményei alapján mondhatunk valamit a kóma átmérőjéről. A kóma maximális kiterjedését — a várhatóan mintegy 200 000 km-es átmérőt — éppen a perihéliumon való átmenet környékén fogja elérni (1986. február közepén).

Az 1910-es megfigyelések a kómában *több apróbb fényességcsomót* is kimutatnak (például ezekre utalt az *Astronomische Nachrichten* korabeli számaiban Comas Sola és Rheden). Elképzelhető — és erre a fényességugrás megfigyelése is utal —, hogy 1910-ben esetleg több magra bomlott a Halley addig viszonylag nagyobb magja? Lehet, hogy a következő visszatéréskor is megfigyelhető majd a kómán belül néhány ilyen fényesebb optikai mag, ami nem egy-egy lokális gázkifényesedést takar csupán, hanem valódi magot is.

A csóva láthatósága

Egybevetve a csóva 1759-es, 1835-ös és 1910-es, szabad szemmel és távcsővel végzett hosszbecsléseit és a szögmeréseket, megállapítható, hogy *az egyes perihéliumátmenetek után hosszabb és aktívabb a csóva.*

Általában normális, a Nappal közel ellentétes irányú ion- és porcsóvát figyeltek meg. Az ioncsóvában *fel-fénylésekre* és *irreguláris képződményekre* lehet számítanunk, például erősebb naptevékenységkor vagy az üstökös-

plazma és az interplanetáris mágneses tér kölcsönhatásaikor. (A Halley visszatérésekor a naptevékenységi minimum lesz jellemző, de az erősebb flerek hatása megmarad nagyobb heliocentrikus távolságban is.)

Megbecsülhető a csóva közelítő lineáris hossza (s) a következő képlet alkalmazásával:

$$s = \frac{\Delta \cdot \sin t}{\sin(\beta - t)},$$

ahol Δ az üstökös geocentrikus távolsága, t a csóva becsült látszó szög-mérete, β az üstökös elongációja (Naptól). A t értéke (és nyilvánvalóan az s értéke is) erősen függ a megfigyelési viszonyoktól.

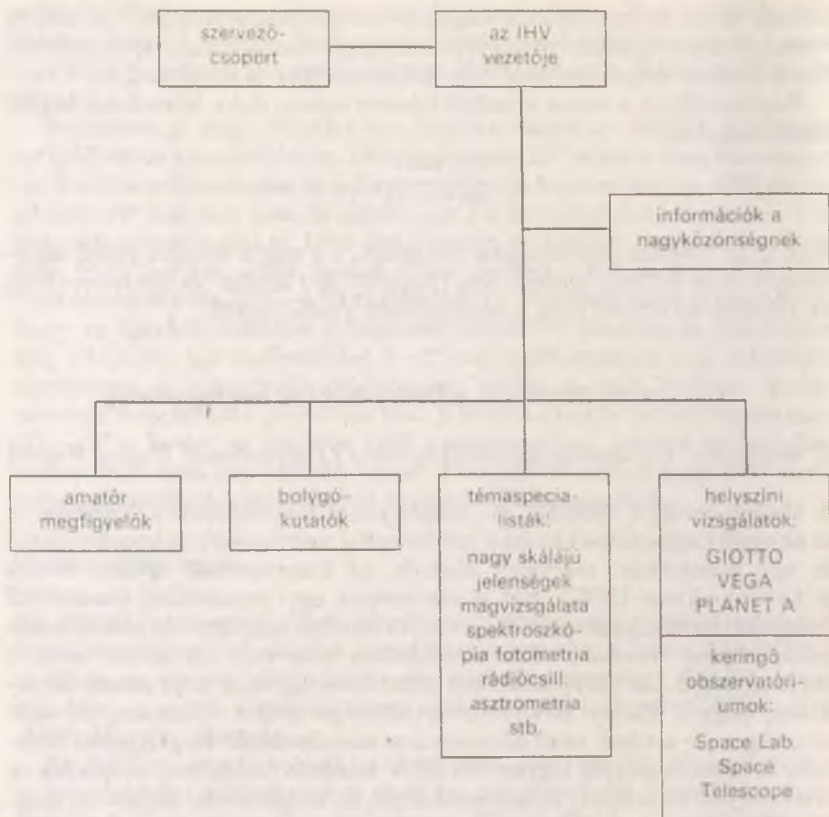
Nemzetközi összefogás a Halley-üstökös megfigyelésére

A nemzetközi Halley-megfigyelési kapmány (International Halley Watch)

A Halley-üstökös 1985/86. évi megfigyelési feladatainak kidolgozására és az ezzel kapcsolatos kutatási tevékenység szervezésére és koordinálására egy nemzetközi szervezet alakult, az *International Halley Watch* (a továbbiakban IHW). Ezt a szervezetet egy nemzetközi összetételű tudományos munkacsoport irányítja, és minden megfigyelési témakörnek koordinátorai vannak, akik megfelelően szervezik az adott szekció tevékenységét. Az IHW általános célkitűzése egyebek közt annak biztosítása, hogy a Halley 1985/86-os láthatósága idején — amennyire csak lehetséges — a részt vevő állomásokon standardizált megfigyelési technika és műszerezettség legyen. Az IHW feladata biztosítani az adatok és eredmények fogadását, dokumentációját és megőrzését, tárolni és megfelelően elosztani az adatokat és eredményeket — egyrészt a tudományos kutatók közt, másrészt publikálni a nagyközönség részére. Az IHW ösztönzi a fontos műszerfejlesztéseket ott, ahol szükséges a megfigyelési program zavartalan folytatására. A szervezeti felépítést a 24. ábra szemlélteti. Külön figyelmet érdemel az űreszközök útján történő Halley-megfigyelés előtérbe kerülése (például a Spacelab, az űrteleszkóp, a Giotto, Vega, Planet—A űrszondák).

Tervek a Halley-üstökös űreszközökkel történő meglátogatására

Várakozással tekintünk a Halley-üstökös visszatérése elé, mert *helysín* mérések céljából négy űrszonda indítása is tervbe van véve. A különböző országok által, illetve együttműködésével készített szondák mindegyike 1986 márciusában fogja megközelíteni a Halley-üstökösöt. Ezt a találkozási időpontot az is indokolja, hogy egyrészt a Halley-üstökös a perihéliuma



24. ábra. A Halley-üstökös 1985/86-os visszatérésének megfigyelésére alakult nemzetközi tudományos szervezet felépítése (International Halley Watch = IHW)

után aktívabb, fejlettebb a kóma, a csóva — ami megkönnyíti a mérések elvégzését —, másrészt energetikai okok miatt csak ekkor lehetséges olyan kis energiájú pálya (mivel a Halley akkor a leszálló csomópontja közelében lesz), hogy a szondák pályasíkja ne térjen el lényegesen az ekliptika síkjától.

A szovjet *Vega-program* (a *Venyera—Gallej = Vénusz—Halley* szavak összevonásából) két egyforma űrszonda (25. ábra) indítását tervezi 1984 decemberében. Feladatuk is teljesen azonos. Mindkét szonda elhalad a Vénusz bolygó mellett, és egy-egy leszállógéységet választanak le róluk, amelyek majd elérik a Vénusz felszínét. A szondák a Vénusszal tervezett



25. ábra. A Vega űrszonda

1985. júniusi találkozásuk után továbbhaladnak másik úticéljuk, a Halley-üstökös felé. Az üstökös magja és a Nap közt fognak elhaladni, a tervek szerint a magtól mintegy 10 000 km-re.

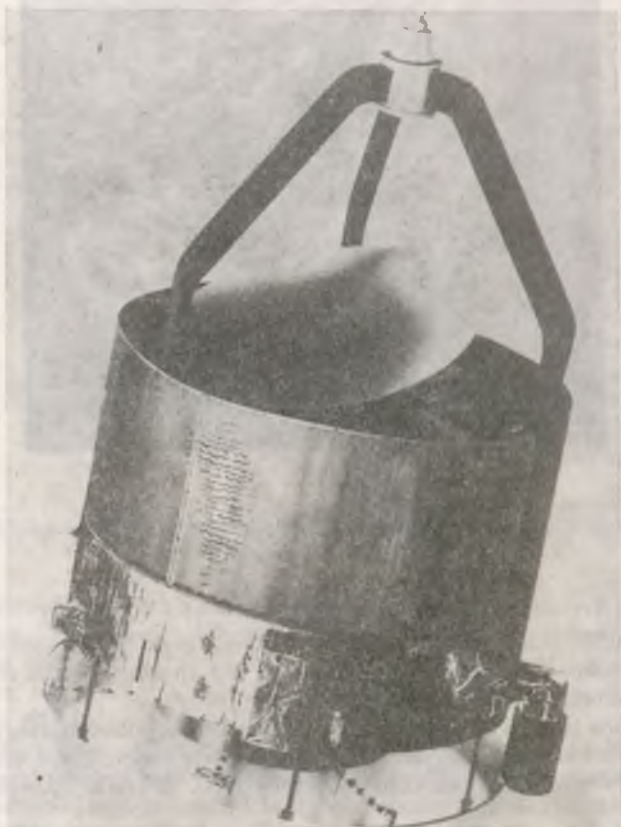
A hasznos teher a Vega-szondák esetén a legnagyobb, mintegy 120 kg tömegű. Ez lehetővé teszi azt, hogy igen sokféle tudományos programot hajtsanak végre a szondák az üstökös térségben, illetve az interplanetáris térben.

A műszerek nagy része *nemzetközi együttműködés* keretében készült. A Vega-programban részt vevő Interkozmosz-tagországok: Bulgária,

Csehszlovákia, Lengyelország, Magyarország és az NDK, valamint a nyugat-európai országok közül Ausztria, Franciaország és az NSZK.

Az alábbi műszerek kerülnek a szondára: tv-rendszer, kis és nagy látószögű kamerákkal, háromdimenziós spektrométer, infravörös spektrométer, portömeg-spektrométer, porbecsapódás-számláló (10^{-10} g alatti részecskékre), porszemcseszámológó (10^{-18} — 10^{-12} g-nyi részecskékre), semlegesgáz-tömegspektrométer, ion- és elektronspektrométer, energikus részecskedetektor (Tünde nevű készülék), plazmaanalizátor (Plazmag nevű készülék), plazmahullám-detektor, magnetométer.

Ezek közül a legérdekesebb és a leglátványosabb információt minden bizonnyal a *tv-rendszer* fogja adni az emberi szem által még nem látott

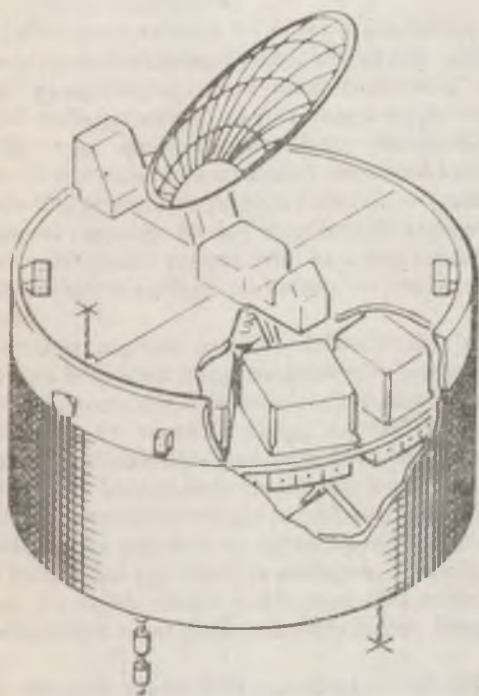


26. ábra. A Giotto űrszonda

üstökös-magról. A tv-rendszer elektronikája és miniszámítógépének programja teljes egészében Magyarországon, a Központi Fizikai Kutatóintézetben készül. A többi műszer közül magyar közreműködéssel készül a semlegesgáz-tömegspektrométer, az ion- és elektronspektrométer, a Tünde és a Plazmag.

Az Európai Űrkutatási Szervezet (ESA) szondáját a firenzei festő után *Giottó*-nak nevezték el (26. ábra). A tervek szerint 1985 júliusában fogják indítani. Ez tulajdonképpen egy módosított GEOS-hold, és mintegy 500 km-re fog a Halley magjától elrepülni — a mag és a Nap között. Műszerei közt lesz egy kis látószögű tv-képfelvevő, polariméter, UV-spektrométer, továbbá majdnem minden, mint ami a Vega-szondán, kivéve a háromsatornás spektrométert és az infravörös spektrométert. A hasznos teher 49,2 kg tömegű lesz, de az információátvitel sebessége is csak mintegy fele a Vega-szondákénak.

Az első Japán űrszonda a Planet—A lesz (27. ábra), amelynek az indí-



27. ábra. A Planet—A

tását 1985 augusztusára tervezik. Viszonylag kicsi a hasznos terhe, hozzávetőlegesen 10–15 kg. Az információtovábbító telemetria sebessége is kicsi, mintegy hatvanada a Vega-szondákénak. A Halley kómáját fogja elsősorban vizsgálni, mert a magtól tervezett távolsága kb. 100 000 km. Műszerezettsége: egy Lyman-alfa tartományra érzékeny képfelvévő, plazmaanalizátor, plazmahullám-detektor és magnetométer.

A Halley-üstökös nemzetközi összefogással történő vizsgálata várhatóan jelentős előrelépést jelent tehát majd az üstökösökről és a Naprendszerrel alkotott ismereteinkben.

BALÁZS BÉLA

ELTE Csillagászati Tanszék

A NAPRENDSZER ŐSTÖRTÉNETE

„... a megismerés nagyobb tökéletesség, mint a kételkedés...”

(R. Descartes)

Csillagrendszerünk, a Tejútrendszer mintegy tízmilliárd éves. Anyagát olyan elemi részek, protonok, neutronok, elektronok stb. alkotják, amelyek jelen voltak már az Ősrobbanást követő másodpercekben is. A Metagalaxis létrejötté és a Galaxis születése között majdnem századannyi idő telt csak el, mint azóta.

A fiatal Tejútrendszer anyaga — és így a kezdetben képződött csillagoké is — szinte *tiszta hidrogénből és héliumból* állt, hiszen a Metagalaxis kialakulásakor gyakorlatilag nem szintetizálódtak nehezebb kémiai elemek. Az első csillaggeneráció nagy tömegű tagjai viszonylag gyorsan (néhányszor tíz- vagy százmillió év alatt) leélték életüket, miközben magjuk magas hőmérsékletű és nyomású termonukleáris „fúziós reaktorában” felépültek a periódusos rendszer elemei — egészen a legstabilabbakig: *a vas csoport tagjaiig*. Az így megformált anyagot a halódó csillagok szupernóva-robbanásai egészítették ki *a még nehezebb rendszámú elemekkel*, és szétszórták a csillagközi térben — újonnan születő csillagok nyersanyagaként.

A Föld kozmikus múltját kutatva felismertük, hogy mindazok az elemek, amelyeket bolygónk kérge magába zár, benne voltak már abban a kozmikus gáz- és porködbben is, amelyből a Nap és kísérői együttesen keletkeztek. Hosszú út vezetett idáig. Az első természettudományos igényű bolygókozmozgóniai elméletet még 1664-ben *R. Descartes* állította fel. Ő az arisztotelészi három őselemmel (tűz, levegő, föld) analóg szubsztanciákból állónak képzelte a világot, amelyben idővel hatalmas örvényrendszer alakult ki. Ez vezetett az egyes anyagfajták szétválasztódásához, és vele a különböző égitestek (a csillagok, bolygók, üstökösök stb.) kialakulásához. Az azóta elmúlt több mint 300 évben a Naprendszer-kozmozgóniai elméletek tucatjai láttak napvilágot. Ezek négy alaptípusba sorolhatók:

— A Nap és a bolygók *ugyanabból a csillagközi felhőből*, annak törvény-

szerű fejlődése során, egységes folyamat eredményeként alakultak ki.

Ide tartozik *I. Kant* és *P. S. Laplace* elmélete, valamint a *H. Alfvén* és *F. Hoyle* által lényegesen továbbfejlesztett változatok.

— A Nap már *kész csillagként*, a csillagközi térből fogta be a bolygók anyagát. Az ide sorolható munkák közül *O. J. Smidt* kaptációs elmélete vált a legismertebbé.

Az ebbe a típusba tartozó elméletek fő problémája, hogy (bár a befogás elvileg lehetséges) csak nullához nagyon közeli valószínűséggel történik meg — azaz a bolygórendszerek kialakulása ily módon *rendkívül ritka, különleges esemény* lenne. Márpedig egyre több megfigyelési tény és elméleti megfontolás mutat abba az irányba, hogy a bolygórendszerek kialakulása nagy valószínűséggel együtt jár (legalábbis a Naphoz közeli típusú) csillagok keletkezésével.

— A Nap eredetileg *kettőscsillag volt*, az egyik összetevő *szétesett*, és annak darabjaiból keletkeztek a bolygók, valamint a Naprendszer kisebb tagjai. (Itt elsősorban azok a változatok érdemelnek figyelmet, melyek szerint az egyik komponens feldarabolódását nóva- vagy szupernóva-robbanás okozta. Ez az esemény szolgáltatta volna a bolygórendszer anyagát, és bontotta volna fel egyúttal a kettőscsillagot.)

Az ide tartozó elképzelésekkel az a fő baj, hogy nyilvánvaló ellentmondásban vannak a deutériumizotópok megfigyelt eloszlási gyakoriságával. A hetvenes évek egyik kiemelkedő kozmogóniai fontosságú asztrofizikai eredménye volt a *deutérium/hidrogén arány* statisztikailag is értékelhető meghatározása különböző égitesttípusokban. A mérések szerint a D/H érték a csillagközi anyagban 2×10^{-5} , a Napban $< 3 \times 10^{-8}$, végül a bolygókban szintén 2×10^{-5} . Nyilvánvaló tehát, hogy a bolygók anyaga *közvetlenül* ezen égitestek keletkezése előtt nem lehetett a Nap vagy egy másik csillag része, hiszen az intersztelláris deutérium — hasonlóan a lítiumhoz — a csillagokban uralkodó fizikai viszonyok között elbomlik.

— *Egy csillag olyan erősen megközelítette a Napot*, hogy a kölcsönös gravitációs vonzásuk hatására *levált anyagfelhők* közöttük hidat képeztek. Ebből alakultak volna ki a csillag távozása után a Nap kísérői. Ide sorolható *J. H. Jeans* közismert katasztrófaelmélete, mely századunk három évtizedén keresztül uralkodó helyet foglalt el a kozmogóniában.

Ez a típus mindkét megelőző problémáit magában hordja. A közeli csillagtalálkozások valószínűsége elenyésző (a Tejútrendszer bármelyik átlagos csillagát csupán 10^{13} évente „fenyegeti” ilyen esemény), és a deuté-

riumgyakoriságok elfogadható megmagyarázása itt sem lehetséges. Hozzájárul a bajokhoz még az is, hogy — mint ahogy azt *L. Spitzer* számításai kimutatták — a kiszakított magas hőmérsékletű anyag *robbanásszerűen* vetődne szét és oszolna el az űrben, a megkívánt méretű csomósodás legkisebb esélye nélkül.

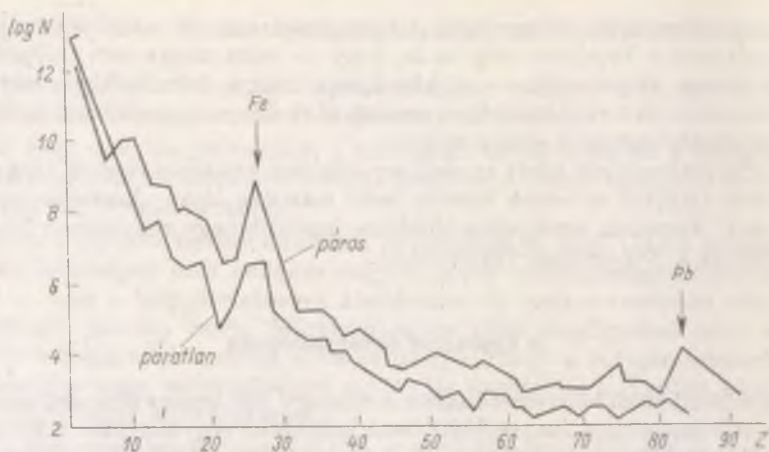
A következőkben tehát az első, ún. *nebuláris hipotézist* vesszük tárgyalásunk alapjául, és ennek keretén belül maradva olyan „ kozmikus nyomokat ” keresünk, amelyek elindulva legalább nagy vonalakban felderíthetjük a Naprendszer őstörténetét.

A kozmikus elemgyakoriság

Megszokott földi környezetünkben a mintegy 100 kémiai elem fantasztikus változatossággal kapcsolódik össze különböző vegyületekké. A formagazdagságot jórészt az teszi lehetővé, hogy kerekén 300 K hőmérsékleten egyrészt változatos atomkapcsolatok jöhetnek létre, másrészt ezek az adott körülmények között nem véglegesek, hosszabb-rövidebb idő eltelté után ismét felbomolhatnak. Globális méretekben is jól példázza ezt az évszakok változása, a természet ciklikus megújulása. Bár e kémiai mobilitás nélkül pusztá életünk is elképzelhetetlen volna, az *elektromágneses kölcsönhatás által létrehozott kémiai kötések* — mint információhordozó „pecsétek” — csak igen-igen korlátozottan alkalmasak a Naprendszer születési körülményeinek tisztázására. A korai fázisban képződött vegyületek ugyanis csak kivételesen vészelhették át az azóta eltelt évmilliárdokat. (Ilyen extrém esetet képviselnek az ősi *üstökösök és meteorok* anyagába dermedt kristályzárványok. Ezekbe a hideg világtérben vándorló fagyott atomrácsokba „vésve” ma is ott található a Naprendszer korai történetének fontos dokumentumai.)

Másként áll a helyzet az *egyres kémiai elemek relatív gyakoriságával*: ez a jellemző sokkal hívebben tükrözi azokat a fizikai körülményeket, amelyek között az elemek — kozmológiai és kozmogóniai folyamatok során — létrejöttek. Az atommagok *erős kölcsönhatásból* adódó kötési energiája ugyanis milliószorta nagyobb a kémiai kötésekénél. Az esetleges *természetes radioaktivitáson* túl tehát semmilyen folyamat sem változtatja meg a kialakult arányokat azután, hogy az anyag kikerült az Ősrobbanást követő vagy a csillagok magjában* található, különlegesen forró kör-

* Közvetlenül az Ősrobbanás után csak a H, a D, a ³He, a ⁴He és a ⁷Li kisebb része szintetizálódott. A magasabb rendszámú elemek — mint említettük — a *csillagok magjában*, illetve a *szupernóva-robbanásokban* épültek fel; kivéve a Li, a Be és a B túlnyomó részét. Ez utóbbi ugyanis — a *kozmos sugárzás* bombázásának hatására — az *intersztelláris anyagban* keletkezett (már korábban felépült magasabb rendszámú elemekből).



1. ábra. Az atomszámok logaritmusában kifejezett általános kozmikus relatív elemgyakoriság mint a Z rendszám függvénye. Legfontosabb szabályszerűségek:
- a gyakoriság először gyorsan, később lassabban csökken Z növekedtével;
 - a páros rendszámú elemek általában gyakoribbak a páratlan rendszámúaknál (Harkins-szabály);
 - a vasnál és az ólomnál különösen erős helyi maximum figyelhető meg

nyezetből. A Tejútrendszerben kialakult általános kozmikus elem- és izotópgyakoriság (1. ábra) ezért az idővel csak lassan változik, és így megbízható viszonyítási alapot képez az attól való helyi eltérések vizsgálatához.

A Naprendszer kialakulásához kapcsolódó legfontosabb radioaktív időskálák

Már jó ideje tudjuk, hogy a Naprendszer kozmogóniájában a következő három időtartam játszik alapvetően fontos szerepet:

$$T_1 \approx 4,6 \times 10^9 \text{ év} \quad T_2 \approx 10^8 \text{ év} \quad T_3 \approx 10^6 \text{ év}.$$

Ez a három időtartam — a múltba visszafelé pillantva — a Naprendszer keletkezésével kapcsolatban három fontos eseményt, mérföldkövet jelöl ki. Az első T_1 idővel ezelőtt, a második és a harmadik pedig azt megelőzően T_2 , illetve T_3 esztendővel következett be. Vegyük sorra őket!

A Naprendszer kora

Ezek közül T_1 a rendszer kora, melyet több, alkalmas, hosszú felezési idejű és nagy gyakoriságú radioaktív elem (urán, kálium, rubidium stb.) segítségével állapítottak meg. Naprendszerünk például ma ^{235}U -ból (atomszám szerint) mintegy 140-szer kevesebbet tartalmaz, mint ^{238}U -ból. Mindkét uránizotóp radioaktív, de felezési idejük nem egyenlő.* Miután az említett uránizotópok eredeti (azaz születésükkor fennállt) relatív gyakorisága elméletileg ismert, egy uránt és ólmot tartalmazó szilárd test, például kőzet kora tömegspektrográffal, a négy szerepet játszó izotóp (^{235}U , ^{238}U , ^{207}Pb , ^{206}Pb) tömegszázaléka alapján megmérhető.

Radioaktív kormeghatározási módszerrel állapították meg, hogy Földünk legöregebb kőzetei 4,1 milliárd évesek. (Az elemzett minták közül egyes grönlandiak 3,8 milliárd évesnek, egyes dél-afrikaiak és szibériaiak pedig jó 4 milliárd évesnek bizonyultak.) Miután a Holdról hazahozott kőzetek alapján a holdkéreg korára kapott érték 4,1 milliárd év, és a legősibb meteoritok 4,6 milliárd évesek, továbbá a Hold keletkezésétől a kéreg kialakulásáig mintegy félmilliárd évnek kellett eltelnie, joggal mondhatjuk, hogy a Naprendszer kora is 4,6 milliárd év körül van.

A preszoláris szupernóva

Ami T_2 -t illeti, J. H. Reynolds és munkatársai még a hatvanas évek közepén azt találták, hogy egyes meteoritokban a xenon a földitől eltérő izotópgyakorisággal fordul elő. Szokatlanul magas volt a ^{129}Xe aránya, melyről tudjuk, hogy a ^{129}I bomlásterméke; emellett a ^{131}Xe , a ^{132}Xe , a ^{134}Xe és a ^{136}Xe relatív gyakorisága azt mutatta, hogy ezek az izotópok szintén „helyben” keletkeztek, a ^{244}Pu radioaktív szétesése útján. A „szülő” izotópok felezési ideje** és elméletileg ismert, eredeti relatív gyakorisága alapján ebben az esetben is ki lehetett számítani, hogy mennyi idő telt el azok keletkezése, valamint a meteorikus anyag megszilárdulása között. (Az eltérő felezési idők miatt ugyanis különböző izotópok százalékos megoszlása az idő függvénye, de a kikristályosodás pillanatában érvényes érték a „helyben maradó” bomlástermékek útján rögzítődik.)

Az elemzésből az adódott, hogy a radioaktív jód és plutónium jó 100 millió évvel az ősi meteorit, s ezzel a Naprendszer születése előtt keletkezett! Tudjuk, hogy mind a jód, mind a plutónium szupernóva-robbanás során keletkezik. A preszoláris köd tözsomszédságában tehát, még a bolygók, holdak és kisebb égitestek kialakulását megelőzően, szupernóva lángolt fel.

* A ^{235}U felezési ideje $0,71 \times 10^9$ év, és a végtermék a ^{207}Pb ; a ^{238}U felezési ideje $4,5 \times 10^9$ év, és az átalakulás eredménye a ^{206}Pb .

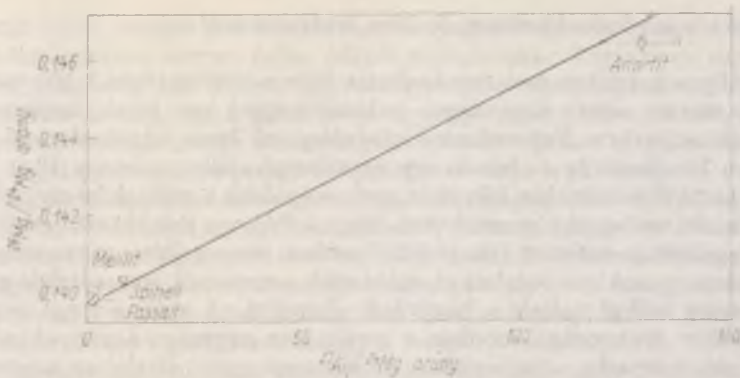
** ^{129}I felezési ideje $1,7 \times 10^7$ év, a ^{244}Pu -é pedig $8,2 \times 10^7$ év.

És most térjünk rá T_3 tárgyalására! Ezt az időtartamot is a radioaktív „órán” olvashatjuk le. Ismeretes, hogy a magnéziumnak három stabil izotópjja van: ^{24}Mg , ^{25}Mg és ^{26}Mg . Normálisnak számító körülmények között a teljes magnéziummennyiségen belül e változatok relatív gyakorisága (az előbbi sorrendben): 78,99% + 10% + 11,1%. A Pueblito de Allende észak-mexikói falu mellett 1969-ben hecsapódott ún. *Allende-meteoritban* azonban T_3 Lee és munkatársai a ^{26}Mg szembeötlő feldúsulását tapasztalták: gyakorisága 11,5%-ot tett ki! A leletet az tette különösen izgalmassá, hogy a ^{26}Mg részben a radioaktív ^{26}Al β -bomlása útján keletkezik.

Az alumíniumnak csak a 13 protont és 24 neutront tartalmazó (tehát 27-es tömegszámú) izotópjja stabil, és a földkéregben csupán ezzel a változattal találkozunk. A nukleoszintézisben szintén felépülő ^{26}Al 720 000 éves felezési idővel szétesik.

Tegyük fel, hogy bizonyos mennyiségű sugárzó ^{26}Al keveredett a protoszoláris ködbe, közvetlenül a (valószínűleg) legrégebb meteorok, az ún. szenes kondritok keletkezése előtt. Mivel ez az alumíniumizotóp a stabil ^{27}Al -mal gyakorlatilag azonos kémiai tulajdonságokkal rendelkezik, minden olyan ásványba, amely alumíniumot is tartalmaz, kezdeti relatív gyakoriságának megfelelő százalékban épült be. Néhány millió év elteltével azonban a ^{26}Al túlnyomó része már *elbomlott* (tízmillió év után már csak az eredeti mennyiség kevesebb mint 1/20 000-e maradt meg!), így a Naprendszer eddigi 4,6 milliárd éves élete során gyakorlatilag a *teljes mérhető mennyiség ^{26}Mg -má alakult*. Ha a szóban forgó ásvány első kikristályosodása óta nem volt kitéve ún. *termometamorf* átalakulásnak (ami közben megolvadt volna) vagy más olyan folyamatnak, ami képes lenne a kémiai elemek szétválasztására, akkor a végtermék, azaz a ^{26}Mg mennyiségéből az eredetileg bezáródott ^{26}Al aránya elvileg meghatározható.

A gyakorlatban azonban a mérés nem olyan egyszerű, mivel az alumíniumnál sokkalta gyakoribb magnézium *más forrásokból* is származhat, és a radioaktív alumínium bomlásterméke csak a normális ^{26}Mg -szint fölötti többletként jelentkezik. Mivel megfelelő pontossággal nem az egyes izotópok *abszolút mennyiségének*, hanem *százalékos arányának* változása mérhető, a többlet kimutatására elsősorban olyan ásványoknál van reményünk, amelyek (mint például az anortit) alumíniumban gazdagok és magnéziumban szegények. A sok magnéziumot tartalmazó ásványok (így a fassait és a spinell) a fenti szempontból előnytelenek. Ezért érthető, hogy Lee és munkacsoportja is elsősorban anortitban tudta kimutatni a ^{26}Mg -többletet (2. ábra).



2. ábra. Az Allende-meteoritban talált ^{26}Mg -többlet a ^{26}Al radioaktív bomlásából származott. Erre mutat, hogy a $^{26}\text{Mg}/^{24}\text{Mg}$ arány erősen függ a meteoritot alkotó ásványok relatív alumíniumtartalmától

A ^{26}Mg feldúsulását *nem okozhatták kémiai folyamatok*, hiszen azok a többi magnéziumizotópra is hasonlóan hatottak volna. Az egyértelmű végkövetkeztetéshez ki kellett azonban zárni az egyéb, „konkurrens” (nem alumíniumot használó) magreakciók befolyását is a ^{26}Mg relatív gyakoriságára. Ezt meg is tették oly módon, hogy a relatív ^{26}Mg -többletet függvénykapcsolatba állították az Allende-meteorit ásványainak Al/Mg arányával. Egyszerű lineáris összefüggést kaptak: minél nagyobb a fenti arány, annál erősebb a vizsgált magnéziumizotóp mennyiségének százalékos növekedése (l. 2. ábra). Ha az izotóp keletkezésénél más folyamatok játszottak volna szerepet, ilyen összefüggés nem állhatna fenn. Az arányosságot megadó egyenes dőlésszögéből azután egyszerű módon meg lehetett állapítani, hogy a meteorit olyan anyagból született, amelyben minden ^{26}Al -atomra 20 000 ^{27}Al esett.

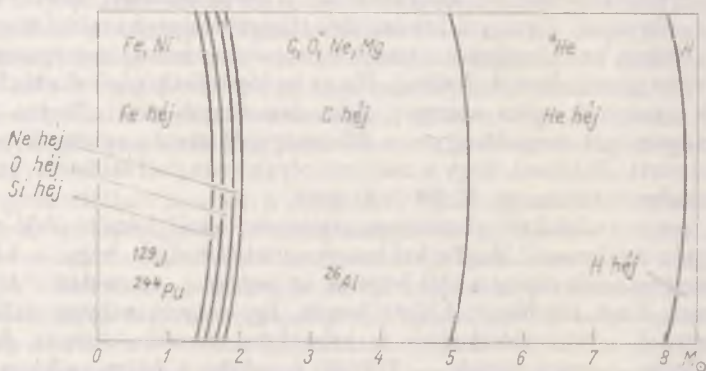
Az eset a radioaktív alumínium *viszonylag rövid felezési ideje* miatt válik igen izgalmassá! Magfizikai ismereteinkből tudjuk, hogy — bármilyen magreakciók útján is jött létre ez az izotóp — az eredeti $^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}$ aránynak 1-nél kisebbnek kellett lennie. Így *csupán néhány millió év* telhetett el a ^{26}Al keletkezése és kristályba záródása között, hiszen mennyisége — mint láttuk — 720 000 évenként a felére csökken! Ha a radioaktív alumínium még az anyag megszilárdulása előtt mind magnéziummá alakult volna, ez a magnézium a protoszoláris ködben *elkeveredett* volna, és a későbbi kondenzációkban, ásványokban semmiféle összefüggést nem mutatna az *alumínium* helyi előfordulási arányával (hiszen kémiai tulajdonságaik eltérőek).

Újabb szupernóva-robbanás az űs-Nap keletkezésekor?

De milyen kozmikus esemény hozhatta létre a ^{26}Al -izotópot? Mai tudásunk szerint szinte kizárólagos valószínűséggel egy közeli szupernóva robbanása, mely a Naprendszer kialakulásának korai fázisával szinte egy időben következett be — hiszen egy naptömegű csillag mintegy 10 millió évig tartó összehúzóási folyamat során képződik a csillagközi anyagból.

(Valaki esetleg úgy gondolhatná, hogy a ^{26}Al egy jóval korábbi csillag-fellángolásban született, de röviddel utána *intersztelláris porszemcsékbe* záródott, s azokban bomlott el, majd ezek a szemcsék összetételük megváltozása nélkül váltak a kondritok alkotóivá. A szóban forgó izotóp szokatlan gyakorisága azonban a centiméter nagyságú ásványokban is állandó, márpedig a csillagközi por szemcséi ennél általában nagyságrendekkel *kisebb* méretűek: jellemző átmérőjük a látható fény hullámhosszával mérhető össze! Az elképzelés ellen szól az a tény is, hogy az ásványok egyéb alkotóelemeinek százalékos aránya a *Naprendszerben* tapasztalható átlagos arányoknak felel meg, márpedig az teljességgel valószínűtlen, hogy a hipotetikus szupernóva az összes elemet *pontosan* a protoszoláris ködre jellemző gyakorisággal állította volna elő. A csillag-robbanás időpontjának tehát nagyjából a rendszer keletkezésével kellett egybeesnie!)

Csak a legalább hatszoros naptömegű csillagok válnak szupernóvává.



3. ábra. Egy szupernóvává váló nagy tömegű csillag belsejének modellszámításokból adódó rétegződése, közvetlenül a robbanás előtt. A vas—nikkel magban hirtelen leállnak a fúziós folyamatok, ezért a nyomás ugrásszerűen csökken, és az összeroskadó csillaganyag felszabaduló hatalmas gravitációs helyzeti energiája váltja ki a robbanást

Életük végén, amikor a nukleáris tüzelőanyagok kimerülnek, az elméleti modelszámítások szerint *héjas felépítést* mutatnak. Magjukban *vas* és *nikkel* található, ezt követi egy *szilíciumréteg*, melyben nyomokban *magnézium* és *oxigén* van jelen, majd egy-egy *oxigén-, neon- és szénréteg* következik (ebben kisebb mennyiségben szintén található O, Ne, illetve Mg), végül a *sört hélium-*, majd *hidrogénburok* zárja le (3. ábra).

A szupernóva-robbanás során a leszakadó rétegek több milliárd fokra hevülnek, és főként az egymást követő neutronbefogás és β -bomlás útján lehetővé válik a *vasnál is nehezebb elemek* felépülése, valamint a csillagfejlődés korábbi szakaszaiban szerepet játszott energiatermelő magfúziós folyamatok által „kihagyott” *elemgyakorisági lyukak kitöltése*.

A fenti elméleti modell szerint így a *vasnál jóval könnyebb* ^{26}Al , például a ledobott szénhéjban keletkezik. A ^{12}C -magok páros fúziója által tovább növekszik a ^{24}Mg gyakorisága, és ebből keletkeznek a nehezebb magnéziumizotópok, szintén neutronelnyelés útján. A ^{26}Al -izotóp általában vagy úgy keletkezik, hogy egy ^{26}Mg -mag protont fog be és neutront bocsát ki, vagy pedig úgy, hogy egy ^{24}Mg -mag egymás után neutront és protont nyel el. Más keletkezési mechanizmusok is elképzelhetők, de — az előbbiekkal együtt — mindegyikük *viszonylag kis valószínűséggel* jut szóhoz. Ezért van az, hogy az alumíniumizotópok nem túlságosan gyakoriak a természetben.

A protoszoláris köd inhomogenitásai

Mielőtt folytatnánk a direkt gondolatsort, kis kitérőt teszünk: Az Allende-meteoritban felfedezett első elemgyakorisági furcaság az *oxigénizotópokhoz* kapcsolódik. 1973-ban *R. N. Clayton* és munkatársai tömegspektográfia vizsgálta a meteoritból vett, majd ionizált oxigénmintát, és úgy találták, hogy az oxigénizotópok megoszlása eltér a Földön, illetve a Naprendszerből addig vett anyagokban tapasztaltaktól. A korábbi minták több mint 99%-ban tartalmaztak ^{16}O -t, míg a ^{17}O és ^{18}O csak nyomokban fordult elő. *Az Allende-anyagban a ^{16}O gyakorisága még magasabb volt*, és ez az eltérés *kémiai* folyamatok útján nem jöhetett létre, mivel a $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$ arány normálisnak bizonyult! Ezért arra kellett gondolni, hogy a meteorit oxigéntartalma *két komponensből* tevődött össze: egy szokásos elemgyakoriságúból és egy töredéknyi mennyiségű tiszta ^{16}O -ból állóbból. Egyes részekben ez a tiszta ^{16}O összetevő a teljes oxigénmennyiség 5%-át is kitevette!

A fenti többlet a ^{16}O normális, 99,756%-os relatív gyakoriságát ugyan csak 99,768%-ra növeli, de mégis világosan mutatja, hogy *a protoszoláris köd nem volt teljesen homogén elemösszetételű!* Valószínű, hogy a tiszta komponens *szilárd szemcsék* formájában került be a köd anyagába, gáz-

nemű állapot esetén ugyanis a keveredés tökéletesebben ment volna végbe.*

Sajnos nincs módunkban megállapítani, hogy a szóban forgó szemcsék mikor kerültek a Naprendszer anyagába, ugyanis mindhárom oxigén-izotóp *stabilis* a csillagközi térben uralkodó fizikai viszonyok között, és így nem ad kezünkbe radioaktív órát, mellyel a részecskék korát meghatározhatnánk. Mindenesetre annyi bizonyosnak látszik, hogy a ^{17}O és ^{18}O nem keletkezhetett szupernóva-robbanásban. Ezek az izotópok átmenetileg ugyan kialakulnak, de a szupernóva hőmérsékletén a ^{17}O gyorsabban bomlik le, mint amilyen ütemben újraképződik, a ^{18}O pedig héliummagok befogása útján ^{22}Ne -ná alakul. Jelenleg úgy gondoljuk, hogy a két nehezebb oxigénizotóp a vörös óriáscsillagok hidrogént „égető” héjában jön létre (ahol a hőmérséklet „csak” tízmillió fok körül van), és a belőlük eredő „csillagszél” útján kerül az intersztelláris térbe.

A Tejútrendszer nagyléptékű eseményei és a Naprendszer őstörténete

Az eddigiek alapján arra következtethetünk, hogy a pre-, illetve protoszoláris köd tőszomszédságában két szupernóva is fellángolt, de időben kerekén százmillió év választotta el őket egymástól. Ez a körülmény (tekintetbe véve a szupernóvává váló csillagok igen rövid élettartamát) arra csábítja az embert, hogy összefüggést keressen a *Galaxis spirális szerkezete, a spirálkarok mozgása és a szóban forgó szupernóvák megjelenése között*; hiszen új csillagok — leszámítva csillagrendszerünk történetének korai korszakát — szinte kizárólag csak a spirálkarokban születnek.

Sűrűség hullámok és a spirális minta

Tudjuk, hogy a többi spirális galaxissal együtt Tejútrendszerünk rotációs szögsebessége is a centrumtól mért R távolság függvénye:

$$\Omega = \Omega(R).$$

* Mintegy 60 évi eredménytelen keresés után az utóbbi években a következő 12 elemnél találtak végül olyan gyakorisági eltéréseket, amelyek nem másodlagos folyamatok eredményeként jöttek létre, hanem csak a proszoláris köd eredeti inhomogenitásaiként értelmezhetők: oxigén, neon, magnézium, szilícium, kalcium, titán, kripton, stroncium, bárium, neodímium, szamárium és xenon. Hasonló tényállás gyanúja felmerült a kén, kálium, tellúr, higany és urán esetében is, de az eddig végzett vizsgálatok még ellentmondásos eredményeket adtak.

Ha a spirálkarok egyszerűen „anyagcsövek” lennének, akkor (a nem merev forgás miatt) állandó deformációnak lennének kitéve, néhány körülfordulás után felcsavarodnának és feloszlanának. (Mint az a hatvanas években kiderült, a felcsavarodást a karokban levő mágneses mező sem tudná megakadályozni, mivel nem képes a csillagközi anyag nagyléptékű mozgását jelentős mértékben befolyásolni, hiszen energiasűrűsége jelentősen alatta marad az intersztelláris közeg galaktikus rotációjából származó energiasűrűségnek.)

A felcsavarodási problémát azonban megoldhatjuk, ha feltételezzük, hogy a karok anyaga nem állandó, hanem a spirális struktúra egy, a Galaxisban állandóan jelenlevő, nagyléptékű sűrűség hullám helyi maximumaiból áll egybe. A sűrűség hullám mind a gáz, mind a csillagok eloszlását befolyásolja, mozogni képes a csillagrendszer anyagához képest, és így nincs szükségképpen kitéve a differenciális rotáció deformáló hatásának. Lényeges kiemelni, hogy a sűrűség hullám nagymértékben önfenntartó és kvázistacionárius; tovaterjedését és fennmaradását elsősorban az a hullámszerű zavar biztosítja, melyet az okozott sűrűségfluktuáció maga hoz létre a Galaxis gravitációs terében.

A galaktikus méretű sűrűség hullámok kiemelkedő jelentőségére B. Lindblad csak félsikert hozó korai próbálkozásai után C. C. Lin és munkatársai irányították rá a figyelmet. Lin elgondolása értelmében a spirális galaxisok jellegzetes felépítése a csillagrendszer magja körül rotáló sűrűség hullám hatására jön létre. A gázdinamika tömegmegmaradási és kontinuitási egyenleteinek megfelelően a sűrűség hullám jelenléte a csillagok és az intersztelláris gáz egyszerű kör-, illetve ellipszismozgásának megzavarásával jár: a sűrűség maximumok környékén az anyag mozgása szükségképpen lelassul, a galaktocentrikus pálya menti sebesség periodikusan ingadozik.

Kinematika a Tejútrendszer korongjában

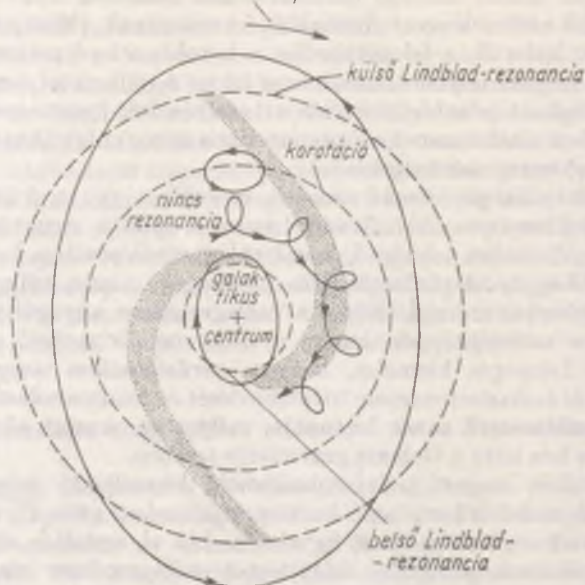
A kozmikus testek a Galaxis középpontja körül általában kisebb-nagyobb excentricitású ellipszispályákon keringenek. Mozgásuk Lindblad nyomán elliptikus epicikloisokkal is leírható (4. ábra). A $\kappa(R)$ epiciklikus frekvencia a galaktikus rotáció egyéb alapjellemzőivel az alábbi kapcsolatban van:

$$\kappa(R) = 2 \sqrt{-B(A - B)}.$$

Itt A és B — az ún. Oort-féle mennyiségek — a következőképp függenek az $\Omega(R)$ rotációs szögsebességtől:

$$A(R) = -\frac{1}{2}R \frac{d\Omega}{dR}; \quad B(R) = A(R) - \Omega(R).$$

a potenciálarok rotációjának iránya
az inerciarendszerhez képest



4. ábra. A Lindblad-féle epiciklikus pályák és rezonanciák, valamint a spirálkarok sematikus elhelyezkedése egy Ω_p szögsebességgel forgó galaktocentrikus koordináta-rendszerben

(Lényegében véve azt adják meg, hogy mennyire tér el a merev testétől a Tejútrendszer forgása.)

$\Omega(R)$ és $\kappa(R)$ az R galaktocentrikus távolságban végbemenő szabad rezgőmozgások sajátfrekvenciáiként fogható fel. Könnyen látható, hogy a fenti sajátértékek, valamint a merev testként rotáló sűrűség-hullám Ω_p szögsebessége között rezonanciák léphetnek fel. Ezek közül a következők a legfontosabbak:

— korotáció: $\Omega(R) - \Omega_p = 0$,

— belső Lindblad-rezonancia: $\Omega(R) - \Omega_p = \kappa(R)/2$,

— külső Lindblad-rezonancia: $\Omega(R) - \Omega_p = -\kappa(R)/2$.

Már Lindblad eredeti elmélete is nagymértékben kihasználta azt a tényt, hogy Tejútrendszerünkben az $\Omega(R) - \kappa(R)/2$ egy aránylag széles gyűrűtartományban szinte független az R galaktocentrikus távolságtól. Ω alkalmas értékére tehát az egész tartományban rezonancia lép fel. A belső és külső Lindblad-rezonanciák a Lin-féle elméletben a sűrűség-hullám radiális kiterjedésének határait szabják meg (l. 4. ábra), ugyanis

elméleti megfontolásokból következik, hogy a sűrűség hullám szögsebességére teljesülnie kell az:

$$\Omega(R) - \kappa(R)/2 < \Omega_p < \Omega(R) + \kappa(R)/2$$

egyenlőtlenségnek.

Az anyag szögsebessége (és így adott R melletti pálya menti sebessége) a korotációs zónán belül *nagyobb*, mint a sűrűség hullámé, a zónán kívül — $\Omega(R)$ monoton csökkenése miatt — viszont éppen fordított a helyzet. Ezért ezeken a helyeken az anyag áthalad a sűrűség hullámon. A sűrűség hullám gravitációs potenciálárkain való áthaladás viszont az intersztelláris gázban *lökéshullámokat* kelt. A lökéshullámfront elérésekor a hirtelen sűrűségnövekedéssel együtt *a nyomás is megnövekszik*, így döntően megjavulnak az *új csillagok kialakulásának feltételei*. (Együttal az intersztelláris porrészecskék képződése is meggyorsul, ami magyarázatot ad arra, hogy miért rajzolják ki a fényelnyelő kozmikus ködök is a spirális struktúrát.)

Egy tipikus méretű csillagközi felhő általában *néhányszor tízmillió évig* tartózkodik a csillagok keletkezése szempontjából termékeny tartományban. Mivel e lökéshullámfront a *spirálkarok szélén* helyezkedik el, a potenciális szupernóvaként születő *nagy tömegű, fiatal O-csillagok* és az intenzív ultrabolya sugárzásuk hatására létrejövő (ionizált hidrogénből álló) *fényes HII-területek* is itt figyelhetők meg — erősen kiemelve a karok kontúráját. A spirálkarok tehát nem azért olyan szembeötlőek, mert anyagban sokkal gazdagabbak lennének, mint környezetük (hiszen a sűrűségnövekedés csak mintegy 10%-os), hanem azért, mert *a fiatal csillagok hatására tömeg- és időegységenként sokkal több energia szabadul fel bennük*, mint a galaktikus korong egyéb területein!

Miután a csillagok általában a sűrűség hullámtól eltérő szögsebességgel mozognak pályájukon, a korotációs zónán belül a spirálkarokban a galaktikus rotáció irányában egyre idősebb csillagok találhatóak, míg a zónán kívül éppen ellentétes a helyzet. Ezt a képet a különböző korú nyílthalmazok térbeli eloszlása is alátámasztja.

Milyen szögsebességgel halad a sűrűség hullám?

Kétségtelen, hogy Ω_p a Lin-elmélet egyik legfontosabb paramétere. Nagy gondot okoz azonban, hogy ma még nem tudjuk, milyen anyageloszlási és kinematikai tényezők, általában *milyen fizikai hatások* határozzák meg a sűrűség hullám szögsebességét. A legtöbb szerző többnyire úgy jár el, hogy az $\Omega(R)$ függvény ismeretében Ω_p olyan értékét használja, amely mellett a korotációs zóna az észlelt legkülső HII-területeken kissé túl húzódik.

A Tejútrendszer kinematikája és tömegeloszlása alapján Ω_p ismeretében már levezethető a spirálkarok radiális hullámhossza, $\lambda(R)$ — azaz az a mennyiség, amely meghatározza, hogy a spirális minta milyen egymás utáni távolságokban metszi a Galaxis centrumából húzott adott félegyenest. A radiális hullámhossz ugyanis a következő függvényalakban írható fel:

$$\lambda(R) = \lambda[\mu(R), \sigma(R), \Omega(R), \Omega_p],$$

ahol — a már ismert mennyiségek mellett — $\mu(R)$ az anyag felületi sűrűsége csillagrendszerünk fő szimmetriasiskjában, $\sigma(R)$ pedig a rendszerhez tartozó égitestek radiális sebességdiszperziója. A spirálkarok geometriai alakja $\lambda(R)$ ismeretében már viszonylag könnyen meghatározható.

A fentiek szerint eljárva, és *M. Schmidt* galaxismodelljét használva, Lin a

$$11 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \text{ kpc} \leq \Omega_p \leq 13 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \text{ kpc}^{-1}$$

értéktartományban kapott jó egyezést *F. J. Kerr*nek a csillagközi semleges hidrogéngáz sűrűségeloszlására vonatkozó rádiócsillagászati méréseivel.

A Naprendszer őstörténete I.

Lin eredményére és az említett radioaktív időskálára támaszkodva *H. Reeves* és *D. N. Schramm* a Naprendszer őstörténetét a következő „forgatókönyv” szerint képzelte el:

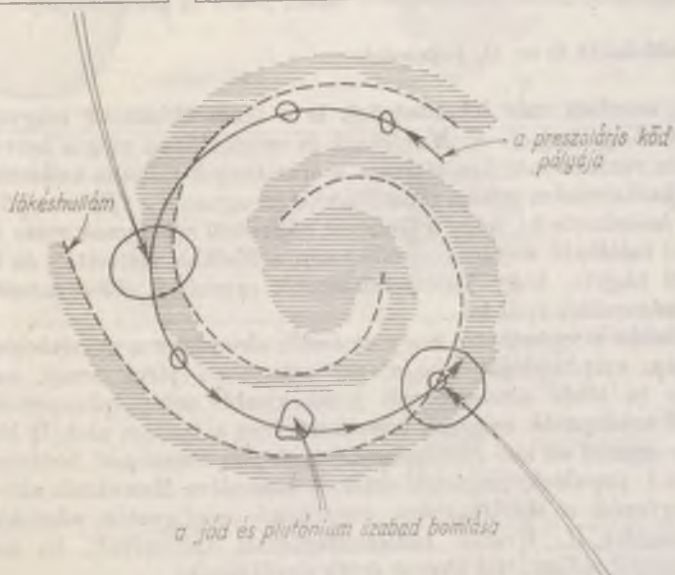
Tegyük fel, hogy a fenti, Lin-féle Ω_p helyes. Ebben az esetben (figyelembe véve a Nap ismert galaktocentrikus pálya menti sebességét és azt a tényt, hogy Tejútrendszerünk kétkarú spirális galaxis) a *preszoláris köd úgy százmillió évenként találkozónék a nagyleptékű galaktikus sűrűség hullámmal.*

A bolygórendszer születését megelőző korszakban az utolsó előtti „randevű” kb. 4,7 milliárd évvel ezelőtt zajlott volna le, és egy akkor keletkezett szomszédos, *preszoláris szupernóva* szállíthatta a radioaktív jód-, illetve plutóniumizotópokat (5/a. ábra). A százmillió évvel későbbi — azaz 4,6 milliárd éve létrejött — következő találkozás alkalmával lángolt fel a közelünkben az a *második szupernóva* (5/b. ábra),

5. ábra. *Reeves* és *Schramm* elképzelése a Naprendszer őstörténetéről. A radioaktív szennyeződések okozó két közeli szupernóva szerintük különböző spirálkarokban lángolt fel. A megfigyelt ^{129}I és ^{244}Pu az első esetben (a), a ^{26}Al -izotóp pedig a második alkalommal (b) került a Naprendszer anyagába. A protoszoláris köd kollapszusát a második robbanás váltotta ki



a)



b)



amely egyrészt felelőssé tehető a ^{26}Al (és talán a ^{16}O) eredetéért, másrészt előidézhette a protoszoláris köd összeomlását kiváltó lökéshullámot (6. ábra). A megindult összehúzóási és feldarabolódási folyamat azután viszonylag gyorsan — mintegy egymillió év alatt — megformálhatta az első meteorokat, üstökösöket, majd a Naprendszer nagyobb égitestjeit.

Ha valóban így következtek be az események, akkor a T_1 , valamint a T_2 és T_3 időskála között *nincs különösebb kapcsolat*. Továbbá az sem érthető (illetve csak a véletlennel magyarázható), hogy a *második* szupernóva, amely éppúgy a spirálkar peremén húzódó lökéshullámfrontban (tehát hasonló fizikai körülmények között) született, mint a megelőző, miért nem hagyott hátra jódot és plutóniumot.

Az időskálák és az Ω_p kapcsolata

Van azonban más lehetőségünk is a fenti időskálák magyarázatára. Mint ahogy arra *L. S. Marochnik* és munkatársai még a hetvenes évek elején rámutattak, Lin eljárása a spirálkarok radiális hullámhosszának meghatározására erősen támadható. Lin ugyanis $\mu(R)$ és $\sigma(R)$ értékeit úgy számította ki, hogy a Galaxist *végtelenül vékony* vette (a fősíkon kívül található anyagot merőlegesen a fősíkba vetítette), és figyelmen kívül hagyta, hogy Tejútrendszerünk *egymástól eltérő mozgásviszonyú alrendszerekből* épül fel.

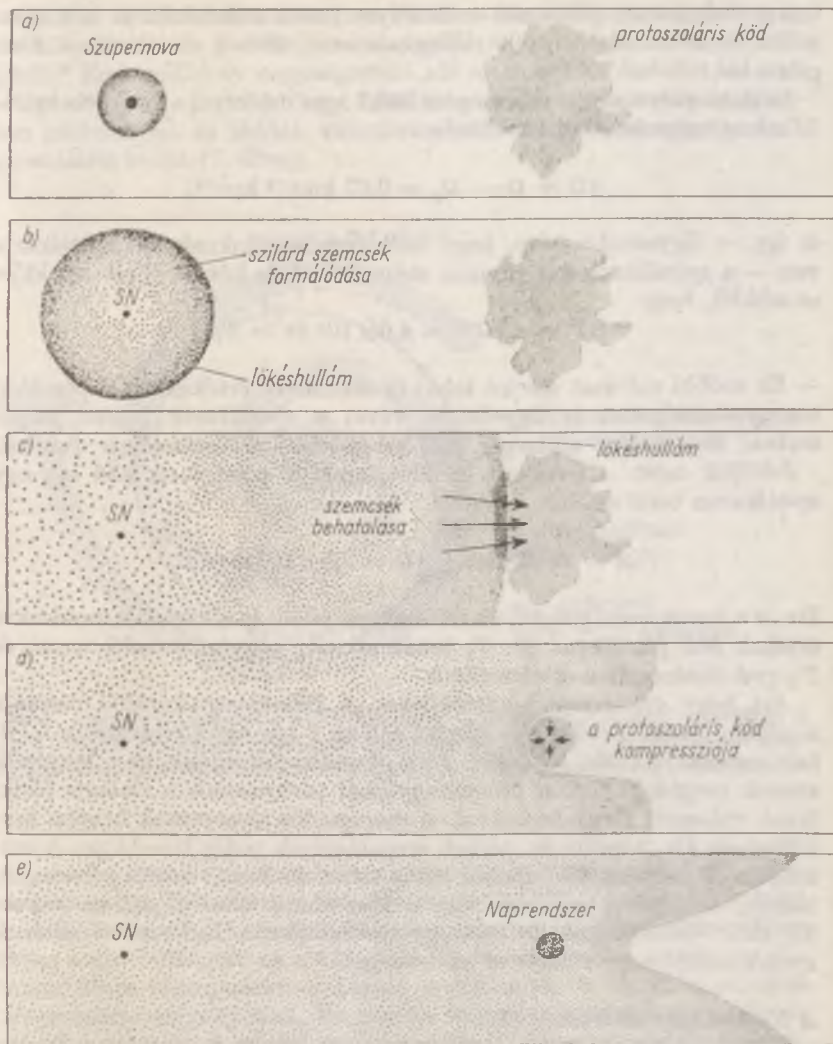
Miután kimutatható, hogy az i -edik alrendszer a gravitációs sűrűség-hullám amplitúdójához μ_i/σ_i^2 -nel arányosan járul hozzá, az adódik, hogy (a többi alrendszerénél jóval kisebb sebességszórásúja, azaz jóval *rendezettebb* mozgása következtében) a hullám alakját lényegében véve *egyedül az első csillagpopuláció* (lapos alrendszer) határozza meg.*

Az I. populáció megfelelő értékeit használva Marochnik akkor kapott jó egyezést a spirálkarokra vonatkozó megfigyelési adatokkal (mindenekelőtt *H. Weaver* rádiócsillagászati méréseivel), ha azok szögsebességét a Lin által kapott érték duplájának,

$$\Omega_p = 24 \text{ kms}^{-1} \text{ kpc}^{-1}$$

-nek vette. A Nap galaktocentrikus távolságát a Nemzetközi Csillagászati Unió által ajánlott $R_\odot = 10 \text{ kpc}$ -nek véve, a belső Lindblad-rezonancia a középponttól 2 kpc-re esik, *a korotációs zóna viszont a Naprendszer közelében húzódik*, azaz kinematikailag kitüntetett helyzetünk

* Ennek felületi sűrűsége $40 M_\odot \text{pc}^{-2}$ körül mozog, és csak gyengén függ a galaktocentrikus távolságtól; a Lin-féle összegzett esetben viszont a sugárirányú függés jóval erősebb, és a Naprendszer környezetében az eredő felületi sűrűség $114 M_\odot \text{pc}^{-2}$.



6. ábra. A szupernóva-robbanás lökéshullámot hoz létre az interstelláris közegben. Ha az esemény elég közel történik, a kidobott anyag — részben gáz, részben szilárd szemcsék formájában — „beszennyezi” a protoplanetáris ködöt. A lökéshullámfrontban a köd eléggé összenyomódhat ahhoz, hogy (egy kritikus sűrűséget elérve) meginduljon a Naprendszer égitestjeinek kialakulása

van a Galaxisban. (Hasonló eredményre jutott e sorok írója is a százmillió évnél fiatalabb nyílt csillaghalmozok térbeli eloszlásának vizsgálatából.)

Napunk pálya menti sebességére $246,7 \text{ kms}^{-1}$ -t véve, a Nap és a spirális minta szögsebességének eltérése:

$$\Delta\Omega = \Omega_{\odot} - \Omega_p = 0,67 \text{ kms}^{-1} \text{ kpc}^{-1},$$

és így — figyelembe véve, hogy csillagrendszerünknek két spirálkarja van — a spirálkarok két egymás utáni átmenete között eltelt ΔT időre az adódik, hogy

$$\Delta T = \pi \Delta\Omega^{-1} = 4,6 \times 10^9 \text{ év} = T_1.$$

— Ez utóbbi változat szerint tehát (a számszerű értékekhez kapcsolódó bizonytalanságokat is figyelembe véve) a spirálkarok közötti pályaszakasz megtételéhez szükséges idő összemérhető a Naprendszer korával!

Jelöljük most Δt -vel azt az időt, amit a preszoláris köd egy-egy spirálkaron belül eltölt:

$$\Delta t = \Delta r / R_{\odot} \sin i \Delta\Omega = 3,5 \times 10^8 \text{ év} \sim T_2.$$

Itt Δr a karok vastagságát, i a dőlésszögét jelöli, és a használt numerikus értékek 300 pc, illetve 8° . T_2 tehát szintén nagyon szemléletesen, és T_1 -gyel összehangban értelmezhető.

Azt, hogy $\Delta\Omega$ egészen kis érték lehet, *A. Blaauw* egy korábbi munkája is alátámasztja. Eredménye szerint a Nap 1 kpc-nyi környezetében található asszociációk több különböző korú alrendszerből állnak, és a korigadiensnek megfelelő térbeli irány nagyjából párhuzamos a Galaxis fősíkjával, valamint forgásirányával. A szomszédos alcsoportok közötti különbség kb. 3 millió év, térbeli szeparációjuk pedig 10—14 pc. A születésüknél „bábáskodó” fizikai hatás tehát 10 kms^{-1} körüli sebességgel haladt, ami jó egyezésben van a Marochnik által $R_{\odot} \Delta\Omega$ -ra kapott $6,7 \text{ kms}^{-1}$ -os értékkel, de összeegyeztethetetlen a Lin eredeti eredményéből adódó nagy relatív szögsebességgel.*

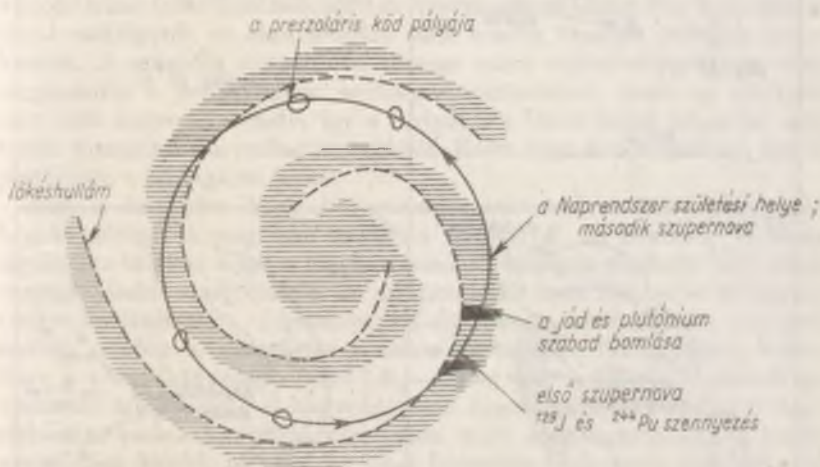
A Naprendszer őstörténete II.

Ha a Naprendszer valóban a korotációs zóna közelében tartózkodik, őstörténetét a következőképp írhatjuk le:

A preszoláris köd kb. 4,95 milliárd évvel ezelőtt lépett be a Sagitta-

* A Lin-féle Ω_p -t használva $\Delta\Omega$ -ra kb. $13 \text{ kms}^{-1} \text{ kpc}^{-1}$, $R_{\odot} \Delta\Omega$ -ra kb. 130 kms^{-1} adódnék!

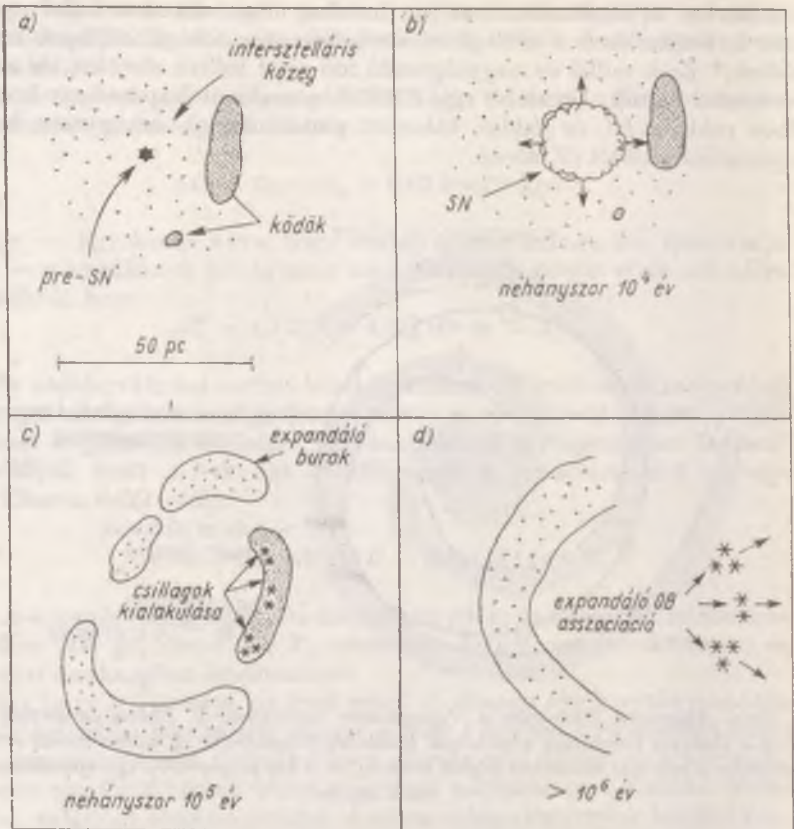
rius-karba. A lökeshullámfrontban hirtelen megnövekedett külső nyomás következtében a csillagközi anyagból *nagy tömegű csillagok* képződtek.* Ezek millió év nagyságrendű idő alatt leélték életüket, és *szupernóvává* váltak. Legalább egy közülük a majdani Naprendszer közelében robbant fel, és jóddal, valamint plutóniummal „szennyezte be” a preszoláris ködöt (7. ábra).



7. ábra. Alternatív elképzelés a Naprendszer őstörténetéről. Ebben az esetben a Nap a Galaxis korotációs zónájának közelében helyezkedik el, pályamenti szögsebessége a spirális mintához képest kicsiny, és a két szupernóva egy spirálkaron belül lép fel

Ez után az esemény után (de még azon idő alatt, amíg a köd a Sagittarius-karban tartózkodott) a képződött radioaktív elemek több mint százmillió éven (T_2) keresztül szabadon homlottak le az interstelláris térben, majd fellángolt az a második *közei szupernóva*, amely az alumínium 26-os tömegszámú izotópját szolgáltatotta, és egyúttal *előidézte a Naprendszer megszületését*. Ez utóbbi folyamat mintegy egymillió év alatt (T_3) vezetett el az első, ma is észlelhető meteorok kialakulásához. A T_3 értéke azonban (szemben a T_2 -vel és T_1 -gyel) a protoszoláris köd *belső fizikai adottságától*, a lökeshullámfronttal való hidrodinamikai

* Azt, hogy a csillagok születési rátája a korotációs zónában is jelentős módon különbözik a nullától, már több szerző is megmutatta (például R. J. Talbot).



8. ábra. Megfelelő, anyagban gazdag kozmikus ködök jelenlétében a szupernóva-robbanáskor csillagasszociációk is keletkezhetnek. A CMa R1 asszociáció jelenlegi állapotát a c jelű rész mutatja (a megadott időtartamok a robbanás után eltelt időt jelölik)

kölcsönhatásától is függ, és lényegében véve a köd kollapszusának időskáláját adja meg.

Azt, hogy egy-egy szupernóva-robbanás környező csillagok kialakulását válthatja ki, nemcsak gondoljuk, hanem több esetben meg is figyelhetjük (8. ábra). A CMa R1 asszociáció esetében *W. Herbst* és *G. E. Assousa* írta le a jelenséget, de hasonló tényállást észleltek a Cep OB3, a Per OB2, a Sco Ob2 és több más asszociáció esetében is. (Egyes kutatók odáig mennek, hogy a szupernóvákat tartják elsősorban

felelősnek az új csillagok keletkezéséért, e sorok írója azonban azt a többségi véleményt osztja, hogy a szupernóvák szerepe csak másodlagos, és a spirálkarok finomszerkezetének kialakítására korlátozódik.)

Az utóbb tárgyalt elképzelés szerint tehát a történetben kiemelkedően fontos szerepet játszó két szupernóva *ugyanabban a spirálkarban* tűnt fel. Az első kar *belső peremén*, ahol a kompresszió jóval erősebb, és nagyobb valószínűséggel keletkeznek nagy tömegű csillagok, a második viszont a kar *külső szélé* felé, ahol az intersztelláris közeg összenyomódása jóval csekélyebb, és ahol jobbra csak kisebb tömegű csillagok keletkeznek. A második szupernóva tömege ezért valószínűleg éppen csak meghaladta a robbanáshoz szükséges minimumot, ezért az explózió nem volt nagyon intenzív, így a mélyebben fekvő belső rétegeket sem tudta kiszakítani a csillag anyagából. Ezért nem került ezúttal jód és plutónium a csillagközi térbe.

Arra a kérdésre, hogy bolygórendszerek *csak* a korotációs zónában képződnek-e, még nem tudjuk a választ. *H. A. Abt* és *S. G. Levy* ugyan azt találta, hogy a Naphoz hasonló csillagok mintegy 30%-ának vannak kisebb sötét kísérői, de mintavételük csak 300 pc-es környezetünkre korlátozódott — azaz csupán olyan csillagokat ölelt fel, amelyek esetleg szintén a korotációs zónához tartoznak. Elképzelhető tehát, hogy a zónától távolabb (ahol $[\Omega_p - \Omega]$ és vele a lökéshullámfrontban kialakuló kompresszió is nagyobb) csak *egyedi vagy kettőscsillagok* képződnek, s csak a korotáció környékén (ahol a csillagközi anyag összenyomódása kisebb mérvű, de jóval hosszabb ideig tart) alakulnak ki előnyös feltételek a *bolygórendszerek* képződéséhez . . .

Akár az első, akár a második alternatíva áll közelebb a valósághoz, melyet a Naprendszer őstörténetével kapcsolatban felvázoltunk, egyre több jel mutat arra, hogy Schrammnak igaza volt, amikor a következőket írta: „A nóva és szupernóva szavak a latin *stella nova* (új csillag) kifejezésből erednek. Ez a terminus arra az időre nyúlik vissza, amikor a jelenséget úgy értelmezték, mint egy csillag megjelenését azon a helyen, ahol korábban nem volt észlelhető. A kifejezés bizonyos fokig ironikussá vált, amikor kiderült, hogy a szupernóva nem egy csillag keletkezését, hanem kataklizmikus halálát jelenti. Most azonban úgy látszik, hogy egy szupernóva legalább egy csillag születésénél főszerepet játszott: a Napnál.”

PATKÓS LÁSZLÓ

MTA Csillagászati Kutató Intézete

AZ RS CV_n TÍPUSÚ CSILLAGOK

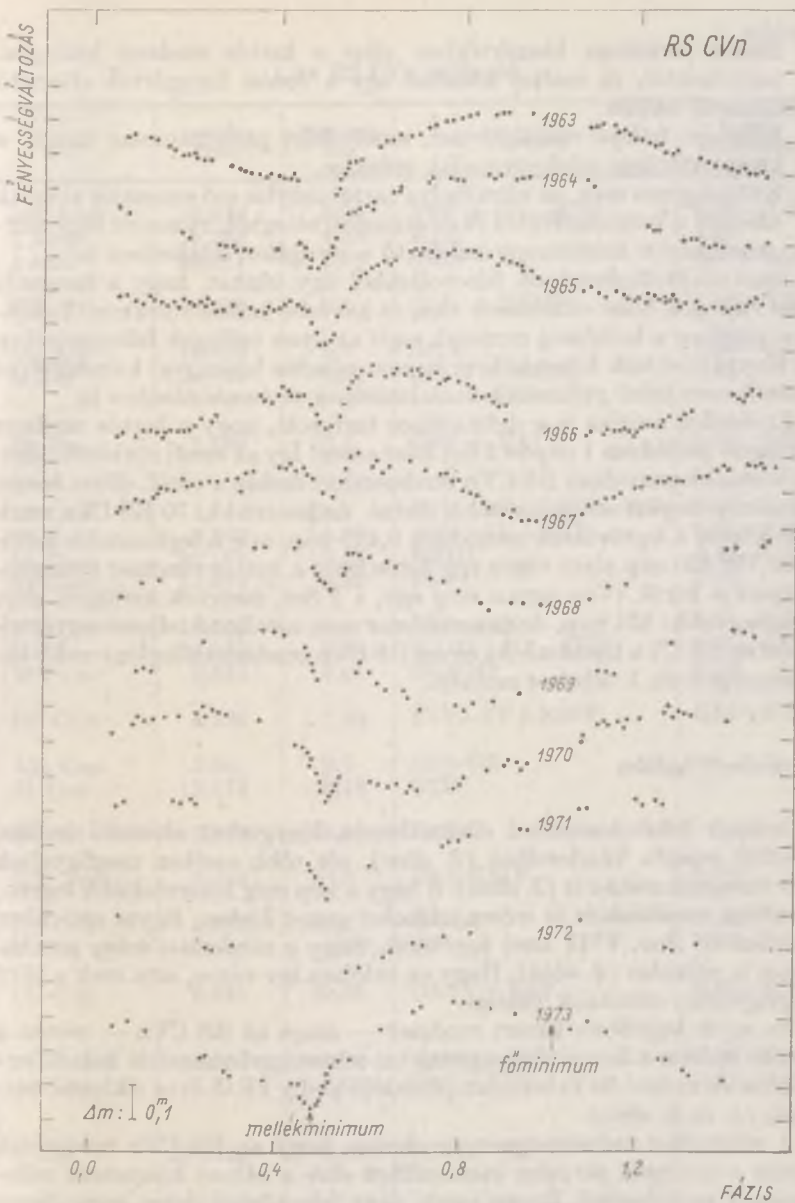
Lassan már két évtizede, hogy az olaszországi Catania Observatóriumban 1965-ben részletes vizsgálatnak vetették alá az RS CV_n jelű fedési változócsillagot, mivel az 1963-as és az 1964-es fénygörbe között különbségek adódtak. Ezek az észlelések vezettek aztán az ismert két minimumot (fő- és mellékminimum) mutató fedési kettőscsillag fénygörbéjét eltorzító „vándorló hullám” felfedezéséhez, ami az RS CV_n típusú csillagok legismertebb sajátossága. Ez a vándorló (migrációs) hullám jól megfigyelhető az RS CV_n 1963 és 1973 közt összegyűjtött fénygörbéin (1. ábra).

Mivel ennél a fedési kettős rendszernél a hűvösebb és egyben nagyobb méretű másodkomponens a főminimum idején teljesen eltakarja a főkomponenst, hamar kiderült, hogy a fénygörbeváltozást a másodkomponens okozza. A „vándorlásnak” pedig az az oka, hogy a másodkomponens saját fényváltozásának periódusa kicsivel rövidebb a keringési időnél.

A vándorló hullám azonban nem az egyetlen sajátossága a változócsillagok azon csoportjának, melyet erről a kettősről neveztek el. Ma már világos, hogy az RS CV_n típusú kettőscsillagok aktív tagjai mindazokat a jelenségeket mutatják, amelyeket a Nap felszínén „szelídített” változatban megfigyelhetünk. Az ezeken a csillagokon végbemenő különféle kitörések, vagy a csillagfoltok nagysága eseténként nagyságrendekkel is fölülmúlja a jól ismert napjelenségeket!

Az RS CV_n típusú csillagok fő tulajdonságai

- Különálló vagy félig érintkező, fedési vagy nem fedési kettős rendszerek.
- A forróbb komponens színképe F—G típusú, luminozitási osztálya V—IV; míg a hidegebbé: G—K, IV. Ez utóbbiak tehát felszíni konvekciós zónával is rendelkeznek.
- Változó erősségű emisszió figyelhető meg a CaII H- és K-vonalban.
- A fedési fénygörbéhez kis amplitúdójú fényváltozás adódik hozzá.



1. ábra. Az RS CVn változócsillag fénygörbéi 1963—1973 között. Hogy a különböző görbék össze ne keveredjenek, a főminimum pontjai lemaradtak az ábráról — helyükön vannak az évszámok

Ennek periódusa kismértékben eltér a kettős rendszer keringési periódusától, és ezáltal kialakul egy a fedési fénygörbét eltorzító *vándorló hullám*.

- Időnként fellépő *rádiókitörések*, amelyekkel párhuzamosan megnő a kromoszférikus színeképvonalak erőssége.
- Különlegesen erős, az ultrabolya tartományba eső emissziós vonalak erednek a kromoszférából és az átmeneti rétegből, valamint lágy röntgensugárzási kontinuum észlelhető a nyugalmi állapotban is.

A fenti alaptulajdonságok felsorolásából úgy tűnhet, hogy a hangsúly ezen csillagok *belső változásain* van, és kevésbé kettős voltukon. Valójában azonban a kettősség nemcsak segít az ilyen csillagok felismerésében és fényváltozásaik követésében, hanem minden bizonnyal kulcsszerepet játszik ezen belső változások *kialakításában és fenntartásában* is.

Eredetileg még az is a definícióhoz tartozott, hogy a kettős rendszer keringési periódusa 1 nap és 2 hét közé essen. Így az ennél rövidebb, illetve hosszabb periódusú RS CVn rendszereket szokás a *rövid, illetve hosszú periódusú csoport* megjelöléssel is illetni. Az ismert kb. 70 RS CVn rendszer között a legrövidebb periódusú 0,479 nap, míg a leghosszabb periódusú 138,420 nap alatt végez egy fordulatot a kettős rendszer tömegközéppontja körül. (Van ugyan még egy, a β Sct, melynek keringési ideje még nagyobb: 834 nap, de ez a rendszer nem sorolható teljesen egyértelműen az RS CVn típusba.) Az egyes RS CVn rendszerek legfontosabb tulajdonságait az *1. táblázat* mutatja.

A vándorló hullám

A kezdeti feltételezésekkel ellentétben a fénygörbét eltorzító hullám *mindkét irányba* vándorolhat (*2. ábra*), sőt több esetben megfigyeltek már *irányváltoztatást is* (*3. ábra*). S hogy a kép még bonyolultabb legyen, a hullám *amplitúdója is erősen változhat menet közben*. Egyes esetekben (például SS Boo, V711 Tau) úgy tűnik, hogy a *vándorlási irány periódikusan is változhat* (*4. ábra*). Hogy ez valóban így van-e, arra csak a jövő megfigyelései adhatnak választ.

Az egyik legjobban ismert rendszer — maga az RS CVn — esetén a torzító hullám a fénygörbén egyenletes sebességgel visszafelé halad (legalábbis az utóbbi 30 évben), amplitúdója pedig kb. 5 éves ciklussal változik (*5. és 6. ábra*).

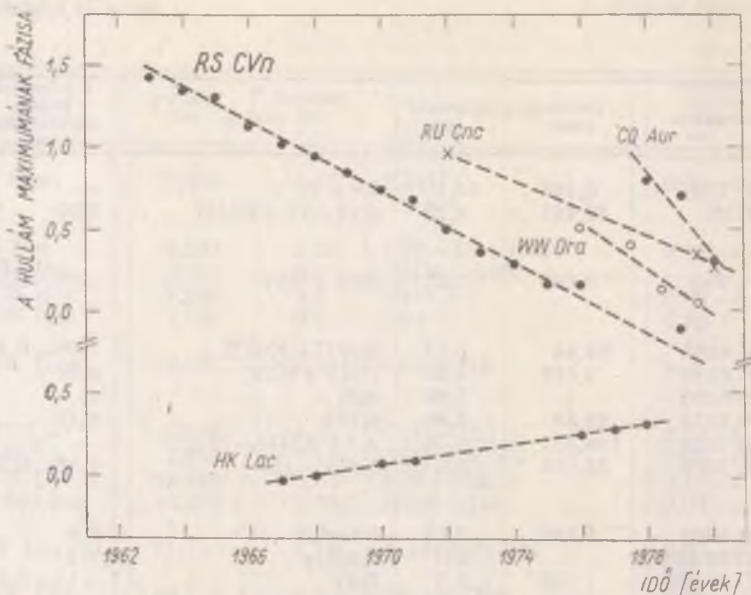
A vándorlást természetesen az okozza, hogy az RS CVn rendszerek esetén a *keringési periódus kismértékben eltér a változó komponens változásainak periódusától*. Éppen ezért, nagy jelentőségű dolog lenne összefüggést találni a vándorlás periódusa P_v , és a keringési periódus P_k kö-

Az RS CVn csillagok

név	periódus (nap)	fényesség (m)	színkép	a migrációs hullám amplitúdója (m)
RT And	0,629	9,01	F8V + G5—K0V	0,02—0,06
ζ And	17,769	4,06	K1III	0,02
λ And	20,521	3,88	G8IV—III	0,15—0,28
UX Ari	6,438	6,5	G5V + K0IV	0,02—0,15
CQ Aur	10,622	9,0	G0 + ?	0,06—0,12
α Aur	104,023	0,06	G0III + G5III	0,15
SS Boo	7,606	10,3	G0V + K1IV	0,05—0,25
SS Cam	4,824	10,1	F5V—IV + K0IV—III	0,05—0,13
SV Cam	0,593	8,40	G3V—IV + K3V	0,00—0,06
12 Cam	80,174	6,23	K0III	0,13—0,14
54 Cam	11,076	6,40	F8V	0,05
RU Cnc	10,173	10,1	dF9 + dG9	0,02—0,09
RZ Cnc	21,643	8,67	K1III + K3—4III	0,01—0,05
WY Cnc	0,829	9,51	G5 + M2	0,02
RS CVn	4,798	7,93	F4V—IV + K0IV	0,05—0,22
AD Cap	2,96	9,8	G5 + G5	—
42 Cap	13,174	5,18	G2IV	—
13 Cet	2,082	5,20	F8V	—
UX Com	3,643	10,0	G2 + K2IV	0,10
RT CrB	5,117	10,2	G + 0 ?	0,04
σ ² CrB	1,140	5,76	dF6—8	0,05
CG Cyg	0,631	10,05	G9,5V + K3V	0,03—0,11
WW Dra	4,630	8,22	sgG2 + sgK0	0,00—0,10
AS Dra	5,415	8,00	G3V + K0V	0,03—0,05
o Dra	138,420	4,67	K0III—II	—
RZ Eri	39,282	7,69	A5—F5V + sgG8	—

név	periódus (nap)	fényesség (<i>m</i>)	szinkép	a migrációs hullám amplitudója (<i>m</i>)
σ Gem	19,603	4,25	K1III	0,08—0,15
Z Her	3,993	7,25	F4V—IV+K0IV	0,02—0,03
AW Her	8,801	9,7	G2IV+sgK2	—
MM Her	7,960	9,5	G8IV+?	0,06—0,12
PW Her	2,881	9,9	G0+?	0,12
GK Hya	3,587	9,35	G0+G7IV	van
RT Lac	5,074	8,84	G9IV+K1IV	0,02—0,17
AR Lac	1,983	6,11	G2IV+K0IV	0,00—0,13
HK Lac	24,428	6,52	FIV+K0III	0,10—0,22
V350 Lac	17,755	6,38	K2IV—III	0,02
93 Leo	71,70	4,54	A+G5IV—III	0,01—0,03
RV Lib	10,722	9,0	G2—5+K5	0,06
VV Mon	6,051	9,4	G2V+K0III	0,01—0,09
AR Mon	21,209	8,63	G8III+K2—3III	—
II Peg	6,724	7,4	K2—3V—IV	0,10—0,30
LX Per	8,038	8,20	GOV+K0IV	0,01—0,05
SZ Psc	3,965	7,22	F8V+K1IV	0,02—0,15
UV Psc	0,861	9,1	G2V—IV+K0IV	0,04—0,08
33 Psc	72,93	4,61	K1III	—
TY Pyx	3,199	6,87	G5+G5	0,04
V711 Tau	2,838	5,8	G5IV+K1IV	0,07—0,21
ι Tri	14,732	4,94	G5III+G5III	0,00
RW UMa	7,328	10,12	dF9+K1IV	0,11
XY UMa	0,479	9,8	G2—5V+K5V	0,0—0,2
ξ UMa (B)	3,980	4,87	G0V	—

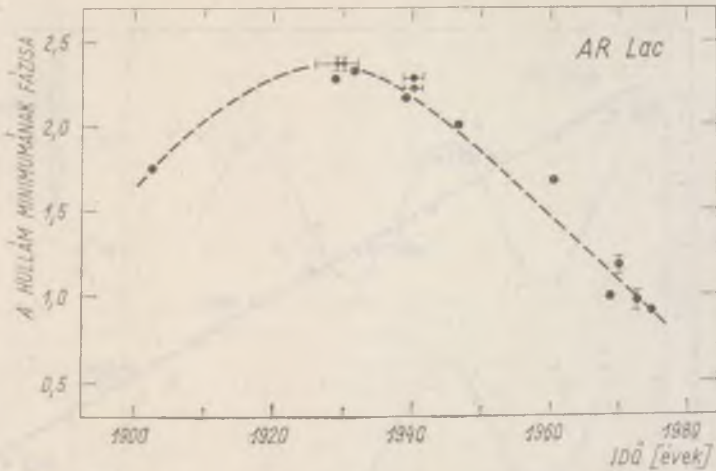
név	periódus (nap)	fényesség (<i>m</i>)	szinkép	a migrációs hullám amplitúdója (<i>m</i>)
RS UMi	6,168	10,1	F8 + ?	—
ε UMi	39,481	4,23	dA8—F0+G5III	0,00
ER Vul	0,698	7,27	G0V+G5V	0,00—0,04
HR 4665	64,44	5,42	K0III+K0III	0,08—0,18
HR 5110	2,613	4,97	F2IV+KIV	0,00
HR 6469	?	5,60	dF8	—
HR 7275	28,59	5,81	K1IV	0,15
HR 7428	108,571	6,36	A ? + K2III—II	—
HR 8703	24,649	5,65	K1IV—III	0,16—0,23
HD 5303	1,840	7,78	F0+G2—5V	0,3
HD 83 442	?	9,0	K2III _p	0,3
HD 86 590	1,070	7,8	K0V	0,12—0,15
HD 108 102	0,962	8,16	F8V	—
HD 155 555	1,682	6,67	G5IV+K0V—IV	0,16
HD 158 393	30,9	8,7	G5III	van
HD 166 181	1,810	7,66	G5V+dM	0,00—0,10
+61°1211	7,492	8,8	késői GV—IV	0,32
W 92	?	11,69	K0:pIV+?	0,04—0,10



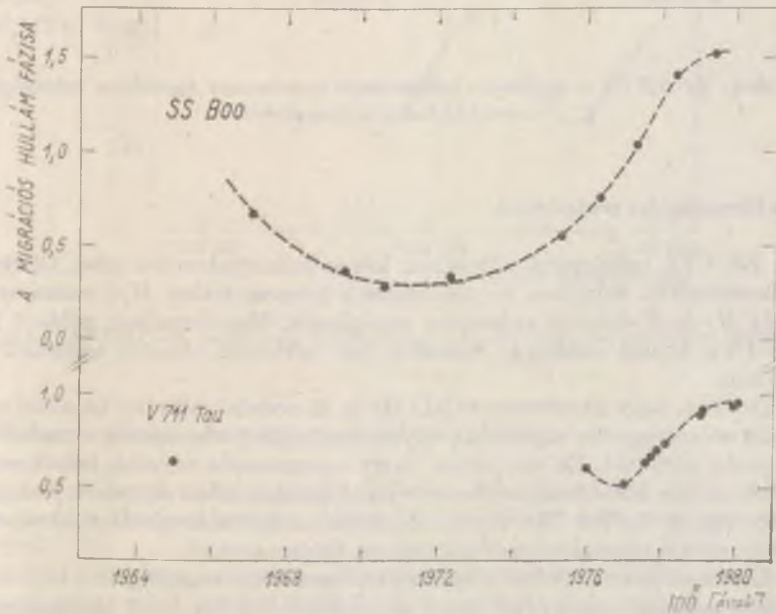
2. ábra. A vándorló hullám fázisának időbeni változása néhány RS CVn csillag esetén. Függőleges tengelyen: a hullám maximumának fázisa a fénygörbén. A hullám általában „hátrafelé” (a csökkenő fázisok felé) vándorol, „siet”, a HK Lac esetében azonban „előre”, azaz egyre késik. Az utóbbi jelenség a 11—14. ábrákon, az SV Cam fénygörbéjén is tanulmányozható

zött.* Mint a 7. ábra felső része mutatja, a $\log P_v$ és a $\log P_k$ között negatív lineáris kapcsolat van, ha P_v -t a keringési periódussal mint egységgel fejezzük ki; ugyanakkor ha P_v -t években mérjük (az ábra alsó részén), akkor csupán (meglehetősen nagy) szórást kapunk a kb. 9 év mint átlagérték körül. (Máshogy fogalmazva: a hosszabb periódusú RS CVn típusú kettős rendszerek esetén a fénygörbét eltorzító vándorló hullám kevesebb egymás körüli fordulat alatt vándorol körbe az aktív komponens felszínén, mint a viszonylag rövid periódusú rendszerekben.)

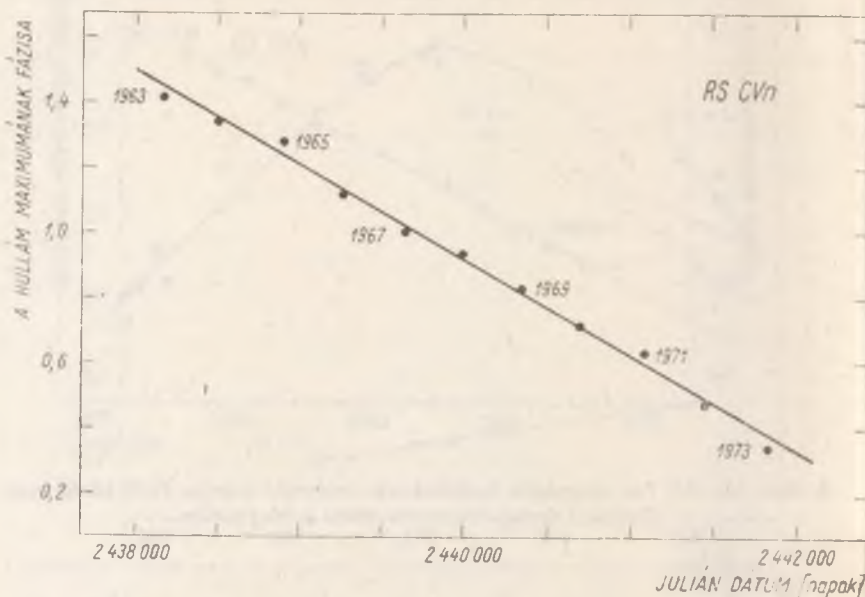
* A vándorlás periódusa úgy definiálható, hogy az az idő, ami alatt a torzító hullám végighalad a teljes fénygörbén; a keringési periódus pedig természetesen a két, egymást követő főminimum között eltelt idővel azonos.



3. ábra. Az AR Lac migrációs hullámának vándorlási iránya 1930 körül megfordult. Jelenleg visszafelé halad a fénygörbén



4. ábra. Az SS Boo és a V711 Tau migrációs hullámának haladási iránya periodikusan (?) változik



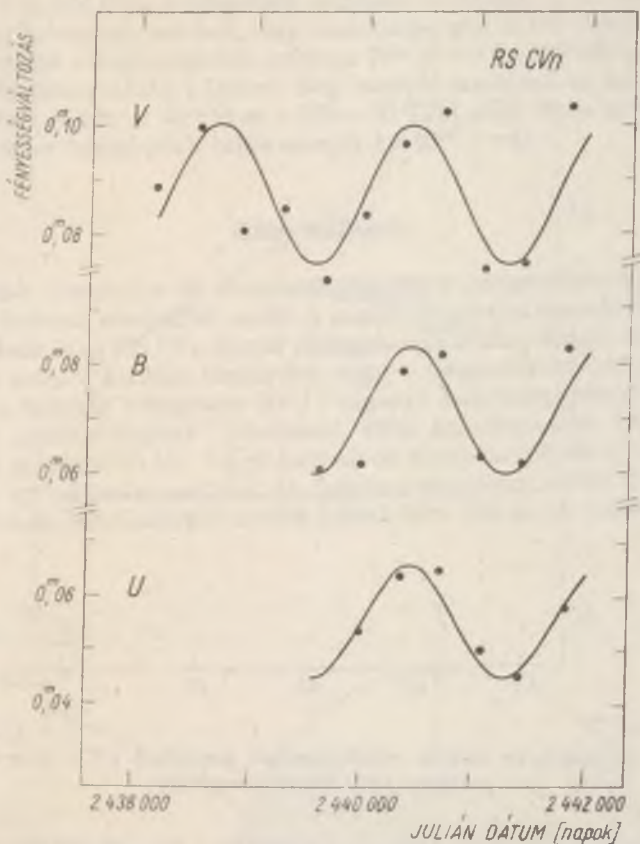
5. ábra. Az RS CVn migrációs hullámának maximuma egyenletes sebességgel visszafelé halad a fénygörbén

Spektroszkópiai eredmények

Az RS CVn csillagokról általában kevés színképelemzési adat áll rendelkezésünkre. Ami van, az többnyire a kromoszférikus H_{α} -, valamint a CaII H- és K-vonalak erősségére vonatkozik. Megvizsgáltak például 28 RS CVn típusú csillagot. Közülük hat mutatott állandó emissziót a H_{α} -ban.

Érdekes, hogy az emissziós CaII H- és K-vonalak alapján kapható radiális sebességgörbe azonos az ugyanezen csillag abszorpciós vonalaiból kapható görbével. Ez azt jelenti, hogy az emissziós vonalak keletkezési helye, az igen aktív kromoszféra nem végez szisztematikus mozgást a fotoszférához képest. Az RS CVn típusú aktivitás ezáltal is megkülönböztethető a különböző tömegátadásos-gázáramos folyamatoktól.

Az abszorpciós vonalak Doppler-kiszélesedéséből e csillagokra kapható forgási sebesség megegyezik azzal az értékkel, amit a kötött tengelyforgás feltételezésével kaphatunk — más oldalról bizonyítva ezáltal a kötött tengelyforgás tényét.

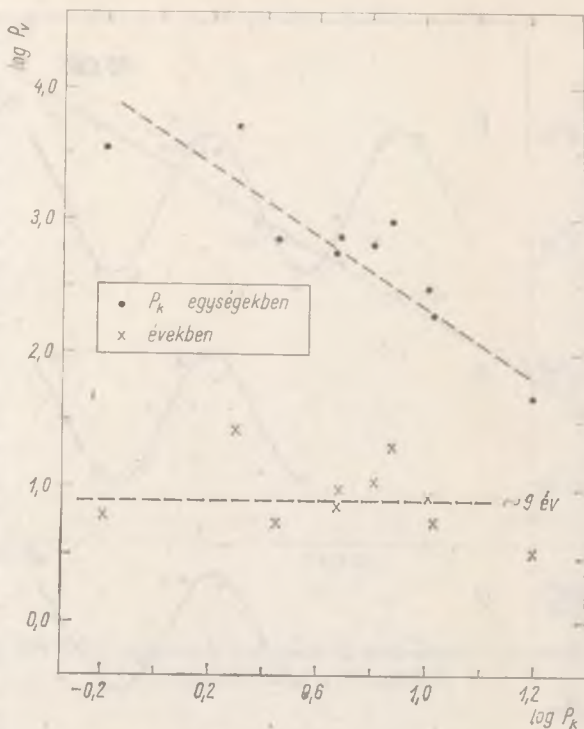


6. ábra. Az RS CVn migrációs hullámának amplitúdója periodikusan változik

Rádió-, ultraibolya és röntgensugárzási tulajdonságok

Változó erősségű rádiósugárzást fedeztek fel néhány RS CVn csillag esetében. A fluxusváltozások jellemző ideje néhány órától néhány napig terjed.

A V711 Tau egy különösen erős rádiókitörése alkalmából nemzetközi összefogással a 14–86,1 GHz frekvenciatartományban számos észlelést végeztek. Kiderült, hogy a sugárzás akkora területről ered, amelynek karakterisztikus mérete kb. a két csillag egymástól való távolságával azonos.



7. ábra. A migrációs hullám vándorlásának periódusa (P_v) és a keringési periódus (P_k) közötti összefüggés

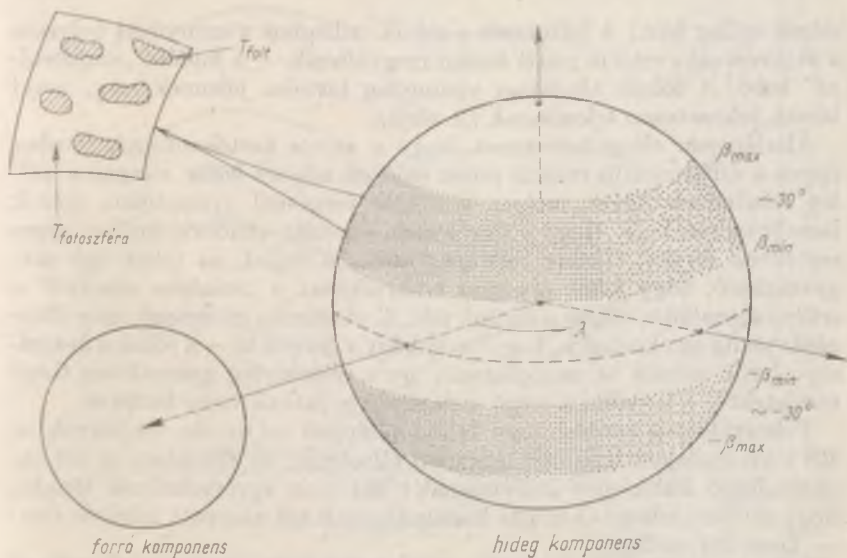
A cirkuláris polarizáció 40%-ra emelkedett, sőt csúcserőtelje elérte a 70%-ot is. A rádiókitörés során szabaddá vált teljesítmény kb. 10^{10} WHz^{-1} volt, azaz milliószorosan meghaladta a legnagyobb napkitöréseket!

Még az említett hatalmas rádiókitörés lecsengése előtt sikerült a V711 Tau-ra irányozni az *IUE* (International Ultraviolet Explorer) mesterséges hold mérőműszereit. Az így nyert alacsony diszperziójú *ultraibolya szinképb*n (115,0–195,0 nm) észlelt magasan gerjesztett CII-, CIV-, SiII-, SiIV- és NV-vonalak *Nap-típusú flerjelensége*re utalnak, csak nagyságrendekkel erősebbre, mint a Nap esetén szokásos. A különféle RS CVn rendszerekről a nyugalmi időben készített észlelések (az *IUE* és a *HEAO-Einstein* holdakkal) azt mutatják, hogy *légkörüknek* — mennyiségi eltérésekkel — a szerkezete hasonló a Napéhoz: kromoszféra, átmeneti réteg, korona.

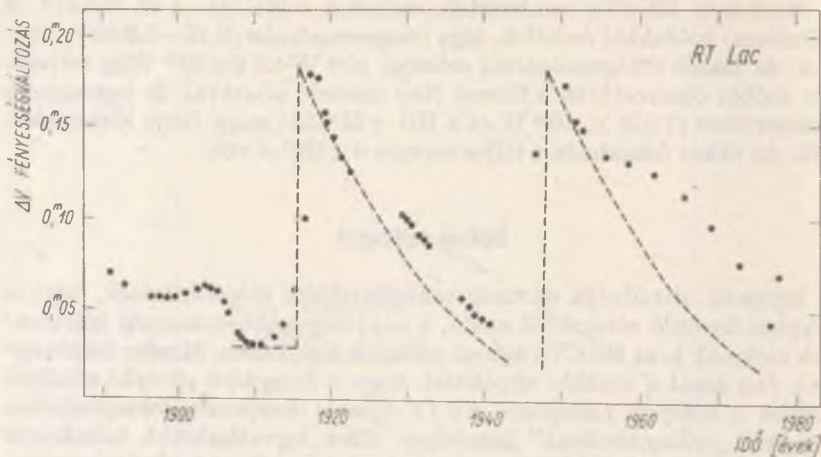
Mind a 41 RS CVn rendszerből, melyeket a HEAO—1 és HEAO—2 (Einstein) holdakkal észleltek, lágy röntgensugárzást (0,15—3,0 keV) kaptak. Az észlelt röntgensugárzás erőssége 10^{23} W-tól 2×10^{24} W-ig terjedt. Ez utóbbi összevethető a flerező Nap hasonló adatával. A legnagyobb csúcsértéket $(7 \pm 2) \times 10^{24}$ W-ot a BD +61°1211 nagy flerje idején mérték. Az ekkor felszabadult teljes energia 4×10^{30} J volt.

Foltos csillagok

A legújabb ultraibolya és röntgenmegfigyelések megerősítették, hogy a Naphoz hasonló rétegekből eredő, a napjelenségekhez hasonló folyamatok zajlanak le az RS CVn típusú csillagok légkörében. Mindez összhangban van azzal a korábbi elmélettel, hogy a fénygörbét eltorzító vándorló hullám a hidegebb (átlagosan K0 IV típusú) komponens fotoszférájában létrejövő „csillagfoltoknak” köszönhető. Ezek legvalószínűbb keletkezési helye az egyenlítőtől kb. 30°-ra levő sávok környéke (8. ábra), azonban itt sem egyenletesen oszlanak el, hanem valamilyen oknál fogva egy meghatározott hosszúsági kör mentén jönnek létre. (Ez az ok feltehetőleg a



8. ábra. A csillagfoltok a legnagyobb valószínűséggel az ábrán feltüntetett sávok környékén keletkezhetnek ($T_{\text{folt}} < T_{\text{fotoszféra}}$)



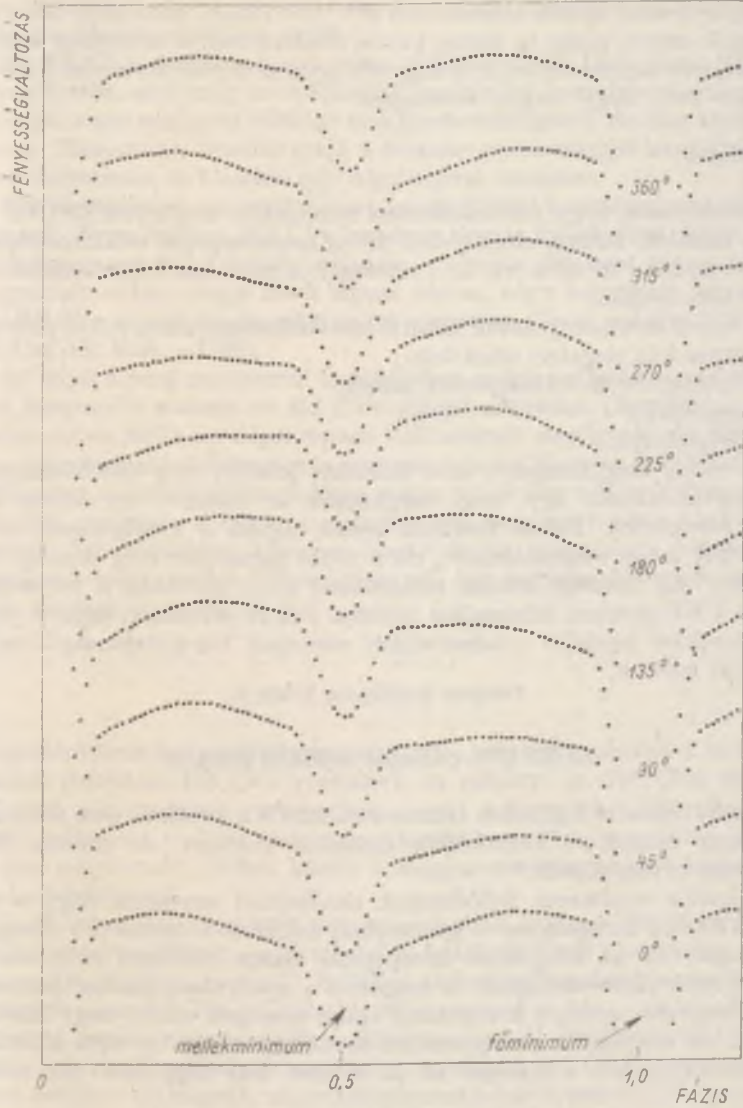
9. ábra. A migrációs hullám amplitúdójának időbeni változása az RR Lac esetében

másik csillag léte.) A foltoknak a másik csillaghoz viszonyított helyzete a *differenciális rotáció* miatt lassan megváltozik — a hullám „vándorolni” kezd. A foltok általában viszonylag hirtelen jelennek meg, majd lassan fokozatosan feloszlanak (9. ábra).

Általánosan elfogadott nézet, hogy a szoros kettőscsillagok forgása éppen a *differenciális rotáció* miatt *sohasem teljesen kötött*, vannak a csillag felszínének részei, melyek a kötött forgásnál gyorsabban, mások lassabban rotálnak. Hogy a fénygörbét eltorzító vándorló hullám egyes esetekben direkt, máskor retrográd irányba halad, az tehát úgy magyarázható, hogy *foltok egyaránt keletkezhetnek a „szinkron sávoktól” a csillag egyenlítője, illetve a sarkok felé*. A vándorlás irányának megváltozását pedig az okozhatja, hogy — miként a Napon is — *a foltok a hosszúsági körök mentén is mozoghatnak*, így a viszonylag gyorsabban forgó területekről a lassabban forgó szélességeig jutnak vagy fordítva.

Felmerülhet a kérdés, hogy tulajdonképpen *mi az oka* maguknak az RS CVn csillagok felszínén létrejövő foltoknak, és általában az ott tapasztalható különleges aktivitásnak? Ma már egyértelműnek látszik, hogy az ilyen jellegű aktivitás kialakulásának két alapvető feltétele van: — *konvektív csillag*;
— *gyors tengely körüli forgás* (az egyenlítői forgási sebesség nagyobb legyen, mint 5 km/s).

Egészen fiatal, egyedülálló csillagoknál ez (még) fennállhat — ezek



10. ábra. Számítógéppel létrehozott, a fedési görbére ráakadó migrációs hullám
A jobboldalt látható szögértékek a feltételezett folt helyét mutatják

alkotják a nem kettős rendszerbeli *BY Dra* típusú változókat. Idősebb csillagok esetén pedig (a szoros kettős rendszerben) a *tárcscsillag* keltette *árapályerők* kényszeríthetik ki a gyors egymás körüli keringéssel szinkronban levő, nagy forgási sebességet.

Modellezés

Megállapítható, hogy *foltn*modellezéssel mindenféle megfigyelt RS CVn típusú vándorló hullám előállítható. Ilyen mesterségesen előállított fénygörbét mutat a 10. ábra (vö. az 1. ábrával). A probléma sokkal inkább az, hogy a modellben:

- a foltok és a környezetük közötti *hőmérséklet-különbség* (lehet pozitív: fényes folt, negatív: sötét folt);
- a foltok, illetve foltcsoportok *száma*;
- *nagysága*;
- *elhelyezkedése*;
- a csillag forgástengelye és a látóirány közötti szög többféleképpen is megválasztható úgy, hogy megkapjuk az észlelt (vagy ahhoz közeli) fénygörbét. Fedési kettősök esetén ugyan a forgástengely és a látóirány szöge meghatározott, de a többi paraméter még mindig túlságosan tág határok között választható meg. Javítana a helyzeten, ha az UBV-sávokon túlmenően (például I és R sávokban) végzett megfigyelésekkel legalább a *hőmérsékleti viszonyok* bizonytalanságát csökkenteni lehetne.

Az RS CVn csillagok fejlődési állapota

A kettős rendszer fejlődését tekintve az RS CVn kettősök nem alkotnak egységes csoportot. Legtöbbjük *különálló* rendszer, de számos *félig érintkező* is van köztük.*

A kettős rendszerek fejlődésének elméletéből ismeretes, hogy a *nagyobb tömegű* komponens — gyorsabban fejlődve — hamarabb elhagyja a főágot. Ez az elfejlődött komponens szoros kettősnél előbb-utóbb *kitölti saját Roche-térfogatát* — megindul a gyors *tömegátadás*. Az eredetileg nagyobb tömegű komponens annyi tömeget veszít, hogy kisebbé válik, de elfejlődött szubóriásként továbbra is újra és újra kitölti a Roche-térfogatát, s tömeget ad át a most már nagyobbá vált másik

* A cikkben előforduló, a kettőscsillagok fejlődésével kapcsolatos fogalmak részletes magyarázatát lásd: az 1981-es évkönyv 268. oldalán kezdődő „Kölcsönható kettőscsillagok” c. cikkben.

komponensnek. Ez a folyamat azonban (már önmagát stabilizálva) a lassú, nukleáris időskálán zajlik.

Az RS CVn rendszerek egy része (például az SS Cam és az SZ Psc) olyan kettős, ahol még az elfejlődött (szubóriás) komponens a nagyobb tömegű, s bár még nem töltötte ki a Roche-térfogatát, de már közel van hozzá. Hamarosan beindul majd a viharos gyorsassággal lezajló tömegcsere folyamata, és kialakul egy Algol típusú rendszer.

Más esetekben ez már megtörtént, az elfejlődött komponens már kisebb tömegű. Ilyen esetben RS CVn rendszer úgy is kialakulhat, hogy a kisebb komponenstől a lassú, nukleáris időskálán időnként tömeget kapó nagyobbik csillag eléggé késői típusú ahhoz, hogy konvektív legyen, és így RS CVn típusú felszíni aktivitást mutasson. (Ilyen például: RT Lac, RZ Cnc AR Mon, ϵ UMi).

Az Algol típusú rendszerek legtöbbször mégis *valószínűleg az elfejlődött komponens mutatja az RS CVn jellegű aktivitást*. (Egyébként bizonyára ebben rejlik az Algol típusú változóknál megfigyelt, az RS CVn típuséhoz hasonló rádiósugárzás magyarázata is.) Hogy az RS CVn típusú csillagokat felsoroló táblázatokban mégis szinte alig találunk ilyen rendszereket, annak az a roppant egyszerű oka, hogy egy tipikus Algol-rendszerben az elfejlődött, tömeget lassan leadó komponens rendszerint *lényegesen halványabb* a főkomponensnél, így esetleges fényváltozásai is csak nehezen mutathatók ki.

A rövid periódusú csoport

megkülönböztetését eredetileg az indokolta, hogy nem találtak 1 és 2 nap közötti periódusú RS CVn rendszert, és néhány, az RS CVn típusra jellemző sajátosságot — elsősorban magát a fénygörbét eltorzító vándorló hullámot — akkor még nem sikerült esetükben kimutatni. Azóta ez már megtörtént, többek között a Magyarországon végzett kutatások eredményeképpen.

Kisebbségi eltérések azért továbbra is indokolják, hogy az RS CVn típuson belül a rövid periódusú csoportot külön kezeljük. Ezek közül talán a legfontosabb, hogy a „normál” RS CVn típusú csillagoknál a viszonylag hidegebb — az RS CVn jellegű aktivitást mutató — komponens méreteit tekintve rendszerint *nagyobb* a főkomponensnél (főminimum típusa: fedés). A rövid periódusú csoportba sorolható RS CVn rendszereknél ezzel szemben a hidegebb, aktív komponens a *kisebbségi* méretű (főminimum típusa: átvonulás). A rövid periódusú csoportba tartoznak például: RT And, CG Cyg, XY UMa, SV Cam.

Az SV *Camelopardalis*

a rövid periódusú RS CVn csillagok jellegzetes képviselője. Az 1 naptömegnyi főkomponens és 0,7 naptömegnyi kísérője 0,59 nap alatt végez egy fordulatot a közös tömegközéppont körül. A két komponens távolságát egységnek véve, sugaraik 0,352, illetve 0,244. (Ha a Nap sugarát használjuk egységnek, úgy 1,28 illetve 0,88 adódik.) A forró komponens felszíni hőmérséklete 5750 K, a „hidegebbé” 4300 K. Aszinképek G3 V—IV és K4 V.

Hazai eredmények

Az SV Cam intenzív UBV-fotometriája 1973 óta folyik az MTA Csillagvizsgáló Intézetének piszkéstetői obszervatóriumában. Mindenekelőtt azt sikerült kimutatni, hogy a már korábban is észlelt (és irregulárisnak minősített) fénygörbeváltozások nem teljesen szabálytalanok, hanem egy közel $0^m 1$ amplitúdójú, a fedési fénygörbét eltorzító vándorló hullám formájában jelentkeznek.

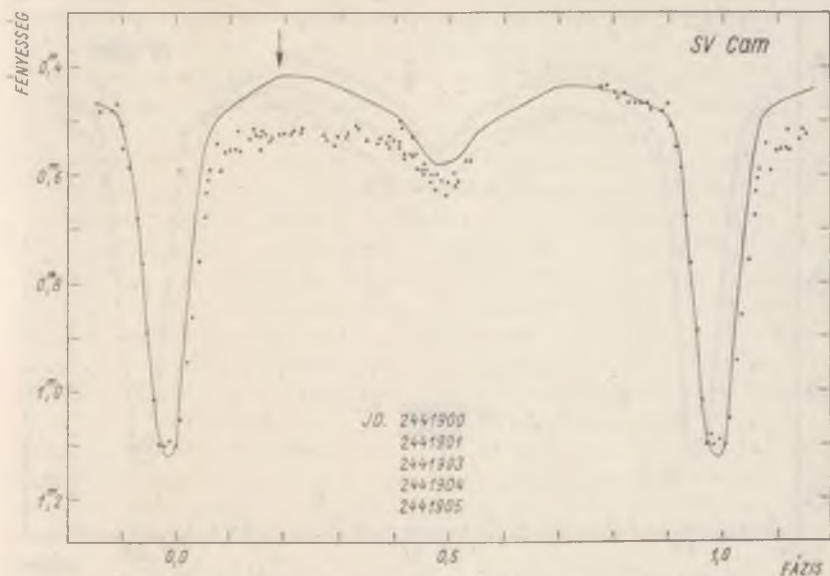
A hullámot okozó sötét foltok hirtelen jelennek meg a hidegebb csillagnak a főkomponenssel ellentétes oldalán. A vándorlás direkt irányba („előre”, a növekvő fázisok felé) indul meg a fénygörbén, tehát a sötét foltos terület *lassabban forog*, mint az a kötött keringésből következne („késik”). Vándorlás közben a hullám amplitúdója fokozatosan csökken, végül a foltok egészen eltűnnek (11—14. ábra).

A rendszer fejlődési állapotát tekintve *túl van a gyors tömegcsere fázisán*, és elméletileg az várható, hogy az innáron kisebb tömegű foltos mellékkomponens időről időre újra kitölti Roche-térfogatát, és *tömeget ad le a főkomponensnek*.

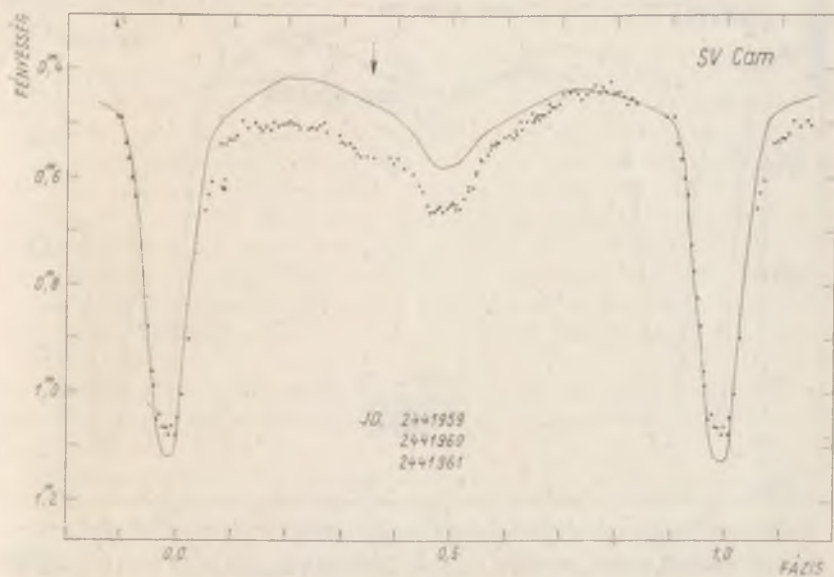
A tömegcsere utaló megfigyelések

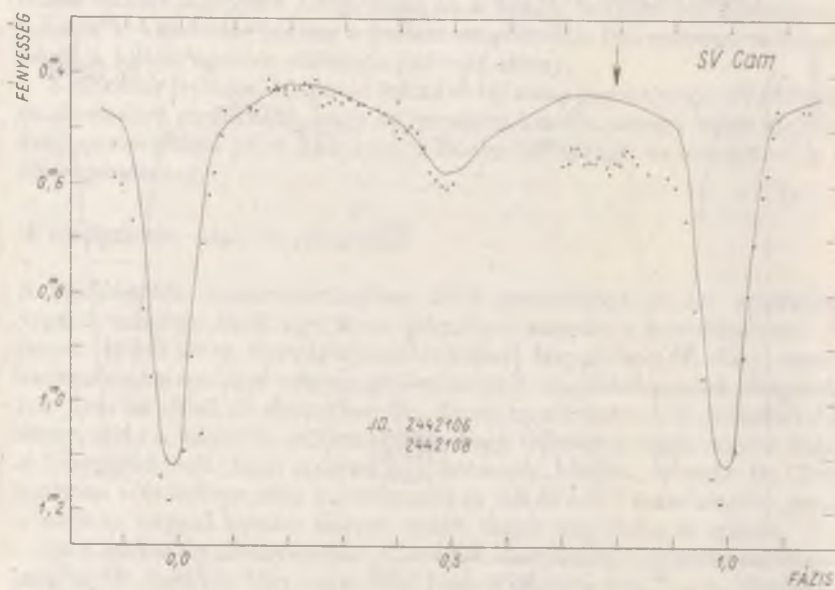
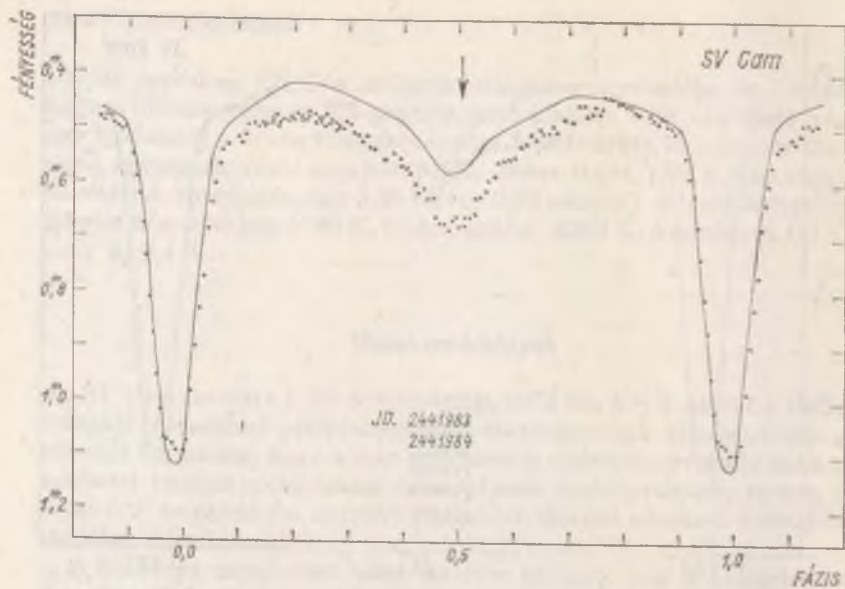
A piszkéstetői obszervatóriumban 1975 januárjában és azt követőleg végzett megfigyelések egy ilyen jelenségre engednek következtetni. A január 19-ről 20-ra virradó éjszakán kapott fénygörbe (16. ábra) tanúsága szerint a rendszer még *nyugalomban* volt: az észlelt pontok illeszkednek arra az előző év december 23—24-én nyert teljes fénygörbére (15. ábra), mely a vándorló hullám elültével egy teljesen torzításmentes fedési fénygörbe volt. Nem egészen egy hónappal később, február 16/17-én azonban *erős kifényesedés* mutatkozott (a 0,2 és a 0,7 fázis között), amit a néhány nappal később kapott újabb teljes fénygörbe is igazolt.

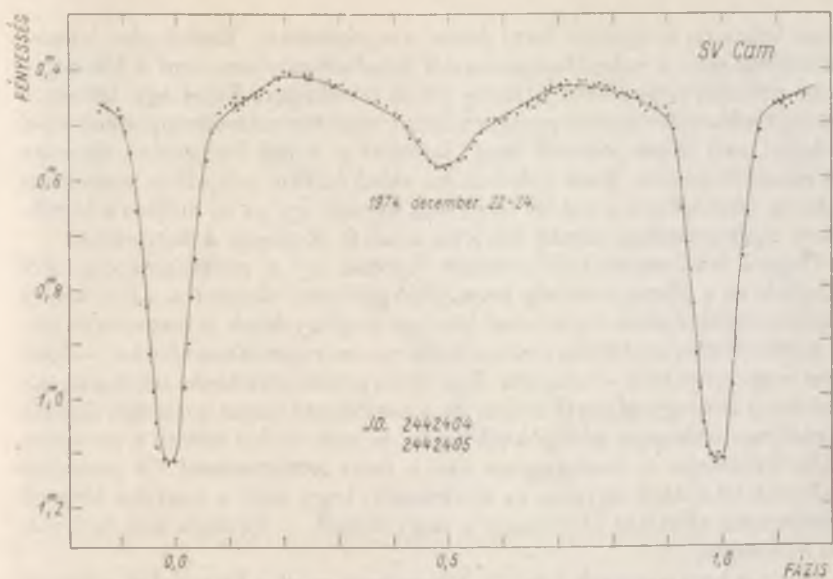
Ez a szokatlan kifényesedés — az 1974. decemberi fénygörbe az összes megfigyelt korábbi fénygörbe *felső* burkológörbéje volt! — a főkompo-



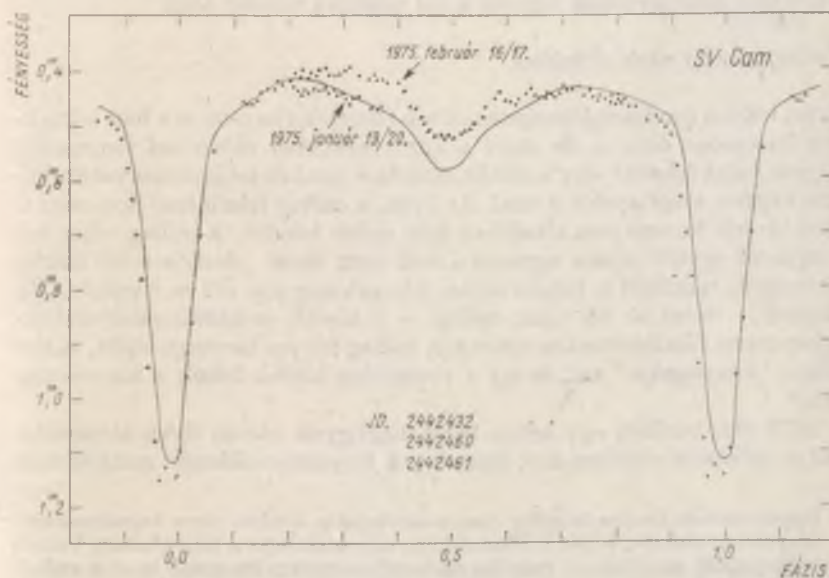
11—14. ábra. Az SV Cam migrációs hulláma. A folytonos görbe a feltmentes fénygörbét jelöli. A hullám a növekvő fázis irányába vándorol







15. ábra. Az SV Cam fénygörbéje 1974. december 22—24-én



16. ábra. Az SV Cam fénygörbéje 1975. január 19|20-án, illetve február 16|17-én

nens felszínén megjelent *forró folttal* magyarázható. Ennek oka feltételezhetőleg egy, a *másodkomponensről kiinduló gázáram*, ami a főkomponens felszínére csapódva a forró foltot létrehozta. Ezzel egy időben a tömegleadás következtében egyensúlyát veszített másodkomponens túlsó oldalán *sötét foltok* jelentek meg: létrejött a fedési fénygörbét eltorzító *új vándorló hullám*. Ezek a foltok (az előző hullám foltjaihoz hasonlóan) szintén lemaradtak a kötött forgáshoz képest, így az új hullám a korábbival megegyezőleg, direkt irányba kezdett mozogni a fénygörbén.

Hogy a fent vázolt kifényesedést valóban egy, a mellékkomponensről kiinduló és a főkomponensre becsapódó gázáram okozhatta, azt a kettős rendszer periódusára vonatkozó későbbi megfigyelések is megerősítették. A kérdéses időpontban ugyanis a *kettős rendszer periódusa hirtelen — igaz, nem nagy mértékben — megnőtt*. Egy ilyen periódusváltozás esetleg ugyan másképp is magyarázható lenne, de a periódusváltozás *nagysága* alapján a gázáram tömegére adódó érték reális, és nem utolsó sorban a periódusváltozás *iránya* is összhangban van a fenti értelmezéssel. (A periódusváltozás irányából ugyanis az következik, hogy csak a kisebbik tömegű komponens adhatott át anyagot a nagyobbiknak — fordítva nem lett volna lehetséges.)

Hogy a komponensek közötti tömegcsere mint a fénygörbét eltorzító vándorló hullám kiváltó oka mennyiben általánosítható, arra a jövőben végzendő megfigyelések fognak majd végleges választ adni.

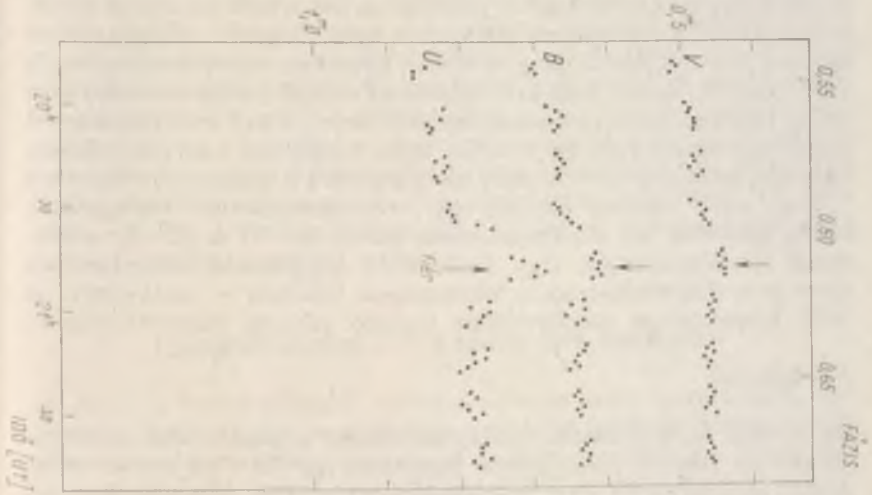
Csillagfoltokra utaló észlelések

Arra, hogy a rendszer *főkomponensének felszínén* (ha nem is a fent leírtakhoz hasonlóan fényes, de azért a környezetüknél valamivel fényesebb) *világos foltok lehetnek*, egy korábbi, szintén a piszkás-tetői obszervatóriumban végzett megfigyelés is utal. Az ilyen, a csillag felszínénél nem sokkal forróbb folt kimutatása általában igen nehéz feladat. A csillag teljes korongjával együtt nézve ugyanis a folt nem emeli jelentősen az összfényességet, ráadásul a forgás során fokozatosan jön elő és tűnik el. Ha viszont — mint az SV Cam esetén — a kisebb és halványabb mellékkomponens főminimumkor *átvonul* a csillag fényes korongja előtt, akkor szinte „letapogatja” azt, és így a viszonylag kisebb foltok is kimutathatók.*

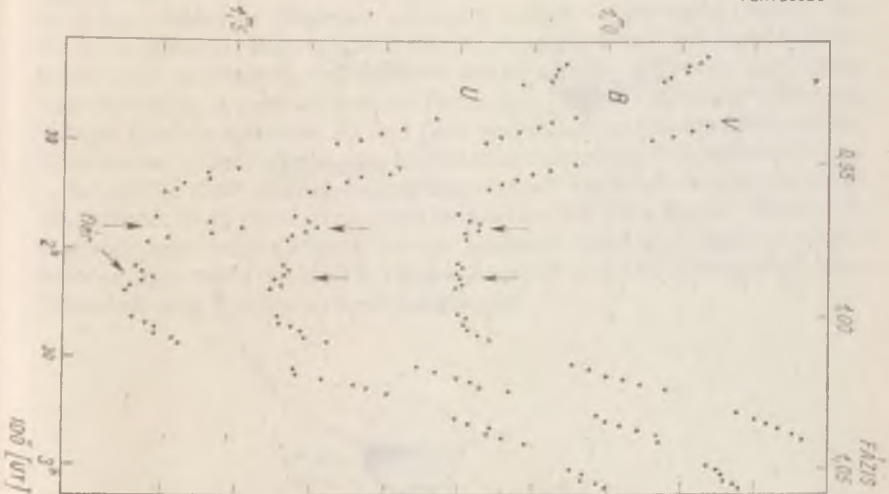
1973 októberében egy héten belül megfigyelt három ilyen átvonulásnál mindhárom esetben *éles, lépcsőszerű fényességcsökkenés* mutatkozott

Egyenletesen fényes korong esetén átvonulás közben nem tapasztalható fényességváltozás, tehát a főminimum alja *vízszintes* a fénygörbén. Valódi csillagoknál azonban — még ha azok egyenletesen fényesek is — a *szélsőtétedés* miatt a főminimum vízszintes alja enyhé ívvel csatlakozik a fel-, illetve leszálló ághoz.

FÉNYESSÉG



FÉNYESSÉG



17—18. ábra. Részlet az SV Cam 1980. december 8|9-én kapott fénygörbéiből. Látható, hogy minden fler ultrabolygiban (U) a legerősebb, és vizuálisban (V) a leggyengébb

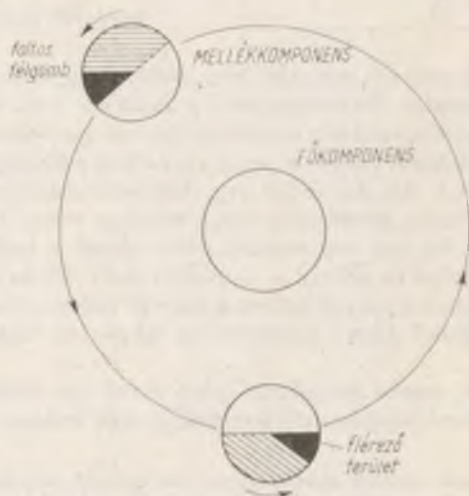
az SV Cam főminimumának alján. Ugyanakkor a két héttel korábban és az egy hónappal később kapott, valamint az összes korábbi, illetve későbbi fénygörbén a főminimum alján nincs ilyen „lépcső”. (Mindez természetesen *nem* azt jelenti, hogy a szóban forgó folt másfél hónapnál rövidebb ideig élt, hanem csak azt, hogy ennél rövidebb ideig tartózkodott a csillag felszínének azon a keskeny szejletén, amely a fent vázolt módszerrel tanulmányozható volt. Ez a csillag teljes felszínének nagyjából akkora hányada, mint amennyit a teljes fénygörbéből a minimum alja foglal le.)

Hogy adott esetben valóban egy *forró foltot* sikerült megfigyelni a csillag felszínén, azt a párhuzamosan észlelt (B—V) és (U—B) színindexek is alátámasztják. Úgy tűnik tehát, hogy kisebb kifényesedések máskor is előfordulhatnak a főkomponens felszínén — esetleg egy, az 1975 februárjában megfigyelthez hasonló jelenség maradványaként.

Flerkitörések

Az optikai hullámhossztartományban először a piszkés-tetői obszervatóriumban sikerült *flerkitöréseket* kimutatni egy RS CVn típusú csillagon — szintén az SV Cam megfigyelése révén, 1980 decemberében.

Mivel fél fordulaton belül több kitérés történt (17—18. ábra), feltéte-



19. ábra. Az SV Cam kettőscsillag sematikus rajza az 1980. decemberi állapotnak megfelelően (látóirány: a kép alja felől)

lehető volt, hogy ezek *egyetlen aktív vidékről* eredtek. Az előző hónapok észlelései alapján ismert volt a vándorló hullám akkori helye — és ezáltal a foltos terület elhelyezkedése — a csillagon. Így első ízben sikerült, a Napot nem számítva, *kapcsolatot teremteni egy flerkitörés és egy csillag felszínén levő valamilyen képződmény között*: ezek szerint az észlelt kitörések a foltos terület szélén, a csillag tengely körüli forgását tekintve a foltos terület előtt, a foltoknak a másik komponenshez viszonyított vándorlását tekintve pedig a foltos terület mögött keletkeztek (19. ábra). Időközben amerikai csillagászok hasonló flerkitörést észleltek az XY UMA jelű — szintén a rövid periódusú RS CVn típusú csillagok csoportjába tartozó — csillag vizsgálata során.

Csillagfolt ciklusok? — A hosszú távú feldolgozás

Az RS CVn típusú csillagok nem utolsósorban azért is érdekelnek bennünket, mert *a 11 éves napfoltciklus megfelelőit* keressük. Ennek természetesen kínálkozó módja lehetne, ha nyomon követnénk a fénygörbét eltorzító vándorló hullám amplitúdójának *időbeni változásait*. Ennek értelmezésével azonban óvatosan kell bánni. Ha például a foltos terület a növekedése során már több mint 180°-nyi hosszúságot átér, akkor a megfigyelhető hullám amplitúdója *éppen a foltos terület további növekedése miatt* fog csökkenni. Másrészt például a hullám amplitúdója pusztán attól is csökkenhet, hogy például két, egymáshoz közeli foltcsoport távolodni kezd egymástól, miközben a foltos terület nagysága egyáltalán nem változott. A pusztán fotometriai megfigyelések tehát nem adhatnak választ minden kérdésre. Ki kell őket egészíteni spektroszkópiai, rádió-, ultraibolya, valamint röntgen-hullámhossztartománybeli mérésekkel is.

Az utóbbi évek csillagászati szakirodalmát figyelemmel kísérve megállapítható, hogy évről évre jelentősen nő az RS CVn típusú változócsillagokkal foglalkozó munkák száma. Várható, hogy ez a tendencia folytatódni fog, mivel ezekkel a napjelenségeket mutató csillagokkal kapcsolatban még számos nyitott kérdés van.

GERLEI OTTÓ

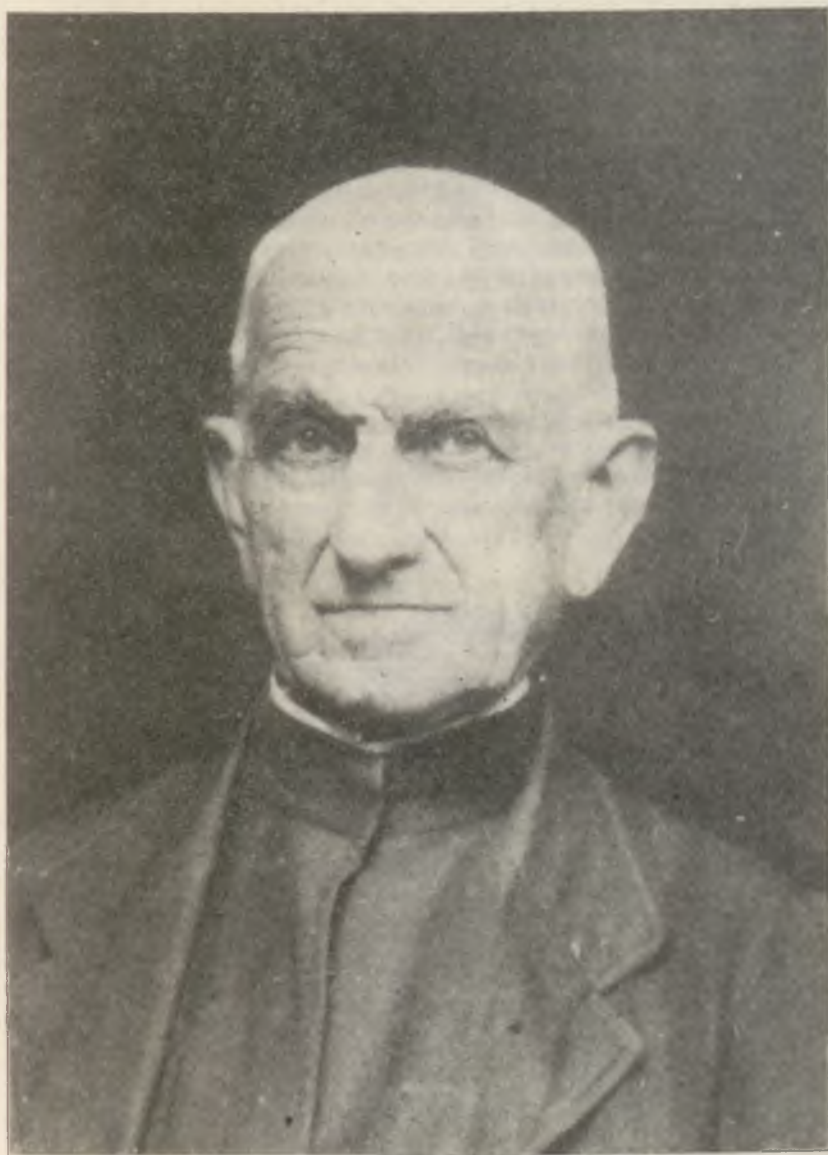
MTA CSKI Napfizikai Obszervatórium, Debrecen

FÉNYI GYULA ÉS A KALOCSAI CSILLAGVIZSGÁLÓ

A csillagászati kutatások hazánkban a múlt század hetvenes éveitől kezdve — több évtizedes szünet után — jelentős fejlődésnek indulhattak: másfél évtized alatt négy csillagvizsgáló létesült, három közülük tudományos eredményei révén külföldön is ismertté vált.

Elsőként 1871-ben Ógyallán Konkoly Thege Miklós alapította meg magán-csillagvizsgálóját. Munkaprogramjában meteormegfigyelések és napfoltészlelések, valamint először asztrospektroszkópiái, később vizuális fotometriai megfigyelések szerepeltek. Az ógyallait követte az 1878-ban Kalocsán, Haynald Lajos bíboros érsek alapította csillagvizsgáló, amelyet a helybeli érseki gimnáziumba telepítettek. Jelentőségét főleg a protuberanciaészlelések adják, melyeket harminckét éven át Fényi Gyula (I. ábra) végzett. 1881-ben Herényben Gothard Jenő és testvére, Sándor létesített asztrofizikai obszervatóriumot. A vizuálissal szemben a fotográfiai észlelések előnyét felismerve, világviszonylatban is az elsők között alkalmazták a fényképezést a nóvák és planetáris ködök spektrumvizsgálatával kapcsolatban. Végül, 1881-ben Kiskartalon Podmaniczky báró és felesége is épített egy kis csillagvizsgálót, ahol bolygótopográfiai megfigyeléseket végeztek.

Mindezek a csillagvizsgálók Konkoly hatására és kezdeményezésére jöttek létre. A herényi és a kiskartali csillagvizsgálók alapítói elhunytával megszűntek. A kalocsai Haynald-obszervatórium működésének gyakorlatilag az első világháború vetett véget, mivel anyagi alapja, az érseki alapítvány 1918 után elértéktelenedett. Konkoly a magyarországi csillagászati kutatási lehetőségek fennmaradása érdekében még 1899-ben a magyar államnak adományozta ógyallai obszervatóriumát, de a magyar állami obszervatóriumnak Ógyallán 1918-ban be kellett fejeznie működését. Műszereinek nagy része Budapestre került, és kiindulási alapját képezte az 1920-as években létesült svábhelyi csillagvizsgálónak.



1. ábra. Fényi Gyula (1845—1927)

A kalocsai csillagvizsgáló

első távcsöve az a 4 hüvelykes *Merz-refraktor* volt, melyet Haynald Lajos érsek rendelt meg az akkori idők egyik legjobb optikusánál (a müncheni Merznél) — azzal a céllal, hogy az „megmutassa az égi jelenetek kedvelőjének a csillagvilág legérdekesebb tüneményeit”. Kezdetben alkalmanként az érseki palota ablakaiban állították fel, de mérete miatt használata sok kényelmetlenséggel járt. Ezért a tanulóifjúság tudományos képzése iránt mindig lelkesedő egyházfő elhatározta, hogy a távcső a *gimnázium tetejére kerüljön, egy forgatható kupolába*, és hogy néhány segéd műszerrel is kiegészüljön. Így egyrészt a tanulóifjúság némi fogalmat nyerhetett arról, milyen is egy csillagvizsgáló, s milyen módon történnek az észlelések, másrészt a tanári testületnek alkalmá nyílt némiképp a tudományos ténykedésre is.

Haynald érseknek a gimnáziumi oktatás elmélyítésére és színvonalának emelésére vonatkozó ezen terve a maga korában igen haladó volt, mivel külföldön csak később kezdtek középiskolákkal kapcsolatban álló csillagvizsgálókat szervezni. Haynald terve hamar széles körben ismertté

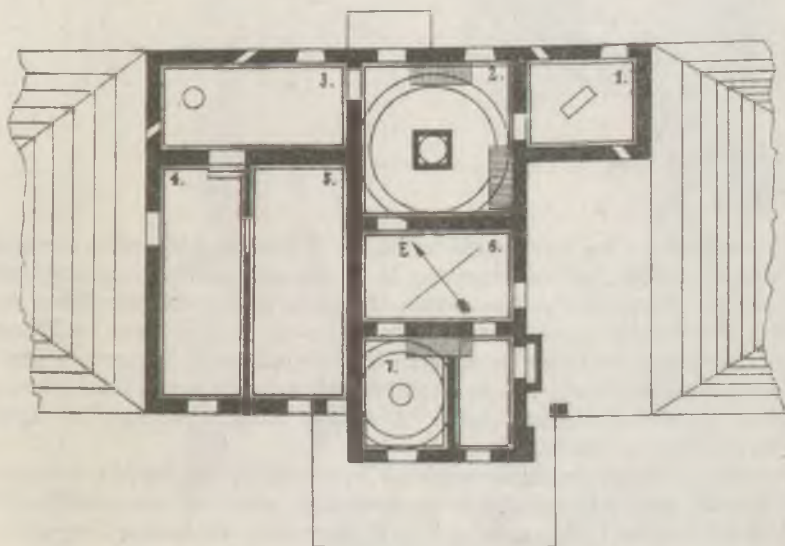


2. ábra. A kalocsai Haynald-obszervatórium. Elöl a nagykupola, balra a meridián-, jobbra a vertikálszoba

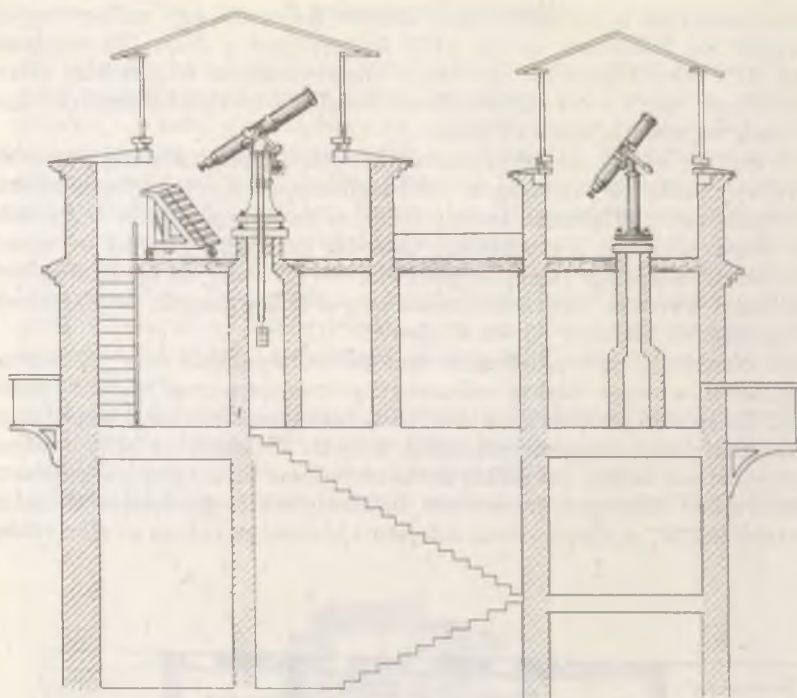
vált, miszerint a „magyar haza díszére Kalocsán egy csillagvizsgáló tornyot fog felállítani, és azt kellő felszereléssel a Jézus Társaságnak adja át”. Alapítványával egy olyan obszervatórium felállítására adott lehetőséget, mely a kor színvonalának megfelelő eredeti tudományos kutatások végzését is lehetővé tette.

A csillagvizsgáló megtervezésével, kivitelezésével, műszerei beszerzésével egy szakértő bizottságon belül legfőképpen Konkoly foglalkozott. *Az építkezéshez 1878 őszén kezdtek hozzá, és két hónap alatt be is fejezték!* Az obszervatórium a gimnázium második emeletén, középtájon nyert elhelyezést, alapsíkja 14 m magasságban van (2. ábra); az épület meglévő falainak fekvése és iránya határozta meg a csillagvizsgáló helyiségeinek beosztását és méreteit (3. és 4. ábra).

Az obszervatórium elhelyezése szakmai szempontból nem túl szerencsés, mivel a magas falakra műszert rezgésmentesen nem lehetett felállítani. Ez az első észlelésekkor már be is bizonyosodott, mert napközben a tanulóifjúság mozgása rezgéseket keltett. Másrészt az alföldi város közepén a por és füst zavarólag hathatott a nem túl magasan elhelyezett távcsövekre. Minderre az említett bizottságban is gondoltak, de mint fentebb láttuk, az alapító érsek kifejezett kívánsága volt ez az elhelyezés.



3. ábra. A kalocsai obszervatórium alaprajza: 1. meridián-szoba, 2. nagykupola, 3. vertikális szoba, 4. műhely, 5. igazgatói szoba, 6. könyvtár, 7. kiskupola



4. ábra. A kalocsai obszervatórium keresztmetszete

Ennek ellenére a csillagvizsgáló külföldön is komoly elismerést szerzett jól megválasztott, három évtizeden át folytatott észlelési programjával. A kalocsai Haynald-obszervatórium főműszere a nagyobb kupolában felállított, ekvatoriális szerelésű, 7 hüvelykes refraktor volt (5. ábra). A 222 cm fókusz távolságú objektív és a fából készült, finoman faragott távcső-tubus is Merz-gyártmányú. Az öntöttvas állványt és egyéb felszerelést a londoni Browning-cég szállította. A távcső mozgását egy 10 kg-os tömeggel hajtott óramű látta el.

A csillagvizsgáló első műszerei között volt egy *Browning-féle, ún. egyenes látású, pozíciókörrel ellátott spektroszkóp*, melynek diszperziója 24° volt a vörös és az ibolya szín között. Ez nem volt alkalmas a *Nap protuberanciáinak* észlelésére, mert csak a zöld színben adott éles színeképet, holott a protuberanciák a hidrogén vörös vonalában látszanak a legfényesebben. Ezért *Braun Károlynak*, az obszervatórium első igazgatójáj-



5. ábra. A kalocsai Haynald-obszervatórium 7 hüvelykes Merz-refraktora a Hilger-jéle protuberancia-spektroszkóppal

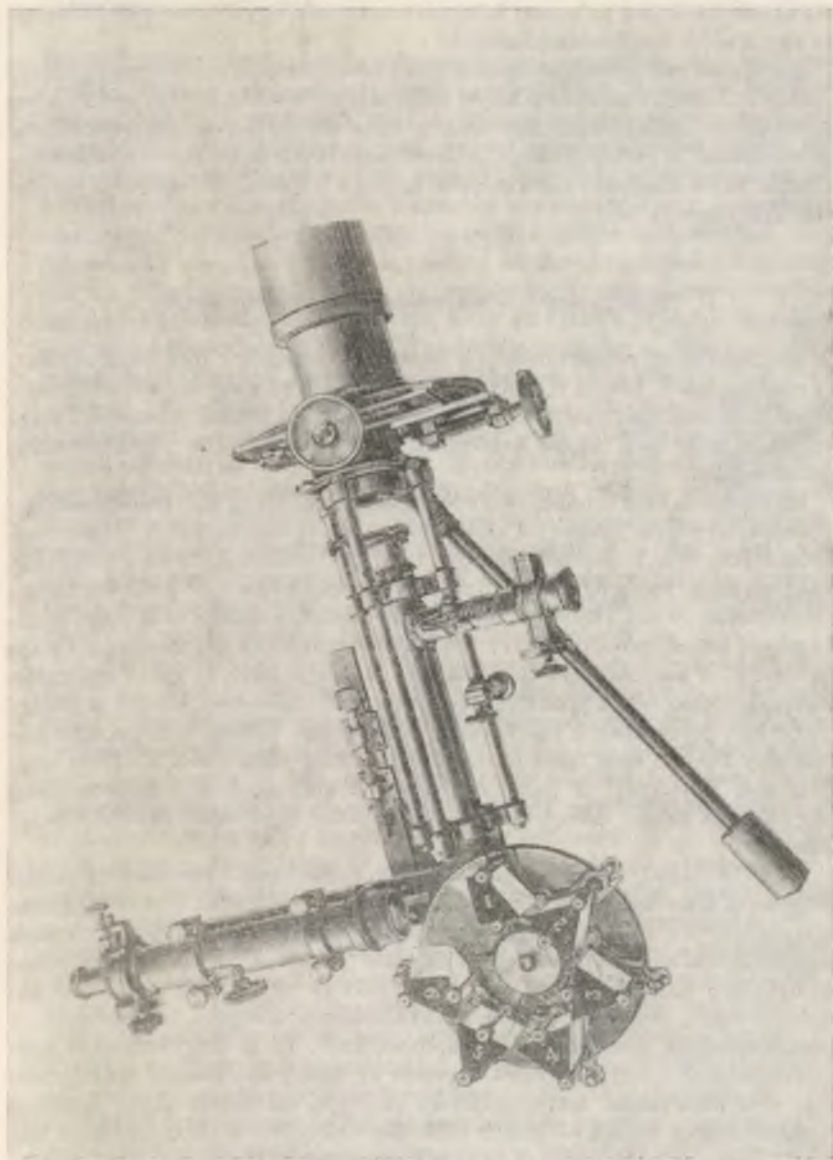
nak kérésére, az alapító áldozatkészsége révén meg lehetett rendelni *A. Higler* londoni optikusnál egy *nagy diszperziójú (ún. automata) spektroszkópot* (6. ábra). Ezen négy 60° -os és két 30° -os prizmával ellátott protuberancia-spektroszkópban a fénysugár a prizmasoron kétszer halad át, és így a felbontóképessége megfelel tíz darab 60° -os prizmáénak! Az egyes prizmák a színek minden részén automatikusan beállnak a minimális eltérés szögébe. (A spektroszkóp jelenleg a debreceni napfizikai obszervatórium tulajdonában van.)

A spektroszkóp a távcső okulárkihuzatához egy olyan taggal csatlakozik, amely lehetővé teszi, hogy a spektroszkóp egyrészt *egy egyenes mentén mozgatható*, másrészt a távcső optikai tengelye körül *teljesen körbeforgatható* legyen; ezáltal a spektroszkóp részét a távcső látómezejének különböző részeire lehet állítani. Az elforgatás mértéke egy pontos körosztáson, a pozíciókörön olvasható le. A spektroszkópban a pontos mérésekhez *okulármikrométer* szolgál. Ennek látómezejében a színeképpel együtt élesen látható pókhálónalak vannak. Ezek a mikrométercsavarok segítségével együttesen is, és egyik a másiktól függetlenül is precíziósan eltolható, az elmozdulás mértéke leolvasható. Az eszköz segítségével a Nap peremén észlelhető protuberanciák pozícióját és magasságát lehet meghatározni; ezzel a 7 hüvelykes refraktorra szerelt protuberancia-spektroszkóppal észlelt Fényi Gyula több mint három évtizeden át.

Az obszervatórium kisebbik kupolájában a *4 hüvelykes refraktor* állott. A kb. 1,5 m fókusztávolságú távcső órágéppel nem volt felszerelve, de — optikailag igen jó minőségű képet adván — többek között *napfolt-észlelésekhez* is használták. A távcsőtartozékok közül a Merz-gyártmányú *helioszkópok* érdemelnek említést, amelyek a fény polarizációját felhasználva a teljes kioltásig csökkenthetik a Nap képének fényességét.

A *meridiánszobában* állították fel az ún. *passzáztávcsövet* (objektívátmérő: 58 mm, fókuszs: 60 cm) a délkörön való csillagátmenetek időpontjának észlelésére. Ezzel 0,1 s-nyi pontossággal lehetett meghatározni az obszervatórium fő ingaórájának állását. Ennél a *Cook-gyártmányú óránál* egy 5 kg tömegű, higannyal telt edényke szolgáltatta a hőmérsékleti kompenzációt. Az észlelt időpontokat a villanymotorral hajtott *kronográf* papírszalagján rögzítették. (A kalocsai obszervatórium földrajzi hosszúságának meghatározásakor a meridiánszobában elhelyezett s a postai hálózatba bekötött távirókészülék tette lehetővé a közvetlen összeköttetést a bécsi csillagvizsgálóval.)

A *vertikálszobában* volt a hordozható univerzális *teodolit*. (Az obszervatórium földrajzi szélességét ezzel határozták meg.) Mérőkörei 20 cm átmérőjű, ezüstbevonatú, osztott körök voltak, 5 ívperces osztásközökkel. A mikrométerdobról 2 ívmásodperc pontossággal, míg a libelláról 1 ívmásodperc pontossággal lehetett közvetlenül leolvasni a szögértékeket.



6. ábra. A Fényi által használt Hilger-féle protuberancia-spektroszkóp

Az obszervatórium műszerei közé tartozott még egy *Zöllner-féle fotométer* és egy kisebb *üstököskereső távcső*.

A kalocsai csillagvizsgáló igen értékes *könyvtárral* is rendelkezett, amely csaknem felölelte az akkori teljes csillagászati irodalmat. Így ott minden jelentősebb csillagászati folyóirat is megtalálható volt (*Astronomische Nachrichten, Monthly Notices, Astrophysical Journal* stb.). Az obszervatórium saját kiadványaiért cserébe kapta a külföldi csillagászati intézetek kiadványait is.

Megfigyelések a Haynald-obszervatóriumban

A Haynald-obszervatóriumban a rendszeres észlelések megkezdése előtt, az első igazgató, Braun Károly vezetésével történt meg az *intézet földrajzi koordinátáinak* már említett meghatározása, valamint a műszerek felszerelése, kipróbálása. Akkor kezdődtek az első napfolt- és protuberancia-észlelések is.

Kalocsán sajnos sohasem volt lehetőség arra, hogy fényesebb színkép-vonalak fényében *fotográfia* készülhessen a napkorongról. A Nap monokromatikus fényképezését lehetővé tevő első eszköz 1889-ben külföldön valósult meg, pedig egy *hasonló műszer* tervét Braun már jóval korábban elkészítette, és azt 1886-ban, a Haynald-obszervatórium első ötévi munkásságát ismertető német nyelvű kiadványban teljes részletességgel publikálta is! A kalocsai terv felhívta arra is a figyelmet, hogy az optimális leképezés érdekében a spektrográf- és monokromátorrés között a sugármenetben páros számú tükrözésnek kell lennie. Különös, hogy ez a körülmény később még több mint fél évszázadig elkerülte a külföldi napfizikusok figyelmét! A hazai csillagászati kutatások alig felbecsülhető nagy kárára Braun ezen terve nyomán *műszer* egyáltalán nem is készült soha.

Az 1879—1883. évi előmunkálatok elvégzése után a *rendszeres észlelési programot Hüninger Adolf indította el*, aki 1884-től lett az obszervatórium igazgatója. Az obszervatórium munkaprogramja: „a Nap légkörének naponkénti állapotát pontosan feljegyezni”, azaz „a Nap szélén mutatkozó hidrogén-protuberanciák helyét, számát és nagyságát”, valamint tanulmányozni, hogy milyen „az alakváltozások, mozgási tünetmények, a protuberanciák összefüggése a napfoltokkal”. Ez a tárgyválasztás igen szerencsésnek bizonyult, mert egyrészt az obszervatóriumot *műszerezettsége* erre alkalmassá tette, másrészt az ilyen észlelések akkor éppen a *legmodernebbek* voltak — hiszen csak alig valamivel több mint tíz év telt *P. J. Janssen* felfedezése óta (amely szerint a protuberanciákat *napfogyatkozáson kívül* is lehet észlelni, spektroszkóp segítségével, a fényesebb színkép-vonalak fényében).

Protuberanciavizsgálatok

1885-től Fényi Gyula lett az obszervatórium igazgatója, aki harminckét éven át, 1917-ig (amíg csak egészsége megengedte) fáradhatatlan szorgalommal észlelte a protuberanciákat. Ez a protuberanciákra vonatkozó leg-hosszabb homogén észlelési sorozat, melyet egy ugyanazon észlelő, állandóan azonos műszerrel és azonos módon végzett! Így Fényi ezen észlelései a Nap peremén látható protuberanciák eloszlásának és gyakoriságának statisztikai vizsgálataihoz a legértékesebb anyagot szolgáltatják. A protuberanciák mozgására nézve is végzett értékes megfigyeléseket, nagyon sok ún. felszálló protuberancia sebességét mérte meg. Észleléseinek értékét legjobban az a tény bizonyítja, hogy E. Pettit a protuberanciák mozgási törvényszerűségeit tárgyaló első dolgozatában a vizsgálat alá vett esetek egyharmadát Fényi észlelései alapján tárgyalta.

Fényi protuberanciaészleléseinek menete a következő volt. Először az ekvatoriális felállítású refraktorra szerelt spektroszkóp részét párhuzamossá állította az égi egyenlítővel. Ez oly módon történt, hogy a távcső óragépének leállításával a napkorong képének déli peremét többször is átengedte a látómezőn, miközben rendre korrigálta az eltéréseket — mindaddig, amíg a napperem pontosan a rés mentén nem haladt. Ekkor (ha a spektroszkóp pozíciókörét a 180° -os osztásra csavarta) a továbbiakban a napperemre érintőlegesen állított rés pozíciószöge a geocentrikus északi iránytól számítva helyesen volt leolvasható.

A spektroszkóp okulárját a Fraunhofer-féle C-vonalra, azaz a hidrogén 656,3 nm hullámhosszúságú vörös vonalára állítva és a (napperemhez mindig érintőlegesen elhelyezett) rést elegendő szélesre kinyitva a kis protuberanciák már láthatóvá váltak. A napkép átmérője a résnél 20 mm, a rés hossza 11 mm, így a legtöbbször alkalmazott 85-szörös nagyítás esetén kb. 18° -os napperemet lehetett egyszerre áttekinteni. Az okulármikrométer részre merőleges fonala segítségével állapítható meg a protuberancia pozíciószöge és alapjának hossza. A mozgatható, réssel párhuzamos kettős fonállal a protuberancia magassága mérhető meg.

Ez a módszer azonban csak a kb. $70''$ geocentrikus szögnél kisebb magasságú protuberanciáknál volt használható; a nagyobb protuberanciák teljes egészükben csak szélesebbre nyitott réssel volnának láthatók. De ez esetben — a légkör állapotától függően — a háttér szórt fénye általában annyira felerősödik, hogy elnyomja a protuberancia fényét. Ezért Fényi a nagy protuberanciáknál a „tranzit módszer” alkalmazta, azaz álló óragép mellett a protuberancia résen való áthaladásának idejét mérte. Többszöri ilyen mérés átlagát használva és a pozíciószöget megállapítva, a Nap deklinációjának ismeretében a protuberancia magassága kiszámítható.

A mérések hibája a protuberanciák pozíciószögére vonatkozóan a leg-



Protuberanz. am 3 Oktober 1892

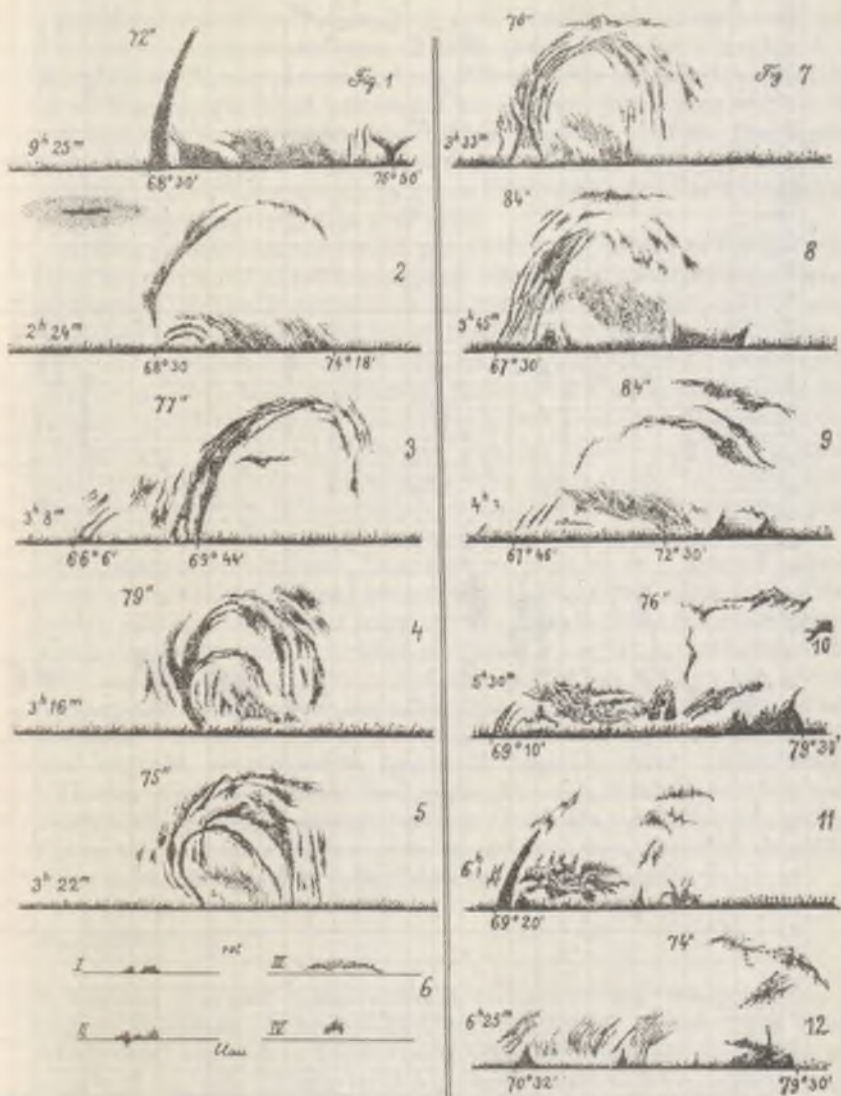
Höhe 385000 Km.

7. ábra. A Fényi által 1892. október 3-án észlelt nagy protuberancia rajza (másolat)

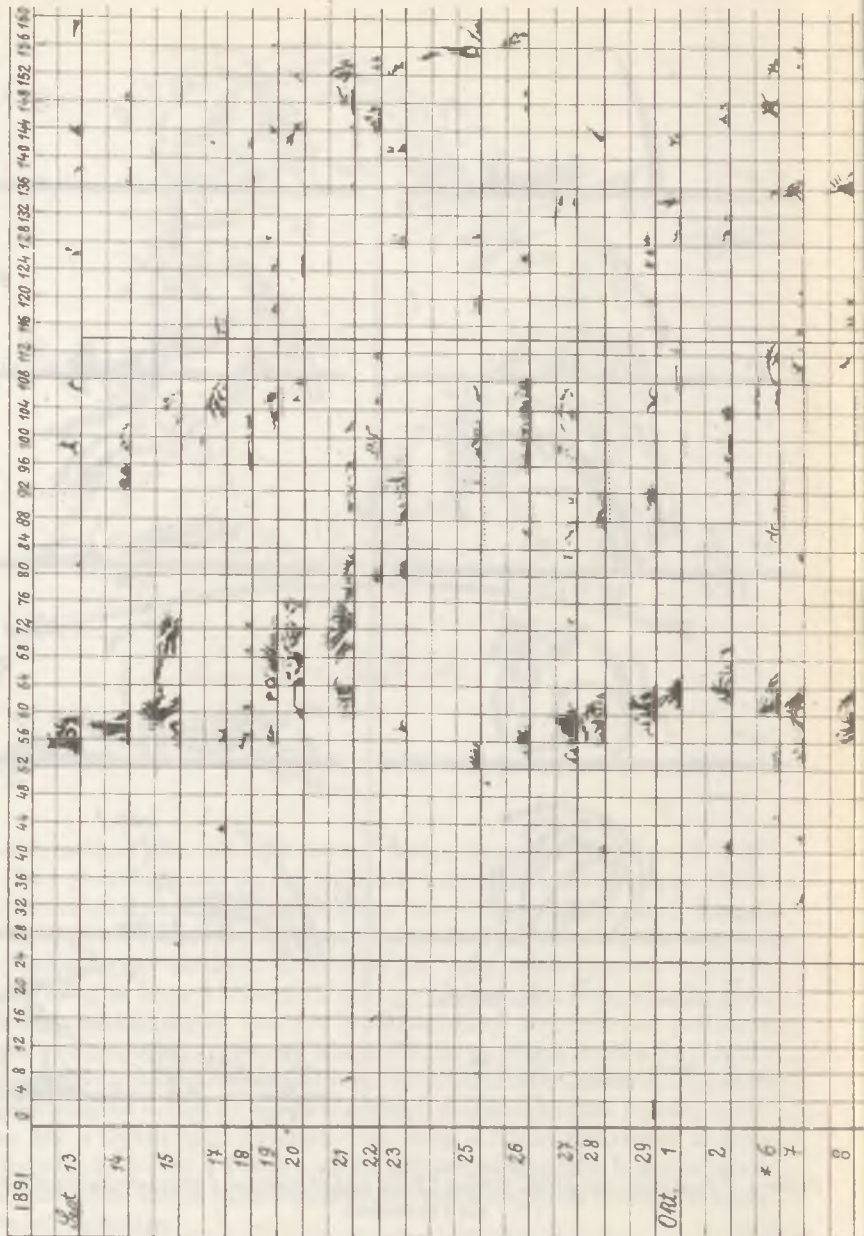
rosszabb esetben sem volt több mint 1° ; míg a magasságot illetően $1''$ — $2''$ volt (ha a protuberancia élesen határolt, közvetlen mikrométeres mérésnél; tranzit esetben $1''$ — $7''$, ami időben $0,4$ — $0,3$ s-nak felel meg). Természetesen a gyors felszállású és a gyors változású protuberanciák esetében a pontatlanság növekedett. A pontosságot befolyásoló tényező volt többek között az is, hogy a hosszú (közel egy, olykor több órás) észlelés alatt a műszerpontatlanságok miatt a fonálkeresztel nem lehetett pontosan követni a napperemet, valamint ennyi idő alatt a refrakció és a Nap deklínációjának változása is kedvezőtlenül befolyásolhatta az eredményeket.

Az észleléshez tartozott a protuberancia alakjának lehető leghűbb lerajzolása. Ha a légkör igen nyugodt volt, még a finomszerkezetet is megörökítették. A 7. ábra a Fényi által észlelt protuberanciák közül az egyik ilyen részletdús, finom rajzolatú protuberancia nagyobb léptékben készített rajzát mutatja.

Fényi figyelme a rendszeres protuberanciaészlelések mellett kiterjedt



8. ábra. Fényi rajza az 1906. június 28-án észlelt gyorsan változó protuberanciáról (másolat)



9. ábra. Fényi 1891. évi észleléseiből: protuberanciák a Nap peremén (másolat)

a protuberanciák időbeni alakváltozásaira, felszállási sebességeik mérésére, a színképvonalaik eltolódására is, de ezeken túlmenően a napfoltok és protuberanciák, a napjelenségek és a földmágneses jelenségek kapcsolatára is. Mindezekről közel másfélszáz közleménye jelent meg külföldi folyóiratokban és akadémiái értesítőikben (legtöbb a *Mem. Soc. Spett. Italiani*ban). Egy aktív vidék felett észlelt, minden bizonnyal flerrel kapcsolatos „hurok”-protuberancia gyors kifejlődését és alakváltozásainak megfigyelési rajzát mutatja a 8. ábra.

A Nap pereme mentén észlelt protuberanciák helyét és alakját (vázlatos képét) napról napra legnagyobb részben a *Haynald-obszervatórium közleményei*, illetve *Publikationen des Haynald-Observatoriums* cím alatt megjelent kalocsai kiadványok tartalmazzák. A 9. ábra részletet mutat az 1891. évi észleléseket tartalmazó kiadvány egyik oldaláról. (A fejlécben a napperem pontjainak pozíciószögét tüntették fel, a napperemnek a Nap forgástengelyével definiált északi pontjától keleti irányban számolva. „Függőleges” lépték: a „vízszintes” vonalak közötti legkisebb távolság egy ívperc geocentrikus látószögnek felel meg.) A két vastagabb ferde vonal a napperem heliocentrikus északi, illetve keleti pontjait jelzi.

Feltűnő, hogy bizonyos pozíciószögeknél több egymást követő napon is protuberancia volt látható. Ez azért van, mert az ún. „nyugodt” típusú protuberanciák (melyek mai ismereteink szerint általában a nagy kiterjedésű, ellentétes mágneses polaritású vidékek határán helyezkednek el) viszonylag keskenyek, de hosszan elnyúlnak, és így a „keresztmetszetük” több napig is látható. Erre mutat szép példát egy néhány éve készült fénykép (10. ábra), melyen éppen egy ilyen — a korongon ma filamentnek nevezett — képződmény befordulás közben látható. (A kép bal oldalán levő nagyobb protuberancia egy ettől független másik képződmény!)

Három évtizednyi protuberanciaészleléseinek részletes eredményeit Fényi külön kiadványban foglalta össze (*Publ. Haynald-Obs. XI., 1922.*). Ebben többek között leírja a protuberanciák szélesség szerinti eloszlásának a naptevékenység 11 éves ciklusával való változását.

Napfoltészlelések

A kalocsai Haynald-obszervatórium rendszeres napfoltmegfigyelései is nagyon értékesek. A kisebb kupolában felállított 4 hüvelykes Merz-refraktórral végezték a napfoltészleléseket. A kivetített napkorong átmérője 22 cm volt. Először itt is a napkép orientálását végezték el, majd előbb csak pontokkal jegyezték meg a foltok helyét, később (az észlelés befejezéseként) a valósághoz igen hűen egyes foltok, foltrészletek alakjának finom rajzával egészítették ki azokat.

A 11. ábra az 1891. szeptember 10-i észlelési rajz egy részét mutatja, melyen egy felszálló protuberancia rajza és mérete is látható. Egyes igen



10. ábra. A debreceni napfizikai obszervatórium koronográfiájával, Lyot-szűrőn keresztül, a H-alfa színképvonal fényében észlelt két protuberancia a napkorong keleti oldalán (1977. augusztus 30., 16 : 58 UT. Észlelő: Kálmán Béla)

10. September 4 9^h 9^m
(+ 4^h 16^m)
10.375

$D = + 23.6^\circ$
 $D = + 7.2'$
 $L = 133.81^\circ$

$\gamma = 35.7 - 35'$

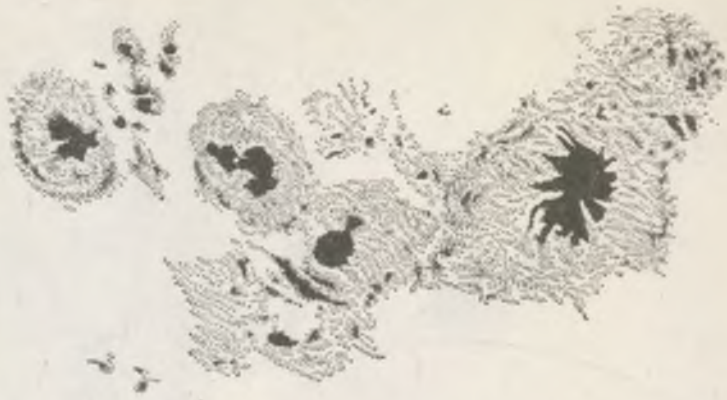


11. ábra Részlet Fényi 1891. szeptember 10-én készített észlelési rajzáról (másolat)



Napfolt Jun 9^{én} 1887.

12. ábra. Fényi rajza az 1887. június 9-én észlelt nagy napfotról (másolat)



13. ábra. Fényi rajza az 1905. március 1-én észlelt nagy kiterjedésű foltcsoport-ról (másolat)

nagy foltokról vagy foltcsoportokról *nagyobb léptékben külön rajzok* is készültek, de ezeket már a 7 hüvelykes refraktórral, helioszkóp segítségével rajzolták (12. és 13. ábra).

Az 1887. június 9-i nagy napfolt rajzát Fényi készítette. Ez a folt gyakorlatilag változatlanul vonult át a napkorongon, és az az érdekessége, hogy 8 év múlva a *Wilson-effektussal* kapcsolatban ismét az érdeklődés tárgya lett, mivel a kalocsai és az angliai stonyhursti észlelések szerint éppen, hogy ellentmond Wilson azon nézetének, amely szerint a napfoltok umbra része a penumbrához képest besüllyed.

Sok esetben jól nyomon követhető a napról napra készített s a teljes napkorongot ábrázoló napfoltrajzokon (de különösen a nagyobb léptékű észlelési rajzokon, amint a 14. ábra is mutatja) a *nagyobb foltok vagy foltcsoportok naponkénti alakváltozása*. Ezért ezen kalocsai észlelések hasznosak lehetnek a *Greenwich Photoheliographic Results* adatainak felhasználásánál is. (Ezek a greenwichi kiadványok az 1874-től 1976-ig terjedő évekre, az év minden napjára *grafikus* észlelések alapján meghatározott napfoltpozíciókat és területi adatokat tartalmaznak!)

Az 1880 és 1919 közötti kalocsai napfoltészlelési rajzok közül sajnos sok elveszett az évek folyamán, de főleg a második világháborút követő átmeneti időszak alatt. A megmentett és rendezett rajzok bekötve, összesen 35 kötetben a debreceni napfizikai obszervatórium könyvtárában található.

A Haynald-obszervatórium a napjelenségek észlelése mellett *rendszeres meteorológiai megfigyeléseket* is végzett, melyek az Alföld klimatikus vi-

Ε. ————— W.



31. März 2^h p. m.

L. Höhe. = 129°

W 10.6° = 17284 y. Wt. (9^h 9^m)

Ε. ————— W.



1. April 11^h 30^m.

L. Höhe. = 190°

W 12.1° = 19730 y. Wt. (8^h)

Ε. ————— W.



2. April 2^h 50^m

L. Höhe. = 224° =

14. ábra. Fényi rajza az 1894. március 31. és április 2. között észlelt napfolt-csoportról (másolat)

szonyainak vizsgálatához igen értékes adatokat szolgáltatottak. Még 1884-ben készült néhány műszer a *földrengések* észlelésére is, de ezen megfigyelések obszervatóriumi szintű kifejesztésére már több ok miatt sem került sor, és az alapító Haynald érsek elhunytával végleg abba is maradtak.

Az elmondottakból kitűnik, hogy a kalocsai Haynald-obszervatórium alapítójának célkitűzését messze túlszárnyaló eredményeket tudott felmutatni. *Mind ez elsősorban Fényi Gyula munkásságának köszönhető.* Fényi tudományos érdemeit nemcsak a kortárs kutatók ismerték el azzal, hogy több külföldi tudományos társaság, illetve akadémia tagjává választotta, s 1916-ban a Magyar Tudományos Akadémiának is levelező tagja lett, hanem a jelenkor is honorálta azzal, hogy a Nemzetközi Csillagászati Unió XIV. közgyűlésén a Hold délkeleti peremének közelében egy krátert róla neveztek el.

