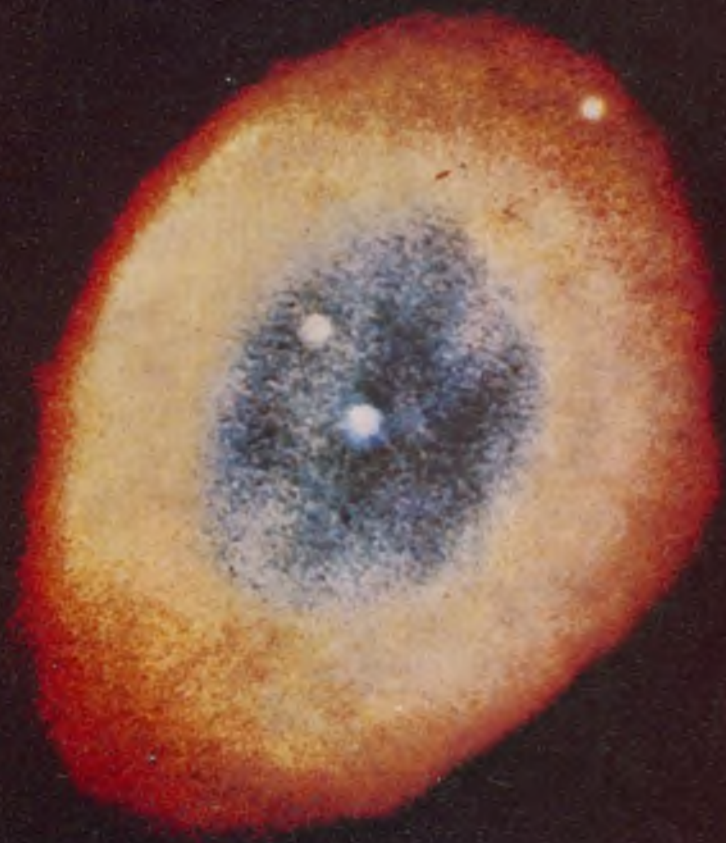


CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

1976



CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

az 1976. évre

Szerkesztette

a TIT Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályainak

Országos Választmánya

az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Csillagászati Csoportjának

és

a MTESZ Központi Asztronautikai Szakosztályának közreműködésével

Gondolat Kiadó, Budapest 1975

TÖRÖLVE szó
Intézet könyvtára
15.09 / 1976

**CSILLAGÁSZATI ADATOK
AZ 1976. ÉVRE**

Az adatokat összeállították
az MTA Napfizikai Obszervatórium kutatói

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)						A HOLD fény-változásai
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Cs	(1)	1	7 33	11 48	16 02	7 00	16 18	● 15 41	
2	P		2	7 33	11 48	16 03	7 43	17 23		
3	Sz		3	7 33	11 49	16 04	8 18	18 29		
4	V		4	7 33	11 50	16 06	8 49	19 35		
5	H	2	5	7 33	11 50	16 07	9 15	20 39		
6	K		6	7 33	11 51	16 08	9 39	21 42		
7	Sz		7	7 32	11 51	16 09	10 03	22 43		
8	Cs		8	7 32	11 51	16 10	10 25	23 44		
9	P		9	7 32	11 52	16 11	10 50	—	☾ 13 40	
10	Sz		10	7 31	11 52	16 12	11 17	0 45		
11	V		11	7 31	11 53	16 14	11 47	1 46		
12	H	3	12	7 30	11 53	16 15	12 21	2 48		
13	K		13	7 30	11 53	16 16	13 04	3 47		
14	Sz		14	7 29	11 54	16 18	13 54	4 44		
15	Cs		15	7 29	11 54	16 19	14 52	5 37		
16	P		16	7 28	11 55	16 21	15 57	6 24		
17	Sz		17	7 27	11 55	16 22	17 09	7 06	○ 05 48	
18	V		18	7 27	11 55	16 23	18 23	7 43		
19	H	4	19	7 26	11 56	16 25	19 43	8 16		
20	K		20	7 25	11 56	16 26	20 56	8 45		
21	Sz		21	7 24	11 56	16 28	22 11	9 14		
22	Cs		22	7 23	11 56	16 29	23 27	9 43		
23	P		23	7 22	11 57	16 31	—	10 14		
24	Sz		24	7 21	11 57	16 32	0 41	10 49	☾ 00 05	
25	V		25	7 20	11 57	16 34	1 53	11 29		
26	H	5	26	7 19	11 57	16 35	3 00	12 15		
27	K		27	7 18	11 58	16 37	4 01	13 07		
28	Sz		28	7 17	11 58	16 38	4 54	14 07		
29	Cs		29	7 16	11 58	16 40	5 39	15 10		
30	P		30	7 15	11 58	16 41	6 16	16 14		
31	Sz		31	7 13	11 58	16 43	6 49	17 20	● 07 21	

Hold: 8-án 18^h-kor földtávolban20-án 15^h-kor földközelségben

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2442...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...778,5	6 39 08,707	18 42,2	−23 05	16 17	18 08,9	−20 03
779,5	6 43 05,269	18 46,6	23 01	16 17	19 05,2	18 23
780,5	6 47 01,830	18 51,0	22 55	16 17	19 59,0	15 48
781,5	6 50 58,388	18 55,4	22 50	16 17	20 50,0	12 30
782,5	6 54 54,944	18 59,8	22 44	16 17	21 38,6	8 42
783,5	6 58 51,497	19 04,2	22 37	16 17	22 25,1	4 38
784,5	7 02 48,050	19 08,6	22 30	16 17	23 10,3	− 0 27
785,5	7 06 44,602	19 13,0	22 23	16 17	23 55,0	+ 3 42
786,5	7 10 41,154	19 17,3	22 15	16 17	0 39,7	7 41
787,5	7 14 37,708	19 21,7	22 07	16 17	1 25,4	11 23
788,5	7 18 34,262	19 26,1	21 58	16 17	2 12,6	14 39
789,5	7 22 30,819	19 30,4	21 49	16 17	3 01,9	17 21
790,5	7 26 27,378	19 34,7	21 39	16 17	3 53,5	19 19
791,5	7 30 23,938	19 39,1	21 29	16 17	4 47,5	20 23
792,5	7 34 20,500	19 43,4	21 19	16 17	5 43,4	20 23
793,5	7 38 17,062	19 47,7	21 08	16 17	6 40,4	19 14
794,5	7 42 13,623	19 52,0	20 57	16 17	7 37,8	16 57
795,5	7 46 10,182	19 56,2	20 45	16 17	8 34,6	13 37
796,5	7 50 06,738	20 00,5	20 33	16 17	9 30,5	9 26
797,5	7 54 03,292	20 04,8	20 21	16 17	10 25,5	+ 4 42
798,5	7 57 59,844	20 09,0	20 08	16 17	11 19,7	− 0 19
799,5	8 01 56,395	20 13,2	19 55	16 17	12 13,8	5 17
800,5	8 05 52,947	20 17,4	19 42	16 17	13 08,3	9 56
801,5	8 09 49,500	20 21,7	19 28	16 16	14 03,7	13 58
802,5	8 13 46,057	20 25,8	19 13	16 16	15 00,0	17 09
803,5	8 17 42,616	20 30,0	18 59	16 16	15 57,3	19 20
804,5	8 21 39,176	20 34,2	18 44	16 16	16 54,9	20 22
805,5	8 25 35,737	20 38,3	18 29	16 16	17 52,0	20 13
806,5	8 29 32,297	20 42,5	18 13	16 16	18 47,8	18 58
807,5	8 33 28,856	20 46,6	17 57	16 16	19 41,6	16 45
808,5	8 37 25,413	20 50,7	−17 41	16 16	20 33,1	−13 44

Föld: 4-én 12^h16^m-kor napközben (Közei)

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)						A HOLD fény-változásai
				Budapestben						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	V	(5) 6	32	7 12	11 59	16 45	7 18	18 24		
2	H		33	7 11	11 59	16 46	7 43	19 28		
3	K		34	7 10	11 59	16 48	8 06	20 30		
4	Sz		35	7 08	11 59	16 49	8 29	21 31		
5	Cs		36	7 07	11 59	16 51	8 53	22 32		
6	P	7	37	7 05	11 59	16 52	9 18	23 32	☾ 11 06	
7	Sz		38	7 04	11 59	16 54	9 47	—		
8	V		39	7 02	11 59	16 55	10 19	0 33		
9	H		40	7 01	11 59	16 57	10 58	1 33		
10	K		41	6 59	11 59	16 58	11 42	2 29		
11	Sz		42	6 58	11 59	17 00	12 36	3 23	☉ 17 44	
12	Cs		43	6 56	11 59	17 01	13 36	4 13		
13	P		44	6 54	11 59	17 03	14 45	4 57		
14	Sz		45	6 53	11 59	17 05	15 57	5 37		
15	V		46	6 51	11 59	17 06	17 15	6 11		
16	H	8	47	6 50	11 59	17 08	18 33	6 44		
17	K		48	6 48	11 59	17 09	19 52	7 14		
18	Sz		49	6 46	11 59	17 11	21 10	7 45		
19	Cs		50	6 44	11 59	17 13	22 27	8 17		
20	P		51	6 43	11 59	17 14	23 41	8 52		
21	Sz	9	52	6 41	11 59	17 16	—	9 30	☾ 09 17	
22	V		53	6 39	11 58	17 17	0 52	10 15		
23	H		54	6 38	11 58	17 18	1 55	11 06		
24	K		55	6 36	11 58	17 20	2 50	12 01		
25	Sz		56	6 34	11 58	17 22	3 37	13 02		
26	Cs		57	6 32	11 58	17 23	4 17	14 05		
27	P		58	6 30	11 58	17 25	4 50	15 09		
28	Sz		59	6 29	11 58	17 27	5 20	16 14		
29	V		60	6 27	11 58	17 28	5 46	17 16		

Hold: 5-én 14^h-kor földtávolban
17-én 11^h-kor földközelségben

HÓNAP

0 ^b világidőkor						
Julián dátum 2442...	Csillagidő (λ=0 ^b -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...809,5	8 41 21,968	20 54,8	-17 24	16 16	21 22,3	-10 09
810,5	8 45 18,520	20 58,9	17 07	16 15	22 09,6	6 11
811,5	8 49 15,071	21 03,0	16 50	16 15	22 55,5	- 2 02
812,5	8 53 11,620	21 07,0	16 33	16 15	23 40,5	+ 2 08
813,5	8 57 08,170	21 11,1	16 15	16 15	0 25,3	6 10
814,5	9 01 04,721	21 15,1	15 57	16 15	1 10,6	9 57
815,5	9 05 01,272	21 19,1	15 38	16 15	1 56,9	13 21
816,5	9 08 57,826	21 23,1	15 20	16 14	2 44,8	16 14
817,5	9 12 54,381	21 27,1	15 01	16 14	3 34,6	18 27
818,5	9 16 50,938	21 31,1	14 42	16 14	4 26,6	19 51
819,5	9 20 47,497	21 35,1	14 22	16 14	5 20,7	20 19
820,5	9 24 44,056	21 39,0	14 03	16 14	6 16,4	19 42
821,5	9 28 40,615	21 43,0	13 43	16 14	7 13,2	17 57
822,5	9 32 37,172	21 46,9	13 23	16 13	8 10,3	15 07
823,5	9 36 33,727	21 50,8	13 03	16 13	9 07,3	11 17
824,5	9 40 30,279	21 54,7	12 42	16 13	10 03,8	6 42
825,5	9 44 26,829	21 58,6	12 22	16 13	11 00,0	+ 1 40
826,5	9 48 23,378	22 02,5	12 01	16 13	11 56,0	- 3 28
827,5	9 52 19,926	22 06,3	11 40	16 12	12 52,3	8 22
828,5	9 56 16,477	22 10,2	11 18	16 12	13 49,1	12 43
829,5	10 00 13,030	22 14,0	10 57	16 12	14 46,5	16 12
830,5	10 04 09,586	22 17,8	10 35	16 12	15 44,4	18 40
831,5	10 08 06,144	22 21,7	10 13	16 12	16 42,2	19 59
832,5	10 12 02,702	22 25,5	9 52	16 11	17 39,2	20 08
833,5	10 15 59,260	22 29,3	9 29	16 11	18 34,7	19 10
834,5	10 19 55,817	22 33,1	9 07	16 11	19 28,2	17 14
835,5	10 23 52,371	22 36,9	8 45	16 11	20 19,6	14 30
836,5	10 27 48,924	22 40,6	8 22	16 10	21 08,8	11 09
837,5	10 31 45,474	22 44,4	- 8 00	16 10	21 56,2	- 7 21

KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)									
DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Budapesten					A HOLD lény- váltásai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	H	10	61	6 25	11 57	17 29	6 11	18 19	● 00 26
2	K		62	6 23	11 57	17 31	6 34	19 21	
3	Sz		63	6 21	11 57	17 32	6 58	20 21	
4	Cs		64	6 19	11 57	17 34	7 23	21 22	
5	P		65	6 17	11 56	17 35	7 50	22 22	
6	Sz	11	66	6 15	11 56	17 36	8 21	23 21	D 05 39
7	V		67	6 13	11 56	17 38	8 56	—	
8	H		68	6 11	11 55	17 39	9 37	0 18	
9	K		69	6 09	11 55	17 41	10 25	1 12	
10	Sz		70	6 07	11 55	17 42	11 20	2 02	
11	Cs	12	71	6 06	11 55	17 44	12 23	2 47	○ 03 53
12	P		72	6 04	11 55	17 45	13 32	3 28	
13	Sz		73	6 02	11 54	17 46	14 45	4 05	
14	V		74	6 00	11 54	17 48	16 03	4 38	
15	H		75	5 58	11 54	17 49	17 22	5 10	
16	K	13	76	5 56	11 54	17 51	18 43	5 41	C 19 55
17	Sz		77	5 54	11 53	17 52	20 03	6 12	
18	Cs		78	5 52	11 53	17 54	21 22	6 48	
19	P		79	5 50	11 53	17 55	22 36	7 26	
20	Sz		80	5 48	11 52	17 56	23 44	8 11	
21	V	14	81	5 46	11 52	17 58	—	9 01	● 18 09
22	H		82	5 44	11 52	17 59	0 43	9 57	
23	K		83	5 42	11 52	18 01	1 34	10 57	
24	Sz		84	5 39	11 51	18 02	2 17	12 00	
25	Cs		85	5 37	11 51	18 04	2 52	13 03	
26	P	14	86	5 35	11 50	18 05	3 23	14 06	● 18 09
27	Sz		87	5 33	11 50	18 07	3 50	15 10	
28	V		88	5 31	11 50	18 08	4 15	16 11	
29	H		89	5 29	11 49	18 09	4 38	17 12	
30	K		90	5 27	11 49	18 11	5 02	18 13	
31	Sz		91	5 25	11 49	18 12	5 27	19 13	
				..					

Hold: 4-én 05^h-kor földtávolban
16-án 20^h-kor földközélnél
31-én 11^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2442...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	''	h m	° '
...838,5	10 35 42,023	22 48,1	— 7 37	16 10	22 42,3	— 3 19
839,5	10 39 38,571	22 51,9	7 14	16 10	23 27,5	+ 0 48
840,5	10 43 35,118	22 55,6	6 51	16 09	0 12,3	4 52
841,5	10 47 31,666	22 59,4	6 28	16 09	0 57,5	8 42
842,5	10 51 28,215	23 03,1	6 05	16 09	1 43,4	12 12
843,5	10 55 24,766	23 06,8	5 42	16 09	2 30,6	15 12
844,5	10 59 21,318	23 10,5	5 19	16 08	3 19,2	17 35
845,5	11 03 17,872	23 14,2	4 55	16 08	4 09,7	19 14
846,5	11 07 14,428	23 17,9	4 32	16 08	5 01,8	20 01
847,5	11 11 10,985	23 21,6	4 08	16 08	5 55,5	19 49
848,5	11 15 07,541	23 25,3	3 45	16 07	6 50,3	18 34
849,5	11 19 04,097	23 28,9	3 21	16 07	7 45,9	16 17
850,5	11 23 00,652	23 32,6	2 58	16 07	8 41,8	12 58
851,5	11 26 57,203	23 36,3	2 34	16 07	9 38,0	8 48
852,5	11 30 53,752	23 39,9	2 10	16 06	10 34,3	+ 4 00
853,5	11 34 50,299	23 43,6	1 47	16 06	11 31,1	— 1 09
854,5	11 38 46,847	23 47,3	1 23	16 06	12 28,6	6 15
855,5	11 42 43,395	23 50,9	0 59	16 06	13 27,0	10 57
856,5	11 46 39,946	23 54,6	0 35	16 05	14 26,3	14 54
857,5	11 50 36,500	23 58,2	— 0 12	16 05	15 26,2	17 48
858,5	11 54 33,056	0 01,8	+ 0 12	16 05	16 26,0	19 30
859,5	11 58 29,614	0 05,5	0 36	16 05	17 24,6	19 58
860,5	12 02 26,171	0 09,1	0 59	16 04	18 21,5	19 17
861,5	12 06 22,727	0 12,8	1 23	16 04	19 15,9	17 34
862,5	12 10 19,282	0 16,4	1 47	16 04	20 07,8	15 01
863,5	12 14 15,834	0 20,1	2 10	16 03	20 57,3	11 51
864,5	12 18 12,384	0 23,7	2 34	16 03	21 44,8	8 12
865,5	12 22 08,932	0 27,3	2 57	16 03	22 30,8	4 17
866,5	12 26 05,480	0 31,0	3 21	16 03	23 15,9	— 0 14
867,5	12 30 02,027	0 34,6	3 44	16 02	0 00,7	+ 3 48
868,5	12 33 58,574	0 38,3	+ 4 07	16 02	0 45,7	+ 7 41

Föld: 20-án 12^h50^m-kor tavasz kezdete (KözEI)

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)						A HOLD fény-változásai
				Budapestben						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Cs	(14)	92	5 23	11 49	18 14	5 54	20 14		
2	P		93	5 21	11 48	18 15	6 23	21 13		
3	Sz		94	5 19	11 48	18 17	6 57	22 11		
4	V		95	5 17	11 48	18 18	7 36	23 05		
5	H		15	96	5 15	11 48	18 20	8 20	23 56	
6	K		97	5 13	11 47	18 21	9 12	—		
7	Sz		98	5 11	11 47	18 22	10 10	0 42	☾ 20 02	
8	Cs		99	5 09	11 47	18 24	11 14	1 23		
9	P		100	5 07	11 46	18 25	12 24	2 00		
10	Sz		101	5 05	11 46	18 26	13 37	2 34		
11	V		102	5 03	11 46	18 28	14 52	3 06		
12	H	16	103	5 02	11 46	18 29	16 10	3 36		
13	K		104	5 00	11 46	18 31	17 31	4 07		
14	Sz		105	4 58	11 45	18 32	18 52	4 40	☉ 12 50	
15	Cs	106	4 56	11 45	18 33	20 10	5 17			
16	P		107	4 54	11 45	18 35	21 25	6 00		
17	Sz		108	4 52	11 44	18 36	22 31	6 49		
18	V		109	4 50	11 44	18 37	23 27	7 44		
19	H	17	110	4 49	11 44	18 39	—	8 45		
20	K		111	4 47	11 44	18 40	0 13	9 49		
21	Sz		112	4 45	11 44	18 42	0 52	10 54	☾ 08 15	
22	Cs		113	4 43	11 43	18 43	1 25	11 59		
23	P		114	4 41	11 43	18 44	1 54	13 02		
24	Sz		115	4 40	11 43	18 46	2 20	14 04		
25	V		116	4 38	11 43	18 47	2 43	15 05		
26	H	18	117	4 36	11 43	18 49	3 07	16 06		
27	K		118	4 34	11 42	18 50	3 31	17 07		
28	Sz		119	4 32	11 42	18 51	3 57	18 07		
29	Cs		120	4 31	11 42	18 53	4 26	19 07	● 11 20	
30	P		121	4 29	11 42	18 54	4 59	20 05		

Hold: 14-én 08^h-kor földközélen
27-én 13^h-kor földtávolban

HÓNAP

0^h világidőkor

Julián dátum 2442...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
... 869,5	12 37 55,123	0 41,9	+ 4 30	16 02	1 31,4	+11 14
870,5	12 41 51,673	0 45,5	4 54	16 01	2 18,3	14 22
871,5	12 45 48,225	0 49,2	5 17	16 01	3 06,6	16 54
872,5	12 49 44,778	0 52,8	5 40	16 01	3 56,3	18 44
873,5	12 53 41,333	0 56,5	6 02	16 01	4 47,5	19 43
874,5	12 57 37,890	1 00,2	6 25	16 00	5 39,9	19 48
875,5	13 01 34,446	1 03,8	6 48	16 00	6 33,1	18 54
876,5	13 05 31,003	1 07,5	7 10	16 00	7 26,8	17 01
877,5	13 09 27,558	1 11,1	7 33	16 00	8 20,9	14 10
878,5	13 13 24,111	1 14,8	7 55	15 59	9 15,1	10 27
879,5	13 17 20,661	1 18,5	8 17	15 59	10 09,8	6 03
880,5	13 21 17,210	1 22,2	8 39	15 59	11 05,1	+ 1 09
881,5	13 25 13,757	1 25,8	9 01	15 59	12 01,7	- 3 55
882,5	13 29 10,306	1 29,5	9 22	15 58	12 59,7	8 50
883,5	13 33 06,856	1 33,2	9 44	15 58	13 59,4	13 10
884,5	13 37 03,410	1 36,9	10 05	15 58	15 00,6	16 37
885,5	13 40 59,967	1 40,6	10 27	15 57	16 02,3	18 52
886,5	13 44 56,526	1 44,3	10 48	15 57	17 03,6	19 49
887,5	13 48 53,085	1 48,1	11 08	15 57	18 03,1	19 30
888,5	13 52 49,643	1 51,8	11 29	15 57	19 00,0	18 03
889,5	13 56 46,200	1 55,5	11 50	15 56	19 53,8	15 40
890,5	14 00 42,754	1 59,3	12 10	15 56	20 44,7	12 36
891,5	14 04 39,306	2 03,0	12 30	15 56	21 33,0	9 03
892,5	14 08 35,857	2 06,8	12 50	15 56	22 19,5	5 11
893,5	14 12 32,406	2 10,5	13 10	15 55	23 04,7	- 1 10
894,5	14 16 28,955	2 14,3	13 29	15 55	23 49,4	+ 2 51
895,5	14 20 25,503	2 18,1	13 48	15 55	0 34,2	6 45
896,5	14 24 22,053	2 21,9	14 07	15 55	1 19,7	10 23
897,5	14 28 18,605	2 25,7	14 26	15 54	2 06,4	13 37
898,5	14 32 15,158	2 29,5	+14 45	15 54	2 54,5	+16 19

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)					A HOLD fény-változásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Sz	(18)	122	4 27	11 42	18 56	5 36	21 01	
2	V		123	4 26	11 42	18 57	6 19	21 53	
3	H	19	124	4 24	11 42	18 59	7 08	22 40	
4	K		125	4 23	11 42	19 00	8 04	23 23	
5	Sz		126	4 21	11 41	19 01	9 05	—	
6	Cs		127	4 19	11 41	19 03	10 11	0 01	
7	P		128	4 18	11 41	19 04	11 20	0 34	☾ 06 18
8	Sz		129	4 16	11 41	19 05	12 32	1 04	
9	V		130	4 15	11 41	19 07	13 47	1 34	
10	H	20	131	4 14	11 41	19 08	15 03	2 04	
11	K		132	4 12	11 41	19 09	16 21	2 35	
12	Sz		133	4 11	11 41	19 11	17 41	3 09	
13	Cs		134	4 10	11 41	19 12	18 57	3 48	☉ 21 05
14	P		135	4 08	11 41	19 13	20 09	4 34	
15	Sz		136	4 07	11 41	19 14	21 12	5 27	
16	V		137	4 06	11 41	19 16	22 05	6 28	
17	H	21	138	4 05	11 41	19 17	22 49	7 31	
18	K		139	4 03	11 41	19 18	23 25	8 39	
19	Sz		140	4 02	11 41	19 19	23 55	9 46	
20	Cs		141	4 01	11 41	19 20	—	10 51	☾ 22 23
21	P		142	4 00	11 41	19 22	0 22	11 54	
22	Sz		143	3 59	11 41	19 23	0 47	12 56	
23	V		144	3 58	11 41	19 24	1 12	13 58	
24	H	22	145	3 57	11 41	19 25	1 35	14 58	
25	K		146	3 56	11 41	19 26	2 01	15 58	
26	Sz		147	3 55	11 41	19 27	2 28	16 59	
27	Cs		148	3 55	11 42	19 28	2 58	17 58	
28	P		149	3 54	11 42	19 29	3 34	18 55	
29	Sz		150	3 53	11 42	19 30	4 16	19 50	● 02 48
30	V		151	3 52	11 42	19 31	5 04	20 39	
31	H	23	152	3 52	11 42	19 32	5 58	21 23	

Hold: 12-én 17^h-kor földközélen
25-én 01^h-kor földtrávolban

HÓ NAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2442...	Csillagidő (λ=0 ^h -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...899,5	14 36 11,713	2 33,3	+15 03	15 54	3 44,1	+18 20
900,5	14 40 08,270	2 37,1	15 21	15 54	4 35,1	19 32
901,5	14 44 04,828	2 41,0	15 39	15 53	5 27,3	19 50
902,5	14 48 01,386	2 44,8	15 56	15 53	6 20,1	19 10
903,5	14 51 57,945	2 48,7	16 14	15 53	7 13,1	17 32
904,5	14 55 54,502	2 52,5	16 31	15 53	8 06,0	14 59
905,5	14 59 51,057	2 56,4	16 47	15 52	8 58,8	11 37
906,5	15 03 47,610	3 00,3	17 04	15 52	9 51,6	7 32
907,5	15 07 44,162	3 04,2	17 20	15 52	10 44,8	+ 2 57
908,5	15 11 40,712	3 08,1	17 36	15 52	11 39,0	- 1 55
909,5	15 15 37,262	3 12,0	17 51	15 52	12 34,7	6 48
910,5	15 19 33,814	3 15,9	18 07	15 51	13 32,6	11 20
911,5	15 23 30,368	3 19,8	18 22	15 51	14 32,6	15 11
912,5	15 27 26,926	3 23,7	18 36	15 51	15 34,3	18 00
913,5	15 31 23,487	3 27,7	18 51	15 51	16 36,7	19 34
914,5	15 35 20,048	3 31,6	19 05	15 51	17 38,5	19 47
915,5	15 39 16,610	3 35,6	19 18	15 50	18 38,1	18 44
916,5	15 43 13,170	3 39,6	19 32	15 50	19 34,8	16 37
917,5	15 47 09,727	3 43,6	19 45	15 50	20 28,1	13 41
918,5	15 51 06,282	3 47,5	19 58	15 50	21 18,4	10 11
919,5	15 55 02,836	3 51,5	20 10	15 50	22 06,2	6 20
920,5	15 58 59,387	3 55,6	20 22	15 49	22 52,2	- 2 18
921,5	16 02 55,938	3 59,6	20 34	15 49	23 37,3	+ 1 45
922,5	16 06 52,489	4 03,6	20 45	15 49	0 22,1	5 42
923,5	16 10 49,041	4 07,6	20 56	15 49	1 07,4	9 26
924,5	16 14 45,594	4 11,7	21 07	15 49	1 53,7	12 47
925,5	16 18 42,149	4 15,7	21 17	15 49	2 41,4	15 39
926,5	16 22 38,706	4 19,8	21 27	15 48	3 30,8	17 53
927,5	16 26 35,265	4 23,9	21 36	15 48	4 21,8	19 19
928,5	16 30 31,824	4 28,0	21 45	15 48	5 14,2	19 52
929,5	16 34 28,385	4 32,0	+21 54	15 48	6 07,4	+19 27

KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)									
DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Budapesten					A HOLD fény-változásai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	K	(23)	153	3 51	11 42	19 33	6 58	22 02	☾ 13 21
2	Sz		154	3 50	11 42	19 34	8 03	22 37	
3	Cs		155	3 50	11 43	19 35	9 11	23 09	
4	P		156	3 49	11 43	19 36	10 21	23 37	
5	Sz		157	3 49	11 43	19 37	11 33	—	
6	V	24	158	3 48	11 43	19 37	12 47	0 06	☉ 05 16
7	H		159	3 48	11 43	19 38	14 01	0 35	
8	K		160	3 47	11 43	19 39	15 17	1 07	
9	Sz		161	3 47	11 44	19 40	16 33	1 42	
10	Cs		162	3 47	11 44	19 40	17 47	2 24	
11	P	25	163	3 46	11 44	19 41	18 54	3 11	☾ 14 16
12	Sz		164	3 46	11 44	19 42	19 52	4 08	
13	V		165	3 46	11 44	19 42	20 41	5 11	
14	H		166	3 46	11 45	19 43	21 22	6 18	
15	K		167	3 46	11 45	19 43	21 55	7 26	
16	Sz		168	3 46	11 45	19 44	22 24	8 34	☾ 14 16
17	Cs		169	3 46	11 45	19 44	22 51	9 40	
18	P		170	3 46	11 45	19 44	23 16	10 43	
19	Sz		171	3 46	11 46	19 45	23 40	11 45	
20	V		172	3 46	11 46	19 45	—	12 47	
21	H	26	173	3 46	11 46	19 45	0 04	13 48	● 15 51
22	K		174	3 46	11 46	19 45	0 30	14 49	
23	Sz		175	3 47	11 46	19 45	0 59	15 47	
24	Cs		176	3 47	11 47	19 46	1 34	16 46	
25	P		177	3 47	11 47	19 46	2 13	17 42	
26	Sz	27	178	3 48	11 47	19 46	2 58	18 34	
27	V		179	3 48	11 47	19 46	3 50	19 21	
28	H		180	3 49	11 48	19 46	4 49	20 03	
29	K		181	3 49	11 48	19 45	5 53	20 40	
30	Sz		182	3 50	11 48	19 45	7 01	21 12	

Hold: 9-én 20^h-kor földközélnél
21-én 18^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2442...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...930,5	16 38 24,946	4 36,1	+22 02	15 48	7 00,9	+18 03
931,5	16 42 21,505	4 40,2	22 10	15 48	7 54,0	15 43
932,5	16 46 18,063	4 44,3	22 18	15 48	8 46,7	12 32
933,5	16 50 14,619	4 48,4	22 25	15 47	9 38,9	8 40
934,5	16 54 11,172	4 52,6	22 32	15 47	10 30,9	+ 4 16
935,5	16 58 07,724	4 56,7	22 39	15 47	11 23,4	— 0 25
936,5	17 02 04,276	5 00,8	22 45	15 47	12 16,9	5 11
937,5	17 06 00,829	5 04,9	22 50	15 47	13 12,1	9 44
938,5	17 09 57,384	5 09,1	22 55	15 47	14 09,5	13 46
939,5	17 13 53,942	5 13,2	23 00	15 47	15 09,1	16 58
940,5	17 17 50,503	5 17,3	23 05	15 47	16 10,4	19 04
941,5	17 21 47,066	5 21,5	23 09	15 47	17 12,2	19 52
942,5	17 25 43,629	5 25,6	23 12	15 46	18 13,1	19 22
943,5	17 29 40,191	5 29,8	23 16	15 46	19 11,9	17 41
944,5	17 33 36,751	5 33,9	23 18	15 46	20 07,6	15 01
945,5	17 37 33,309	5 38,1	23 21	15 46	21 00,2	11 39
946,5	17 41 29,864	5 42,3	23 23	15 46	21 49,9	7 50
947,5	17 45 26,418	5 46,4	23 24	15 46	22 37,4	— 3 47
948,5	17 49 22,970	5 50,6	23 25	15 46	23 23,3	+ 0 21
949,5	17 53 19,522	5 54,7	23 26	15 46	0 08,5	4 23
950,5	17 57 16,074	5 58,9	23 26	15 46	0 53,8	8 13
951,5	18 01 12,628	6 03,0	23 26	15 46	1 39,7	11 43
952,5	18 05 09,183	6 07,2	23 26	15 46	2 26,9	14 45
953,5	18 09 05,740	6 11,4	23 25	15 46	3 15,7	17 13
954,5	18 13 02,299	6 15,5	23 24	15 46	4 06,4	18 56
955,5	18 16 58,859	6 19,7	23 22	15 46	4 58,6	19 48
956,5	18 20 55,421	6 23,8	23 20	15 45	5 52,1	19 42
957,5	18 24 51,982	6 28,0	23 17	15 45	6 46,3	18 36
958,5	18 28 48,542	6 32,1	23 14	15 45	7 40,4	16 30
959,5	18 32 45,101	6 36,3	+23 11	15 45	8 34,1	+13 30

Föld: 21-én 07^h24^m-kor nyár kezdete (KözEI)

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)					A HOLD fény-változásai
				Budapest					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Cs	(27)	183	3 51	11 48	19 45	8 11	21 43	☾ 18 29
2	P		184	3 51	11 48	19 45	9 23	22 12	
3	Sz		185	3 52	11 48	19 44	10 35	22 40	
4	V		186	3 52	11 48	19 44	11 49	23 10	
5	H		187	3 53	11 49	19 44	13 03	23 42	
6	K		188	3 54	11 49	19 43	14 17	—	☉ 14 10
7	Sz		189	3 55	11 49	19 43	15 30	0 21	
8	Cs		190	3 55	11 49	19 42	16 38	1 05	
9	P		191	3 56	11 49	19 42	17 39	1 55	
10	Sz		192	3 57	11 49	19 41	18 32	2 54	
11	V	29	193	3 58	11 49	19 40	19 16	3 59	☉ 14 10
12	H		194	3 59	11 50	19 40	19 53	5 07	
13	K		195	4 00	11 50	19 39	20 25	6 15	
14	Sz		196	4 01	11 50	19 38	20 53	7 21	
15	Cs		197	4 02	11 50	19 38	21 18	8 28	
16	P	30	198	4 03	11 50	19 37	21 42	9 32	☾ 07 30
17	Sz		199	4 04	11 50	19 36	22 07	10 34	
18	V		200	4 05	11 50	19 35	22 33	11 35	
19	H		201	4 06	11 50	19 34	23 00	12 35	
20	K		202	4 07	11 50	19 33	23 32	13 35	
21	Sz		203	4 08	11 51	19 32	—	14 34	● 02 39
22	Cs		204	4 09	11 51	19 31	0 09	15 31	
23	P		205	4 11	11 51	19 30	0 52	16 24	
24	Sz		206	4 12	11 51	19 28	1 41	17 13	
25	V		207	4 13	11 51	19 27	2 37	17 59	
26	H	31	208	4 14	11 51	19 26	3 39	18 38	● 02 39
27	K		209	4 15	11 51	19 25	4 47	19 13	
28	Sz		210	4 17	11 51	19 24	5 58	19 45	
29	Cs		211	4 18	11 51	19 22	7 10	20 16	
30	P		212	4 19	11 51	19 21	8 24	20 45	
31	Sz		213	4 20	11 51	19 20	9 39	21 14	

Hold: 7-én 03^h-kor földközélen
19-én 12^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2442...	Csillagidő (λ-0 ^h -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...960,5	18 36 41,658	6 40,4	+23 07	15 45	9 27,0	+ 9 45
961,5	18 40 38,212	6 44,6	23 03	15 45	10 19,5	5 27
962,5	18 44 34,764	6 48,7	22 58	15 45	11 11,8	+ 0 49
963,5	18 48 31,316	6 52,8	22 53	15 45	12 04,5	- 3 54
964,5	18 52 27,869	6 56,9	22 48	15 45	12 58,3	8 27
965,5	18 56 24,423	7 01,0	22 42	15 45	13 53,7	12 34
966,5	19 00 20,979	7 05,1	22 36	15 45	14 51,0	15 58
967,5	19 04 17,539	7 09,2	22 29	15 45	15 50,1	18 24
968,5	19 08 14,101	7 13,3	22 22	15 45	16 50,2	19 40
969,5	19 12 10,663	7 17,4	22 15	15 45	17 50,5	19 42
970,5	19 16 07,225	7 21,5	22 07	15 45	18 49,5	18 30
971,5	19 20 03,786	7 25,6	21 59	15 46	19 46,3	16 14
972,5	19 24 00,344	7 29,6	21 51	15 46	20 40,3	13 08
973,5	19 27 56,900	7 33,7	21 42	15 46	21 31,6	9 28
974,5	19 31 53,453	7 37,7	21 32	15 46	22 20,6	5 27
975,5	19 35 50,005	7 41,8	21 23	15 46	23 07,6	- 1 17
976,5	19 39 46,556	7 45,8	21 13	15 46	23 53,6	+ 2 50
977,5	19 43 43,107	7 49,8	21 03	15 46	0 39,2	6 46
978,5	19 47 39,659	7 53,9	20 52	15 46	1 25,0	10 24
979,5	19 51 36,213	7 57,9	20 41	15 46	2 11,6	13 37
980,5	19 55 32,768	8 01,9	20 29	15 46	2 59,6	16 17
981,5	19 59 29,325	8 05,9	20 18	15 46	3 49,3	18 17
982,5	20 03 25,884	8 09,8	20 06	15 46	4 40,8	19 28
983,5	20 07 22,444	8 13,8	19 53	15 46	5 33,8	19 45
984,5	20 11 19,004	8 17,8	19 41	15 46	6 27,9	19 02
985,5	20 15 15,563	8 21,7	19 27	15 46	7 22,6	17 17
986,5	20 19 12,122	8 25,7	19 14	15 46	8 17,3	14 35
987,5	20 23 08,677	8 29,6	19 00	15 47	9 11,6	11 01
988,5	20 27 05,231	8 33,5	18 46	15 47	10 05,3	6 49
989,5	20 31 01,782	8 37,4	18 32	15 47	10 58,8	+ 2 11
990,5	20 34 58,332	8 41,3	+18 17	15 47	11 52,3	- 2 36

Föld: 3-án 04^h19^m-kor naptárvolban (KözEI)

I. AUGUSZTUS

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

Hold: 1-én 05^h-kor földközélen
16-án 07^h-kor földtávolban
28-án 03^h-kor földközélen

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2442...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
... 991,5	20 38 54,883	8 45,2	+ 18 03	15 47	12 46,4	— 7 14
992,3	20 42 51,435	8 49,1	17 47	15 47	13 41,5	11 29
993,5	20 46 47,989	8 53,0	17 32	15 47	14 38,0	15 03
994,5	20 50 44,546	8 56,8	17 16	15 47	15 35,8	17 42
995,5	20 54 41,105	9 00,7	17 00	15 48	16 34,5	19 17
996,5	20 58 37,665	9 04,5	16 44	15 48	17 33,4	19 40
997,5	21 02 34,225	9 08,3	16 27	15 48	18 31,5	18 53
998,5	21 06 30,784	9 12,1	16 10	15 48	19 28,0	17 02
999,5	21 10 27,341	9 15,9	15 53	15 48	20 22,3	14 17
43000,5	21 14 23,895	9 19,7	15 36	15 48	21 14,1	10 51
001,5	21 18 20,447	9 23,5	15 18	15 48	22 03,8	6 59
002,5	21 22 16,997	9 27,3	15 00	15 49	22 51,7	— 2 53
003,5	21 26 13,546	9 31,1	14 42	15 49	23 38,3	+ 1 15
004,5	21 30 10,095	9 34,8	14 24	15 49	0 24,2	5 16
005,5	21 34 06,645	9 38,6	14 05	15 49	1 10,1	9 01
006,5	21 38 03,196	9 42,3	13 46	15 49	1 56,5	12 23
007,5	21 41 59,748	9 46,1	13 27	15 49	2 43,8	15 14
008,5	21 45 56,302	9 49,8	13 08	15 50	3 32,5	17 27
009,5	21 49 52,858	9 53,5	12 48	15 50	4 22,8	18 55
010,5	21 53 49,415	9 57,2	12 29	15 50	5 14,5	19 33
011,5	21 57 45,973	10 00,9	12 09	15 50	6 07,6	19 14
012,5	22 01 42,530	10 04,6	11 49	15 50	7 01,7	17 56
013,5	22 05 39,087	10 08,3	11 29	15 51	7 56,3	15 39
014,5	22 09 35,641	10 12,0	11 08	15 51	8 51,0	12 26
015,5	22 13 32,193	10 15,7	10 48	15 51	9 45,7	8 26
016,5	22 17 28,743	10 19,3	10 27	15 51	10 40,4	+ 3 54
017,5	22 21 25,291	10 23,0	10 06	15 51	11 35,3	— 0 56
018,5	22 25 21,839	10 26,6	9 45	15 52	12 30,7	5 45
019,5	22 29 18,389	10 30,3	9 24	15 52	13 27,0	10 12
020,5	22 33 14,940	10 33,9	9 02	15 52	14 24,3	14 02
021,5	22 37 11,494	10 37,6	+ 8 41	15 52	15 22,6	— 16 57

I. SZEPTEMBER

KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)									
DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Budapest					A HOLD fény-változásai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Sz	(36)	245	5 02	11 44	18 25	13 24	22 43	☾ 04 35
2	Cs		246	5 04	11 44	18 23	14 21	23 40	
3	P		247	5 05	11 43	18 21	15 09	—	
4	Sz		248	5 07	11 43	18 19	15 50	0 43	
5	V		249	5 08	11 43	18 17	16 25	1 48	
6	H	37	250	5 09	11 42	18 15	16 56	2 54	☉ 13 53
7	K		251	5 11	11 42	18 13	17 23	3 59	
8	Sz		252	5 12	11 42	18 11	17 49	5 05	
9	Cs		253	5 13	11 42	18 09	18 13	6 08	
10	P		254	5 15	11 41	18 07	18 39	7 10	
11	Sz	38	255	5 16	11 41	18 05	19 06	8 11	
12	V		256	5 17	11 40	18 03	19 35	9 12	
13	H		257	5 18	11 40	18 01	20 07	10 11	
14	K		258	5 20	11 40	17 59	20 43	11 09	
15	Sz		259	5 21	11 39	17 57	21 26	12 03	
16	Cs	39	260	5 22	11 38	17 54	22 14	12 54	☾ 18 21
17	P		261	5 24	11 38	17 52	23 09	13 42	
18	Sz		262	5 25	11 38	17 50	—	14 24	
19	V		263	5 26	11 37	17 48	0 09	15 03	
20	H		264	5 28	11 37	17 46	1 16	15 39	
21	K	40	265	5 29	11 37	17 44	2 26	16 11	● 20 56
22	Sz		266	5 30	11 36	17 42	3 40	16 42	
23	Cs		267	5 32	11 36	17 40	4 56	17 13	
24	P		268	5 33	11 36	17 38	6 14	17 46	
25	Sz		269	5 34	11 35	17 36	7 33	18 22	
26	V	40	270	5 36	11 35	17 34	8 51	19 01	☾ 12 13
27	H		271	5 37	11 35	17 32	10 06	19 46	
28	K		272	5 39	11 35	17 30	11 14	20 38	
29	Sz		273	5 40	11 34	17 28	12 14	21 35	
30	Cs		274	5 41	11 34	17 26	13 06	22 37	

Hold: 13-án 00^h-kor földtrávolban
25-én 04^h-kor földközelen

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julian datum 2443...	Csillagidő (λ = 0 ^h -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...022,5	22 41 08,051	10 41,2	+ 8 19	15 52	16 21,5	-18 47
023,5	22 45 04,609	10 44,8	7 57	15 53	17 20,2	19 28
024,5	22 49 01,167	10 48,4	7 35	15 53	18 17,9	18 59
025,5	22 52 57,724	10 52,1	7 13	15 53	19 14,0	17 26
026,5	22 56 54,279	10 55,7	6 51	15 53	20 07,9	14 59
027,5	23 00 50,832	10 59,3	6 29	15 54	20 59,6	11 49
028,5	23 04 47,382	11 02,9	6 06	15 54	21 49,3	8 09
029,5	23 08 43,931	11 06,5	5 44	15 54	22 37,2	4 10
030,5	23 12 40,478	11 10,1	5 21	15 54	23 24,0	- 0 05
031,5	23 16 37,026	11 13,7	4 59	15 55	0 10,1	+ 3 56
032,5	23 20 33,573	11 17,3	4 36	15 55	0 56,0	7 45
033,5	23 24 30,122	11 20,9	4 13	15 55	1 42,3	11 14
034,5	23 28 26,672	11 24,4	3 50	15 55	2 29,3	14 13
035,5	23 32 23,224	11 28,0	3 27	15 56	3 17,4	16 37
036,5	23 36 19,777	11 31,6	3 04	15 56	4 06,7	18 19
037,5	23 40 16,332	11 35,2	2 41	15 56	4 57,2	19 14
038,5	23 44 12,888	11 38,8	2 18	15 56	5 48,8	19 15
039,5	23 48 09,444	11 42,4	1 54	15 57	6 41,4	18 21
040,5	23 52 05,999	11 46,0	1 31	15 57	7 34,7	16 30
041,5	23 56 02,553	11 49,6	1 08	15 57	8 28,4	13 43
042,5	23 59 59,105	11 53,1	0 45	15 57	9 22,5	10 07
043,5	0 03 55,655	11 56,7	+ 0 21	15 58	10 17,1	5 50
044,5	0 07 52,203	12 00,3	- 0 02	15 58	11 12,3	+ 1 06
045,5	0 11 48,749	12 03,9	0 26	15 58	12 08,4	- 3 47
046,5	0 15 45,297	12 07,5	0 49	15 58	13 05,8	8 30
047,5	0 19 41,847	12 11,1	1 12	15 59	14 04,6	12 41
048,5	0 23 38,400	12 14,7	1 36	15 59	15 04,5	16 00
049,5	0 27 34,955	12 18,3	1 59	15 59	16 05,0	18 13
050,5	0 31 31,512	12 21,9	2 22	16 00	17 05,3	19 14
051,5	0 35 28,070	12 25,6	- 2 46	16 00	18 04,3	-19 01

Föld: 22-én 22^h48^m-kor ősz kezdete (KözEI)

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik napja	Év hányadik hete	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)						A HOLD fény- változásai
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	P	(40)	275	5 43	11 34	17 24	13 50	23 42		
2	Sz		276	5 44	11 33	17 22	14 26			
3	V		277	5 45	11 33	17 20	14 58	0 47		
4	H	41	278	5 47	11 33	17 18	15 27	1 51		
5	K		279	5 48	11 32	17 16	15 52	2 56		
6	Sz		280	5 50	11 32	17 14	16 18	3 59		
7	Cs		281	5 51	11 32	17 12	16 42	5 01		
8	P		282	5 53	11 32	17 10	17 09	6 02	○ 05 56	
9	Sz		283	5 54	11 31	17 08	17 37	7 02		
10	V		284	5 56	11 31	17 06	18 08	8 02		
11	H	42	285	5 57	11 31	17 04	18 43	9 00		
12	K		286	5 58	11 30	17 02	19 23	9 55		
13	Sz		287	6 00	11 30	17 00	20 08	10 48		
14	Cs		288	6 01	11 30	16 58	21 00	11 37		
15	P		289	6 03	11 30	16 56	21 57	12 19		
16	Sz		290	6 04	11 30	16 55	22 58	12 58	☾ 09 59	
17	V		291	6 05	11 29	16 53	—	13 35		
18	H	43	292	6 07	11 29	16 51	0 05	14 07		
19	K		293	6 08	11 29	16 49	1 15	14 38		
20	Sz		294	6 10	11 29	16 47	2 29	15 09		
21	Cs		295	6 11	11 29	16 46	3 44	15 40		
22	P		296	6 13	11 29	16 44	5 03	16 14		
23	Sz		297	6 14	11 28	16 42	6 23	16 52	● 06 10	
24	V		298	6 16	11 28	16 40	7 40	17 36		
25	H	44	299	6 17	11 28	16 39	8 55	18 26		
26	K		300	6 18	11 28	16 37	10 02	19 24		
27	Sz		301	6 20	11 28	16 35	11 00	20 26		
28	Cs		302	6 21	11 28	16 34	11 47	21 31		
29	P		303	6 23	11 28	16 32	12 27	22 38	☾ 23 06	
30	Sz		304	6 24	11 28	16 30	13 01	23 45		
31	V		305	6 26	11 28	16 29	13 31	—		

Hold: 10-én 13^h-kor földtávolban
23-án 14^h-kor földközélen

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julian dátum 2443...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...052,5	0 39 24,627	12 29,2	— 3 09	16 00	19 01,2	—17 43
053,5	0 43 21,182	12 32,8	3 32	16 00	19 55,7	15 28
054,5	0 47 17,735	12 36,4	3 55	16 01	20 47,6	12 29
055,5	0 51 14,286	12 40,1	4 19	16 01	21 37,2	8 59
056,5	0 55 10,835	12 43,7	4 42	16 01	22 25,1	5 08
057,5	0 59 07,383	12 47,3	5 05	16 02	23 11,7	— 1 08
058,5	1 03 03,930	12 51,0	5 28	16 02	23 57,6	+ 2 52
059,5	1 07 00,477	12 54,6	5 51	16 02	0 43,3	6 43
060,5	1 10 57,026	12 58,3	6 14	16 02	1 29,4	10 16
061,5	1 14 53,576	13 02,0	6 36	16 03	2 16,3	13 23
062,5	1 18 50,128	13 05,7	6 59	16 03	3 04,0	15 56
063,5	1 22 46,681	13 09,3	7 22	16 03	3 52,9	17 50
064,5	1 26 43,236	13 13,0	7 44	16 03	4 42,7	18 57
065,5	1 30 39,792	13 16,7	8 07	16 04	5 33,5	19 14
066,5	1 34 36,348	13 20,5	8 29	16 04	6 24,9	18 37
067,5	1 38 32,904	13 24,2	8 51	16 04	7 16,7	17 07
068,5	1 42 29,459	13 27,9	9 13	16 05	8 08,8	14 44
069,5	1 46 26,013	13 31,7	9 35	16 05	9 01,2	11 32
070,5	1 50 22,564	13 35,4	9 57	16 05	9 54,0	7 38
071,5	1 54 19,113	13 39,2	10 18	16 05	10 47,7	+ 3 11
072,5	1 58 15,662	13 42,9	10 40	16 06	11 42,6	— 1 36
073,5	2 02 12,210	13 46,7	11 01	16 06	12 39,3	6 24
074,5	2 06 08,760	13 50,5	11 22	16 06	13 38,0	10 52
075,5	2 10 05,313	13 54,3	11 43	16 06	14 38,6	14 40
076,5	2 14 01,869	13 58,2	12 04	16 07	15 40,8	17 26
077,5	2 17 58,428	14 02,0	12 25	16 07	16 43,4	18 57
078,5	2 21 54,988	14 05,8	12 45	16 07	17 45,0	19 10
079,5	2 25 51,547	14 09,7	13 05	16 08	18 44,6	18 09
080,5	2 29 48,105	14 13,6	13 25	16 08	19 41,2	16 05
081,5	2 33 44,660	14 17,5	13 45	16 08	20 34,7	13 14
082,5	2 37 41,214	14 21,3	—14 05	16 08	21 25,4	— 9 49

KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)									
DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	Budapesten					A HOLD fény-változásai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
h m	h m	h m	h m	h m	h m				
1	H	45	306	6 28	11 28	16 27	13 56	0 49	
2	K		307	6 29	11 28	16 26	14 22	1 52	
3	Sz		308	6 31	11 28	16 24	14 46	2 53	
4	Cs		309	6 32	11 28	16 23	15 13	3 55	
5	P		310	6 34	11 28	16 21	15 40	4 55	
6	Sz		311	6 35	11 28	16 20	16 10	5 55	
7	V		312	6 37	11 28	16 18	16 43	6 54	○ 00 15
8	H	46	313	6 38	11 28	16 17	17 22	7 50	
9	K		314	6 40	11 28	16 15	18 06	8 44	
10	Sz		315	6 41	11 28	16 14	18 55	9 34	
11	Cs		316	6 43	11 28	16 13	19 50	10 18	
12	P		317	6 44	11 28	16 11	20 48	10 59	
13	Sz		318	6 46	11 28	16 10	21 52	11 34	
14	V		319	6 47	11 28	16 09	22 58	12 07	☾ 23 40
15	H	47	320	6 49	11 29	16 08	—	12 37	
16	K		321	6 50	11 29	16 07	0 07	13 07	
17	Sz		322	6 52	11 29	16 06	1 20	13 37	
18	Cs		323	6 53	11 29	16 05	2 34	14 08	
19	P		324	6 55	11 30	16 04	3 51	14 42	
20	Sz		325	6 56	11 30	16 03	5 09	15 22	
21	V		326	6 58	11 30	16 02	6 27	16 09	● 16 11
22	H	48	327	6 59	11 30	16 01	7 40	17 03	
23	K		328	7 00	11 30	16 00	8 43	18 06	
24	Sz		329	7 02	11 31	15 59	9 39	19 13	
25	Cs		330	7 03	11 31	15 59	10 24	20 22	
26	P		331	7 04	11 31	15 58	11 01	21 30	
27	Sz		332	7 06	11 32	15 57	11 33	22 37	
28	V		333	7 07	11 32	15 57	12 01	23 43	☾ 14 00
29	H	49	334	7 08	11 32	15 56	12 26	—	
30	K		335	7 10	11 33	15 56	12 51	0 45	

Hold: 6-án 16^h-kor földtávolban
21-én 02^h-kor földközélen

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2443 ...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...083,5	2 41 37,765	14 25,3	−14 24	16 09	22 13,7	− 6 02
084,5	2 45 34,315	14 29,2	14 43	16 09	23 00,5	− 2 04
085,5	2 49 30,864	14 33,1	15 02	16 09	23 46,3	+ 1 55
086,5	2 53 27,413	14 37,1	15 21	16 09	0 31,8	5 47
087,5	2 57 23,964	14 41,0	15 39	16 10	1 17,6	9 24
088,5	3 01 20,515	14 45,0	15 57	16 10	2 04,1	12 38
089,5	3 05 17,069	14 49,0	16 15	16 10	2 51,6	15 21
090,5	3 09 13,624	14 53,0	16 33	16 10	3 40,3	17 25
091,5	3 13 10,181	14 57,0	16 50	16 11	4 30,1	18 45
092,5	3 17 06,739	15 01,0	17 07	16 11	5 20,7	19 15
093,5	3 21 03,298	15 05,1	17 24	16 11	6 11,8	18 52
094,5	3 24 59,856	15 09,1	17 40	16 11	7 03,1	17 37
095,5	3 28 56,414	15 13,2	17 56	16 11	7 54,3	15 30
096,5	3 32 52,970	15 17,3	18 12	16 12	8 45,4	12 36
097,5	3 36 49,524	15 21,4	18 28	16 12	9 36,5	9 02
098,5	3 40 46,077	15 25,5	18 43	16 12	10 28,0	4 53
099,5	3 44 42,628	15 29,6	18 58	16 12	11 20,5	+ 0 22
100,5	3 48 39,178	15 33,8	19 12	16 12	12 14,6	− 4 19
101,5	3 52 35,730	15 37,9	19 26	16 13	13 10,9	8 52
102,5	3 56 32,284	15 42,1	19 40	16 13	14 09,8	12 59
103,5	4 00 28,841	15 46,3	19 54	16 13	15 11,2	16 16
104,5	4 04 25,401	15 50,5	20 07	16 13	16 14,4	18 26
105,5	4 08 21,964	15 54,7	20 19	16 13	17 18,0	19 16
106,5	4 12 18,527	15 58,9	20 32	16 14	18 20,4	18 45
107,5	4 16 15,088	16 03,2	20 44	16 14	19 20,2	17 02
108,5	4 20 11,648	16 07,4	20 55	16 14	20 16,8	14 22
109,5	4 24 08,205	16 11,7	21 07	16 14	21 09,9	11 01
110,5	4 28 04,759	16 16,0	21 17	16 14	22 00,1	7 14
111,5	4 32 01,312	16 20,3	21 28	16 15	22 48,0	− 3 14
112,5	4 35 57,864	16 24,6	−21 38	16 15	23 34,4	+ 0 48

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)						A HOLD fény-változásai
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(49)	336	7 11	11 33	15 55	13 16	1 47		
2	Cs		337	7 12	11 34	15 55	13 43	2 47		
3	P		338	7 13	11 34	15 54	14 12	3 47		
4	Sz		339	7 14	11 34	15 54	14 44	4 46		
5	V		340	7 15	11 35	15 54	15 21	5 44		
6	H	50	341	7 17	11 35	15 53	16 02	6 39	○ 19 15	
7	K		342	7 18	11 36	15 53	16 50	7 30		
8	Sz		343	7 19	11 36	15 53	17 44	8 18		
9	Cs		344	7 20	11 37	15 53	18 42	9 00		
10	P		345	7 21	11 37	15 53	19 44	9 37		
11	Sz		346	7 22	11 38	15 53	20 49	10 11		
12	V		347	7 22	11 38	15 53	21 56	10 42		
13	H	51	348	7 23	11 38	15 53	23 05	11 11		
14	K		349	7 24	11 39	15 53	—	11 39	☾ 11 15	
15	Sz		350	7 25	11 39	15 53	0 16	12 09		
16	Cs		351	7 26	11 40	15 54	1 29	12 40		
17	P		352	7 27	11 41	15 54	2 44	13 15		
18	Sz		353	7 27	11 41	15 54	4 00	13 56		
19	V		354	7 28	11 41	15 54	5 13	14 46		
20	H	52	355	7 28	11 42	15 55	6 22	15 43		
21	K		356	7 29	11 42	15 55	7 22	16 47	● 03 08	
22	Sz		357	7 29	11 42	15 55	8 13	17 57		
23	Cs		358	7 30	11 43	15 56	8 55	19 09		
24	P		359	7 30	11 44	15 57	9 32	20 19		
25	Sz		360	7 31	11 45	15 58	10 02	21 27		
26	V		361	7 31	11 45	15 58	10 30	22 32		
27	H	53	362	7 31	11 45	15 59	10 55	23 35		
28	K		363	7 32	11 46	16 00	11 21	—	☾ 08 48	
29	Sz		364	7 32	11 47	16 01	11 47	0 36		
30	Cs		365	7 32	11 47	16 01	12 14	1 37		
31	P		366	7 32	11 47	16 02	12 45	2 37		

Hold: 3-án 19^h-kor földtávolban
 19-én 12^h-kor földközelen
 31-én 10^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2443...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
...113,5	4 39 54,415	16 28,9	−21 47	16 15	0 20,1	+ 4 44
114,5	4 43 50,968	16 33,2	21 56	16 15	1 05,7	8 26
115,5	4 47 47,522	16 37,5	22 05	16 15	1 51,8	11 47
116,5	4 51 44,077	16 41,9	22 14	16 15	2 39,0	14 39
117,5	4 55 40,634	16 46,2	22 21	16 15	3 27,3	16 56
118,5	4 59 37,193	16 50,6	22 29	16 16	4 17,0	18 30
119,5	5 03 33,753	16 54,9	22 36	16 16	5 07,8	19 15
120,5	5 07 30,314	16 59,3	22 42	16 16	5 59,2	19 07
121,5	5 11 26,874	17 03,7	22 49	16 16	6 50,9	18 05
122,5	5 15 23,434	17 08,1	22 54	16 16	7 42,4	16 11
123,5	5 19 19,993	17 12,5	22 59	16 16	8 33,5	13 29
124,5	5 23 16,550	17 16,9	23 04	16 16	9 24,2	10 06
125,5	5 27 13,105	17 21,3	23 09	16 16	10 14,7	6 10
126,5	5 31 09,658	17 25,7	23 12	16 17	11 05,5	+ 1 51
127,5	5 35 06,210	17 30,1	23 16	16 17	11 57,3	− 2 40
128,5	5 39 02,763	17 34,6	23 19	16 17	12 50,8	7 09
129,5	5 42 59,318	17 39,0	23 21	16 17	13 46,5	11 20
130,5	5 46 55,875	17 43,4	23 23	16 17	14 44,9	14 54
131,5	5 50 52,435	17 47,9	23 25	16 17	15 45,9	17 34
132,5	5 54 48,998	17 52,3	23 26	16 17	16 48,6	19 03
133,5	5 58 45,562	17 56,7	23 26	16 17	17 51,6	19 12
134,5	6 02 42,126	18 01,2	23 26	16 17	18 53,5	18 03
135,5	6 06 38,688	18 05,6	23 26	16 17	19 52,8	15 45
136,5	6 10 35,247	18 10,1	23 25	16 17	20 48,8	12 36
137,5	6 14 31,804	18 14,5	23 24	16 17	21 41,7	8 53
138,5	6 18 28,358	18 18,9	23 22	16 17	22 31,8	4 51
139,5	6 22 24,911	18 23,4	23 20	16 17	23 19,7	− 0 43
140,5	6 26 21,464	18 27,8	23 17	16 17	0 06,3	+ 3 20
141,5	6 30 18,016	18 32,3	23 14	16 17	0 52,3	7 10
142,5	6 34 14,570	18 36,7	23 10	16 17	1 38,5	10 40
143,5	6 38 11,126	18 41,1	−23 06	16 18	2 25,2	+13 43

Föld: 21-én 18^h36^m-kor tél kezdete (KözEI)

II. A NAP forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának héliografikus koordinátái (0^h világidőkr)

Dátum	P	B ₀	L ₀	Dátum	P	B ₀	L ₀
		°	°		°	°	°
I. 5	+0,5	-3,4	95,9	VII. 3	-1,7	+3,1	240,2
10	-1,9	4,0	30,1	8	+0,5	3,7	174,0
15	4,3	4,5	324,3	13	2,8	4,2	107,8
20	6,6	5,0	258,4	18	5,0	4,7	41,7
25	8,9	5,4	192,6	23	7,2	5,1	335,5
30	11,0	5,8	126,8	28	9,3	5,5	269,4
II. 4	13,1	6,2	60,9	VIII. 2	11,3	5,9	203,2
9	15,0	6,5	355,1	7	13,2	6,2	137,1
14	16,8	6,8	289,3	12	15,0	6,5	71,0
19	18,5	7,0	223,4	17	16,7	6,8	4,9
24	20,0	7,1	157,6	22	18,3	7,0	298,8
29	21,4	7,2	91,7	27	19,8	7,1	232,8
III. 5	22,6	7,3	25,8	IX. 1	21,1	7,2	166,7
10	23,6	7,2	320,0	6	22,3	7,3	100,7
15	24,5	7,2	254,1	11	23,4	7,2	34,7
20	25,2	7,0	188,2	16	24,3	7,2	328,6
25	25,8	6,9	122,2	21	25,0	7,1	262,3
30	26,1	6,6	56,3	26	25,6	6,9	196,6
IV. 4	26,3	6,3	350,3	X. 1	26,0	6,7	130,7
9	26,3	6,0	284,3	6	26,3	6,4	64,7
14	26,1	5,7	218,3	11	26,3	6,1	358,7
19	25,8	5,2	152,3	16	26,2	5,8	292,8
24	25,2	4,8	86,3	21	25,9	5,4	226,8
29	24,5	4,3	20,2	26	25,4	4,9	160,9
V. 4	23,6	3,8	314,1	31	24,7	4,4	95,0
9	22,5	3,3	248,0	XI. 5	23,8	3,9	29,0
14	21,2	2,7	181,9	10	22,7	3,4	323,1
19	19,8	2,2	115,8	15	21,4	2,8	257,2
24	18,2	1,6	49,6	20	19,9	2,2	191,3
29	16,5	1,0	343,5	25	18,3	1,6	125,4
VI. 3	14,7	-0,4	277,3	30	16,5	1,0	59,5
8	12,7	+0,2	211,1	XII. 5	14,5	+0,3	353,6
13	10,6	0,8	144,9	10	12,4	-0,3	287,7
18	8,5	1,4	78,7	15	10,2	1,0	221,8
23	6,3	2,0	12,6	20	7,8	1,6	156,0
28	-4,0	+2,6	306,4	25	5,5	2,2	90,1
				30	+3,1	-2,8	24,2

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

III. A HOLDKORONG sugara (0^h világidőkor)

	' "		' "		' "
I.	1 15 43	V.	3 15 03	IX.	3 15 46
	4 15 13		6 15 33		6 15 21
	7 14 50		9 16 11		9 14 59
	10 14 49		12 16 37		12 14 45
	13 15 12		15 16 25		15 14 49
	16 15 48		18 15 43		18 15 16
	19 16 14		21 15 03		21 16 00
	22 16 15		24 14 45		24 16 33
	25 15 58		27 14 48		27 16 28
	28 15 36		30 15 04		30 15 55
	31 15 13	VI.	2 15 28	X.	3 15 21
II.	3 14 52		5 15 56		6 14 57
	6 14 45		8 16 21		9 14 44
	9 15 01		11 16 23		12 14 45
	12 15 39		14 15 55		15 15 03
	15 16 19		17 15 16		18 15 42
	18 16 31		20 14 50		21 16 27
	21 16 10		23 14 48		24 16 43
	24 15 37		26 15 06		27 16 15
	27 15 10		29 15 32		30 15 31
III.	1 14 51	VII.	2 15 54	XI.	2 14 59
	4 14 43		5 16 09		5 14 44
	7 14 52		8 16 12		8 14 44
	10 15 22		11 15 56		11 14 56
	13 16 08		14 15 24		14 15 25
	16 16 41		17 14 56		17 16 07
	19 16 30		20 14 48		20 16 40
	22 15 50		23 15 04		23 16 33
	25 15 13		26 15 34		26 15 50
	28 14 50		29 16 01		29 15 08
	31 14 42	VIII.	1 16 11	XII.	2 14 46
IV.	3 14 47		4 16 05		5 14 44
	6 15 09		7 15 49		8 14 56
	9 15 48		10 15 24		11 15 18
	12 16 31		13 14 59		14 15 48
	15 16 43		16 14 47		17 16 21
	18 16 11		19 14 57		20 16 33
	21 15 26		22 15 29		23 16 07
	24 14 54		25 16 07		26 15 23
	27 14 42		28 16 23		29 14 52
	30 14 47		31 16 11		

Merkur

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° '	''	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	19 59,6	-22 27	2,94	1,14	-0,6	8 49	13 06	17 23
6	20 26,1	20 23	3,28	1,02	-0,4	8 43	13 12	17 40
11	20 43,1	18 14	3,77	0,89	0,0	8 28	13 07	17 47
16	20 44,2	16 38	4,39	0,76	+0,9	7 59	12 47	17 35
21	20 26,9	16 14	4,92	0,68	2,1	7 19	12 08	16 58
26	20 00,9	16 55	5,03	0,66	2,2	6 37	11 23	16 09
31	19 42,8	18 00	4,73	0,71	1,2	6 06	10 47	15 28
II. 5	19 39,2	18 58	4,28	0,78	0,7	5 49	10 25	15 01
10	19 48,0	19 35	3,86	0,87	0,4	5 42	10 15	14 47
15	20 05,1	19 44	3,51	0,95	0,3	5 41	10 13	14 44
20	20 27,4	19 23	3,25	1,03	0,2	5 42	10 16	14 49
25	20 53,1	18 30	3,04	1,10	0,1	5 44	10 22	15 00
III. 1	21 20,9	17 05	2,87	1,16	+0,1	5 45	10 30	15 16
6	21 50,2	15 07	2,74	1,22	0,0	5 45	10 40	15 35
11	22 20,6	12 39	2,64	1,27	-0,2	5 44	10 51	15 58
16	22 52,0	9 39	2,56	1,31	0,4	5 42	11 03	16 23
21	23 24,5	6 08	2,50	1,33	0,7	5 39	11 15	16 52
26	23 58,3	-2 10	2,47	1,35	1,1	5 36	11 30	17 24
31	0 33,5	+2 13	2,48	1,35	1,5	5 32	11 45	17 59
IV. 5	1 10,3	6 52	2,53	1,32	1,6	5 29	12 03	18 36
10	1 48,1	11 30	2,66	1,26	1,4	5 26	12 21	19 16
15	2 25,1	15 43	2,87	1,16	1,0	5 23	12 38	19 53
20	2 59,1	19 08	3,18	1,05	-0,5	5 19	12 52	20 25
25	3 27,6	21 30	3,60	0,92	+0,1	5 14	13 00	20 46
30	3 48,9	22 49	4,12	0,81	0,7	5 07	13 00	20 54
V. 5	4 01,7	23 07	4,71	0,71	1,2	4 57	12 53	20 48
10	4 05,5	22 29	5,30	0,63	1,9	4 44	12 36	20 27
15	4 01,2	21 03	5,79	0,58	2,6	4 28	12 11	19 55
20	3 51,7	19 07	6,05	0,55	3,3	4 09	11 42	19 15
25	3 41,6	17 11	6,00	0,56	2,8	3 50	11 12	18 35
30	3 35,2	15 47	5,69	0,59	2,1	3 31	10 47	18 02
VI. 4	3 34,9	15 13	5,21	0,64	1,6	3 15	10 27	17 40
9	3 41,6	15 32	4,69	0,71	1,3	3 01	10 15	17 29
14	3 55,2	16 36	4,18	0,80	0,8	2 50	10 9	17 29
19	4 15,4	18 11	3,73	0,90	+0,4	2 43	10 10	17 38
24	4 42,1	20 01	3,34	1,00	0,0	2 40	10 18	17 56
29	5 15,3	+21 49	3,02	1,11	-0,5	2 44	10 32	18 20

látható bolygók adatai

Merkur

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° '	''	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
VII. 4	5 54,9	+23 13	2,77	1,20	−1,0	2 57	10 53	18 49
9	6 39,5	23 49	2,61	1,28	1,4	3 18	11 18	19 18
14	7 26,3	23 20	2,52	1,33	1,8	3 49	11 45	19 42
19	8 11,9	21 45	2,50	1,34	1,5	4 24	12 11	19 58
24	8 54,0	19 19	2,53	1,32	1,0	4 59	12 33	20 07
29	9 31,8	16 18	2,60	1,28	0,6	5 32	12 51	20 09
VIII. 3	10 05,6	12 59	2,71	1,23	−0,3	6 02	13 04	20 06
8	10 35,6	9 31	2,84	1,18	0,0	6 28	13 14	20 00
13	11 02,3	6 05	3,00	1,11	+0,1	6 51	13 21	19 51
18	11 25,9	+2 45	3,19	1,05	0,3	7 09	13 24	19 40
23	11 46,6	−0 20	3,42	0,98	0,4	7 23	13 25	19 27
28	12 03,3	3 03	3,70	0,90	0,5	7 31	13 22	19 12
IX. 2	12 15,7	5 13	4,03	0,83	0,7	7 33	13 14	18 54
7	12 22,1	6 35	4,41	0,76	1,0	7 25	12 59	18 34
12	12 20,4	6 44	4,82	0,69	1,3	7 03	12 37	18 11
17	12 09,6	5 18	5,13	0,65	2,0	6 26	12 06	17 46
22	11 52,6	−2 22	5,14	0,65	2,7	5 36	11 29	17 22
27	11 38,1	+0 56	4,75	0,70	1,8	4 48	10 56	17 03
X. 2	11 35,5	2 56	4,13	0,81	+0,6	4 19	10 35	16 51
7	11 47,3	2 52	3,53	0,95	−0,1	4 12	10 28	16 44
12	12 09,9	+1 00	3,08	1,08	0,6	4 24	10 32	16 40
17	12 38,1	−1 07	2,78	1,20	0,9	4 46	10 41	16 36
22	13 08,5	5 23	2,58	1,30	0,9	5 12	10 51	16 31
27	13 39,5	8 54	2,45	1,36	0,9	5 39	11 03	16 27
XI. 1	14 10,5	12 18	2,37	1,41	0,9	6 06	11 14	16 23
6	14 41,9	15 26	2,33	1,43	0,9	6 32	11 26	16 19
11	15 13,4	18 15	2,31	1,45	0,8	6 58	11 38	16 17
16	15 45,3	20 41	2,32	1,44	0,7	7 23	11 50	16 17
21	16 17,8	22 42	2,34	1,42	0,6	7 47	12 03	16 18
26	16 50,8	24 15	2,40	1,39	0,5	8 10	12 16	16 23
XII. 1	17 24,1	25 16	2,48	1,35	0,5	8 29	12 30	16 30
6	17 57,4	25 43	2,60	1,28	0,5	8 46	12 43	16 41
11	18 29,9	25 35	2,78	1,20	0,5	8 57	12 56	16 54
16	18 59,9	24 50	3,03	1,10	0,4	9 03	13 06	17 09
21	19 24,7	23 35	3,38	0,99	−0,3	9 00	13 10	17 21
26	19 39,3	22 03	3,88	0,86	+0,1	8 44	13 03	17 23
31	19 36,8	−20 40	4,48	0,75	+1,0	8 12	12 39	17 06

Vénusz

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° '	''	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	15 50,7	—17 52	7,75	1,09	—3,6	4 15	8 56	13 38
6	16 15,5	19 10	7,52	1,12	3,6	4 26	9 01	13 36
11	16 40,7	20 16	7,31	1,15	3,5	4 38	9 07	13 36
16	17 06,3	21 10	7,11	1,18	3,5	4 49	9 13	13 37
21	17 32,4	21 48	6,93	1,21	3,5	4 58	9 19	13 40
26	17 58,6	22 12	6,76	1,24	3,5	5 07	9 26	13 44
31	18 25,1	22 19	6,60	1,27	3,5	5 15	9 32	13 50
II. 5	18 51,6	22 10	6,45	1,30	3,4	5 21	9 39	13 58
10	19 18,0	21 45	6,32	1,33	3,4	5 25	9 46	14 07
15	19 44,3	21 03	6,19	1,36	3,4	5 28	9 52	14 17
20	20 10,3	20 06	6,07	1,39	3,4	5 29	9 59	14 29
25	20 35,9	18 54	5,96	1,41	3,4	5 28	10 05	14 41
III. 1	21 01,2	17 29	5,85	1,44	3,4	5 27	10 10	14 54
6	21 26,0	15 51	5,76	1,46	3,3	5 24	10 15	15 07
11	21 50,4	14 02	5,66	1,48	3,3	5 19	10 20	15 20
16	22 14,4	12 03	5,58	1,51	3,3	5 14	10 24	15 34
21	22 38,0	9 56	5,50	1,53	3,3	5 08	10 28	15 47
26	23 01,3	7 42	5,42	1,55	3,3	5 02	10 31	16 01
31	23 24,3	5 23	5,36	1,57	3,3	4 55	10 35	16 15
IV. 5	23 47,1	3 01	5,29	1,59	3,3	4 48	10 38	16 28
10	0 09,8	—0 35	5,23	1,61	3,3	4 40	10 41	16 42
15	0 32,4	+1 51	5,18	1,62	3,3	4 32	10 44	16 55
20	0 55,0	4 16	5,13	1,64	3,3	4 24	10 47	17 09
25	1 17,8	6 39	5,08	1,66	3,3	4 17	10 50	17 22
30	1 40,8	8 59	5,04	1,67	3,3	4 10	10 53	17 36
V. 5	2 04,1	11 14	5,00	1,68	3,3	4 03	10 57	17 50
10	2 27,7	13 23	4,97	1,69	3,4	3 57	11 00	18 04
15	2 51,6	15 23	4,94	1,70	3,4	3 51	11 05	18 18
20	3 16,1	17 15	4,91	1,71	3,4	3 46	11 10	18 33
25	3 40,9	18 55	4,89	1,72	3,4	3 43	11 15	18 47
30	4 06,3	20 22	4,87	1,73	3,4	3 41	11 20	19 00
VI. 4	4 32,1	21 36	4,86	1,73	3,4	3 40	11 27	19 13
9	4 58,3	22 35	4,85	1,73	3,5	3 41	11 33	19 25
14	5 24,8	23 17	4,85	1,74	3,5	3 44	11 40	19 36
19	5 51,5	23 43	4,84	1,74	3,5	3 48	11 47	19 46
24	6 18,4	23 51	4,85	1,73	3,5	3 54	11 54	19 54
29	6 45,2	+23 42	4,86	1,73	—3,5	4 02	12 01	20 00

látható bolygók adatai

Vénusz

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	°	''	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
VII. 4	7 12,0	+23 15	4,87	1,73	−3,4	4 12	12 08	20 04
9	7 38,5	22 31	4,88	1,72	3,4	4 23	12 15	20 07
14	8 04,7	21 30	4,90	1,72	3,4	4 36	12 22	20 07
19	8 30,4	20 14	4,93	1,71	3,4	4 49	12 28	20 06
24	8 55,7	18 44	4,96	1,70	3,4	5 02	12 33	20 04
29	9 20,6	17 00	4,99	1,69	3,4	5 16	12 38	20 00
VIII. 3	9 44,9	15 05	5,03	1,67	3,4	5 31	12 43	19 55
8	10 08,8	13 00	5,07	1,66	3,4	5 45	12 47	19 49
13	10 32,2	10 46	5,11	1,64	3,3	5 59	12 51	19 42
18	10 55,3	8 25	5,17	1,63	3,3	6 13	12 54	19 35
23	11 18,0	5 59	5,22	1,61	3,3	6 27	12 57	19 27
28	11 40,6	3 28	5,28	1,59	3,3	6 41	13 00	19 18
IX. 2	12 03,0	+0 55	5,35	1,57	3,3	6 55	13 02	19 10
7	12 25,3	−1 40	5,42	1,55	3,3	7 09	13 05	19 01
12	12 47,7	4 14	5,50	1,53	3,3	7 23	13 08	18 53
17	13 10,1	6 46	5,58	1,51	3,3	7 37	13 10	18 44
22	13 32,8	9 15	5,67	1,48	3,3	7 51	13 13	18 36
27	13 55,8	11 38	5,77	1,46	3,3	8 05	13 17	18 28
X. 2	14 19,1	13 56	5,87	1,43	3,3	8 19	13 20	18 21
7	14 42,8	16 05	5,98	1,41	3,4	8 34	13 24	18 15
12	15 07,0	18 05	6,09	1,38	3,4	8 49	13 29	18 09
17	15 31,7	19 53	6,22	1,35	3,4	9 03	13 34	18 05
22	15 56,9	21 28	6,35	1,32	3,4	9 17	13 39	18 02
27	16 22,5	22 49	6,49	1,30	3,4	9 31	13 45	18 00
XI. 1	16 48,6	23 54	6,65	1,27	3,4	9 43	13 52	18 01
6	17 15,0	24 43	6,81	1,24	3,5	9 55	13 59	18 02
11	17 41,6	25 14	6,98	1,20	3,5	10 05	14 06	18 06
16	18 08,3	25 26	7,17	1,17	3,5	10 13	14 13	18 12
21	18 34,9	25 20	7,37	1,14	3,5	10 19	14 19	18 19
26	19 01,4	24 56	7,58	1,11	3,6	10 24	14 26	18 29
XII. 1	19 27,5	24 13	7,82	1,08	3,6	10 26	14 32	18 39
6	19 53,1	23 14	8,07	1,04	3,6	10 26	14 38	18 51
11	20 18,1	21 59	8,34	1,01	3,7	10 24	14 43	19 03
16	20 42,4	20 29	8,63	0,97	3,7	10 20	14 48	19 16
21	21 06,0	18 46	8,95	0,94	3,7	10 15	14 52	19 29
26	21 28,9	16 52	9,30	0,90	3,8	10 08	14 55	19 41
31	21 51,0	14 47	9,69	0,87	−3,8	10 00	14 57	19 54

Mars

Dátum	0 ^h világidőkor					Közél-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ' "	" "	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	5 03,8	+25 57	7,55	0,62	-1,1	13 51	22 04	6 21
11	4 55,0	25 47	6,94	0,67	0,9	13 05	21 17	5 33
21	4 52,1	25 39	6,30	0,74	0,5	12 24	20 35	4 50
31	4 54,9	25 37	5,68	0,82	-0,2	11 48	19 59	4 14
II. 10	5 02,6	25 40	5,13	0,91	0,0	11 16	19 27	3 43
20	5 14,1	25 45	4,65	1,01	+0,3	10 48	19 00	3 16
III. 1	5 28,7	25 49	4,24	1,10	0,5	10 23	18 35	2 52
11	5 45,8	25 50	3,89	1,20	0,7	10 01	18 13	2 30
21	6 04,6	25 44	3,60	1,30	0,9	9 41	17 53	2 09
31	6 27,3	25 27	3,32	1,41	1,1	9 23	17 32	1 46
IV. 10	6 46,8	25 03	3,12	1,50	1,2	9 09	17 16	1 28
20	7 09,1	24 26	2,94	1,59	1,3	8 56	16 59	1 07
30	7 31,9	23 36	2,77	1,69	1,5	8 44	16 43	0 45
V. 10	7 55,1	22 32	2,63	1,78	1,6	8 35	16 26	0 23
20	8 18,5	21 17	2,51	1,86	1,7	8 26	16 10	23 55
30	8 41,9	19 48	2,41	1,94	1,7	8 18	15 54	23 31
VI. 9	9 05,2	18 08	2,32	2,02	1,8	8 11	15 38	23 06
19	9 28,5	16 16	2,24	2,09	1,8	8 04	15 22	22 40
29	9 51,6	14 15	2,17	2,16	1,9	7 58	15 06	22 14
VII. 9	10 14,6	12 04	2,11	2,22	1,9	7 52	14 49	21 47
19	10 37,6	9 45	2,05	2,28	1,9	7 46	14 33	21 20
29	11 00,5	7 20	2,01	2,33	1,9	7 41	14 17	20 52
VIII. 8	11 23,6	4 49	1,97	2,37	1,9	7 35	14 00	20 25
18	11 46,5	+2 14	1,94	2,41	1,9	7 31	13 44	19 57
28	12 09,8	-0 24	1,91	2,45	1,9	7 26	13 28	19 29
IX. 7	12 33,6	3 02	1,89	2,47	1,9	7 22	13 12	19 02
17	12 57,6	5 41	1,88	2,50	1,9	7 18	12 57	18 35
27	13 22,0	8 17	1,86	2,51	1,9	7 15	12 42	18 09
X. 7	13 47,2	10 49	1,85	2,52	1,8	7 12	12 28	17 43
17	14 13,1	13 15	1,85	2,53	1,8	7 10	12 14	17 18
27	14 39,9	15 32	1,85	2,53	1,8	7 08	12 02	16 55
XI. 6	15 07,7	17 39	1,85	2,52	1,7	7 07	11 50	16 32
16	15 36,4	19 32	1,86	2,52	1,7	7 06	11 39	16 12
26	16 06,1	21 08	1,87	2,50	1,6	7 05	11 30	15 54
XII. 6	16 36,7	22 26	1,88	2,49	1,6	7 04	11 21	15 38
16	17 08,2	23 23	1,90	2,46	1,6	7 01	11 13	15 25
26	17 40,3	23 56	1,92	2,44	1,6	6 57	11 06	15 14
I. 5	18 13,0	-24 04	1,94	2,41	+1,6	6 51	10 59	15 07

látható bolygók adatai

Jupiter

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látászó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ' "	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	0 59,2	+4 55	19,31	4,76	-2,1	11 36	18 01	0 31
11	1 02,6	5 18	18,68	4,92	2,0	10 59	17 25	23 52
21	1 06,7	5 47	18,10	5,08	1,9	10 21	16 50	23 19
31	1 11,9	6 21	17,57	5,23	1,9	9 45	16 16	22 48
II. 10	1 17,9	7 00	17,09	5,38	1,8	9 09	15 43	22 17
20	1 24,7	7 43	16,68	5,51	1,7	8 33	15 10	21 48
III. 1	1 32,1	8 29	16,32	5,63	1,7	7 58	14 39	21 20
11	1 40,0	9 16	16,03	5,73	1,7	7 23	14 07	20 52
21	1 48,6	10 05	15,79	5,82	1,6	6 48	13 36	20 25
31	1 57,1	10 54	15,60	5,89	1,6	6 13	13 06	19 58
IV. 10	2 06,1	11 44	15,47	5,94	1,6	5 39	12 35	19 31
20	2 15,2	12 32	15,40	5,97	1,6	5 05	12 05	19 05
30	2 24,5	13 19	15,37	5,98	1,6	4 31	11 35	18 38
V. 10	2 33,8	14 05	15,40	5,97	1,6	3 58	11 05	18 12
20	2 43,1	14 49	15,48	5,94	1,6	3 24	10 35	17 46
30	2 52,2	15 30	15,60	5,89	1,6	2 50	10 05	17 19
VI. 9	3 01,2	16 08	15,78	5,82	1,6	2 17	9 34	16 52
19	3 09,9	16 43	16,02	5,74	1,7	1 43	9 03	16 24
29	3 18,2	17 15	16,30	5,64	1,7	1 09	8 32	15 55
VII. 9	3 26,0	17 44	16,64	5,52	1,7	0 35	8 01	15 26
19	3 33,2	18 09	17,03	5,40	1,8	23 56	7 29	14 56
29	3 39,7	18 30	17,47	5,26	1,8	23 22	6 56	14 25
VIII. 8	3 45,6	18 48	17,97	5,11	1,9	22 47	6 22	13 53
18	3 50,1	19 02	18,51	4,96	2,0	22 11	5 47	13 20
28	3 53,7	19 11	19,10	4,81	2,0	21 34	5 12	12 45
IX. 7	3 56,1	19 17	19,71	4,66	2,1	20 57	4 35	12 08
17	3 57,2	19 19	20,34	4,52	2,2	20 18	3 56	11 30
27	3 56,9	19 17	20,96	4,38	2,2	19 39	3 17	10 51
X. 7	3 55,2	19 11	21,55	4,27	2,3	18 58	2 36	10 09
17	3 52,2	19 02	22,06	4,17	2,3	18 17	1 54	9 26
27	3 48,1	18 49	22,47	4,09	2,4	17 35	1 10	8 41
XI. 6	3 43,1	18 33	22,74	4,04	2,4	16 52	0 26	7 56
16	3 37,7	18 15	22,84	4,02	2,4	16 08	23 37	7 09
26	3 32,1	17 57	22,77	4,04	2,4	15 25	22 52	6 23
XII. 6	3 26,8	17 41	22,53	4,08	2,4	14 42	22 07	5 37
16	3 22,6	17 26	22,13	4,15	2,3	14 00	21 24	4 52
26	3 19,0	17 16	21,62	4,25	2,3	13 18	20 41	4 08
I. 5	3 16,8	+17 10	21,02	4,37	-2,2	12 37	20 00	3 26

IV. A szabad szemmel látható bolygók adatai

Szaturnusz

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m	° ′	″	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	8 13,4	+20 10	9,16	8,14	0,0	17 35	1 18	8 57
11	8 10,2	20 22	9,21	8,10	−0,1	16 52	0 36	8 15
21	8 06,8	20 33	9,22	8,09	0,1	16 08	0 07	7 34
31	8 03,4	20 44	9,20	8,10	−0,1	15 24	23 06	6 52
II. 10	8 00,2	20 54	9,15	8,15	0,0	14 41	22 23	6 10
20	7 57,4	21 03	9,06	8,23	0,0	13 58	21 41	5 29
III. 1	7 55,1	21 10	8,94	8,34	+0,1	13 16	21 00	4 48
11	7 53,5	21 15	8,81	8,46	0,2	12 34	20 19	4 08
21	7 52,6	21 18	8,67	8,60	0,2	11 54	19 39	3 28
31	7 52,4	21 19	8,51	8,76	0,3	11 15	18 59	2 49
IV. 10	7 53,1	21 18	8,36	8,92	0,3	10 36	18 21	2 10
20	7 54,5	21 15	8,20	9,09	0,4	9 58	17 43	1 32
30	7 56,6	21 10	8,06	9,25	0,4	9 22	17 06	0 54
V. 10	7 59,3	21 03	7,92	9,41	0,4	8 46	16 29	0 17
20	8 02,7	20 54	7,80	9,56	0,5	8 11	15 53	23 36
30	8 06,5	20 43	7,69	9,70	0,5	7 36	15 18	22 59
VI. 9	8 10,8	20 30	7,59	9,82	0,5	7 02	14 43	22 23
19	8 15,4	20 16	7,52	9,92	0,5	6 29	14 08	21 47
29	8 20,3	20 01	7,45	10,00	0,5	5 56	13 34	21 11
VII. 9	8 24,4	19 48	7,42	10,05	0,5	5 23	12 59	20 36
19	8 30,7	19 27	7,38	10,10	0,5	4 51	12 25	20 00
29	8 36,0	19 09	7,37	10,12	0,5	4 18	11 51	19 24
VIII. 8	8 41,3	18 50	7,38	10,11	0,5	3 46	11 17	18 49
18	8 46,5	18 31	7,40	10,07	0,5	3 13	10 43	18 13
28	8 51,5	18 12	7,45	10,02	0,6	2 41	10 09	17 37
IX. 7	8 56,3	17 54	7,51	9,94	0,6	2 08	9 34	17 01
17	9 00,8	17 36	7,58	9,84	0,6	1 35	8 59	16 24
27	9 05,0	17 20	7,67	9,72	0,6	1 01	8 24	15 48
X. 7	9 08,7	17 05	7,78	9,58	0,6	0 26	7 49	15 11
17	9 11,9	16 53	7,90	9,43	0,6	23 47	7 12	14 34
27	9 14,5	16 43	8,04	9,28	0,6	23 11	6 36	13 56
XI. 6	9 16,5	16 36	8,18	9,11	0,6	22 34	5 58	13 18
16	9 17,7	16 32	8,33	8,95	0,5	21 57	5 20	12 40
26	9 18,3	16 31	8,49	8,79	0,5	21 18	4 41	12 01
XII. 6	9 18,1	16 34	8,64	8,63	0,4	20 38	4 02	11 21
16	9 17,2	16 40	8,78	8,49	0,4	19 57	3 22	10 42
26	9 15,5	16 49	8,91	8,37	0,3	19 16	2 41	10 02
I. 5	9 13,3	+17 01	9,01	8,27	+0,2	18 33	1 59	9 21

IVa. Az Uránusz és a Neptunusz adatai

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyugszik
	h m			cs. e.	magn.	h m	h m	h m
<i>Uránusz</i>								
I. 1	14 16,9	—13 11	1,81	18,93	+5,9	2 16	7 21	12 25
31	14 19,6	13 25	1,86	18,43	5,8	0 22	5 25	10 29
III. 1	14 19,2	13 22	1,91	17,95	5,8	22 19	3 27	8 31
31	14 16,0	13 05	1,95	17,61	5,7	20 17	1 26	6 31
IV. 30	14 11,2	12 41	1,96	17,52	5,7	18 12	23 19	4 30
V. 30	14 06,8	12 18	1,94	17,68	5,7	16 08	21 17	2 30
VI. 29	14 04,2	12 05	1,90	18,06	5,8	14 07	19 16	0 30
VII. 29	14 04,5	12 08	1,85	18,56	5,8	12 09	17 19	22 28
VIII. 28	14 07,6	12 25	1,80	19,03	5,9	10 16	15 24	20 32
IX. 27	14 13,2	12 55	1,77	19,39	5,9	8 26	13 32	18 37
X. 27	14 20,2	13 31	1,75	19,54	5,9	6 38	11 41	16 43
XI. 26	14 27,4	14 07	1,76	19,44	5,9	4 50	9 50	14 50
XII. 26	14 33,4	14 36	1,79	19,12	5,9	3 00	7 58	12 55
I. 25	14 37,2	—14 53	1,84	18,65	+5,9	1 07	6 04	11 00
<i>Neptunusz</i>								
I. 1	16 45,1	—20 49	1,17	31,17	+7,8	5 23	9 48	14 14
31	16 48,9	20 55	1,19	30,82	7,8	3 29	7 54	12 20
III. 1	16 51,0	20 57	1,21	30,34	7,8	1 33	5 58	10 24
31	16 51,0	20 56	1,23	29,84	7,7	23 31	4 00	8 26
IV. 30	16 49,1	20 52	1,24	29,45	7,7	21 31	2 01	6 26
V. 30	16 45,9	20 46	1,25	29,28	7,7	19 29	0 01	4 26
VI. 29	16 42,6	20 40	1,24	29,37	7,7	17 27	21 54	2 25
VII. 29	16 40,2	20 37	1,23	29,69	7,7	15 27	19 54	0 25
VIII. 28	16 39,5	20 37	1,21	30,16	7,7	13 28	17 55	22 22
IX. 27	16 40,8	20 41	1,19	30,66	7,8	11 32	15 59	20 25
X. 27	16 44,0	20 49	1,18	31,06	7,8	9 38	14 04	18 30
XI. 26	16 48,4	20 57	1,17	31,26	7,8	7 45	12 10	16 36
XII. 26	16 53,2	21 05	1,17	31,21	7,8	5 53	10 17	14 42
I. 25	16 57,3	—21 11	1,18	30,92	+7,8	3 59	8 23	12 47

V. A bolygók heliocentrikus

DÁTUM		MERKUR		VÉNUSZ		FÖLD	
		λ	β	λ	β	λ	β
		°	°	°	°	°	0,001°-ban
I.	3	2,9	−5,0	180,0	+3,3	101,4	−3
	13	58,8	+1,4	196,2	+2,9	111,6	−3
	23	120,7	+6,7	212,3	+2,4	121,7	−3
II.	2	170,8	+5,9	228,3	+1,6	131,9	−2
	12	207,8	+2,4	244,2	+0,7	142,0	−2
	22	237,7	−1,2	260,1	−0,2	152,1	−1
III.	3	265,3	−4,3	276,0	−1,2	162,2	−1
	13	294,2	−6,4	291,8	−2,0	172,2	0
	23	328,4	−6,9	307,6	−2,7	182,1	+1
IV.	2	13,1	−4,0	323,4	−3,1	192,0	+1
	12	71,6	+2,8	339,2	−3,4	201,8	+2
	22	132,1	+7,0	355,1	−3,4	211,6	+2
V.	2	179,2	+5,3	11,0	−3,1	221,4	+3
	12	214,3	+1,6	27,0	−2,6	231,0	+3
	22	243,4	−1,9	43,0	−1,9	240,7	+3
VI.	1	271,0	−4,8	59,0	−1,0	250,3	+3
	11	300,6	−6,7	75,1	−0,1	259,8	+4
	21	336,4	−6,6	91,3	+0,9	269,4	+4
VII.	1	23,9	−2,8	107,4	+1,8	278,9	+3
	11	84,4	+4,2	123,7	+2,5	288,5	+3
	21	142,9	+7,0	139,9	+3,0	298,0	+3
	31	187,1	+4,6	156,2	+3,3	307,5	+3
VIII.	10	220,5	+0,9	172,4	+3,4	317,1	+2
	20	249,0	−2,6	188,6	+3,1	326,7	+2
	30	276,7	−5,3	204,7	+2,7	336,4	+1
IX.	9	307,2	−6,9	220,8	+2,0	346,1	0
	19	344,9	−6,2	236,7	+1,1	355,8	0
	29	35,4	−1,5	252,7	+0,2	5,6	−1
X.	9	97,1	+5,3	268,5	−0,7	15,5	−1
	19	153,1	+6,8	284,3	−1,6	25,4	−2
	29	194,5	+3,9	300,1	−2,4	35,3	−2
XI.	8	226,5	+0,2	316,0	−2,9	45,3	−3
	18	254,6	−3,2	331,8	−3,3	55,4	−3
	28	282,6	−5,7	347,7	−3,4	65,5	−3
XII.	8	314,1	−7,0	3,5	−3,2	75,7	−3
	18	354,0	−5,7	19,5	−2,8	85,8	−4
	28	47,4	−0,0	35,5	−2,2	96,0	−3

λ : ekliptikai hosszúság;

β : ekliptikai szélesség

ekliptikai koordinátái (0^h világidőkor)

DÁTUM		MARS		JUPITER		SZATURNUSZ	
		λ	β	λ	β	λ	β
		°	°	°	°	°	°
I.	3	91,7	+1,3	26,7	−1,3	118,5	+0,2
	13	96,6	+1,4	27,6	−1,2	118,9	+0,2
	23	101,3	+1,5	28,6	−1,2	119,2	+0,3
II.	2	106,0	+1,5	29,5	−1,2	119,6	+0,3
	12	110,7	+1,6	30,4	−1,2	120,0	+0,3
	22	115,3	+1,7	31,3	−1,2	120,3	+0,3
III.	3	119,9	+1,7	32,2	−1,2	120,7	+0,3
	13	124,4	+1,8	33,1	−1,2	121,1	+0,3
	23	128,8	+1,8	34,0	−1,2	121,5	+0,4
IV.	2	133,3	+1,8	34,9	−1,2	121,8	+0,4
	12	137,7	+1,8	35,9	−1,2	122,2	+0,4
	22	142,1	+1,8	36,8	−1,2	122,6	+0,4
V.	2	146,5	+1,8	37,7	−1,2	122,9	+0,4
	12	150,9	+1,8	38,6	−1,1	123,3	+0,4
	22	155,2	+1,8	39,5	−1,1	123,7	+0,5
VI.	1	159,6	+1,7	40,4	−1,1	124,0	+0,5
	11	164,0	+1,7	41,3	−1,1	124,4	+0,5
	21	168,4	+1,6	42,2	−1,1	124,8	+0,5
VII.	1	172,8	+1,5	43,1	−1,1	125,1	+0,5
	11	177,2	+1,5	44,0	−1,1	125,5	+0,5
	21	181,6	+1,4	44,9	−1,1	125,9	+0,5
	31	186,1	+1,3	45,8	−1,1	126,2	+0,6
VIII.	10	190,6	+1,2	46,7	−1,0	126,6	+0,6
	20	195,2	+1,0	47,6	−1,0	127,0	+0,6
	30	199,8	+0,9	48,5	−1,0	127,3	+0,6
IX.	9	204,4	+0,8	49,4	−1,0	127,7	+0,6
	19	209,1	+0,6	50,3	−1,0	128,1	+0,6
	29	213,9	+0,5	51,2	−1,0	128,4	+0,7
X.	9	218,7	+0,3	52,1	−1,0	128,8	+0,7
	19	223,6	+0,2	53,0	−1,0	129,2	+0,7
	29	228,6	+0,0	53,9	−0,9	129,5	+0,7
XI.	8	233,7	−0,1	54,8	−0,9	129,9	+0,7
	18	238,9	−0,3	55,7	−0,9	130,3	+0,7
	28	244,1	−0,5	56,6	−0,9	130,6	+0,7
XII.	8	249,4	−0,6	57,5	−0,9	131,0	+0,8
	18	254,9	−0,8	58,4	−0,9	131,4	+0,8
	28	260,4	−1,0	59,3	−0,9	131,7	+0,8

Via. A Jupiter-holdak helyzetei (KözEI-ben)

Nap	Január		Február	
	A holdak a bolygó		A holdak a bolygó	
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán
	18 ^h		19 ^h	
1	.4	.1.23.	.4 3. .21.	
2	1. .4	2.	.4 .3	1. .2
3	3. 2.	1. .4	.4 .1.3	2.
4	.3 .1.2	.4	2..4	1. .3
5	.3	1. 2. .4	..12	.4 3.
6	2.	.3 .4		32.. .4
7	.2 1.	.3 4.	32..	.1 .4
8		.1.2 3. 4.	3. .21.	.4
9	1.	3. 2. 4.	.3	..12 4.
10	3.2.	4..1	.31.	2. 4.
11	.3 .14..2		2.	1. .3 4.
12	4. .3	1. .2	..12	4. .3
13	4. .1	.3		41..23..
14	4. 2.	.3	4.	
15	.4	.1.2 3.	4. 3. .21.	
16	.4 1.	3.2.	4. .3	.2.1
17	.4 3.2.	.1	4. .3.1	2.
18	3. .4..12		.4 2.	.31.
19	.3	.41. .2	.4 ..21	.3
20	.1	.32. .4	.4	1. .2 3.
21	.2	1. .3 .4	.4	32..
22		3. .4	3..21.	.4
23	1.	3.2. 4.	.3	.1 .4
24	3.2.	.1 4.	.31.	2. .4
25	3. 1..2	4.	2.	.31. .4
26	.3	1. .2 4.	..12	.3 4.
27	.1.3	2.4.		1. .2 3. 4.
28	2.4.	1. .3	.1	2.3. 4.
29	4. .1	3.	2.3.	4.
30	4. 1.	3.2.		
31	4. 3.2.	.1		

Vib. A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Dátum	h m		Hold	Jelenség	Dátum	d m		Hold	Jelenség
I. 2	19 36 22 32	v k	3 3	e a	II. 5	19 29 20 13	k k	2 1	m m
4	19 17 22 01 22 05	k v k	2 2 2	m m f	6	19 40 20 51	v v	1 1	e a
5	20 37 21 58 22 49	k k v	1 1 1	e a e	7	18 05 18 47 19 11 21 05	v k v v	1 3 2 3	f a a a
6	17 55 19 29 21 26	k v v	1 2 1	m a f	13	19 28 20 37 21 40	k k v	1 1 1	e a e
7	18 38	v	1	a	14	19 15 19 38 20 00 20 45	k v v v	2 2 1 3	a e f e
13	19 02 19 30 19 33 19 50 22 05	v v k k v	3 2 2 1 2	f e a m a	21	18 42 19 46	k k	1 2	m e
14	18 23 19 15 20 34	k v v	1 1 1	a e a	22	18 11 19 12	v v	1 1	e a
15	17 50	v	1	f	23	19 18	v	2	f
20	17 52 19 32 20 42 21 47 22 09 22 09	v k k k v k	3 2 3 1 2 2	m e f m e a	25	19 11	v	3	f
21	19 00 20 19 21 12 22 30	k k v v	1 1 1 1	e a e a	28	20 43	k	1	m
22	19 22 19 45	v v	2 1	f f	29	18 57 20 12	k v	1 1	a e
27	19 21 22 04 22 13	k v k	3 3 2	m m e	<i>k</i> vagy <i>v</i> betű azt mutatja, hogy a szomszédos oszlop időadata a jelenség kezdetére, ill. végére vonatkozik-e. A többi betű: <i>f</i> = fogyatkozás van (a Jupiter-hold fogyatkozásban van, tehát a Jupiter árnyékkúpjába került), <i>m</i> = a hold a Jupiter korongja mögött (Földünkről nem látszik), <i>e</i> = a hold a Jupiter korongja előtt (a hold látszólagosan a bolygó korongján van), <i>a</i> = a hold „fekete” árnyéka vetítődik a Jupiter korongjára (a Jupiteren teljes napfogyatkozás van).				
28	20 59 22 16	k k	1 1	e a					
29	18 15 21 41 22 01	k v v	1 1 2	m f f					
30	17 41 18 55	v v	1 1	e a					

Via. A Jupiter-holdak helyzetei (KözEI-ben)

Nap	Július			Augusztus		
	A holdak a bolygó			A holdak a bolygó		
	nyugati oldalán		keleti oldalán	nyugati oldalán		keleti oldalán
	2 ^h			0 ^h		
1	4.	3.	1.	2..34.		
2	.4	.3	.12.	4. 1.	.2.3	
3	.4	.32.1.		4.	.12. .3	
4	.4	.2	.31.	4. 2.1.	3.	
5	.4	.1	.2 .3	.4 .2	3.1.	
6	.4	1. 3.	.4	.4 3. .1	.2	
7	.2.1	3..4		..43	2.1.	
8	3.	.2 .4		.32..4		
9	3.	.12. .4		1.	...243	
10	.32.1.	.4			.12. .4.3	
11	.2	.1 4.		21..	3. .4	
12	.1	.2 .3 4.		.2	3.1. .4	
13		2.1. 43..		3. .1	.2 .4	
14	.2 .1	4.3.		3.	2.1. 4.	
15	43..	1..2		.32. .1	4.	
16	43..	2.			4.	
17	4. .3 2.1.				4..12..3	
18	4. .2	.1		4.21..	3.	
19	.4 1.	.2.3		4. .2	.13.	
20	.4	2.1. 3.		4. 3..1	.2	
21	.4 .2 .1	3.		4. 3.	21..	
22	.43.	1.		.4 .32. .1		
23	3.	.4 2.		.4 .3	1.	
24	.3 2.1.	.4		.4	.12..3	
25	.2.3	.1 .4		.412..	3.	
26	1.	.2.3 .4		.2	..413.	
27		2..1 3. .4		1.3.	.2 .4	
28	2. .1	3. 4.		3.	1.2. .4	
29	.2	1. 4.		.32. .1	.4	
30	3. .1	.24.		..32	1. 4.	
31	.3	4.			.3.2 4.	

Vlb. A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Dátum	h	m		Hold	Jelenség	Dátum	h	m		Hold	Jelenség
VII. 6	1	32	k	2	e	VIII. 1	0	44	v	1	m
	1	56	v	2	a	4	23	20	k	3	a
7	2	34	k	1	f	5	1	29	v	3	a
8	2	03	v	1	a	7	1	42	v	2	a
11	1	58	k	3	m		1	53	k	2	e
13	1	58	k	2	a		1	58	k	1	a
15	1	48	k	1	a		3	17	k	1	e
	1	49	v	2	m	8	2	40	v	1	m
	2	58	k	1	e		23	53	v	1	e
16	2	19	v	1	m	12	3	21	k	3	a
18	1	21	k	3	f	14	1	45	k	2	a
23	0	51	k	1	f	15	1	02	k	1	f
24	0	19	v	1	a		23	03	k	3	m
	1	32	v	1	e		23	04	v	2	f
29	0	37	k	3	e		23	18	k	2	m
	2	08	k	2	f		23	41	k	1	e
	2	39	v	3	e	16	0	28	v	1	a
30	2	45	k	1	f		1	02	v	3	m
31	0	04	k	1	a		1	45	v	2	m
	1	21	k	1	e		1	48	v	1	e
	1	43	v	2	e		23	05	v	1	m
	2	12	v	1	a	22	2	56	k	1	f
							23	07	k	2	f
							23	32	v	3	f
						23	0	14	k	1	a
							1	35	k	1	e
							1	38	v	2	f
							1	53	k	2	m
							2	21	v	1	a
							3	06	k	3	m
							3	42	v	1	e
						24	22	10	v	1	e
							23	01	v	2	e
						30	1	24	k	3	f
							1	41	k	2	f
							2	07	k	1	a
							3	28	k	1	e
							3	33	v	3	f
							23	19	k	1	f
						31	2	52	v	1	m
							22	43	v	1	a
							22	52	v	2	a
							23	06	k	2	e

Via. A Jupiter-holdak helyzetei (KözEI-bcn)

Nap	Szeptember		Október	
	A holdak a bolygó		A holdak a bolygó	
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán
	22 ^h		20 ^h	
1	2•	•1 43••	3•	•2 •4
2	1•4•	•2	3•	2• 4•
3	3•4•	•12•	•3 •2	•1 4•
4	4••3 2••1		1••3	•2 4•
5	4• ••23	1•		41••2••3
6	4• ••1	•3•2	•124••	3•
7	•4	1•2• •3	4• •2	1• 3•
8	•4 2•	3•	4• •13•	•2
9	•4 1•	3•	4• 3•	2•
10	3• •4	•12•	•4 •3 2•	•1
11	•3 12••	•4	•4 1••3	
12	•3•2	1• •4	•4	•1•32•
13	•1	•3•2 •4	•41•2•	•3
14		1•2• •3 •4	•2	•41•3•
15	2• •1	3• 4•	•1	•2 •4
16		3• 4•	3•	1•2• •4
17	3•	•1 2• 4•	•3 2•	•4
18	3• 1•2•	4•	1••3	4•
19	•3•24•	1•		•1•32• 4•
20	4• •1	•3•2	1•2•	•34•
21	4•	1•2• •3	•2	1• 4•3•
22	4• 2• •1	3•	•1	3•4• •2
23	•4 •2	3•	3• 4•	1•2•
24	•4 3•	•1 2•	4• •3 2• •1	
25	•43• 1•		4• •3•21•	
26	•••342	•1	4•	•1•32•
27	1• ••43	•2	•4 1•	•3
28		1•2••4•3	•4 •2	1• 3•
29	2• •1	•3•4	•4 •1	3••2
30	•2	1• 3• •4	3• •4	1•2•
31			•3 2• •1	•4

Vlb. A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Dátum	h m		Hold	Jelenség	Dátum	h m		Hold	Jelenség
IX. 1	0 03	v	1	e	X. 2	20 05	k	2	a
	1 36	v	2	e		20 16	v	1	e
2	22 50	v	3	e		22 16	k	2	e
7	22 29	k	1	a		22 39	v	2	a
	22 55	k	2	a	4	21 25	k	3	f
	23 48	k	1	e		23 35	v	3	f
8	0 37	v	1	a	5	1 46	k	3	m
	1 29	v	2	a		3 33	v	3	m
	1 54	v	1	e	8	21 47	k	1	f
9	22 37	v	2	m	9	0 56	v	1	m
10	0 48	k	3	e		19 56	k	1	e
	2 39	v	3	e		21 08	v	1	a
15	0 23	k	1	a		22 03	v	1	e
	1 32	k	2	a		22 42	k	2	a
	1 38	k	1	e	10	0 38	k	2	e
	2 30	v	1	a	11	21 22	v	2	m
	3 45	v	1	e	12	1 26	k	3	f
	4 06	v	2	a		3 36	v	3	f
	4 10	k	2	e	15	20 38	v	3	e
16	22 12	v	1	e	17	21 08	v	1	m
	22 37	v	2	f	18	19 41	k	2	f
	22 38	k	2	m		23 39	v	2	m
	23 20	k	3	a	22	19 20	k	3	a
17	1 04	v	2	m		21 31	v	3	a
	1 29	v	3	a		22 15	k	3	e
22	2 16	k	1	a	23	0 01	v	3	e
	3 27	k	1	e		22 47	k	1	a
	23 30	k	1	f		23 26	k	1	e
23	2 53	v	1	m	24	0 56	v	1	a
	21 55	k	1	e		1 34	v	1	e
	22 41	k	2	f		20 05	k	1	f
	22 52	v	1	a		22 53	v	1	m
24	0 01	v	1	e	25	19 25	v	1	a
	3 20	k	3	a		20 00	v	1	e
	3 29	v	2	m		22 16	k	2	f
	21 20	v	1	m	27	19 49	v	2	a
25	22 20	v	2	e		20 53	v	2	e
27	22 12	k	3	m	29	23 20	k	3	a
28	0 00	v	3	m	30	1 31	v	3	a
30	1 24	k	1	f		1 34	k	3	e
	22 38	k	1	a		2 20	v	3	e
	23 43	k	1	e	31	22 00	k	1	f

Vla. A Jupiter-holdak helyzetei (KözEI-ben)

Nap	November		December	
	A holdak a bolygó		A holdak a bolygó	
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán
	18 ^h		18 ^h	
1	•3•2	1• •4	•4	1•2••3
2		•3 •2 •4	2••4•1	•3
3	1•	2• •3 •4	•21•	•4 3•
4	•2	•1 3• 4•		•1•2•4
5	1•	•2 3• 4•	3• 1•	2• •4
6	3•	1•2• 4•	•3 •2	1• •4
7	3• 2••1	4•	•3•1	•2 4•
8	•3•24•	1•		1••32• 4•
9	4• •1	•2	2••1	34•
10	4• 1•	2• •3	•2	4•3•
11	4• 2•	•1 3•	4•	3••1•2
12	4• 1•	3•	43•• 1•	2•
13	•4 3•	1•2•	4• •3 •2	•1
14	•4 3• •12•		4• •3 •1	•2
15	•3•4•2	1•	4•	•31•2•
16	•••431	•2	•4 2••1	•3
17		2••4•3	•4 •2	1• 3•
18	2•	•1 •3•4	•4	3• •2
19	1••2	3• •4	3• 1••4	2•
20	3•	•1•2 •4•	•3 2•	•1•4
21	3• •12•	4•	•3•1	•4
22	•3 •2	1• 4•		1•2• •4
23	••31	•2 4•	2••1	•3 •4
24		142••• •3	•2	1• 3• 4•
25	2•4•	3•		3••2 4•
26	4• 1••2	3•	3• 1•	2• 4•
27	4• 3•	•1•2	3• 2•	4••1
28	4• 3• •1		•314•••2	
29	•4 •3 •2	1•	4•	1•2•
30	•4 ••31	•2	4• •12•	•3
31			4• •2	1• 3•

Vib. A Jupiter-holdak jelenségei (KözEI-ben)

Dátum	h m		Hold	Jelenség	Dátum	h m		Hold	Jelenség	
XI. 1	0 37	v	1	m	XII. 1	20 56	k	1	e	
	19 10	k	1	a		21 16	k	1	a	
	19 36	k	1	e		2	18 15	k	1	m
	21 19	v	1	a		20 47	v	1	f	
	21 44	v	1	e	3	17 30	v	1	e	
2	19 03	v	1	m		17 55	v	1	a	
3	19 52	k	2	a	4	17 48	k	3	e	
	20 41	k	2	e		19 24	k	3	a	
	22 46	v	2	a		19 45	v	3	e	
8	21 04	k	1	a	5	18 45	k	2	e	
	21 20	k	1	e		19 39	k	2	a	
	23 13	v	1	a		21 15	v	2	e	
	23 28	v	1	e	8	22 40	k	1	e	
9	20 24	v	3	m	9	19 59	k	1	m	
	20 47	v	1	m		22 43	v	1	f	
10	22 29	k	2	a	10	17 40	k	1	a	
	22 55	k	2	e		19 15	v	1	e	
11	1 03	v	2	a		19 50	v	1	a	
	1 24	v	2	e	11	21 06	k	3	e	
12	19 30	v	2	m		12	21 02	k	2	e
15	22 58	k	1	a	22 16	k	2	a		
	23 03	k	1	e	14	17 58	v	2	f	
16	1 08	v	1	a	16	21 45	k	1	m	
	1 11	v	1	e	17	18 52	k	1	e	
	20 18	k	1	f	19 35	k	1	a		
	21 29	k	3	f	21 01	v	1	e		
	22 31	v	1	m	21 45	v	1	a		
23 41	v	3	f	18	19 07	v	1	f		
17	19 37	v	1	e	21	21 35	v	2	f	
	19 37	v	1	a	22	17 35	k	3	f	
19	19 17	k	2	m	19 49	v	3	f		
	21 51	v	2	f	24	20 39	k	1	e	
23	22 05	k	1	m		21 30	k	1	a	
24	19 12	k	1	e		22 48	v	1	e	
	19 22	k	1	a	25	21 02	v	1	f	
	21 20	v	1	e	26	18 09	v	1	a	
	21 31	v	1	a	28	19 46	k	2	m	
26	21 30	k	2	m	29	17 45	k	3	m	
27	0 27	v	2	f	19 53	v	3	m		
28	19 00	v	2	e	21 36	k	3	f	f	
	19 35	v	2	a	23 51	v	3	f		
30	23 49	k	1	m	30	19 20	v	2	a	

VII. A MARS és a JUPITER centrálmeridiánjának planetografikus

0 ^h világidőkor		MARS	JUPITER		SZATURNUSZ	
					a	b
		°	I. °	II. °	''	''
Január	4	37	289	171	46,18	16,42
	8	1	200	51	46,28	16,54
	12	325	111	292	46,36	16,65
	16	289	21	172	46,40	16,75
	20	252	292	52	46,42	16,85
	24	216	203	292	46,41	16,93
Február	28	179	114	173	46,37	17,00
	1	142	24	53	46,29	17,05
	5	105	295	293	46,20	17,10
	9	68	206	173	46,07	17,13
	13	31	116	53	45,92	17,14
	17	353	27	293	45,74	17,14
Március	21	316	297	173	45,55	17,13
	25	278	208	53	45,33	17,11
	29	241	119	293	45,09	17,07
	4	203	29	173	44,84	17,02
	8	165	300	53	44,57	16,95
	12	127	210	293	44,29	16,88
Április	16	89	121	173	44,00	16,79
	20	51	31	53	43,70	16,69
	24	13	302	293	43,39	16,59
	28	335	212	173	43,08	16,48
	1	296	123	54	42,77	16,35
	5	258	34	294	42,45	16,23
Május	9	220	304	174	42,14	16,09
	13	182	215	54	41,83	15,96
	17	143	125	294	41,52	15,81
	21	105	36	174	41,22	15,67
	25	66	306	54	40,92	15,52
	29	28	217	294	40,63	15,37
Június	3	349	128	174	40,35	15,21
	7	311	38	54	40,07	15,06
	11	272	309	294	39,81	14,90
	15	234	220	175	39,55	14,75
	19	195	131	55	39,31	14,59
	23	156	41	295	39,08	14,44
	27	118	312	175	38,86	14,28
	31	79	223	56	38,65	14,13
	4	40	134	296	38,45	13,98
	8	1	44	176	38,27	13,83
	12	323	315	57	38,10	13,68
	16	284	226	297	37,94	13,53
	20	245	137	177	37,80	13,39
	24	206	48	58	37,66	13,25
	28	167	319	298	37,55	13,11

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

hosszúsága és adatok a SZATURNUSZ gyűrűjére vonatkozólag

0 ^h világidőkor		MARS	JUPITER		SZATURNUSZ <i>a</i> <i>b</i>	
			I.	II.		
Július	2	128	230	179	37,44	12,97
	6	89	141	59	37,35	12,84
	10	50	52	300	37,28	12,71
	14	11	323	181	37,21	12,58
	18	332	235	61	37,17	12,45
	22	293	146	302	37,13	12,33
	26	253	57	183	37,11	12,22
	30	214	328	63	37,10	12,10
	3	175	240	304	37,11	11,99
	7	136	151	185	37,13	11,88
Augusztus	11	96	62	66	37,17	11,78
	15	57	334	307	37,22	11,68
	19	18	245	188	37,28	11,59
	23	339	157	69	37,36	11,50
	27	299	69	310	37,45	11,42
	31	260	340	191	37,56	11,34
	4	221	252	72	37,68	11,26
	8	181	164	313	37,81	11,19
	12	142	75	195	37,96	11,13
	16	103	347	76	38,12	11,07
Szeptember	20	64	259	317	38,29	11,02
	24	24	171	199	38,48	10,97
	28	345	83	80	38,68	10,93
	2	306	355	321	38,89	10,90
	6	267	267	203	39,11	10,87
	10	227	179	84	39,35	10,86
	14	188	91	326	39,59	10,84
	18	149	3	208	39,85	10,84
	22	110	275	89	40,12	10,85
	26	71	187	331	40,39	10,86
Október	30	32	100	213	40,68	10,88
	3	352	12	94	40,97	10,91
	7	313	284	336	41,27	10,95
	11	274	196	218	41,57	11,00
	15	235	108	99	41,87	11,05
	19	196	20	341	42,18	11,12
	23	157	293	222	42,49	11,19
	27	118	205	104	42,80	11,28
	1	79	117	345	43,10	11,37
	5	40	29	227	43,41	11,47
November	9	1	301	108	43,70	11,57
	13	322	213	350	43,99	11,69
	17	283	124	231	44,26	11,81
	21	243	36	112	44,52	11,93
	25	204	308	354	44,77	12,06
	29	165	219	235	45,00	12,19

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

VIII. Bolygókorongok megvilágítási adatai

Dátum		MERKUR		VÉNUSZ		MARS	
		K	I	K	I	K	I
		%	°	%	°	%	°
I.	1	78	57	73	62	99	14
	11	43	99	76	58	97	21
	21	4	159	79	54	95	26
	31	16	131	82	50	93	30
II.	10	46	94	84	46	92	33
III.	20	64	72	87	42	91	35
	1	77	57	88	39	90	36
	11	86	43	90	36	90	37
	21	94	28	92	32	90	37
	31	100	11	94	29	90	37
IV.	10	91	30	95	26	90	37
	20	65	73	96	22	91	36
	30	28	118	97	18	91	35
V.	10	9	142	98	15	91	34
	20	3	174	99	11	92	33
VI.	30	8	149	100	7	93	31
	9	24	121	100	3	93	30
	19	45	96	100	1	94	28
	29	70	68	100	4	95	27
VII.	9	94	27	99	8	95	26
VIII.	19	99	14	99	13	96	24
	29	89	39	98	16	96	22
	8	75	61	97	20	97	21
	18	65	73	96	24	97	18
	28	51	89	94	28	98	17
IX.	7	30	112	92	32	98	15
	17	7	151	91	35	99	13
	27	8	150	89	39	99	11
X.	7	49	91	87	42	99	9
	17	84	46	85	46	100	7
XI.	27	97	19	82	50	100	6
	6	100	2	80	53	100	4
	16	99	11	76	57	100	4
	26	96	23	74	61	100	0
XII.	6	89	38	71	65	100	2
	16	74	61	68	69	100	4
	26	39	102	64	73	100	6

K: a bolygó korongjának a Nap által megvilágított hányada

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

IX. Holdfogyatkozások 1976 és 2000 között

Fogyatkozás közepének dátuma	Típus	Fogyatkozás nagysága	Totalitás időtartama	Fogyatkozás közepén Hold a zenitben áll	
				λ	φ
			m	°	°
1976. V. 13	részleges	0,14		+ 62	-18
1977. IV. 4	részleges	0,21		- 64	- 6
1978. III. 24	teljes	1,46	90	+115	- 2
1978. IX. 16	teljes	1,33	82	+ 73	- 3
1979. III. 13	részleges	0,89		+ 45	+ 3
1979. IX. 6	teljes	1,12	52	-164	- 7
1981. VII. 17	részleges	0,58		- 71	-21
1982. I. 9	teljes	1,35	84	+ 63	+22
1982. VII. 6	teljes	1,72	102	-112	-23
1982. XII. 30	teljes	1,20	66	-171	+23
1983. VI. 25	részleges	0,34		-126	-23
1985. V. 4	teljes	1,23	70	+ 60	-16
1985. X. 28	teljes	1,08	42	+ 90	+13
1986. IV. 24	teljes	1,22	68	+168	-13
1986. X. 17	teljes	1,27	74	+ 67	+10
1987. X. 7	részleges	0,01		- 63	+ 5
1988. VIII. 27	részleges	0,30		-166	-10
1989. II. 20	teljes	1,28	76	+129	+11
1989. VIII. 17	teljes	1,60	98	- 45	-14
1990. II. 9	teljes	1,09	46	+ 76	+14
1990. VIII. 6	részleges	0,68		+149	-17
1991. XII. 21	részleges	0,09		-159	+23
1992. VI. 15	részleges	0,69		- 74	-23
1992. XII. 10	teljes	1,27	74	+ 3	+23
1993. VI. 4	teljes	1,58	98	+165	-22
1993. XI. 29	teljes	1,11	50	- 99	+21
1994. V. 25	részleges	0,28		- 53	-21
1995. IV. 15	részleges	0,12		+176	-10
1996. IV. 4	teljes	1,37	84	- 1	- 6
1996. IX. 27	teljes	1,24	72	- 46	+ 1
1997. III. 24	részleges	0,93		- 69	- 1
1997. IX. 16	teljes	1,22	66	+ 77	- 3
1999. VII. 28	részleges	0,42		-172	-19
2000. I. 21	teljes	1,35	84	- 68	+20
2000. VII. 16	teljes	1,78	102	+153	-21

λ : földrajzi hosszúság; φ : földrajzi szélesség

X. Napfogyatkozások

Dátum	Típus	Telj. max. ideje	Max. fázis	Láthatósági területek
		m s		
1976. IV. 29	gyűrűs			Mauritánia, Líbia, Törökország, Szovjetunió, Kína
1976. X. 23	teljes	4 46		Kenya, Indiai-óceán, Ausztrália, Csendes-óceán déli része
1977. IV. 18	gyűrűs			Atlanti-óceán, Délnyugat-Afrika, Tanzánia, Indiai-óceán
1977. X. 12	teljes	2 37		Csendes-óceán, Peru, Brazília
1978. IV. 7	részleges		0,79	Antarktisz
1978. X. 2	részleges		0,69	Északi-sark vidéke
1979. II. 26	teljes	2 48		Csendes-óceán, Amerikai Egyesült Államok, Kanada, Grönland
1979. VIII. 22	gyűrűs			Csendes-óceán, Antarktisz
1980. II. 16	teljes	4 08		Atlanti-óceán, Kongó, Kenya, Indiai-óceán, India, Kína
1980. VIII. 10	gyűrűs			Csendes-óceán déli része, Bolívia, Brazília
1981. II. 4	gyűrűs			Ausztrália déli része, Új-Zéland, Csendes-óceán
1981. VII. 31	teljes	2 03		Szovjetunió, Csendes-óceán északi része
1982. I. 25	részleges		0,57	Antarktisz
1982. VI. 21	részleges		0,62	Antarktisz
1982. VII. 20	részleges		0,46	Északi-sark vidéke
1982. XII. 15	részleges		0,74	Északi-sark vidéke
1983. VI. 11	teljes	5 11		Indiai-óceán, Kelet-India, Csendes-óceán
1983. XII. 4	gyűrűs			Atlanti-óceán, Afrika egyenlítői része, Szomália
1984. V. 30	gyűrűs			Csendes-óceán, Mexikó, Amerikai Egyesült Államok, Atlanti-óceán, Algéria
1984. XI. 22—23	teljes	1 59		Kelet-India, Csendes-óceán déli része
1985. V. 19	részleges		0,84	Északi-sark vidéke
1985. XI. 12	teljes	1 55		Csendes-óceán déli része, Antarktisz
1986. IV. 9	részleges		0,82	Antarktisz
1986. X. 3	gyűrűs/teljes	0 01		Atlanti-óceán északi rész
1987. III. 29	gyűrűs/teljes	0 56		Argentína, Atlanti-óceán, Kongó, Indiai-óceán
1987. IX. 23	gyűrűs			(Teljes az Atlanti-óceán felett) Szovjetunió, Kína, Csendes-óceán

1976 és 1999 között

Dátum	Típus	Telj. max. ideje	Max. fázis	Láthatósági területek
		m s		
1988. III. 18	teljes	3 46		Indiai-óceán, Kelet-India, Csendes-óceán
1988. IX. 11	gyűrűs			Indiai-óceán, Ausztrália déli része, Antarktis
1989. III. 7	részleges		0,83	Északi-sark vidéke
1989. VIII. 31	részleges		0,63	Antarktis
1990. I. 26	gyűrűs			Antarktis
1990. VII. 22	teljes	2 33		Finnország, Szovjetunió, Csendes-óceán
1991. I. 15–16	gyűrűs			Ausztrália, Új-Zéland, Csendes-óceán
1991. VII. 11	teljes	6 54		Csendes-óceán, Közép-Amerika, Brazília
1992. I. 4–5	gyűrűs			Csendes-óceán egyenlítői vidéke
1992. VI. 30	teljes	5 20		Atlanti-óceán déli része
1992. XII. 24	részleges		0,84	Északi-sark vidéke
1993. V. 21	részleges		0,74	Északi-sark vidéke
1993. XI. 13	részleges		0,93	Antarktis
1994. V. 10	gyűrűs			Csendes-óceán, Mexikó, Amerikai Egyesült Államok, Kanada, Atlanti-óceán
1994. XI. 3	teljes	4 23		Peru, Brazília, Atlanti-óceán déli része
1995. IV. 29	gyűrűs			Csendes-óceán déli része, Peru, Brazília, Atlanti-óceán déli része
1995. X. 24	teljes	2 05		Irán, India, Kelet-India, Csendes-óceán
1996. IV. 17	részleges		0,88	Antarktis
1996. X. 12	részleges		0,76	Északi-sark vidéke
1997. III. 9	teljes	2 50		Szovjetunió, Északi-Jeges tenger
1997. IX. 2	részleges		0,90	Antarktis
1998. II. 26	teljes	3 56		Csendes-óceán, Panama, Atlanti-óceán
1998. VIII. 22	gyűrűs			Indiai-óceán, Kelet-India, Csendes-óceán
1999. II. 16	gyűrűs			Indiai-óceán, Ausztrália, Csendes-óceán
1999. VIII. 11	teljes	2 23		Atlanti-óceán, Franciaország, Közép-Európa (Magyarország), Törökország, Irán, Afganisztán, Pakisztán, India

XI. Galaktikus ködök

NGC	M	Csillag- kép	RA 1970,0	D	Típus	Méret	Felületi fényes- ség	* m	Távolság
			h °	'		'	magn. □"	magn.	1000 fényév
650/1	76	Per	01 40,3	+51 25	plan.	1,5	20	17	15
IC 348		Per	03 42,6	+32 05	refl.	3	21	8	0,5
1435		Tau	03 45,7	+23 59	refl.	15	20	4	0,4
1535		Eri	04 12,8	-12 49	plan.	0,5	17	12	
1952	1	Tau	05 32,7	+22 05	SN	5	19	16v	4
1976	42	Ori	05 33,8	-05 25	H II	30	18	4	1,5
1999		Ori	05 35,0	-06 45	prot.	1		10v	1,5
ζ Ori		Ori	05 39,3	-01 57	kompl.	120			1,5
2068	78	Ori	05 45,3	+00 02	refl.	5	20		1,5
IC 443		Gem	06 15,8	+22 36	SN	40			2
2244		Mon	06 30,8	+04 53	H II	50	21	7	3
2247		Mon	06 31,5	+10 20	prot.	2	20	9	3
2261		Mon	06 37,5	+08 45	prot.	2		12v	4
2392		Gem	07 27,4	+20 58	plan.	0,3	18	10	10
3587	97	UMa	11 13,0	+55 11	plan.	3	21	13	12
ρ Oph		Oph	16 23,8	-23 23	kompl.	240			0,5
θ Oph		Oph	17 20,1	-24 58	kompl.	360			
6514	20	Sgr	18 00,6	-23 02	H II	15	19		3,5
6523	8	Sgr	18 01,8	-24 23	H II	40	18		4,5
6543		Dra	17 58,6	+66 37	plan.	0,4	15	11	3,5
6611	16	Ser	18 17,2	-13 48	H II	15	19	10	6
6618	17	Sgr	18 19,1	-16 12	H II	20	19		3
6720	57	Lyr	18 52,5	+33 00	plan.	1,2	18	15	5
6826		Cyg	19 44,1	+50 27	plan.	0,7	16	10	3,5
6853	27	Vul	19 58,2	+22 38	plan.	7	20	13	3,5
6888		Cyg	20 11,2	+38 19	H II	15			
γ Cyg		Cyg	20 21,1	+40 10	kompl.	360			
6960/35		Cyg	20 44,4	+30 36	SN	150			2,5
7000		Cyg	20 57,8	+44 12	H II	100	22		3,5
7009		Aqr	21 02,5	-11 30	plan.	0,5	16	12	3
7023		Cep	21 01,3	+68 03	refl.	5	21	7	1,3
7027		Cyg	21 06,0	+42 07	plan.	0,2	15	13	
7129		Cep	21 42,3	+65 57	refl.	3	21	10	2,5
7293		Aqr	22 28,0	-20 57	plan.	13	22	13	
7662		And	23 24,5	+42 22	plan.	0,3	16	12	4

XII. A fényesebb csillagok

A csillag elnevezése	m	Spektrál típus	RA	D	A legfeltűnőbb csillagok neve
			1975.0		
	magn.		h m s	° ' "	
α And	2,1	B8 III	0 07 05,5	+28 57 09	
β Cas	2,3	F2 IV	0 07 50,0	+59 00 43	
α Phe	2,4	K0 III	0 25 03,1	-42 26 30	
α Cas	2,2	K0 II	0 39 04,7	+56 24 02	
β Cet	2,0	K1 III	0 42 20,1	-18 07 25	
γ Cas	2,4	B0 IV	0 55 11,1	+60 34 54	
β And	2,1	M0 III	1 08 19,6	+35 29 18	
δ Cas	2,7	A5 V	1 24 09,9	+60 06 22	
α Eri	0,5	B5 IV	1 36 47,1	-57 21 48	Achernar
β Ari	2,7	A5 V	1 53 15,3	+20 41 11	
γ And	2,1	K3 II	2 02 21,4	+42 12 38	
α Ari	2,0	K2 III	2 05 45,6	+23 20 42	
α UMi	2,0	F8 Ib	2 07 26,5	+89 09 00	Polaris
α Cet	2,5	M2 III	3 00 58,2	+03 59 33	
β Per	2,7 _v	B8 V	3 06 32,1	+40 51 38	Algol
α Per	1,8	F5 Ib	3 22 31,7	+49 46 25	
α Tau	0,9	K5 III	4 34 29,0	+16 27 33	Aldebaran
ι Aur	2,7	K3 II	4 55 21,7	+33 07 41	
β Eri	2,8	A3 III	5 06 37,1	-05 07 04	
β Ori	0,1	B8 Ia	5 13 20,1	-08 13 46	Rigel
α Aur	0,1	G8 III:	5 14 50,3	+45 58 28	Capella
γ Ori	1,6	B2 III	5 23 47,3	+06 19 42	
β Tau	1,7	B7 III	5 24 42,6	+28 35 16	
δ Ori	2,2	09,5 II	5 30 43,7	-00 18 59	
α Lep	2,6	F0 Ib	5 31 37,6	-17 50 21	
ι Ori	2,8	O9 III	5 34 12,5	-05 55 31	
ϵ Ori	1,7	B0 Ia	5 34 56,6	-01 13 00	
α Col	2,6	B8 V	5 38 44,5	-34 05 12	
κ Ori	2,1	B0,5 Ia	5 46 34,2	-09 40 39	
α Ori	0,9 _v	M2 Ia	5 53 49,0	+07 24 13	Betelgeuse
β Aur	1,9	A2 V	5 57 41,6	+44 56 48	
β CMa	2,0	B1 II	6 21 35,8	-17 56 33	
α Car	-0,7	F0 Ib	6 23 23,8	-52 40 53	Canopus
γ Gem	1,9	A1 IV	6 36 16,0	+16 25 19	
α CMa	-1,5	A1 V	6 44 02,8	-16 40 51	Sirius
ϵ CMa	1,5	B2 II	6 57 38,5	-28 56 14	
δ CMa	1,8	F8 Ia	7 07 22,4	-26 21 09	
π Pup	2,7	K4 III	7 16 15,5	-37 03 07	
η CMa	2,4	B5 Ia	7 23 06,3	-29 15 13	

XII. A fényesebb

A csillag elnevezése	m	Spektrál típus	RA 1975,0	D	A legféltünőbb csillagok neve
	magn.		h m s	° ' "	
α Gem	1,6	A1 V	7 33 00,3	+31 56 40	Castor Procyon Pollux
α CMi	0,4	F5 IV	7 37 59,6	+05 17 25	
β Gem	1,1	K0 III	7 43 47,2	+28 05 16	
ζ Pup	2,3	O5	8 02 42,3	-39 55 55	
γ Vel	1,8	WC7	8 08 45,7	-47 15 44	
ε Car	1,9	K0 II	8 22 00,1	-59 25 43	
λ Vel	2,2	K4 Ib	9 07 04,5	-43 19 52	
β Car	1,7	A1 V	9 12 56,0	-69 36 51	
ι Car	2,2	F0 Ib	9 16 25,3	-59 10 12	
κ Vel	2,5	B2 IV	9 21 20,3	-54 54 12	
α Hya	2,0	K3 IIIa	9 26 21,5	-08 32 59	Regulus
α Leo	1,4	B7 V	10 07 02,5	+12 05 24	
θ Car	2,8	O9,5 V	10 42 03,6	-64 15 47	
β UMa	2,4	A1 V	11 00 20,5	+56 31 00	
α UMa	1,8	K0 III	11 02 11,8	+61 53 10	
δ Leo	2,6	A4 V	11 12 46,8	+20 39 39	
β Leo	2,1	A3 V	11 47 47,1	+14 42 43	
γ UMa	2,4	A0 V	11 52 31,3	+53 50 01	
δ Cen	2,7	B2 V	12 07 03,3	-50 34 59	
γ Crv	2,6	B8 III	12 14 31,0	-17 24 12	
α Cru	0,8	B1 IV	12 25 11,8	-62 57 38	
γ Cru	1,6	M3 II	12 29 46,1	-56 58 24	
β Crv	2,6	G5 III	12 33 04,2	-23 15 31	
α Mus	2,7	B3 IV	12 35 40,5	-68 59 52	
β Cru	1,2	B0,5 IV	12 46 14,9	-59 33 08	
ϵ UMa	1,8	A0 V	12 52 56,0	+56 05 43	Mizar Spica
ι Cen	2,7	A2 V	13 19 11,1	-36 34 51	
ξ AUMa	2,1	A2 V	13 22 55,2	+55 03 20	
α Vir	1,0	B1 V	13 23 52,4	-11 01 53	
ϵ Cen	2,3	B1 V	13 38 17,6	-53 20 23	
η UMa	1,9	B3 V	13 46 33,4	+49 26 15	
η Boo	2,7	G0 IV	13 53 29,6	+18 31 21	
ζ Cen	2,6	B2 IV	13 53 58,2	-47 09 57	
β Cen	0,6	B1 II	14 02 02,7	-60 15 11	
θ Cen	2,1	K0 III	14 05 12,3	-36 14 52	
α Boo	-0,1	K2 III	14 14 31,2	+19 18 43	Arcturus
η Cen	2,3	B1,5 V:	14 33 54,7	-42 02 56	
α Cen	0,1	G2 V	14 37 53,4	-60 43 59	
α Lup	2,3	B1 III	14 40 15,5	-47 16 54	

csillagok

A csillag elnevezése	m	Spektrál típus	RA	D	A legfeltűnőbb csillagok neve
	magn.		h m s	° ' "	
α^2 Lib	2,8	A3 IV	14 49 29,5	-15 56 20	
β UMi	2,1	K4 III	14 50 45,6	+74 15 28	
β Lup	2,7	B2 IV	14 56 53,2	-43 02 03	
β Lib	2,6	B8 V	15 15 39,5	-09 17 30	
α CrB	2,2	A0 V	15 33 37,7	+26 47 53	
α Ser	2,6	K2 III	15 43 02,1	+06 30 12	
δ Sco	2,3	B0 V	15 58 51,1	-22 33 06	
β Sco	2,6	B0,5 V	16 03 58,8	-19 44 17	
δ Oph	2,8	M1 III	16 13 02,0	-03 37 52	
α Sco	0,9	M1 Ia	16 27 52,2	-26 22 40	Antares
β Her	2,7	G8 III	16 29 08,6	+21 32 35	
γ Oph	2,6	O9,5 V	16 35 46,8	-10 31 04	
α TrA	1,9	K4 III	16 46 00,2	-68 59 02	
ϵ Sco	2,3	K2,5 III	16 48 32,4	-34 14 57	
ν Sco	2,7	B3 Ib	17 29 03,7	-37 16 39	
β Dra	2,8	G2 II	17 29 51,9	+52 19 10	
λ Sco	1,6	B1 V	17 31 54,5	-37 05 13	
α Oph	2,1	A5 III	17 33 46,3	+12 34 38	
θ Sco	1,9	F0 Ib	17 35 31,2	-42 59 01	
κ Sco	2,4	B2 IV	17 40 45,3	-39 01 07	
β Oph	2,8	K2 III	17 42 14,1	+04 34 36	
γ Dra	2,2	K5 III	17 56 01,4	+51 29 29	
δ Sgr	2,7	K2 III	18 19 23,6	-29 50 25	
ϵ Sgr	1,9	A0 V	18 22 30,7	-34 23 53	
α Lyr	0,0	A0 V	18 36 05,4	+38 45 34	Vega
σ Sgr	2,1	B2 V	18 53 42,9	-26 19 45	
γ Aql	2,7	K3 II	19 45 04,2	+10 33 05	
α Aql	0,8	A7 IV	19 49 33,8	+08 48 05	Altair
γ Cyg	2,2	F8 Ib	20 21 19,8	+40 10 34	
α Pav	1,9	B3 IV	20 23 40,7	-56 49 00	
α Cyg	1,3	A2 Ia	20 40 37,7	+45 11 26	Deneb
ϵ Cyg	2,5	K0 III	20 45 11,9	+33 52 33	
α Cep	2,5	A7 IV	21 17 58,9	+62 28 46	
ϵ Peg	2,4	K2 Ib	21 42 57,4	+09 45 35	
α Gru	1,7	B5 V	22 06 39,8	-47 04 58	
β Gru	2,1	M5 III	22 41 10,8	-47 00 57	
α PsA	1,2	A3 V	22 56 16,3	-29 45 18	Fomalhaut
β Peg	2,4	M2 II	23 02 33,5	+27 56 49	
α Peg	2,5	B9 V	23 03 30,8	+15 04 14	

Csillag	RA		D		m _{max}	m _{min}	Periódus (Max. 1976-ban)	Típus
	1950							
	h	m	°	'	magn.	magn.	d (nap)	
R And	00	21,2	+38	18	6,0	14,9	408,97 (nov. 23)	Mira
W And	02	14,4	+44	04	6,7	14,5	396,71 (dec. 7)	Mira
R Aqr	23	41,2	—15	33	5,8	11,5	386,92 (jan. 2)	Mira
T Aqr	20	47,3	—05	20	7,2	14,2	201,62 (jún. 21)	Mira
R Aql	19	04,0	+08	09	5,7	12,0	293,00 (máj. 25)	Mira
U Aql	19	27,7	—07	09	6,8	8,0	7,02393	cefeida
FF Aql	18	57,7	+17	18	5,8	6,3	4,47096	cefeida
KO Aql	18	44,8	+10	43	8,3	9,3	2,86395	Algol
V822 Aql	19	28,7	—02	13	6,7	7,1	2,6477	Algol
η Aql	19	49,9	+00	53	4,1	5,4	7,17664	cefeida
U Ari	03	06,3	+14	38	7,2	15,2	371,11 (márc. 17)	Mira
R Aur	05	13,2	+53	32	6,7	13,7	458,37 (nov. 29)	Mira
RT Aur	06	25,4	+30	35	5,5	6,6	3,72826	cefeida
UU Aur	06	33,1	+38	29	8,2	10,0	235:	SR
WW Aur	06	29,1	+32	34	5,7	6,4	2,52502	Algol
AE Aur	05	13,0	+34	15	5,4	6,1	— — —	I
AR Aur	05	14,9	+33	43	5,8	6,5	4,13466	Algol
ε Aur	04	59,4	+43	45	3,5	4,5	9898,5 (— — —)	Algol
ζ Aur	04	59,0	+41	01	5,0	5,5	972,176 (— — —)	Algol
R Boo	14	35,0	+26	57	6,7	12,8	223,46 (júl. 7)	Mira
W Boo	14	27,7	+39	05	7,0	11,3	258,23 (júl. 14)	Mira
ZZ Boo	13	53,9	+26	09	7,0	7,8	4,99174	Algol
R Cnc	08	13,8	+11	53	6,2	11,8	361,69 (dec. 21)	Mira
Y CVn	12	42,8	+45	43	5,2	6,6	158,0	SR
RS CVn	13	08,3	+36	12	8,4	9,9	4,79787	Algol
R CMa	07	17,4	—16	18	6,1	6,7	1,13594	Algol
W CMa	07	05,7	—11	51	8,7	9,7	— — —	I
S CMi	07	30,0	+08	26	7,0	13,2	332,2 (ápr. 15)	Mira
R Cas	23	54,8	+51	07	5,5	13,0	430,97 (— — —)	Mira
RZ Cas	02	44,4	+69	26	6,4	7,9	1,19525	Algol
SU Cas	02	47,5	+68	41	6,4	7,0	1,94930	cefeida
TV Cas	00	16,6	+58	52	7,3	8,4	1,81261	Algol
YZ Cas	00	42,3	+74	43	5,6	6,0	4,46722	Algol

SR: félig szabályos; I: szabálytalan

változócsillagok ($D > -20$)

Csillag		RA		D		m _{max}	m _{min}	Periódus (Max. 1976-ban)	Típus
		1950							
		h	m	°	'	magn.	magn.	d(nap)	
T	Cep	21	08,9	+68	17	5,4	11,0	387,79 (júl. 19)	Mira
U	Cep	00	57,8	+81	36	6,6	9,8	2,49304	Algol
δ	Cep	22	27,3	+58	10	3,9	5,1	5,36634	cefeida
μ	Cep	21	42,0	+58	33	3,6	5,1	— — —	I
R	Cet	02	23,5	—00	24	7,2	14,0	166,24 (jún. 2)	Mira
W	Cet	23	59,6	—14	57	7,1	14,6	351,1 (márc. 4)	Mira
UV	Cet	01	36,4	—18	13	7,0	12,9	— — —	fler
o	Cet	02	16,8	—03	12	2,0	10,1	331,65 (febr. 1)	Mira
S	CrB	15	19,4	+31	33	6,5	14,0	360,38 (jan. 26)	Mira
U	CrB	15	16,1	+31	50	7,0	8,4	3,45220	Algol
V	CrB	15	47,7	+39	43	6,9	12,2	357,82 (okt. 21)	Mira
R	Crv	12	17,0	—18	59	6,7	14,4	316,91 (nov. 12)	Mira
R	Cyg	19	35,5	+50	05	6,5	14,2	426,35 (márc. 28)	Mira
U	Cyg	20	18,0	+49	05	6,7	11,4	464,6 (— — —)	Mira
W	Cyg	21	34,2	+45	09	6,8	8,9	130,85 (márc. 15)	SR
X	Cyg	20	41,6	+35	24	6,6	8,4	16,3866	cefeida
Y	Cyg	20	50,1	+34	28	7,2	7,8	2,99633	Algol
RT	Cyg	19	42,0	+48	39	6,4	12,7	190,24 (ápr. 6)	Mira
SS	Cyg	21	38,8	+43	08	8,2	12,1	(51,6)	U Gem
SU	Cyg	19	42,8	+29	02	6,9	8,0	3,84568	cefeida
AF	Cyg	19	28,7	+46	03	7,4	9,4	94,1	SR
DT	Cyg	21	04,4	+30	59	6,1	6,6	2,49934	cefeida
V367	Cyg	20	46,1	+39	06	7,4	7,9	18,5972	βLyr
V477	Cyg	20	03,5	+31	50	8,3	9,2	2,34700	Algol
γ	Cyg	19	48,6	+32	47	3,3	14,2	406,84 (jún. 11)	Mira
U	Del	20	43,2	+17	54	5,6	7,5	~110	I
R	Dra	16	32,5	+66	51	6,9	13,0	245,56 (jan. 15)	Mira
T	Dra	17	55,6	+58	13	7,2	13,5	421,67 (dec. 2)	Mira
OX	Dra	19	23,4	+76	28	5,9	6,5	168	SR
Z	Eri	02	45,5	—12	40	7,0	8,6	80	SR
R	Gem	07	04,4	+22	47	6,0	14,0	369,63 (júl. 8)	Mira
U	Gem	07	52,1	+22	08	8,8	14,2	(101,8)	U Gem
W	Gem	06	32,1	+15	22	6,6	7,4	7,91467	cefeida
BU	Gem	06	09,3	+22	55	6,1	7,5	— — —	I
ε	Gem	07	02,8	+20	39	3,7	4,2	10,15172	cefeida

XIII. Fényesebb

Csillag	RA		D	m _{max}	m _{min}	Periódus (Max. 1976-ban)	Tipus
	1950						
	h m	° '	magn.	magn.	d(nap)		
S Her	16 49,4	+15 01	7,0	13,8	307,60 (máj. 3)	Mira	
U Her	16 23,6	+19 00	6,5	13,4	405,40 (jún. 14)	Mira	
T Her	18 07,2	+31 01	6,8	13,6	165,00 (febr. 16)	Mira	
X Her	16 01,0	+47 23	7,5	8,6	95,00	SR	
RU Her	16 08,2	+21 12	6,8	14,3	485,21 (— — —)	Mira	
TX Her	17 17,0	+41 56	8,3	9,1	2,05981	Algol	
AK Her	17 11,7	+16 24	8,8	9,3	0,42153	W UMa	
α Her	17 12,4	+14 27	3,0	4,0	~ 100	SR	
g Her	16 27,0	+41 59	5,7	7,2	70 ±	SR	
u Her	17 15,5	+33 09	4,6	5,3	2,05103	β Lyr	
T Hya	08 53,2	—08 57	7,2	13,2	288,32 (febr. 24).	Mira	
U Hya	10 35,1	—13 07	7,0	9,2	450 ±	SR	
RU Hya	14 08,7	—28 39	7,2	14,3	333,19 (márc. 20)	Mira	
AR Lac	22 06,6	+45 30	6,9	7,7	1,98322	Algol	
CMLac	21 58,0	+44 19	8,5	9,6	1,60469	Algol	
R Leo	09 44,9	+11 40	4,4	11,3	312,57 (máj. 30)	Mira	
R LMi	09 42,6	+34 44	6,3	13,2	372,28 (febr. 28)	Mira	
R Lep	04 57,3	—14 54	5,5	10,5	432,47 (jún. 27)	Mira	
δ Lib	14 58,3	—08 19	4,9	6,0	2,32735	Algol	
R Lyn	06 57,2	+55 24	7,2	14,0	378,86 (ápr. 8)	Mira	
RR Lyn	06 22,2	+56 19	5,6	6,0	9,94507	Algol	
R Lyr	18 53,8	+43 53	3,9	5,0	46,0 (febr. 11)	SR	
RR Lyr	19 23,9	+42 41	7,2	8,6	0,56681	RR Lyr	
β Lyr	18 48,2	+33 18	3,3	4,2	12,90814	β Lyr	
T Mon	06 22,5	+07 07	5,6	6,6	27,0205	cefeida	
U Mon	07 28,4	—09 40	6,1	8,1	92,26 (jan. 24)	RV Tau	
V Mon	06 20,2	—02 10	6,0	13,7	334,07 (máj. 6)	Mira	
R Oph	17 04,9	—16 02	7,0	13,6	302,45 (okt. 25)	Mira	
U Oph	17 14,0	+01 16	5,9	6,6	1,67735	Algol	
X Oph	18 35,9	+08 42	5,9	9,2	334,22 (jan. 29)	Mira	
V451 Oph	18 26,9	+10 52	7,9	8,5	2,16660	Algol	

változócsillagok ($D > -20^\circ$)

Csillag	RA		D		m _{max}	m _{min}	Periódus (Max. 1976-ban)	Típus
	1950							
	h	m	°	'	magn.	magn.	d(nap)	
U Ori	05	52,8	+20	10	5,3	12,6	372,45 (aug. 15)	Mira
α Ori	05	52,5	+07	24	0,4	1,3	2070 (— — —)	SR
R Peg	23	04,2	+10	16	7,1	13,8	377,84 (febr. 23)	Mira
V Peg	21	58,5	+05	53	7,0	15,0	302,31 (júl. 29)	Mira
TW Peg	22	01,7	+28	07	7,0	9,2	956,4 (jan. 25)	SR
RY Per	02	42,3	+47	56	8,5	10,7	6,86357	Algol
β Per	03	04,9	+40	46	2,1	3,4	2,86739	Algol
ϱ Per	03	02,0	+38	39	3,3	4,0	40 $\pm$	SR
R Psc	01	28,1	+02	38	7,1	14,8	344,04 (febr. 28)	Mira
SZ Psc	23	10,8	+02	24	8,0	8,7	3,96637	Algol
S Sge	19	53,8	+16	30	5,8	7,1	8,38217	cefeida
U Sge	19	16,6	+19	31	6,3	9,9	3,38062	Algol
R Sgr	19	13,8	—19	24	6,7	12,8	268,60 (febr. 17)	Mira
Y Sgr	18	18,4	—18	53	6,0	7,1	5,77335	cefeida
V505 Sgr	19	50,3	—14	44	6,4	7,6	1,18287	Algol
R Ser	15	48,4	+15	15	5,7	14,4	356,75 (szept. 9)	Mira
RWTau	03	00,8	+27	59	8,0	12,5	2,76885	Algol
SZ Tau	04	34,3	+18	27	7,1	7,7	3,14887	cefeida
λ Tau	03	57,9	+12	21	3,5	4,0	3,95296	Algol
R Tri	02	34,0	+34	03	5,5	12,6	266,40 (jan. 28)	Mira
R UMa	10	41,2	+69	03	6,7	13,4	301,84 (máj. 2)	Mira
T UMa	12	34,1	+59	46	6,6	13,4	256,70 (jan. 7)	Mira
TX UMa	10	42,4	+45	50	7,1	8,8	3,06324	Algol
W UMi	16	21,2	+86	19	8,7	9,8	1,70116	Algol
R Vir	12	36,0	+07	16	6,2	12,1	145,51 (jan. 18)	Mira
S Vir	13	30,4	—06	56	6,3	13,2	377,88 (jan. 25)	Mira
SS Vir	12	22,7	+01	05	6,0	9,6	354,66 (dec. 9)	Mira
T Vul	20	49,4	+28	04	5,4	6,1	4,43558	cefeida
Z Vul	19	19,6	+25	29	7,4	9,2	2,45493	Algol
SV Vul	19	49,5	+27	19	6,7	7,7	45,035	cefeida

XIV. NAGY „FEHÉR” NAPKITÖRÉSEK (FEHÉR FLEREK)

Dátum		Kezdet	Tartam	Int. max.	Imp. Ha	Hél. koord. B L _{CM}		Obszervatórium (észlelő)
		h m	m	h m		°	°	
1859.	IX. 1	11: 18	7		/3+/ +20	+20	+12	(Carrington, Hodgson)
1891.	VI. 17	10: 16	6		/3/ +22	+22	+80	(Trouvelot)
1921.	II. 21	12: 25	8	12: 29	/3+/ -07	-07	+40	(Martheray)
1928.	IX. 21	13: 05	2		/3/ +32	+32	-31	(Martheray)
1937.	VII. 26	(09: 45)	(45)		(3)			Pic du Midi (Waldmeier)
1938.	III. 31	(10: 17)	6	(10: 37)	2	-20	-82	(Dobbie)
1946.	III. 5	11: 24	3		(3)	+28	-10	(Martheray)
1946.	VII. 25	(15: 31)		(16: 27)	3+	+21	-16	Sherborne (Ellison)
1948.	XII. 11	08: 18	12		(3)	-09	-48	Wendelstein (R. Müller)
1949.	XI. 19	(10: 29)	(81+)		3+	-04	+72	Edinburg (Ellison)
1951.	V. 18	(10: 21)	1	13: 00	3	+14	+30	Creteil (Porret)
1956.	II. 23	03: 45	5		2	+23	+80	Tokyo (Unno, Shimizu)
1956.	VIII. 31	(12: 28)	1	12: 45	3	+15	-15	Greenwich
1957.	VIII. 30	23: 30	20		(2)	+10	-20	(McNarry)
1957.	IX. 3	14: 24	6		3	+23	+30	Capri F
1957.	IX. 19	(07: 53)	(50)	(08: 02)	2	+23	-01	Krim
1958.	II. 28	(07: 59)	(23)	(08: 04)	2+	-14	+33	Krim
1958.	III. 23	10: 01	8		3+	-14	-77	Schauinsland, Zürich
1958.	III. 30	08: 44	2		2	+33	-67	Schauinsland
1958.	VI. 19	(14: 37)		14: 44	(2)	+15	+24	Mt. Wilson
1958.	VI. 23	(07: 04)	(75)	(07: 15)	2+	+26	-52	Baku
1958.	VII. 12	(07: 55)	(32)	(08: 16)	2	-24	+71	Schauinsland
1958.	VII. 29	03: 07	1		3	-14	+44	Taskent
1958.	XII. 10	(02: 20)	(40)	(02: 20)	2	+01	-20	Usszurijszk
1958.	XII. 12	(02: 10)	(34)	(02: 26)	2+	-03	+04	Usszurijszk
1959.	I. 22	(11: 08)	(37)	(11: 25)	2	+09	+03	Kijev
1959.	IV. 8	(09: 16)	(31)	(09: 17)	3	+26	-85	Capri F
1959.	VII. 14	(14: 00)	(143)		3	-25	-37	Ondřejov
1959.	IX. 3	(04: 21)	(17)	04: 24	2	+25	+86	Taskent
1960.	V. 13	(05: 22)	(105)		3	+30	+67	Ondřejov
1960.	IX. 3	01: 05	15	01: 08	2	+18	-88	Santa Monica (Angle)
1960.	XI. 15	02: 21	3		2	+26	+35	Tokyo (Koyama)
1961.	VII. 12	(10: 04)	(120)	(10: 31)	3	-07	-22	Ondřejov
1963.	IX. 26	(06: 38)	(186+)	07: 17	3	+13	+78	Taskent
1966.	VII. 11	(09: 00)	(90)		3N	+35	+90	Capri S
1966.	IX. 2	(05: 42)	(138)	(06: 00)	3B	+24	+56	Abaszutmani
1967.	V. 21	19: 22	4		2N	+24	-39	Sacramento Peak

XIV. NAGY „FEHÉR” NAPKITÖRÉSEK (FEHÉR FLEREK)

Dátum	Kezdet	Tartam	Int. max.	Imp. H _a	Hél. koord.		Obszervatórium (észlelő)
					B	L _{CM}	
1967. V. 23	18: 37	9	19: 40	2B	+28	−27	Sacramento Peak
1968. X. 29	(11: 14)	(211)	(12: 23)	2B	−16	+12	San Miguel
1969. II. 25	(09: 03)	(70)	09: 09	2B	+13	+37	Manila
1969. III. 12	17: 41	13		2B	+12	+80	Sacramento Peak
1969. IX. 27	(03: 47)	(109)	03: 56	3B	+09	−02	Taskent
1970. XI. 17	(07: 31)	(129)	07: 50	2B	+16	+38	Taskent
1972. VIII. 7	(14: 49)	(152)	15: 20	2B	+14	+37	Sacramento Peak
1974. VII. 4	(13: 38)	(64)	13: 56	2B	−16	+08	Debrecen—Gyula

XV. NAGY NAPKITÖRÉSEK (H₂-FLEREK)

Dátum	Kezdet	Tartam	McMath szám	Héliografikus koordináták		Imp.	Észl. obsz. száma
				B	L _{CM}		
	h m	m		°	°		
1971. X. 3	13 30	95	11537	+13	−14	2N	14
1972. I. 22	05 38	38	11693	−16	+39	2B	4
II. 22	00 29	28	11748	+03	+02	2N	5
III. 4	09 46	22	11769	−09	−52	2N	6
V. 17	22 35	48	11882	+15	−32	2B	4
	28 13 10	125	11895	+09	−30	2B	12
VI. 6	15 05	28	95	+10	+90	2B	5
VIII. 2	19 58	313	11976	+13	−27	2B	5
	4 06 17	313	76	+14	−08	3B	16
	7 03 49	61	76	+15	+30	2B	6
	7 14 49	152	76	+14	+37	3B	16
	22 12 07	84	12002	−21	−56	2B	8
	24 03 45	60	12001	−05	−05	2N	7
1973. IV. 29	20 56	132	12322	+13	+74	2B	4
V. 3	08 31	46	12336	−14	−51	2B	8
	5 17 02	91	36	−15	−19	2B	6
VI. 16	14 19	54	12387	+13	−11	2B	9
VII. 29	13 13	287	12461	+14	−45	3B	11
IX. 7	11 41	121	12507	−18	+46	2B	15
X. 27	15 47	119	12590	+18	−55	2N	4
XI. 3	00 12	49	12584	−18	+85	2N	3
1974. V. 1	10 02	25	12906	−11	−76	2B	3
	13 21 18	130	12915	−13	+66	2N	3
VI. 23	05 13	122	13002	−15	+50	3B	7
VII. 4	13 38	64	13043	−16	+08	2B	11

XVI. A nappal és a szürkület

Dátum		A nappal				Polgári	Navi- gációs	Csilla- gászati
						szürkület		
		t a r t a l o m a						
		45,5°	46,5°	47,5°	48,5°			
		földrajzi szélességnél						
I.		h m	h m	h m	h m	m	h m	h m
	1	8 46	8 38	8 30	8 22	35	1 14	1 51
	6	8 51	8 43	8 37	8 29	35	1 14	1 50
	11	8 57	8 51	8 42	8 36	35	1 13	1 49
	16	9 07	8 59	8 53	8 46	34	1 12	1 49
	21	9 16	9 10	9 03	8 57	34	1 11	1 47
	26	9 27	9 21	9 15	9 09	33	1 10	1 46
	31	9 40	9 36	9 29	9 24	33	1 09	1 45
II.								
	5	9 53	9 49	9 45	9 39	32	1 09	1 44
	10	10 08	10 03	9 59	9 54	32	1 08	1 43
	15	10 24	10 20	10 15	10 11	31	1 07	1 42
	20	10 38	10 34	10 32	10 28	31	1 07	1 42
	25	10 54	10 50	10 48	10 46	31	1 06	1 41
III.								
	2	11 09	11 04	11 05	11 03	31	1 06	1 41
	7	11 24	11 24	11 23	11 20	30	1 06	1 41
	12	11 41	11 40	11 40	11 39	30	1 06	1 42
	17	11 56	11 56	11 56	11 56	30	1 06	1 42
	22	12 14	12 14	12 14	12 14	31	1 07	1 44
	27	12 30	12 31	12 32	12 33	31	1 07	1 45
IV.								
	1	12 44	12 46	12 49	12 51	31	1 08	1 46
	6	13 02	13 04	13 06	13 08	31	1 09	1 49
	11	13 17	13 19	13 23	13 24	32	1 10	1 51
	16	13 31	13 36	13 39	13 41	32	1 12	1 54
	21	13 48	13 52	13 56	14 00	33	1 13	1 57
	26	14 03	14 07	14 10	14 16	33	1 15	2 01
V.								
	1	14 17	14 22	14 27	14 32	34	1 17	2 05
	6	14 29	14 36	14 42	14 48	35	1 19	2 10
	11	14 42	14 48	14 54	15 02	36	1 21	2 15
	16	14 55	15 01	15 08	15 15	36	1 24	2 21
	21	15 06	15 13	15 20	15 27	37	1 26	2 27
	26	15 15	15 23	15 30	15 38	38	1 28	2 34
	31	15 23	15 31	15 39	15 48	38	1 30	2 40
VI.								
	5	15 30	15 38	15 46	15 57	39	1 32	2 46
	10	15 37	15 45	15 52	16 01	40	1 34	2 52
	15	15 38	15 47	15 57	16 05	40	1 34	2 56
	20	15 41	15 50	15 59	16 08	40	1 35	2 57
	25	15 41	15 49	15 58	16 07	40	1 34	2 56
	30	15 40	15 48	15 55	16 04	40	1 34	2 53

tartama Magyarországon

Dátum		A nappal				Polgári	Navi- gációs	Csilla- gászati
						szürkület		
		t a r t a m a						
		45,5°	46,5°	47,5°	48,5°			
		földrajzi szélességnél						
VII.	5	h m 15 34	h m 15 42	h m 15 51	h m 16 01	m 39	h m 1 32	h m 2 48
	10	15 28	15 37	15 45	15 54	39	1 31	2 42
	15	15 22	15 29	15 37	15 46	38	1 29	2 36
	20	15 13	15 20	15 27	15 35	37	1 27	2 29
	25	15 02	15 09	15 16	15 23	37	1 24	2 23
	30	14 50	14 57	15 05	15 10	36	1 22	2 17
VIII.	4	14 39	14 45	14 51	14 58	35	1 20	2 12
	9	14 26	14 32	14 36	14 43	34	1 17	2 07
	14	14 13	14 18	14 23	14 28	34	1 16	2 02
	19	13 57	14 01	14 06	14 12	33	1 13	1 58
	24	13 44	13 48	13 52	13 55	32	1 12	1 55
	29	13 29	13 32	13 35	13 38	32	1 10	1 52
IX.	3	13 13	13 16	13 19	13 21	31	1 09	1 49
	8	12 58	13 00	13 02	13 06	31	1 08	1 48
	13	12 42	12 44	12 45	12 46	31	1 07	1 45
	18	12 27	12 28	12 29	12 29	31	1 07	1 44
	23	12 10	12 10	12 10	12 11	30	1 06	1 43
	28	11 55	11 55	11 54	11 53	30	1 06	1 42
X.	3	11 38	11 38	11 37	11 36	30	1 06	1 41
	8	11 23	11 21	11 20	11 18	31	1 06	1 41
	13	11 06	11 05	11 03	11 01	31	1 06	1 41
	18	10 53	10 49	10 47	10 44	31	1 06	1 41
	23	10 36	10 34	10 30	10 26	31	1 07	1 42
	28	10 23	10 19	10 15	10 11	32	1 07	1 43
XI.	2	10 07	10 02	9 59	9 55	32	1 08	1 43
	7	9 54	9 48	9 44	9 38	32	1 09	1 44
	12	9 40	9 34	9 29	9 23	33	1 10	1 46
	17	9 29	9 22	9 16	9 11	33	1 10	1 46
	22	9 15	9 10	9 04	8 57	34	1 12	1 48
	27	9 07	9 00	8 52	8 46	34	1 12	1 49
XII.	2	8 59	8 51	8 44	8 36	35	1 13	1 50
	7	8 52	8 43	8 35	8 27	35	1 14	1 50
	12	8 46	8 39	8 31	8 23	35	1 14	1 51
	17	8 44	8 36	8 28	8 19	36	1 14	1 51
	22	8 41	8 33	8 25	8 17	36	1 14	1 52
	27	8 44	8 35	8 27	8 18	36	1 14	1 51

XVIIa.

Középidőnek csillagidőre való átszámításához

Közép- idő órák	Korrekcio	Közép- idő percek	Kor- rekció	Közép- idő percek	Kor- rekció	Közép- idő másod- percek	Kor- rekció	Közép- idő másod- percek	Kor- rekció
0 ^h	0 ^m 0,00 ^s	0 ^m	0,00 ^s	30 ^m	4,93 ^s	0 ^s	0,00 ^s	30 ^s	0,08 ^s
1	9,86	1	0,16	31	5,09	1	0,00	31	0,08
2	19,71	2	0,33	32	5,26	2	0,01	32	0,09
3	29,57	3	0,49	33	5,42	3	0,01	33	0,09
4	39,43	4	0,66	34	5,59	4	0,01	34	0,09
5	49,28	5	0,82	35	5,75	5	0,01	35	0,10
6	59,14	6	0,99	36	5,91	6	0,02	36	0,10
7	1 9,00	7	1,15	37	6,08	7	0,02	37	0,10
8	18,85	8	1,31	38	6,24	8	0,02	38	0,10
9	28,71	9	1,48	39	6,41	9	0,02	39	0,11
10	38,56	10	1,64	40	6,57	10	0,03	40	0,11
11	48,42	11	1,81	41	6,74	11	0,03	41	0,11
12	58,28	12	1,97	42	6,90	12	0,03	42	0,12
13	2 8,13	13	2,14	43	7,06	13	0,04	43	0,12
14	17,99	14	2,30	44	7,23	14	0,04	44	0,12
15	27,85	15	2,46	45	7,39	15	0,04	45	0,12
16	37,70	16	2,63	46	7,56	16	0,04	46	0,13
17	47,56	17	2,79	47	7,72	17	0,05	47	0,13
18	57,42	18	2,96	48	7,89	18	0,05	48	0,13
19	3 7,27	19	3,12	49	8,05	19	0,05	49	0,13
20	17,13	20	3,29	50	8,21	20	0,05	50	0,14
21	26,99	21	3,45	51	8,38	21	0,06	51	0,14
22	36,84	22	3,61	52	8,54	22	0,06	52	0,14
23	46,70	23	3,78	53	8,71	23	0,06	53	0,15
24	56,56	24	3,94	54	8,87	24	0,07	54	0,15
—	—	25	4,11	55	9,04	25	0,07	55	0,15
—	—	26	4,27	56	9,20	26	0,07	56	0,15
—	—	27	4,44	57	9,36	27	0,07	57	0,16
—	—	28	4,60	58	9,53	28	0,08	58	0,16
—	—	29	4,76	59	9,69	29	0,08	59	0,16

XVIIb.

Csillagidőnek középídőre való átszámításához

Csillag- idő órák	Korrekcio	Csillag- idő percek	Kor- rekció	Csillag- idő percek	Kor- rekció	Csillag- idő másod- percek	Kor- rekció	Csillag- idő másod- percek	Kor- rekció
0 ^h	0 ^m 0,00 ^s	0 ^m	0,00 ^s	30 ^m	4,92 ^s	0 ^s	0,00 ^s	30 ^s	0,08 ^s
1	9,83	1	0,16	31	5,08	1	0,00	31	0,08
2	19,66	2	0,33	32	5,24	2	0,01	32	0,09
3	29,49	3	0,49	33	5,40	3	0,01	33	0,09
4	39,32	4	0,65	34	5,57	4	0,01	34	0,09
5	49,15	5	0,82	35	5,73	5	0,01	35	0,09
6	58,98	6	0,98	36	5,90	6	0,02	36	0,10
7	1 8,81	7	1,15	37	6,06	7	0,02	37	0,10
8	18,64	8	1,31	38	6,22	8	0,02	38	0,10
9	28,47	9	1,47	39	6,39	9	0,02	39	0,11
10	38,30	10	1,64	40	6,55	10	0,03	40	0,11
11	48,13	11	1,80	41	6,72	11	0,03	41	0,11
12	57,96	12	1,97	42	6,88	12	0,03	42	0,11
13	2 7,78	13	2,13	43	7,04	13	0,03	43	0,12
14	17,61	14	2,29	44	7,21	14	0,04	44	0,12
15	27,44	15	2,45	45	7,37	15	0,04	45	0,12
16	37,27	16	2,62	46	7,53	16	0,04	46	0,13
17	47,10	17	2,78	47	7,70	17	0,04	47	0,13
18	56,93	18	2,95	48	7,86	18	0,05	48	0,13
19	3 6,76	19	3,11	49	8,03	19	0,05	49	0,13
20	16,59	20	3,28	50	8,19	20	0,06	50	0,14
21	26,42	21	3,44	51	8,35	21	0,06	51	0,14
22	36,25	22	3,60	52	8,52	22	0,06	52	0,14
23	46,08	23	3,77	53	8,68	23	0,06	53	0,14
24	55,91	24	3,93	54	8,85	24	0,07	54	0,15
—	—	25	4,10	55	9,01	25	0,07	55	0,15
—	—	26	4,26	56	9,17	26	0,07	56	0,16
—	—	27	4,42	57	9,34	27	0,07	57	0,16
—	—	28	4,59	58	9,50	28	0,08	58	0,16
—	—	29	4,75	59	9,66	29	0,08	59	0,16

„RA” és „D”: az I., IV., XI., XII. és XIII. táblázatokban rektaaszcenziót, ill. deklinációt jelent. A koordináták a fejlécben megadott időre, vagy 1976-ra érvényesek.

„m”: a IV., IVa., XI., XII. és XIII. táblázatokban magnitúdókban megadott vizuális, látszólagos fényességek.

I. táblázat: Julián dátum az i. e. 4713 január 1 déli 12 órától eltelt napok számát adja meg. A csillagidő a greenwichi meridiánra, azaz a zéró földrajzi hosszúságra vonatkozik.

IV. táblázat: Az r oszlopban „cs. e.” alatt a bolygók geocentrikus távolságai vannak csillagászati egységben.

IX. táblázat: A fogyatkozás nagysága (v) a következő formulával van definiálva: $2v = 1 + \alpha(\lambda - \delta)\lambda$, ahol α holdtávolságban a geometriai árnyékkúp körmetszetének, λ a holdkorongnak a félátmérője (azaz a Földről nézve a kör, illetve a holdperem látszögének fele), δ pedig ezen kör és a holdkorong középpontjának szögtávolsága a fogyatkozás közepén (azaz amikor δ éppen minimális).

X. táblázat: Max. fázis — részleges fogyatkozásoknál — azt adja meg, hogy a legnagyobb elfedés pillanatában a napkorong legkevesebb elfedett átmérőjének hányad része van „fogyatkozásban”.

XI. táblázat: Az 1. és 2. oszlopban általában a köd NGC ill. Messier katalógusbeli sorszáma áll. Típus felirat alatt: plan. = planetáris köd, refl. = reflexiós köd, SN = szupernova maradvány, H II = hidrogén emissziós vidék, kompl. = kiterjedt komplex ködvidék. A *-gal jelzett oszlopban álló magnitúdó a köddel kapcsolatos csillag fényességét adja meg; a v pedig változó csillagra hívja fel a figyelmet.

XII. táblázat: A spektráltípus oszlopban a kétdimenziós színképosztályozást

közöljük a Harvard- és a Morgan—Keenan-féle klasszifikáció alapján.

A táblázat a 2,79 magnitúdó határig sorolja fel a csillagokat.

XV. táblázat: Az 1970—1973 évi Évkönyvekben közölt katalógus folytatása; tartalmazza mindazon H-alfa fler-észleléseket, amelyeket az észlelő obszervatóriumok legalább fele, legalább 2-es jelentőségűnek észlelt, és legalább két helyen észleltek.

A flerek „jelentőségét” (Imp.) maximális területi kiterjedésük alapján osztályozzák. Ha ez a terület a napkorong területének legalább 0,0005-szöröse, akkor 2-es, míg ha legalább 0,0012-szerese, akkor 3-as flerről beszélünk. Ezen a napkorong középpontjára vonatkozó és a kiterjedésre utaló számok mellett álló N, B és F betűk rendre az átlagos fényességű, az átlagosnál fényesebb, illetve halványabb flerekre utalnak. (A fler fényességére utaló betűjeleket 1966-tól kezdődőleg vezették be, korábban általában csak ritkábban utaltak + ill. — jellel az átlagosnál fényesebb, illetve halványabb flerekre.)

A fler kezdetének időpontjai világidőben megadott átlagértékek. A „McMath szám” feliratú oszlopokban a szoláris aktív vidékeknek a McMath-Hulbert Obszervatóriumban bevezetett nyilvántartási sorszámai állnak. A heliografikus koordináták közül a „hosszúság” a centrálmeridiántól számított hosszúságkülönbséget adja meg; a negatív előjel a keleti, a pozitív a nyugati oldalt jelenti. (A Nap keletről nyugatra forog.)

A táblázat a „Solar-Geophysical Data” Boulderben megjelenő havi kiadvány alapján készült (Kálmán Béla).

A Csillagászati Évkönyvben közölt nagy H-alfa flerek teljes katalógusának jegyzéke:

Észlelési időszakok:				Csill. Évk.			
				ÉV	Tábl. sz.	Old.	
1935.	VII.	1—1954.	XII.	31.	1971.	XIII.	60—69
1955.	I.	1—1963.	XII.	31.	1972.	X.	50—74
1964.	I.	1—1969.	I.	31.	1970	XII.	60—64
1969.	II.	1—1971.	VIII.	31.	1973	IX.	48—51
1971.	IX.	1—1974.	XII.	31.	1976	XV.	62

XIV. táblázat: Tartalmazza (Kovács Ágnes összeállításában) az 1935 előtt észlelt négy híres fehér flert, és az utóbbi négy évtized alatt megfigyelték közül mindazokat, amelyeket H-alfa flerként legalább kettes (2) jelentőségűnek osztályoztak.

Az „Imp.” feliratú oszlopban minden zárójel nélküli szám olyan flerre vonatkozik, amely a Csillagászati Évkönyvben közölt H-alfa fler katalógusban is szerepel (lásd a XV. táblázattal kapcsolatban fent közöltek végén megadott jegyzéket).

A fler kezdetét és legnagyobb fényességét (Int. max.) megadó időpontoknál, valamint a fler tartamánál a zárójelek azt tüntetik fel, hogy az adat a H-alfa fényben történt észlelésre vonatkozik, mivel a folytonos színképtartományban, azaz „fehér” fényben tapasztalt fler jelenség vonatkozó időadatait csak ritkán sikerült kielégítő pontossággal megállapítani.

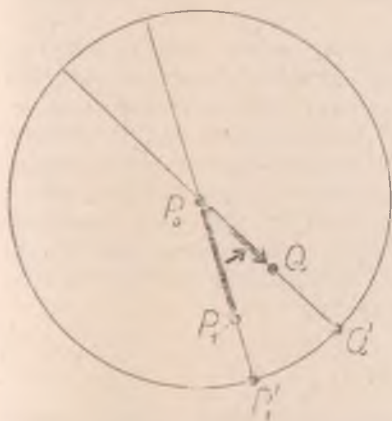
A csillagászati szférikus koordináták

definícióit és az ezekkel kapcsolatos főbb tudnivalókat ismertetjük az alábbiakban.

Azt, hogy egy Földön kívüli objektum az égen, azaz a gömbfelületnek tűnő égbolton, a Földről nézve hol látszik [más megfogalmazással: valamely földi megfigyelési helytől milyen irányban van], félreérthetetlenül és nagy pontossággal általában úgy adhatjuk meg, hogy az égnak nevezett képzeletbeli gömbfelület pontjait alkalmasan megválasztott koordinátákkal jellemezzük. Naprendszerünkhöz tartozó sok égitestnek a jól észlelhető, külső gázrétege, illetve szilárd felülete a legtöbb szempontból ugyancsak gömbfelületnek tekinthető, és így a helymeghatározás itt is megfelelő szférikus [gömbfelületi] koordinátákkal történhet a legegyszerűbben.

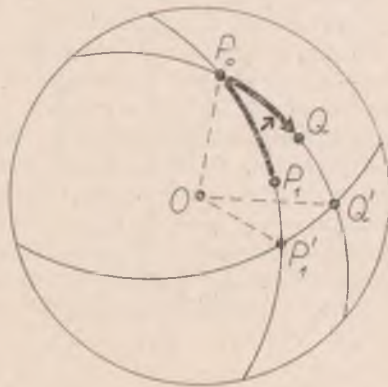
I.

A sík azaz a síkfelület [1a ábra] egymástól nem végtelen távoli és a gömbfelület [1b ábra] nem azonos gömbi átmérőre eső bármelyik két P_0 és P_1 pontja koordinátarendszer alappontokul szolgálhat, azaz ilyen alappontok révén, két számmal egyértelműen megadható mind a sík, mind a gömbfelület bármelyik Q pontja.



1. ábra

a)



b)

A Q pont helyét meghatározó egyik szám, azaz egyik koordináta lehet: a P_0 és a Q pont közötti síkbeli, illetve gömbfelületi legrövidebb távolság vonatkozó számadata, tehát a síkban a P_0Q egyenes vonalszakasz, a gömbfelületen a P_0Q főkörív mérőszáma. [A gömbfelületen két pont között a leg-

rövidebb út: a két ponton, valamint a gömb középpontján áthaladó síknak és a gömbfelületnek — főkör elnevezésű — körmetszete mentén vezet.]

A Q pont helyének meghatározásához szükséges másik számadatként, azaz a másik koordinátául választható: a síkban a P_1P_0 és a P_0Q két egyenes vonalszakasszal, a gömbfelületen a P_1P_0 és a P_0Q két főkörívvel alkotott P_1P_0Q szög, vagy ezen szöghöz tartozó ív az egységsugarú körön, tehát a $P_1'Q'$ ív, ha $P_0P_1^* = P_0Q^* = 1$, illetve $OP_1^* = OQ^* = OP_0 = 1$, és a gömb OP_0 sugarára merőleges a P_1' és a Q' ponton átmenő főkör síkja; ezt a koordináta-rendszer alapsíkjának, magát a főkört, a — [pozitív] pólusnak nevezett — P_0 ponthoz tartozó polárisnak is szokás mondani.

Nyilvánvaló, hogy amennyiben a gömb felületének elegendően kicsiny — hozzávetőleg síknak tekinthető — részére szorítkozunk, a gyakorlatban szférikus helyett síkbeli koordináták is kielégítően használhatók. Könnyű belátni azt is, hogy a $1a$ és $1b$ ábrák segítségével szemléletesen definiált ún. poláris koordináták közül a síkbeli koordináták a szférikus koordináták speciális esetének tekinthetők akkor, ha a gömb sugara elég nagy és a Q pont elég közel van a P_0 pólushoz.

A P_0 és P_1 alappontok különféle megválasztásával különböző szférikus koordináta-rendszereket nyerünk. Magukat az egyes szférikus koordinátákat általában főkörívvel adjuk meg [P_0Q ív, $P_1'Q'$ ív]. A vonatkozó számbeli értékeket azonban nem ívmértékben, hanem többnyire szögmértékben fejezzük ki [P_0OQ szög, $P_1'OQ'$ szög].

A P_0Q ív helyett a $\pi/2 - P_0Q$ ív $= QQ'$ ív az, amit — kevés kivételtől eltekintve — az egyik koordinátának szokás nevezni és használni. A másik koordinátánál, a $P_1'Q'$ ív esetében — hogy a definíció egyértelmű legyen —, természetesen meg kell még adni, hogy a P_1 ponttól, melyik irányban számoljuk pozitívnak a koordinátákat. A szférikus koordináta-rendszer P_0 pólusából nézve, az óramutató járásával ellentétes irányt mondjuk direktnek, míg a másikat retrográdnak. A P_1' és Q' pontokon áthaladó főkörön a koordináta [zéró-] kezdőpontja a P_1' pont helyett más jól meghatározható pontban [K] is kijelölhető. Így például a P_1 ponttól $\pi/2$ távolságban. [Ilyen választással a $P_1'Q'$ ív helyett egy KQ' ív szerepel koordinátaként.]

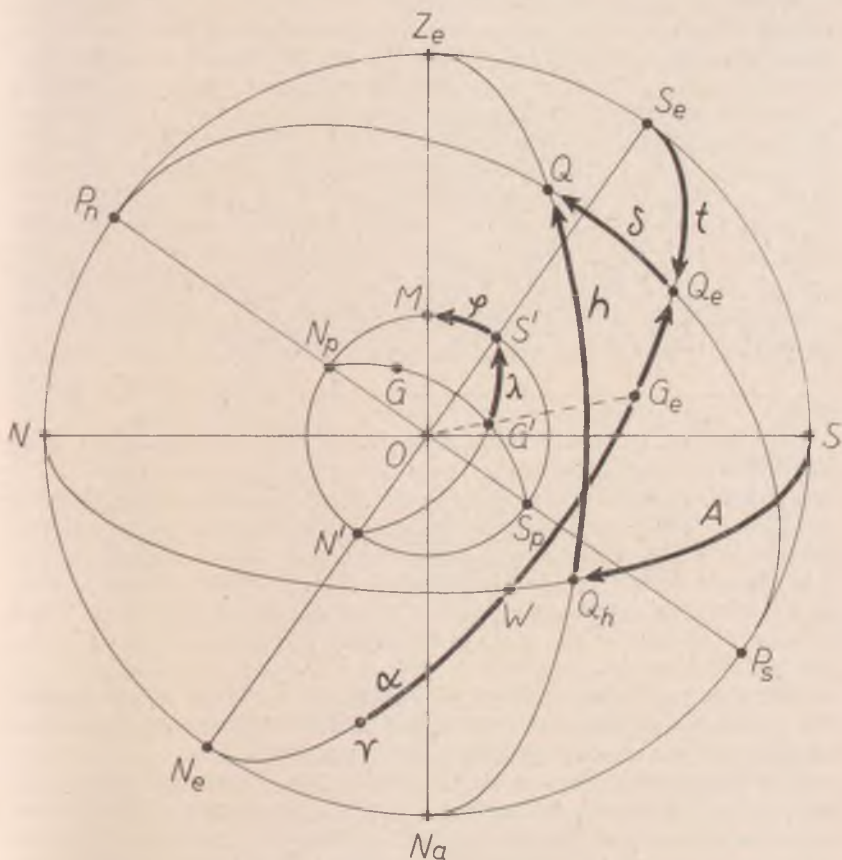
II.

A függőön Földünk bármely helyére vonatkozólag, bármikor, egyértelműen meghatároz egy egyenest. Ennek iránya, a helyi függőleges, fölfelé az égboltnak arra a pontjára mutat, amit a hely, a földi megfigyelőhely [M] zenitjének [Z_e] nevezünk. A zenittel diametrálisan átellenes pont az égbolton a nadir [N_a].

A csillagos égbolt — Földünk forgása miatt mutatkozó — látszólagos forgása már egy-két óra alatt jól észrevehető és egyben az is, hogy [például Magyarország területéről nézve] a fényesebb csillagok közül egy mozdulatnak

tűnik. A Föld forgástengelye tehát éppen ezen csillag környékére mutat. Más szavakkal: az égbolt egyik látszólagos forgáspontjának, északi sarkának, „pólusának” [P_n] helyét közelítőleg fényesebb csillag, a Sarkcsillag [más néven a Poláris] jelzi. Az égbolt másik hasonló pontjának, déli sarkának [P_s] vidékén nincsen egyetlen feltűnőbb csillag sem. A Föld északi és déli sarka [N_p , ill. S_p] pedig az a két hely, amelynek a zenitje rendre az ég északi és déli pólusában van.

Ha feltételezzük, hogy mindenhol a gömb alakú Föld felületén a zenit és a nadir pontot összekötő egyenes, valamint a Föld forgástengelye is a Föld geometriai középpontján [O] halad át, úgy a Föld felületének bármely helyén, a sarkokat kivéve, az égbolt Z_e és P_n pontja — az alapvető jellegű — két csil-



2. ábra

lagászati szférikus koordináta-rendszer alappontjaiul szolgál. A koordináta-rendszer pólusa az egyik esetben a zenit [$P_0 = Z_e$ és $P_1 = P_n$], a másik esetben az égszaki pólusa [$P_0 = P_n$ és $P_1 = Z_e$].

A csak földi megfigyelőhelyekre értelmezett, lokális vonatkozású két égi alapkoordináta-rendszer és egyben a gömbfelületnek tekintett Földön, a földrajzi helymeghatározásokhoz használt szférikus koordináták szemléletes definícióit a 2. ábrán adjuk meg. [A közös O középpontú kis és nagy — teljesen kirajzolt — kört, tehát ezek betűkkel megjelölt pontjait és a szaggatottan kihúzott kivételével minden egyes vonalszakaszt is a rajz síkjában kell elképzelni, míg a többi megjelölt pont főköröknek voltaképpen a rajz síkja feletti — torzíva ábrázolt — félköríveire utal.]

Tekintsük a Föld O középpontján átmenő azt a három síkot, amelyek közül az egyik a Z_e és O , a másik a P_n és O pontokat összekötő egyenesre merőleges, míg a harmadik az, amelyik a Z_e és P_n pontokat is tartalmazza, azaz merőleges az előbbi kettőre. A három sík az égboltot rendre a horizont, égi egyenlítő [ekvátor] és meridián elnevezésű főkörökben, míg az egyenlítő és a meridián síkja a Föld felületét a földi egyenlítőnek, illetve a földi meridiánnak nevezett körvonalakban metszi. Ez utóbbi jelöli ki az észak—dél, míg az égboltnak látszólagos forgása a kelet—nyugat irányt, amit az ég északi sarkából nézve retrográd irányúnak mondunk. A 2. ábrán: a meridián síkot a rajz síkjául választottuk, a betűkkel megjelölt pontok közül pedig az S , W , N a horizont, az S_e , Q_e , G_e , W , γ , N_e az égi, míg az S' , G' , N' pontok a földi egyenlítő pontjai.

A 2. ábrával definiálható csillagászati koordinátákról — az égbolt Q pontja koordinátáinak példáján — áttekintést az alábbi táblázat ad.

Pólus						
P_n	Z_e			P_n		
Koordináta:						
ív	ív	jel	név	ív	jel	név
$P_1'Q'$	SQ_h	A	azimut	S_eQ_e	t	óraszög
P_nQ	Z_eQ	z	zenittávolság	P_nQ	p	pólustávolság
$Q'Q$	Q_hQ	h	magasság	Q_eQ	δ	deklináció
1b ábrán	2. ábrán					
Elnevezés:	horizontális			első ekvatoriális		
	koordináta-rendszer					

A földrajzi koordináták esetében a P_0 alappont a Föld északi sarka [N_e], míg a P_1 alappontot általában a már Londonhoz tartozó Greenwichben egykor felállított egyik [ma muzeális jellegű] távcső [G] jelöli ki.

Az M hely geocentrikus földrajzi koordinátája közül az egyik a szélesség (φ), az $S'M$ ív, a másik a hosszúság (λ), a $G'S'$ ív. Tehát az óraszöget és általában az azimutot is a meridiántól számoljuk, és mindkét koordinátát retrográd, az égbolt látszólagos forgásával egyező irányban [0° -tól 360° -ig], míg a hosszúságot a greenwichi meridiántól [0° -tól 180° -ig] keletre pozitívnak, nyugatra

negativnak. Az égbolt pontjai a meridiánon történő áthaladáskor, az ún. delelés pillanataiban érik el legnagyobb és legkisebb magasságukat, felső, illetve alsó delelésüket. Felső delelésről akkor beszélünk, ha a delelési pont a meridiánnak a pólusokkal határolt azon felében van, amelyik a zenitet is tartalmazza.

Földünköt az égitestek — néhány kivételes esettől és a mesterséges égitestektől eltekintve — oly nagy távolságban vannak, hogy a csillagászati szférikus koordináták szempontjából a Föld sugara elenyészően kicsiny az égbolt sugarához képest, a Földet voltaképpen pontszerűnek kell tekintenünk, tehát a 2. ábrán a kis kört összezsugorítva — az M megfigyelőhellyel együtt — az O középpontban kell elképzelni. Ilyen szemlélettel nem nehéz belátni, hogy bármely égi pont $[Q]$ és földi megfigyelőhely fent definiált szférikus koordinátái közvetlenül megállapíthatók, már — több fontos célra is kielégítő pontossággal — igen egyszerű eszközökkel kivitelezhető észlelések révén, hiszen elvileg csupán szögméréseket kell végezni.

A 2. ábráról azonnal leolvasható például, hogy amennyiben egy csillag valamely időpillanatban éppen a greenwichi meridiánsik és az égi egyenlítő G_e metszéspontjában van, azaz Greenwichben óraszöge zéró, akkor a csillagnak az M hely meridiánjára vonatkozó óraszöge, az $S_e G_e$ ívhez tartozó szög, az M hely földrajzi hosszúságával egyenlő; nyilvánvaló, hogy földrajzi hosszúság-különbségek mindig óraszög-különbségeket jelentenek. A φ , h , δ , A és t koordináták közötti összefüggéseket a gömbháromszögekre vonatkozó elemi geometriai formulák szolgáltatják, ha azokat a P_n , Z_e és Q pontokat összekötő főkörívek által alkotott gömbháromszögre, az ún. „csillagászati háromszögre” alkalmazzuk.

A Nap egymás utáni delelési pozíciói már az előadottak alapján is egyszerűen meghatározhatók, és kijelölik az égbolton a Nap látszólagos pályáját, azt a főkört, amelynek ekliptika a neve. Az ekliptika síkjának hajlásszöge (ϵ) az egyenlítő síkjához kb. $23,5^\circ$. Ez több mint két évezred óta ismert tény, és már akkor jó pontossággal meg tudták határozni az ekliptika és égi egyenlítő két metszési pontját is. Közülük azt a pontot, ahol a Nap az ekliptika menti mozgása során az egyenlítővel kettéosztott égbolt északi pólust tartalmazó északi felére átlép, nevezzük tavaszpontnak (γ). Az ekliptika, jól meghatározott és biztosan megadható helyzete révén kínálkozott szférikus koordinátarendszer bázisául. A konkrét földi megfigyelőhelyektől független, globális vonatkozású égi koordináta-rendszerek közül a két legfontosabbnak alappontjait az égbolt északi pólusa $[P_n]$ és az ekliptikának ehhez közeli, azaz északi pólusa $[E_p]$ képezi. A koordinátarendszer pólusa az egyiknél az égi pólus $[P_0 = P_n \text{ és } P_1 = E_p]$, a másiknak az ekliptika pólusa $[P_0 = E_p \text{ és } P_1 = P_n]$. A koordináták definícióit és a vonatkozó elnevezéseket, a szemléletesség és rövideg kedvéért az 1b és 2. ábra, valamint az I. rész utolsó bevezetésére hivatkozva az alábbi táblázattal adjuk meg.

Pólus:	E_p			P_p			
P_o							
Koordináta:	iv	jel	név	iv		jel	név [táblázatban]
$P_1Q'-\pi/2$	—	—	—	$\Upsilon Q'$	ΥQ_e	α	rektaaszczenzió
$P_1Q'+\pi/2$	$\Upsilon Q'$	λ	hosszúság	—	—	—	[RA]
$Q'Q$	—	β	szélesség	—	Q_eQ	δ	deklináció [D]
1.b ábrán	— —			2. ábrán			
Elnevezés:	ekliptikai			második ekvatoriális			
	koordinátarendszer						

Tehát a Q hely egyik koordinátája mindkét esetben a $Q'Q$ ívnek megfelelő; a másik koordinátát, a $\gamma Q'$ ívet is mindkét esetben hasonlóan számoljuk, a tavaszponttól $[0^\circ\text{-től } 360^\circ\text{-ig}]$ a Nap ekliptikai látszólagos mozgásával megegyező értelemben, azaz a koordinátarendszer pólusából nézve direkt irányban.

Az ε és a β , δ , λ , α négy koordináta között a numerikus összefüggéseket az E_p , P_n és Q pontokat összekötő főkörívek által alkotott gömbháromszögre vonatkozó geometriai formulák adják meg. Ezek révén lehet például a δ és α koordinátákból a β és λ koordinátákat kiszámítani.

Az I. részben megadott definíciókból következik, hogy mindegyik szférikus koordinátarendszernél az alapsíkra merőleges síkú főkörök mentén mért (φ , h , δ , β , azaz a $Q'Q$) koordinátát az alapsíktól északra, illetve a zenit felé fekvő helyek esetében kell [számolásoknál] pozitívnak venni, ellenkező esetben negatívnak. [Egyébként a $+$ és $-$ előjel helyett szokás az északi, illetve déli megnevezést is használni, ahol ez értelemszerű.]

Földünknek az égbolt bármely Q pontjához viszonyított egyszeri fordulata azt jelenti, hogy a Q pont óraszöge éppen 360° -ot változott. Mivel a Föld csillagokhoz [„állócsillagokhoz”] viszonyított forgásánál egyenletesebben végbemenő és szüntelenül azonosan ismétlődő más jelenséget régebben nem ismertek, ezért ezen periódikus mozgásra alapozva alakult ki az idő mérése és számítása. Ennek egyik formális megnyilvánulása már maga az óraszög elnevezés, valamint az, hogy szögmérték helyett időben [órában és ennek kisebb egységeiben] fejezzük ki az óraszöget, a $360^\circ = 24$ óra összefüggés alapján. Általában a rektaaszценziót is így szokás megadni.

A 2. ábráról leolvasható, hogy a definíció szerint $S_e Q_e$ iv $+$ $Q_e \gamma$ iv $= S_e \gamma$ iv, azaz az égbolt bármely Q pontjára vonatkozóan a $t + \alpha$ összeg a tavaszpont óraszögével (θ) egyenlő. A tavaszpont óraszögét, az $S_e \gamma$ iv időben kifejezett (θ) számadatát nevezzük a megfigyelőhely (M) csillagidejének.

Földünkön több-kevesebb mértékben csaknem minden, mindenhol a Nap óraszögének változása által befolyásoltan, ennek ritmusához igazodva törté-

nik. A Nap óraszög-változása azonban általában már a Nap ekliptikai mozgása miatt sem eléggé egyenletes, de azért sem, mert magában az ekliptikában sem állandó sebességű ez a mozgás. A valódi Nap helyett ezért bevezettek egy az égi egyenlítő mentén, a Nap átlagos, közepes sebességével és ugyancsak direkt irányban mozgó objektumot, amely tehát, ha a tavaszpontból a Nappal egyszerre indulna, oda ismét egyszerre érkezne, de e helyett úgy indul, hogy az egyenlítő menti mozgása során rektaaszcenziójának maximális eltérése a Nap rektaaszcenziójától a lehető legminimálisabb legyen. Ezen képzeletbeli Nap óraszög-változása még csillagászati szempontból is a legtöbb esetben kielégítően egyenletesnek tekinthető. Szoláris középídőnek, pontosabb szóhasználatnál közepes szoláris időnek (Nap-időnek) a most definiált és számítással jól meghatározható képzeletbeli „közepes” Nap 12 órával megnövelt óraszögét nevezzük. A valódi Nap — napórákról leolvasható — 12 órával megnövelt óraszöge a valódi idő; maximális eltérése a (helyi) szoláris középídőtől sem sokkal több negyedóránál.

A Nap ekliptikai, nyugatról keletre tartó mozgásával definiálták eredetileg a direkt mozgási irányt; a szögmérték egysége pedig azért 1° , mert a Nap az égbolton átlagosan, közelítőleg majdnem ennyivel mozdul el, miatt a Föld a Naphoz képest egyszer megfordul.

$D - \bar{O}$

A CSILLAGOS ÉG 1976-BAN

(Időpontok KözEI-ben)

Január

Bolygók

Merkur 13-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. 2-ig a Nyilas, 2-tól 25-ig a Bak, utána újra a Nyilas csillagképben tartózkodik. A hó első felében másfél órával nyugszik a Nap után, és a délnyugati égbolton figyelhető meg az esti szürkületben. 7-én legnagyobb keleti kitérésben 19° távolságra a Nap-tól. 23-án alsó együttállásban a Nappal. 8-án fázisa 0,56, fényessége $-0,3$ magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 2-ig a Mérleg, 2-tól 9-ig a Skorpió, 9-től 22-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A hó elején három, végén két órával kel a Nap előtt, és mint hajnalcsillag látható a délkeleti égbolton. 16-án fázisa 0,78, növekedő, fényessége $-3,5$ magnitúdó, csökkenő. — *Mars* 20-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. A hajnali órákban nyugszik, és még az egész éjszaka folyamán látható. Múlt évi, decemberi szembenállása után, átmérője a hó eleji $15,1''$ -ről, a hó végére $11,6''$ -re, ugyanakkor fényessége $-1,2$ magnitúdóról $-0,3$ magnitúdóra csökken. Magas északi deklinációja kedvező felületének megfigyelésére. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. A késő esti órákban nyugszik, és a kora esti órákban még megfigyelhető a nyugati égbolton. — *Szaturnusz* hátráló mozgást végez a Rák csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 20-án szembenállásban a Nappal. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél után kel, és a hajnali órákban figyelhető meg. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
3	—	Quadrantidák meteorraj gyakorisági maximuma. Kékes fényűek, a kis fényességűek gyakoribbak.
3	07	Merkur 7° -kal délre a Holdtól
9	13	Jupiter 4° -kal délre a Holdtól
11	02,4	Algol minimumban

Nap	Óra	
12	05	Vénusz $0,4^{\circ}$ -kal északra a Neptunusztól
13	23,2	Algol minimumban
14	04	Mars 5° -kal északra a Holdtól
16	20,0	Algol minimumban
17	14	Szaturnusz 5° -kal északra a Holdtól
23	08	Spica $0,1^{\circ}$ -kal északra a Holdtól
24	08	Uránusz 2° -kal északra a Holdtól
26	22	Neptunusz $0,6^{\circ}$ -kal délre a Holdtól
28	09	Vénusz 2° -kal délre a Holdtól
31	04,1	Algol minimumban

Február

Bolygók

Merkur 3-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez. 14-ig a Nyilas, utána a Bak csillagképben tartózkodik. A hó elején és végén háromnegyed órával, a közepén egy és negyed órával kel a Nap előtt. Az egész hó folyamán megfigyelhető napkelte előtt a délkeleti égbolton. 16-án legnagyobb nyugati kitérésben 26° távolságra a Naptól. 13-án fázisa 0,53, fényessége $+0,3$ magnitúdó, 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 hajnali szürkületben a délkeleti égbolton. 13-án fázisa 0,85 növekedő, fényessége $-3,4$ magnitúdó, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. A hajnali órákban nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és a kora esti órákban még megfigyelhető a nyugati égbolton. — *Szaturnusz* hátráló mozgást végez 21-ig a Rák, utána az Ikrek csillagképben. Napkelte előtt nyugszik, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — *Uránusz* 11-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfélkor kel, és a hajnali órákban figyelhető meg a délkeleti égbolton. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	—	Mira Ceti maximumban
3	00,9	Algol minimumban
5	21,7	Algol minimumban
6	04	Jupiter 4° -kal délre a Holdtól

Nap	Óra	
10	17	Mars 6°-kal északra a Holdtól
13	20	Szturnusz 5°-kal északra a Holdtól
19	14	Spica 0,1°-kal délre a Holdtól
20	14	Uránusz 1°-kal északra a Holdtól
23	02,6	Algol minimumban
23	05	Neptunusz 1°-kal délre a Holdtól
25	23,4	Algol minimumban
27	15	Vénusz 6°-kal délre a Holdtól
28	01	Merkur 7°-kal délre a Holdtól

Március

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 7-ig a Bak, 7-től 25-ig a Vizöntő, 25-től 29-ig a Halak, utána a Cet csillagképben. E hó folyamán nem jut megfigyelésre kedvező helyzetbe. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 12-ig a Bak, utána a Vizöntő csillagképben. A hó elején egy, a végén fél órával kel a Nap előtt. A hajnali szürkületben még megkereshető mint hajnalcsillag a délkeleti égbolton. 12-én fázisa 0,90 növekedő, fényessége —3,3 magnitúdó, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez 18-ig a Bika, utána az Ikrek csillagképben. A hajnali órákban nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez 22-ig a Halak, utána a Kos csillagképben. A kora esti órákban nyugszik, és az esti szürkületben még megfigyelhető a nyugati égbolton. — *Szturnusz* 27-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez az Ikrek csillagképben. A hajnali órákban nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. A kora esti órákban kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg. — *Neptunusz* 16-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Kigyó-tartó csillagképben. Éjfélkor kel, és a hajnali órákban újra megfigyelhető a délkeleti égbolton.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	14	Juno szembenállásban a Nappal
4	21	Jupiter 3°-kal délre a Holdtól
9	20	Mars 6°-kal északra a Holdtól
12	04	Szturnusz 5°-kal északra a Holdtól
14	04,3	Algol minimumban
17	01,2	Algol minimumban
18	00	Spica 0,3°-kal délre a Holdtól

Nap	Óra	
18	21	Uránusz 1°-kal északra a Holdtól
21	11	Neptunusz 1°-kal délre a Holdtól
25	—	Hydridák meteorraj (március 12-től április 4-ig) gyakorisági maximuma
29	01	Vénusz 6°-kal délre a Holdtól
30	23	Plutó szembenállásban a Nappal

Április

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 1-től 9-ig a Halak, 9-től 25-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. A hó közepén egy, végén két órával nyugszik a Nap után. Ez év folyamán e hó második felében jut megfigyelésére legkedvezőbb helyzetbe, amikor az esti szürkületben látható a nyugati égbolton. 28-án a Plejádoktól 1°-kal délre látható. 1-én felső együttállásban a Nappal. 28-án legnagyobb keleti kitérésben, 21°-kal a Naptól. 21-én fázisa 0,61, fényessége —0,4 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 4-ig a Vizöntő, 4-től 13-ig a Halak, 13-tól 16-ig a Cet, utána újból a Halak csillagképben. A hó első napjaiban fél órával kel a Nap előtt, és napkelte előtt még megfigyelhető a keleti égbolton. 5-én fázisa 0,94, növekedő, fényessége —3,3 magnitúdó, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez az Ikrek csillagképben. Éjfél után nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Kos csillagképben. A hó folyamán nem figyelhető meg. 27-én együttállásban a Nappal. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez az Ikrek csillagképben. Éjfélkor nyugszik, és a késő esti órákig megfigyelhető. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 25-én szembenállásban a Nappal. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Az esti órákban kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	15	Jupiter 2°-kal délre a Holdtól
3	—	Virginidák meteorraj (március 21-től május 10-ig) gyakorisági maximuma
6	02,9	Algol minimumban
7	04	Mars 7°-kal északra a Holdtól
8	13	Szaturnusz 6°-kal északra a Holdtól
12	19	Merkur 2°-kal északra a Jupitertől
14	11	Spica 0,3°-kal délre a Holdtól

Nap	Óra	
15	07	Urárusz 1°-kal északra a Holdtól
17	20	Neptunusz 1°-kal délre a Holdtól
21	—	Lyridák meteorraj (április 19-től 24-ig) gyakorisági maximuma. Fényesek.
26	04,6	Algol minimumban
29	—	Gyűrűs napfogyatkozás. Mint részleges fogyatkozás tőlünk is látható. A gyűrűs fogyatkozás vonala Észak-Afrikán, Törökországon, a Kaukázus vidékén és a Szovjetunió délnyugat-ázsiai részén halad át. Magyarországi adatait lásd a 3—5. ábrákon és a táblázatban.

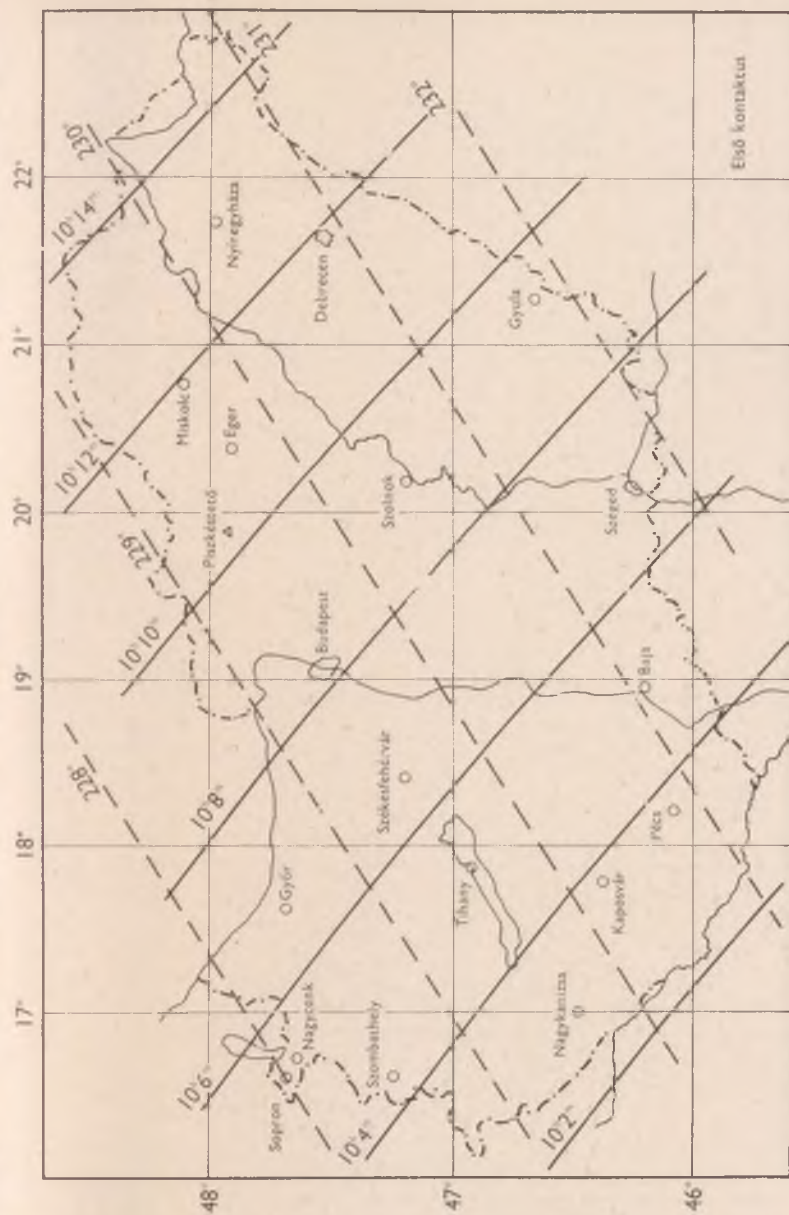
Az 1976. április 29-i napfogyatkozás magyarországi adatai

Állomáshely	Az első kontaktus		A legnagyobb fázis		Az utolsó kontaktus	
	időpontja	pozíció-szöge	időpontja	nagysága	időpontja	pozíció-szöge
Sopron (1)	10ó 5,4p	227,9°	11ó 35,3p	0,626	13ó 7,9p	92,8°
Szombathely (2)	10 4,4	228,5	11 35,0	0,637	13 8,4	92,0
Nagycenk (3)	10 5,5	228,1	11 35,5	0,628	13 8,2	92,7
Tihany (4)	10 5,2	229,6	11 37,1	0,653	13 11,3	91,2
Baja (5)	10 4,9	231,1	11 38,5	0,682	13 14,4	89,5
Budapest (6)	10 8,0	229,5	11 39,6	0,646	13 12,9	91,9
Piszkéstető (7)	10 10,3	229,4	11 41,7	0,642	13 14,3	92,4
Miskolc (8)	10 11,8	229,7	11 43,3	0,643	13 15,6	92,6
Gyula (9)	10 9,3	231,8	11 43,4	0,681	13 18,3	90,1
Debrecen (10)	10 11,9	230,8	11 44,7	0,661	13 18,1	91,6

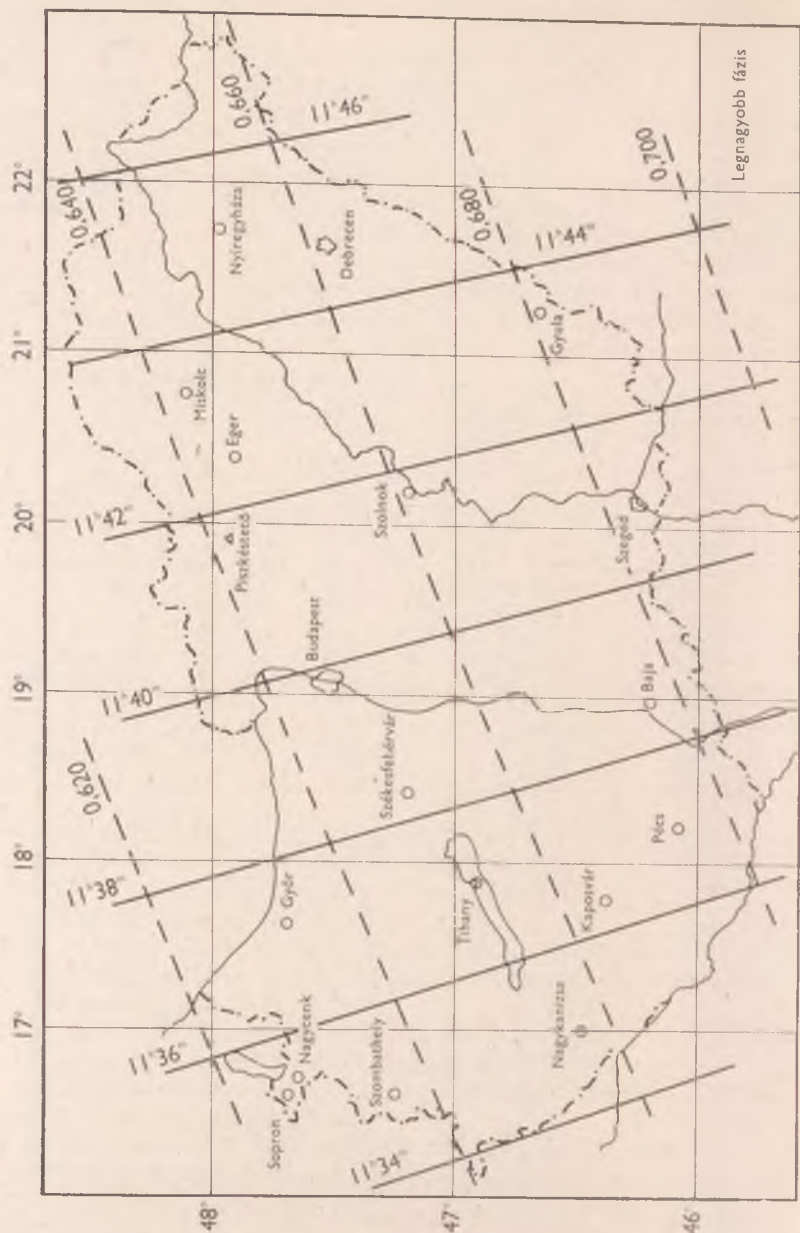
A pozíciószög a napkorong É-i pontjától K—D—Ny irányban számítandó. A fogyatkozás nagysága napátmérőben értendő.

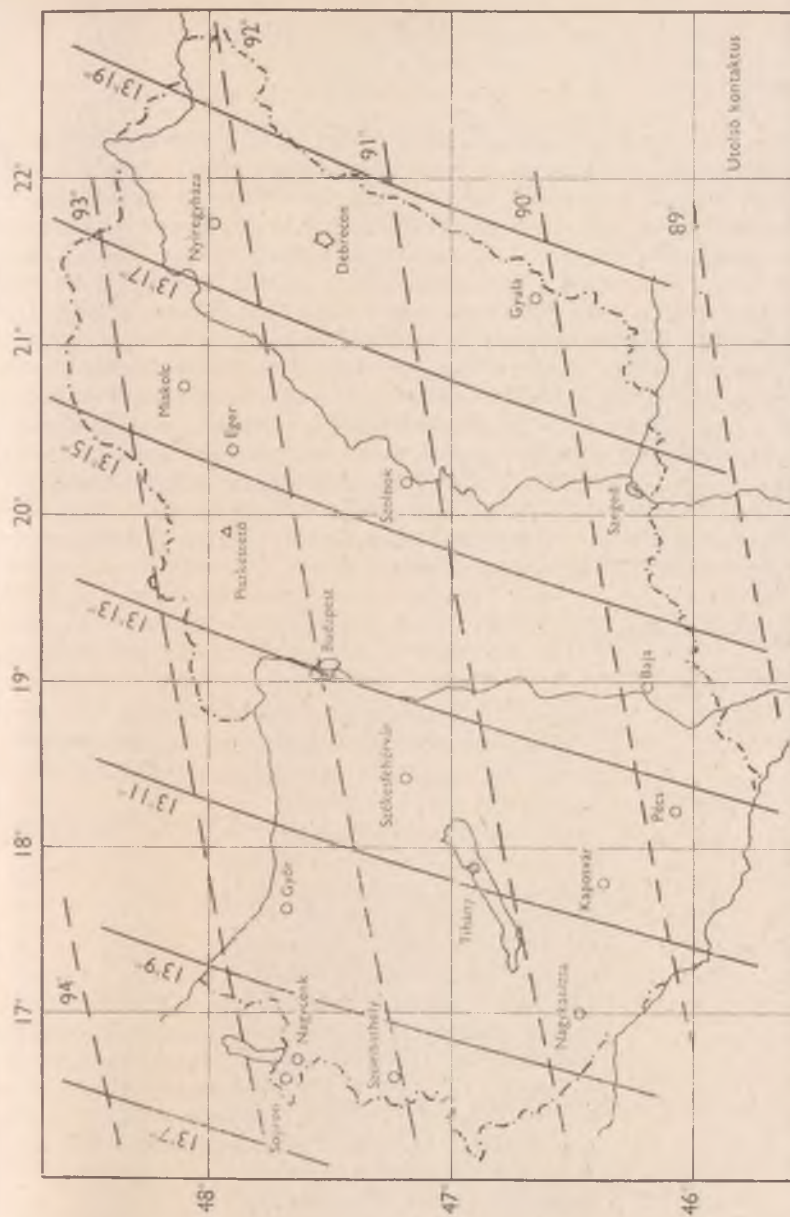
- (1) MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet
- (2) Szputnyikmegfigyelő állomás
- (3) Az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet obszervatóriuma
- (4) A Magyar Állami Eötvös Lóránd Geofizikai Intézet földmágneses obszervatóriuma
- (5) Az MTA Csillagvizsgáló Intézetének obszervatóriuma
- (6) MTA Csillagvizsgáló Intézet, Szabadsághegy
- (7) Az MTA Csillagvizsgáló Intézetének obszervatóriuma
- (8) Szputnyikmegfigyelő állomás
- (9) Az MTA Napfizikai Obszervatórium megfigyelő állomása
- (10) MTA Napfizikai Obszervatórium

A fogyatkozás adatai Magyarország más pontjaira a mellékelt térképekről olvashatók le.



3. ábra





5. ábra

Bolygók

Merkur 9-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Bika csillagképben. A hó elején két, de a közepén már csak háromnegyed órával nyugszik a Nap után. A hó első harmadába helyzete még igen kedvező megfigyelésére. 23-án alsó együttállásban a Nappal. 7-én fázisa 0,15, fényessége +1,5 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 2-ig a Halak, 2-től 21-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Mars* előretartó mozgást végez 11-ig az Ikrek, utána a Rák csillagképben. Éjfélkor nyugszik, és az esti órákban figyelhető meg a nyugati égbolton. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Kos csillagképben. A hó utolsó napjaiban egy órával kel a Nap előtt, és újra megfigyelhető napkelte előtt a keleti égbolton. — *Szaturnusz* 1-től újra előretartó mozgást végez a Rák csillagképben. Éjfélkor nyugszik és az esti órákban figyelhető meg a nyugati égbolton. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél után nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Az esti órákban kel, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	05	Merkur 4°-kal északra a Holdtól
4	—	η Aquaridák meteorraj (április 22-től május 12-ig) gyakorisági maximuma. Maradandó nyommal
5	05	Mars 5°-kal délre a Polluxtól
5	15	Mars 7°-kal északra a Holdtól
5	21	Szaturnusz 6°-kal északra a Holdtól
11	15	Vénusz 0,2°-kal délre a Jupitertől
11	21	Spica 0,3°-kal délre a Holdtól
12	03	Mars 1°-kal északra a Szaturnusztól
12	16	Uránusz 1°-kal északra a Holdtól
13	—	Részleges holdfogyatkozás részben tőlünk is látható. Belépés a félárnyékba 18ó 46,6p-kor. A Hold Budapesten 18ó 57p-kor kel. Belépés a teljes árnyékba 20ó 15,7p-kor; legnagyobb fázis 20ó 54,3 p-kor; kilépés a teljes árnyékból 21ó 32,9p-kor; kilépés a félárnyékból 23ó 02,9p-kor. A fogyatkozás nagysága a teljes árnyékban 0,127, hold-átmérőben kifejezve
15	05	Neptunusz 1°-kal délre a Holdtól

Nap	Óra	
27	04	Jupiter 0,8°-kal délre a Holdtól. Ez alkalommal tőlünk is látható amint a Hold elfedi a Jupitert. Budapestről a belépés a holdkorong mögé 3 ó 20 p-kor, a kilépés a holdkorong mögül 4 ó 17 p-kor látható

Június

Bolygók

Merkur 1-től előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. A hó második felében egy órával kel a Nap előtt, és a hajnali szürkületben figyelhető meg a keleti égbolton. 15-én legnagyobb nyugati kitérésben 23° távolságra a Naptól. 20-án fázisa 0,47, fényessége +0,3 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 20-ig a Bika, utána az Ikrek csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 18-án felsőegyüttállásban a Nappal. — *Mars* előretartó mozgást végez 15-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. A késő esti órákban nyugszik, és a kora esti órákban még megfigyelhető a nyugati égbolton. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Kos csillagképben. Éjfél után kel és a hajnali órákban látható a keleti égbolton. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben. Az esti órákban nyugszik és az esti szürkületben még megfigyelhető a nyugati égbolton. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfélnél nyugszik, és az esti órákban figyelhető meg a délnyugati égbolton. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Kigyótartó csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 3-án szembenállásban a Nappal.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
2	07	Szaturnusz 6°-kal északra a Holdtól
3	03	Mars 7°-kal északra a Holdtól
8	05	Spica 0,4°-kal délre a Holdtól
8	23	Uránusz 1°-kal északra a Holdtól
11	—	χ Cygni maximumban
11	14	Neptunusz 1°-kal délre a Holdtól
13	22,4	Algol minimumban
14	—	Scorpius-Sagittaridák meteorraj (április 20-tól július 30-ig) gyakorisági maximuma
16	—	Lyridák meteorraj (június 10-től 21-ig) gyakorisági maximuma. Kék meteorok, halvány nyommal.
16	19,3	Algol minimumban

Nap	Óra	
22	17	Merkur 3°-kal északra az Aldebarantól
24	00	Jupiter 0,1°-kal délre a Holdtól
25	23	Merkur 1°-kal északra a Holdtól
29	19	Szturnusz 6°-kal északra a Holdtól

Július

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 4-ig a Bika, 4-től 18-ig az Ikrek, 18-tól 27-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. A hó első napjaiban még háromnegyed órával kel a Nap előtt, és a keleti égbolton figyelhető meg napkelte előtt. 15-én felső együttállásban a Nappal. 2-án fázisa 0,79, fényessége —0,8 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 12-ig az Ikrek, 12-től 28-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. A hó utolsó napjaiban fél órával nyugszik a Nap után, és mint alkonyicsillag újra megfigyelhető napnyugta után a nyugati égbolton. 26-án fázisa 0,98, fényessége —3,4 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A kora esti órákban nyugszik, és az esti szürkületben még megfigyelhető a nyugati égbolton. — *Jupiter* előretartó mozgást végez 2-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. Éjfélkor kel, és hajnali órákban látható a keleti égbolton. — *Szturnusz* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 29-én együttállásban a Nappal. — *Uránusz* 11-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél előtt nyugszik, és a kora esti órákban még megfigyelhető. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfél után nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	15	Mars 6°-kal északra a Holdtól
4	00,2	Algol minimumban
5	11	Spica 0,6°-kal délre a Holdtól
5	18	Mars 0,7°-kal északra a Regulustól
6	05	Uránusz 1°-kal északra a Holdtól
6	21,0	Algol minimumban
8	22	Neptunusz 1°-kal délre a Holdtól. Ez alkalommal tőlünk is látható amint a Hold elfedi a Neptunuszt. Budapesten belépés a holdkorong mögé 21 ó 11 p-kor, kilépés a holdkorong mögül 22 ó 13 p-kor

Nap	Óra	
21	18	Jupiter 0,5°-kal északra a Holdtól
24	15	Merkur 0,4°-kal északra a Vénuszról
25	—	Capricornidák meteorraj (július 10-től augusztus 15-ig) gyakorisági maximuma
26	22,7	Algol minimumban
28	—	♂ Aquaridák meteorraj (július 15-től augusztus 15-ig) gyakorisági maximuma. Kettős rádiánssal
29	19,5	Algol minimumban
30	03	Mars 5°-kal északra a Holdtól

Augusztus

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 20-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. A hó közepén háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Megkeresése napnyugta után kísérelhető meg a délkeleti égbolton, de helyzete megfigyelésére nem nagyon kedvező. 26-án legnagyobb keleti kitérésben 27° távolságra a Naptól. 15-én fázisa 0,69, fényessége +0,2 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 26-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. A hó elején fél, a végén háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Napnyugta után figyelhető meg mint alkonyicsillag a nyugati égbolton. 15-én fázisa 0,96, fényessége —3,3 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez 13-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Az esti órákban kel, és az éjszaka második felében látható a keleti égbolton. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Neptunusz* 23-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfélkor nyugszik, és a kora esti órákban még megfigyelhető.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	—	♄ Capricornidák meteorraj (július 15-től augusztus 20-ig) gyakorisági maximuma. Sárga tűzgömbök
1	17	Spica 0,8°-kal délre a Holdtól
2	11	Uránusz 1°-kal északra a Holdtól
5	03	Neptunusz 1°-kal délre a Holdtól

Nap	Óra	
6	—	ι Aquaridák meteorraj (július 15-től augusztus 25-ig) gyakorisági maximuma. Kettős radiánssal
7	17	Vénusz 1°-kal északra a Regulustól
12	—	Perseidák meteorraj (július 25-től augusztus 18-ig) gyakorisági maximuma. Fényes, széttöredező meteorok, halvány nyommal
16	00,4	Algol minimumban
18	09	Jupiter 1°-kal északra a Holdtól
18	21,2	Algol minimumban
20	—	κ Cygnidák meteorraj (augusztus 11-től 21-ig) gyakorisági maximuma. Robbanó tűzgömbökkel
24	00	Szaturnusz 6°-kal északra a Holdtól
27	01	Vénusz 5°-kal északra a Holdtól
27	12	Merkur 0,4°-kal északra a Holdtól
27	16	Mars 4°-kal északra a Holdtól
29	00	Spica 1°-kal délre a Holdtól
29	18	Uránusz 0,5°-kal északra a Holdtól

Szeptember

Bolygók

Merkur 8-ig előretartó, 8-tól 30-ig hátráló, utána újból előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó utolsó napjaiban egy órával kel a Nap előtt, és a hajnali szürkületben figyelhető meg a délkeleti égbolton. 22-én alsó együttállásban a Nappal. 28-án fazisa 0,09, fényessége +1,6 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó elején háromnegyed, a végén egy órával nyugszik a Nap után. Mint alkonycsillag figyelhető meg napnyugta után a nyugati égbolton. 16-án fázisa 0,91, csökkenő, fényessége —3,3 magnitúdó, növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* 19-ig előretartó, után hátráló mozgást végez a Bika csillagképben. Az esti órákban kel és a késő esti óráktól kezdve figyelhető meg. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben. Éjjel után kel, és a hajnali órákban újra megfigyelhető a keleti égbolton. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	08	Neptunusz 2°-kal délre a Holdtól
5	02,1	Algol minimumban
6	05	Merkur 5°-kal délre a Vénusztól
7	22,9	Algol minimumban
10	19,7	Algol minimumban
10	23	Vénusz 0,4°-kal északra a Marstól
12	—	Piscidák meteorraj (augusztus 16-tól október 8-ig) gyakorisági maximuma
14	20	Jupiter 1°-kal északra a Holdtól
20	02	Vénusz 3°-kal északra a Spicától
20	16	Szturnusz 6°-kal északra a Holdtól
25	03,8	Algol minimumban
25	06	Mars 2°-kal északra a Holdtól
25	07	Spica 1°-kal délre a Holdtól
25	19	Vénusz 0,6°-kal északra a Holdtól
26	04	Uránusz 0,2°-kal északra a Holdtól
27	20	Mars 3°-kal északra a Spicától
28	00,6	Algol minimumban
28	15	Neptunusz 2°-kal délre a Holdtól
30	21,5	Algol minimumban
30	23	Vénusz 0,5°-kal délre az Uránusztól

Október

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó elején egy, a közepén másfél órával kel a Nap előtt. A hó első két harmadában figyelhető meg a hajnali szürkületben a délkeleti égbolton, 7-én legnagyobb nyugati kitérésben 18° távolságra a Naptól. 6-án fazisa, 0,44, fényessége 0,0 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 2-ig a Szűz, 2-től 19-ig a Mérleg, 19-től 26-ig a Skorpió, utána a Kígyótartó csillagképben. A hó elején egy, a végén egy és háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Mint alkonyicsillag figyelhető meg a nyugati égbolton. 14-én fázisa 0,85, fényessége —3,4 magnitúdó, növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez 19-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Bika csillagképben. Napnyugta után kel, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — *Szturnusz* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben. Éjfélkor kel, és az éjszaka második felé-

ben látható a keleti égbolton. — *Uránusz* előretartó mozgást végez 20-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 30-án együttállásban a Nappal. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Kigyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
3	18,3	Algol minimumban
12	01	Jupiter 1°-kal északra a Holdtól
18	02,3	Algol minimumban
18	06	Szaturnusz 6°-kal északra a Holdtól
18	23	Mars 0,3°-kal délre az Uránusztól
20	23,2	Algol minimumban
21	—	Orionidák meteorraj (október 16-tól 27-ig) gyakorisági maximuma. Többszörös rádiánssal, maradandó nyommal
23	06	Teljes napfogyatkozás, tőlünk nem látható. A teljes fogyatkozás vonala az Indiai-óceánon halad át, Madagaszkár szigetétől északra kiindulva, végül Ausztrália délkeleti részét Melbourne környékén érintve
23	20,0	Algol minimumban
25	14	Vénusz 4°-kal délre a Holdtól
26	01	Neptunusz 2°-kal délre a Holdtól
26	16,8	Algol minimumban
28	02	Vénusz 3°-kal északra a Spicától
31	07	Vénusz 3°-kal délre a Neptunusztól

November

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 2-ig a Szűz, 2-től 16-ig a Mérleg, 16-tól 21-ig a Skorpió, utána a Kigyótartó csillagképben. E hó folyamán nem jut megfigyelésre kedvező helyzetbe. 7-én felső együttállásban a Nappal. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 10-ig a Kigyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A hó elején egy és háromnegyed, a végén két és fél órával nyugszik a Nap után. Mint alkonycsillag figyelhető meg a nyugati égbolton. 15-én fázisa 0,78, csökkenő, fényessége —3,5 magnitúdó, növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez 20-ig a Mérleg, utána a Skorpió csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 25-én együttállásban a Nappal. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Bika csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 18-án szembenállásban a Nappal. — *Szaturnusz* 28-ig előretartó, utána hátráló

mozgást végez a Rák csillagképben. Éjfél előtt kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
6-7	—	Holdfogyatkozás a félárnyékban. Tőlünk is látható. Belépés a félárnyékba 6-án 21 ó 45,8 p-kor; legnagyobb fázis 7-én 0 ó 1,2 p-kor; kilépés a félárnyékból 2 ó 16,5 p-kor. A fogyatkozás nagysága a félárnyékban 0,864, holdátmérőben kifejezve
7	04,1	Algol minimumban
8	02	Jupiter 1°-kal északra a Holdtól
9	—	Tauridák meteorraj (október 18-tól november 30-ig) gyakorisági maximuma. Kettős radiánssal, gyakori tűzgömbökkel
10	00,9	Algol minimumban
12	21,7	Algol minimumban
14	16	Szaturnusz 6°-kal északra a Holdtól
15	18,5	Algol minimumban
17	—	Leonidák meteorraj (november 15-től 19-ig) gyakorisági maximuma. Fényesek, maradandó nyommal
19	06	Spica 1°-kal délre a Holdtól
20	07	Uránusz 0,1°-kal délre a Holdtól
24	14	Vénusz 7°-kal délre a Holdtól
25	16	Merkur 3°-kal délre a Neptunusztól
30	02,6	Algol minimumban

December

Bolygók

Merkur 27-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. 3-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben tartózkodik. A hó elején háromnegyed, a végén másfél órával nyugszik a Nap után. A hó utolsó két harmadában jut megfigyelésre kedvező helyzetbe. Az esti szürkületben látható a délnyugati égbolton. 21-én fázisa 0,59, fényessége —0,3 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 8-ig a Nyilas, utána a Bak csillagképben. A hó elején három, a végén négy órával nyugszik a Nap után. Mint alkonyicsillag látható a délnyugati égbolton. 21-én fázisa 0,66, csökkenő, fényessége —3,7 magnitúdó,

növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez 1-től 26-ig a Kigyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* hátráló mozgást végez 22-ig a Bika, utána a Kos csillagképben. Napkelte előtt nyugszik, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — *Szturnusz* hátráló mozgást végez a Rák csillagképben. Az esti órákban kel, és a késő esti óráktól kezdve megfigyelhető. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Kigyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 5-én együttállásban a Nappal.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
2	23,4	Algol minimumban
5	01	Jupiter 0,8°-kal északra a Holdtól
5	20,2	Algol minimumban
11	22	Szturnusz 6°-kal északra a Holdtól
14	—	Geminidák meteorraj (december 7-től 15-ig) gyakorisági maximuma. Gyakran tűzgömbökkel, sok teleszkopikus meteorral
16	15	Spica 1°-kal délre a Holdtól
17	20	Uránusz 0,4°-kal délre a Holdtól
20	04,3	Algol minimumban
22	—	Ursidák meteorraj (december 17-től 24-ig) gyakorisági maximuma
22	16	Merkur 6°-kal délre a Holdtól
23	01,1	Algol minimumban
24	16	Vénusz 7°-kal délre a Holdtól
25	21,9	Algol minimumban
28	18,7	Algol minimumban
30	—	Mira Ceti maximumban

G. I.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADEMIA CSILLAGVIZSGÁLÓ INTÉZETÉNEK MŰKÖDÉSE

(1974. március 16-tól 1975. február 28-ig)

1974 őszén súlyos gyász érte intézetünket. Detre László akadémikus, a Csillagvizsgáló Intézet igazgatója 1974. október 15-én tragikus hirtelenséggel elhunyt. Több mint harminc éven át vezette az intézetet, s a változócsillagászati kutatások egyik nemzetközileg elismert központjává emelte. Kutatásait, amelyek elsősorban a változócsillagok természetének felderítésére irányultak, világszerte igen nagyra értékelték. Cél tudatos munkával fejlesztette intézetünket, irányításával jött létre modern hegyi obszervatóriumunk a Pizskéstetőn. Alkotó életére, a tudományos kérdések iránti fogékonyságára, kutató szenvedélyére mindig csodálattal emlékezünk, s példaként áll előttünk.

A rövid téli szünet után a Heves megyei Tanácsi Építőipari Vállalat 1974. folyamán nagy ütemben folytatta tovább az 1 méteres Ritchey-Chretien-rendszerű teleszkóp befogadásához szolgáló kupola és a hozzá csatlakozó melléképület építését. Az Országos Bányagépgyártó Vállalattal együtt lényegében elkészítették a kupolát, így a jénai Zeiss-Művek szerelői októberben hozzákezdhettek a távcső szereléséhez. A teleszkóp felállítása december elejére megtörtént, s december 18-án került sor ünnepélyes átvételére. Az ünnepségen megjelent Köpeczi Béla akadémikus, a Magyar Tudományos Akadémiai főtitkára is. Az új teleszkóppal a megfigyelések előreláthatólag 1975 májusában kezdődnek el csak, mert a kupola forgatásával kapcsolatos bizonyos munkák elhúzódtak.

Budapesten a központi műhelyépület átalakítottuk, s így modern feltételeket biztosítottunk a laboratóriumi és fejlesztési munkákhoz. Ugyanakkor az építkezések elhúzódása hátráltatta a fejlesztési munkákat. A felmerülő nehézségek ellenére elkészítettünk 3 darab integráló rendszerű fotométert. Ebből egyet az ELTE Csillagászati Tanszék számára adtunk át, hogy a csillagász-hallgatók megismerkedhessenek a modern fotometriai mérés technikával. Az egyik fotométert a létesülő fotometriai laboratóriumban helyezték el, így most már multipliereink paramétereit laboratóriumi körülmények között vizsgálhatjuk. A harmadik fotométer az 50 cm-es távcső tartalékberendezése. Műszaki-fejlesztési csoportunk ugyancsak elkészített egy 40 MHz-es impulzuserősítőt kísérleti összeállításban. Kialakították a központi óra-rendszer rendszertervét és az 1 méteres RCC teleszkóphoz a mérésadatgyűjtő rendszer hálózatlanválasztásának tervét. A nagyarányú fejlesztési munkák mellett ugyancsak a Fejlesztési csoportunk végezte a pizskéstetői Schmidt-teleszkóp és az 50 cm-es Cassegrain-távcső karbantartását is. 1975 januárjában újra alumíniumoztattuk a Schmidt-teleszkóp tükrét. 5 évvel ezelőtt volt utoljára alumíniumozva, s reflektáló képessége, különösen az ultraibolya tartományban, a múlt év végén már észrevehetően gyengült.

A szabadsághegyi 60 cm-es reflektor karbantartását Elter János látta el nagy szakértelemmel.

A beszámolási időszakban az intézet kutatói létszáma tovább bővült. Két új kutató

lépett be (Paparó Margit gyakornok 1974. október 1-től és Rupp Erzsébet tudományos munkatárs 1975. január 16-tól) és az egyetem elvégzése után kutatónak neveztük ki Oláh Katalint (1975. január 1-től).

Az intézet személyzete a beszámolási időszak végén a következő volt:

Igazgatóhelyettes: dr. Szeidl Béla, a fiz. tud. kandidátusa

Titkárság: Vargha Domokosné könyvtáros, Farádi Andrea és Harsányi Klára (féléllásban) titkárnők.

Változócsillag osztály: Osztályvezető: dr. Szeidl Béla, a fiz. tud. kandidátusa. Kutatók: Barlai Katalin tud. munkatárs, dr. Kanyó Sándor tud. főmunkatárs, a fiz. tud. kandidátusa, Oláh Katalin és Patkós László tud. segédmunkatársak, Rupp Erzsébet és dr. Szabados László tud. munkatársak. Kutatási segédek: Furka Tamás (katonai szolgálatban), Jurcsik Johanna és Márton József.

Stellárstatisztikai osztály: Osztályvezető: dr. Balázs Béla a fiz. tud. kandidátusa, tanszékvezető egyetemi docens (féléllásban). Kutatók: dr. Balázs Lajos, a fiz. tud. kandidátusa és Jankovics István tud. munkatársak, Kun Mária tud. segédmunkatárs, Lovas Miklós tud. ügyintéző, Paparó Margit tud. gyakornok, Szécsényi-Nagy Gábor külső tud. munkatárs, egy. tanársegéd. Kutatási segédek: Kálmán Béláné és Litvay Zsuzsanna.

Égimechanika és alkalmazásai osztály: Osztályvezető: dr. Ill Márton, a fiz. tud. kandidátusa (a bajai állomás vezetője). Kutatók: dr. Erdi Bálint külső tud. munkatárs, egy. adjunktus, Halász Pál ösztöndíjas gyakornok, dr. Horváth András, a fiz. tud. kandidátusa, Illés Erzsébet és dr. Veres Ferenc tud. munkatársak. Kutatási segédek: Halász Zsuzsa, Mihály Ákos (féléllásban), Nagy Mária, Szabó Andrea és Turi Kálmán. Karbantartók (a bajai állomáson): T. Kiss Lajos és Tölgyesi Jakab (nyugdíjasok, részállásban).

Elméleti munkán dolgozók: dr. Csada Imre, a fiz. tud. doktora, dr. Barcza Szabolcs és Paál György tud. munkatársak.

Műszaki és mérés technikai csoport: Csoportvezető: Virághalmy Géza fizikus (franciaországi tanulmányútja idején dr. Barcza Szabolcs helyettesítette). Technikusok: Rédei Alajos és Wurm Pál. Műszerészek: Kálmán Béla, ifj. Kálmán Béla és Ravasz Pál.

Gazdasági részleg: Gazdasági vezető: Kiss Attila. Helyettese: Nyireő Andor. Gazdasági ügyintézők: Nádas Andorné, Tóth Endréné, Bagóczy Csanád (bajai állomáson részállásban). Gondnok: Iváncsik Miklós. Gépkocsivezetők: Küller Lajos, Szabad József (mátrai állomáson) és Szakács István. Karbantartók: Iváncsik Miklós (ellátja a meteorológiai szolgálatot is), Kalas Barnabásné és Debacher Pál (mint nyugdíjasok, részállásban), Gubala Sándor, Odler Géza és Stork Jenő (utóbbi három a mátrai állomáson).

Balázs Lajos 1973 október elejétől 1974 májusáig a Deutscher Akademischer Austauschdienst ösztöndíjaként 7 hónapot dolgozott a heidelbergi „Max-Planck-Institut”-nál. Csada Imre 1974 december végén tért haza Irkutszkból, ahol a Napfizikai Observatóriumban mint Keldis-ösztöndíjas egy esztendődt dolgozott. Illés Erzsébet 1974. március 31-ig Moszkvában, az Asztroszovjetnél folytatott kutatásait. Jankovics István 1974 december végén fejezte be aspirantúráját a Bjurakani Asztrofizikai Observatóriumban. 3 évet dolgozott ott Ambarcumján akadémikus irányításával. 1975. február 1-től ismét Bjurakanban dolgozik. Kanyó Sándor 1974 május—júniusban két hónapig volt a bécsi csillagvizsgáló vendége. Balázs Béla ugyancsak hosszabb időt töltött a bécsi Universitäts-Sternwarte-nál. Augusztusban pedig 4 hetes tanulmányúton a moszkvai Lomonoszov-egyetemen járt. Virághalmy Géza féléves ösztöndíjjal áprilistól szeptember végéig a Lyoni és Houte-Provence-i obszervatóriumokban dolgozott. Lovas Miklós 1974 októberében 2 hetes tanulmányúton a bjurakani obszervatóriumban járt. Kun Mária a lengyel kormány Kopernikus-ösztöndíjával 1974 szeptemberétől 1975 február végéig a Toruni Csillagvizsgálóban folytatta kutatómunkáját.

1974 februárban Kalugában (Szovjetunió) kötötték meg a szocialista akadémiák csillagászati intézményeinek kutatásait összefogó többoldalú egyezményt a „Csillagok fizikája és evolúciója” témában. A megbeszéléseken intézetünket Detre László és Szeidl Béla képviselte.

A moszkvai változócsillag szimpozionon (67. IAU Symposium) Barlai Katalin, Kanyó Sándor, Szabados László és Szeidl Béla vettek részt. Szeidl az egyik ülészak elnöke volt.

Az IAU II. regionális ülésén, Triesztben az intézetet Balázs Béla, Barcza Szabolcs Barlai Katalin, Kanyó Sándor, Paál György és Szeidl Béla képviselték. A napfizikusok első találkozásán 1975 februárjában Firenzében Csada Imre, az INTERKOZ-MOSZ kolozsvári ülésén Ill Márton, az Astronomische Gesellschaft szeptemberi würzburgi ülésén Balázs Béla vett részt. Balázs Béla több alkalommal tárgyalt Jénában a Zeiss-művek képviselőivel az 1 méteres távcső ügyében.

Az időjárás 1974-ben a megfigyelések szempontjából különösen rosszul alakult. Az átlagosnál lényegesen kevesebb derült volt szeptemberben és októberben. Viszont a megfigyelések számára lényegesen kedvezőbben alakult az időjárás 1975 első két hónapjában, s így a megfigyelési programjainkban bekövetkezett lemaradást némiképpen csökkenteni tudtuk.

A beszámolási időszakban kutatásainkat a következő tudományos témákban folytattuk:

1. Változócsillagok

A fotoelektromos fotometriai megfigyeléseket továbbra is a piskéstetői 50 cm-es és a szabadsághegyi 60 cm-es távcsövekkel végeztük az UBV rendszerben. Az új kétcsatornás polariméterrel Virághegy Géza végzett rendszeres méréseket a Piskéstetőn az 50 cm-es, ill. Haute-Provence-ban a 60 cm-es reflektorokkal.

A Szabadsághegyen a megfigyelési éjszakák megoszlása 1974 folyamán hónapok szerint a következő volt: Januárban 4, februárban 12, márciusban 13, áprilisban 15, májusban 14, júniusban 16, júliusban 17, augusztusban 18, szeptemberben 19, októberben 7, novemberben 12, decemberben 7, összesen: 154 éjszaka folyt észlelés.

1974 folyamán a következő résztémákban értünk el eredményeket:

a) RR Lyrae csillagok periódus és fénygörbeváltozásai:

Továbbra is a főprogramunk a többszörös periódusú RR Lyrae típusú változók tanulmányozása volt. Fokozott intenzitással figyeltük meg magát az RR Lyrae-t. A kedvezőtlen időjárás ellenére 53 éjszaka sikerült használható fénygörbét (felszálló ágát vagy maximumot) gyűjteni. Mint ismeretes a csillag a hasonló típusúak között a legfényesebb, s viselkedése rendkívül érdekes. A 40,8 napos szekunder változás mellett 4 éves ciklus is mutat. Az 1973–74-es időszakban ismét sikerült a hosszú periódusú ciklus maximumát átészlelni, mely két mellékmaximumból áll. Minthogy az utóbbi évek észlelései a leghomogénabbak, pontosan tanulmányozhatjuk a kettős maximum struktúráját. Az elmúlt időszakban kapott megfigyelési anyagot összehasonlítva a korábbiakkal, világosan látszott, hogy a 4 éves ciklusok hossza és amplitúdója is változik, feltevéseink szerint egy lényegesen hosszabb periódussal. (Detre, Oláh, Szabados, Szeidl). Hasonló megfigyeléseket végeztünk néhány más, halványabb többszörös periódusú RR Lyrae változóra: RS Boo, TT Cnc, XZ Cyg, RW Dra, XZ Dra, RV UMa (Kanyó, Oláh, Patkós, Szabados, Szeidl). A TPA-i számítógépre írt perióduskereső program segítségével az RS Boo-ra egy 83,8 napos szekunderperiódus adódott, mely eredmény még megerősítésre szorul. (Kanyó, Oláh). Az AT And közel 10 maximumát figyeltük meg, s kiderült, hogy nem mutat fénygörbeváltozást, más megfigyelésekkel szemben. (Oláh)

Elkezdtek a 0,6 napnál hosszabb periódusú, általunk megfigyelhető összes RR Lyrae észlelését, periódusváltozásait tanulmányozása céljából (Oláh). Korábbi programunknak megfelelően más RR Lyrae-típusú változókat is (pl. RR Leo, RR Gem, RU

Psc, stb.) megfigyeltünk. Az M15 gömbhalmaz RR Lyrae változóinak tanulmányozását befejeztük (Barlai), az M5 gömbhalmaz változóinak vizsgálatát tovább folytattuk (Lovas, Szeidl).

b) A törpe cepheidák megfigyelési programja során meghatároztuk az AE UMa beat-periódusos RRcs csillag periódusait: $P_0 = 0,086$ nap, $P_1 = 0,0665$ nap. A periódusváltozások tanulmányozása céljából közel 10 törpe cepheidát figyeltünk meg. A megfigyelések alátámasztják az elméleti megfontolásokat, periódusuk hosszú időn át konstans általában (Szeidl).

c) A cepheidák észlelési programjának első felét lezártuk, az 5 napnál rövidebb periódusú cepheidákról sikerült teljes fénygörbéket nyerni, s így a periódusváltozások tanulmányozhatók. Saját megfigyelési anyag alapján részletesen tanulmányoztuk a beat-periódusú cepheidákat (TU Cas, BC Dra, BQ Ser). Elkezdtük az 5 és 10 nap közötti periódusú cepheidák megfigyelését (Szabados).

d) Folytattuk a korábban programba vett 14 szemiregularis változócsillag megfigyelését. A VZ Cam-ról nyert több éves anyag analizisét elvégeztük. A különleges viselkedésű RU Cam megfigyelését folytattuk és az anyagot folyamatosan feldolgoztuk (Patkós, Oláh, Szabados, Szeidl). Az M3 gömbhalmazra gyűjtött több mint 30 éves fotografikus anyag alapján tanulmányoztuk a halmaz vörös változóit és változó gyanús objektumait. Eredményeink ellentmondanak Ruszev eredményeinek, több, általa változónak vélt objektum nálunk konstans fényűnek adódott (Oláh).

e) Intézetünk kétszatornás integráló polariméterével polarimetriai vizsgálatokat végeztünk SRd, RV Tau, és emissziós B csillagokon. Legérdekesebb eredményünk, hogy BD+18°4085 Be típusú csillag az ultraibolya hullámhossztartományban igen gyors változásokat mutat (Virághalmi).

f) Együttműködve a bjurakani obszervatóriummal, több alkalommal mértük a BY Dra vörös törpecsillagot, és az anyagot együttesen feldolgoztuk (Oláh).

g) 36 fedési változó megfigyelését vettük programba. A megfigyelt periódusváltozásokból a kettős rendszerek tömegkieserélődési folyamataira kívánunk következtetni. Három hosszú periódusú fedési változó (RY Per, AB Per és AY Per) megfigyelését kezdtük el, hogy teljes fénygörbét nyerve a pályaelemeket meghatározzuk. 8 éjszakán át sikerült megfigyelni a fénygörbeváltozást mutató SV Cam fedési változót (Patkós).

Változócsillagászati témakörben intézetünknel dolgozott U. Uus szovjet (4 hét) és A. Schnell osztrák (3 hét) csillagász. Ugyancsak meglátogatta intézetünket W. Osborn venezuelai csillagász.

II. Stellárstatisztika

Stellárstatisztikai alapműszerünkkel, a piskéstetői 60/90/180 cm-es Schmidt-teleszkóppal a rendkívül kedvezőtlen időjárás miatt 1974-ben lényegesen kevesebb felvételt (összesen 466-ot) készítettünk, mint a korábbi évben (663). Az 1974. évi felvételek megoszlása a következő volt:

szupernóva felvétel	283
UBV felvétel	88
5°-os színekép felvétel	54
fler felvétel	5 (á 8 exp.)
egyéb felvétel	36

a) *Spektrálklasszifikáció és többszínfotometria stellárstatisztikai alkalmazása* volt az egyik fő programunk.

Háromszínfotometriai felvételek és korábbi fotóelektromos mérések alapján publikációra készítettük elő az IC 1396, NGC 2236, 2244 és 2252 nyílthalmazokat.

Meghatároztuk a halmazok korát és tőlünk mért távolságát, valamint irányukban az interstelláris vörösödést és abszorpciót (Balázs B. és Balázs L.)

Egy a Lyrában, közepes galaktikai szélességen fekvő terület stellárstatistikai feldolgozása során kimutattuk, hogy az A csillagok sűrűségeloszlása nem magyarázható meg egy ellipszoidális sebességeloszlás alapján. A fellépő kinematikai különbségek feltehetőleg korbelti különbségekre vezethetők vissza. Az eredmény összhangban van a Lin-féle sűrűséghullám elmélettel (Balázs L.).

Balázs L. a heidelbergi csillagda néhány kutatójával közösen elvégezte egy az Aquila-Cygnusban levő mintegy 200 $\square$ -os területen az extrém vörös csillagok fotográfikus fotometriai feldolgozását.

Összeállítottunk egy a sötét ködökben extrém vörös objektumok keresését célzó programot. Ennek keretében katalógust készítettünk az erős molekulárisan rádió-sugárzó kompakt sötét ködökről. A katalógus alapján a Schmidt-teleszkóppal megkezdjük a ködök észlelését Ha emissziós objektumok keresése céljából (Balázs L.).

Tovább folytattuk a Cepheus OB 2-asszociáció néhány területének spektrálklasszifikációs és UVB fotometriai feldolgozását (Kun).

Elkezdjük a halmazok koronájának vizsgálatát (Paparó).

Folytattuk a „Catalogue of Star Clusters and Associations” kiegészítéseinek összeállítását (Balázs B.).

b) Az IAU által kezdeményezett nemzetközi kooperáció keretében tovább folytattuk a szupernóvák szisztematikus felkutatását. A vizsgálatok során (két egymást követő éjszakán) egy 14 és egy 16,5 magnitúdós szupernóvát fedeztünk föl az NGC 3916 és az NGC 4038—39 extragalaxisokban (Lovas). Ezzel az Intézetben 11 év alatt felfedezett szupernóvák száma 17-re emelkedett, ami nemzetközileg is igen jó eredmény, s így Intézetünk a szupernóva-kutatás területén az elsők között van.

Egyik szupernóva-felvetelünkön új üstököst találtunk, mely felfedezőjéről „Comet 1974 Lovas” nevet kapta. E felfedezés azért is említésre méltó, mert évente csupán 5—10 új üstököst fedeznek föl.

c) Szorosan együttműködve a bjurakáni obszervatóriummal folytattuk a fler-csillagok fotográfikus-fotometriai statisztikai vizsgálatát a Pleiadokban és a Praesepeben. A Pleiadokban hét új eruptív változót találtunk, köztük három olyat, amelynek fényváltozása több magnitúdót tett ki. Ezekkel együtt Intézetünkben eddig 30 új fler-csillagot fedeztünk fel (Jankovics, Szécsényi-Nagy). Így elmondhatjuk, hogy a bjurakáni obszervatóriummal való szoros együttműködés rendkívül gyümölcsözőnek bizonyult, s talán a leghasznosabb az összes külföldi kooperációink közül.

Stellárstatistikai témakörben két külföldi csillagász dolgozott Intézetünkben: N. Bakojev Bulgáriából (2 hónapig) és R. G. Mnatsakanian Bjurakánból (3 hónapig).

III. Égimechanika és alkalmazásai

A mesterséges holdak megfigyelését 1974-ben főleg a bajai megfigyelő állomásunkon és részben a miskolci szputnyikmegfigyelő állomáson végeztük.

Résztvettünk a SZUTA által szervezett észlelési programokban (Nagy Hurok, Dinamika, Atmoszféra), de folytattuk saját Lambda programunkat is (Halász, III). A sikeres észlelések száma:

fotográfikus; 209 vonulás folyamán 635 pozíció (13 hold),
vizuális; kb. 600 vonulás folyamán kb. 6000 pozíció (30 hold).

Megkezdjük a fotográfikus felvételek kimérését és a topocentrikus koordináták kiszámítását. A kapott adatokat az Asztroszovjethoz továbbítottuk, ahonnan mi is megkaptuk az általuk kimért koordinátákat, így az együttműködés kölcsönös (Halász, Horváth, III).

Tovább folytattuk programkönyvtárunk összeállítását (Halász, Horváth, III, Illés). A programok elkészítésétől más szakmabeliek idegenkednek, ugyanis a problémák összetettek és speciális csillagászati vonatkozású számításokat igényelnek. Néhány elkészült programunk:

Szputnyikfelvételek teljesen automatizált azonosítása,
Pályaszámítás észl lésekből,
Pályaelem-transzformációk,
Pályajavítás megfigyelésekből,
Szputnyik előrejelzések,
Holdak láthatósága.

Eredményeinket három résztermében értük el:

a) Az év folyamán több hold és több geomágneses vihar esetében kiszámítottuk a légkör reakcióját, mégpedig pontosan kimért fotografikus felvételek alapján. Az eredmények igazolták a korábban, vizuális megfigyelések alapján tett megállapítást, hogy a legjobbnak mondott J-71 modell az effektust nem mindig helyesen veszi figyelembe: az ún. ekvivalens időtartamok alapján csak a 300–500 km közötti tartományban tekinthető jónak. E fölött a modellbeli geomágneses effektus túl nagy, míg 300 km alatt erősen elmarad a megfigyelttől.

1974-ben használtunk első ízben fotografikus felvételeket légkörkutatói célokra, miáltal a periódusmeghatározás pontossága mintegy 2 nagyságrenddel jobb lett. Kevés fotografikus észlelés áll még azonban rendelkezésünkre, így a vizuális észleléseket továbbra is fölhasználjuk még. (Horváth, Illés.)

b) A légkörkutatói munkáknál alapvető paraméter a H skálamagasság. Meghatározása körülményes, ezért értékét rendszerint modellből szokták venni. 1974-ben sikerült 4 holdnak másfél évre terjedő pályaelemeivel H értékeket meghatározni a King-Hele által javasolt összefüggés segítségével. Eredményeink 200–240 km között megegyeznek a modellbeliekkel, de magasabban lényeges eltéréseket kaptunk. H gradiense itt már kb. kétszerese a modellbelinek. Az igen gyér irodalomban két másik szerző eredményei is ezt mutatják, csupán ők ezt figyelmen kívül hagyták, mert a modellel megegyező eredményeiket elemezték.

Kidolgoztunk egy olyan módszert is, amely — arra alkalmas megfigyelésekből — lehetővé teszi a H időbeli változásának vizsgálatát. Így mód nyílik arra, hogy H-nak mind a magasságtól, mind az időtől való függését vizsgáljuk. Erre eddig semmiféle irodalmi utalást sem találtunk (III).

c) Az F-rétegbeli semleges szelekre vonatkozó kutatásainkat 1974-ben tovább finomítottuk. Főbb megállapításaink:

I. Léteznek éjszakai transzekvatoriális szelek.

II. Az egyenlítőre vonatkozó aszimmetriát főleg a meridionális komponens okozza.

III. A szélvektor iránya egy adott szélességen a nap folyamán változik. A forgásirány az északi féltekén az óramutató járásával megegyező, a délin fordítva (kisebb északi szélességeken vannak azonban rendellenességek!). A rotációs sebesség átlagosan $15^\circ/\text{h}$, de kis szélességek idején (hajnalban, délből) ennek többszöröse is lehet. Mindezek a megállapítások a tavaszi ekvinokciumra vonatkoznak 300 km magasságban (III).

A bajai állomást több külföldi kutató látogatta meg: C. Berger (Franciaország, Meudon), J. Clairemidi (Franciaország, Besançon), P. Järvi (Finnország, Helsinki) és J. Jurov (Szovjetunió, Zvenyigorod). P. J. Eljaszberg professzor javaslatára a moszkvai Kozmikus Kutatási Intézet együttműködési megállapodást kötött intézetünk Égimechanikai osztályával. Ennek értelmében bizonyos légkörkutatásokat a két intézmény kutatói közösen végeznek.

IV. Egyéb témák

Magnetohidrodinamikai kutatásaink csaknem teljesen a Nap mint mágneses változócsillag elméletére korlátozódtak. Az irkutszki Szib-Izmirben az intézet saját programkönyvtára felhasználásával a BESZM-6 számítógépen sikerült igazolni a korábban levezetett, a 22 éves mágneses periódusnál rövidebb periódusok létezését és adataik helyességét. Az irkutszki szoláris magnetohidrodinamikai laboratórium munkatársaival együttműködve a gyenge fotoszférikus mágneses mezőket s azok változásait „multipólus hullámok” interferenciájaként lehetett értelmezni. Az új elmélet szerint az egyes multipólus hullám komponensek terjedési sebessége, vagyis az ekvátor körülfutásának ideje, különböző és a mágneses mezőknek a fotoszférától különböző forgásiidejét eredményezik. Az első multipólusnak, a dipólusnak, a körülfutási ideje a periódusanális szerint 659 nap, s így a tengelyforgásra szuperponált mező 27 napos látszólagos forgását eredményezi. Sejtendő, hogy az analízis pontosságának fokozásával a multipólus sorozat második tagja, a kvadrupólus-hullám is kimutatható. Ennek körülfutási ideje kb. 1500 napos periódusnak felel meg. Jelenleg a numerikus adatok a megfelelő összefüggést csak 10%-os pontossággal igazolják (Csada).

Anyaggyűjtést kezdtünk a pulzáló változócsillagok légköri jelenségeivel kapcsolatban. A cél olyan modell kidolgozása, melyben a pulzáció nem csupa stationárius állapotban halad át. Így a fellépő szuperszonikus áramlások hatása is figyelembe vehető (Barcza).

Kozmológiai témában sikerült tovább fejleszteni a galaxishalmazok relaxáció elméletét. Az eredmények alapján a modellizált galaxishalmaz fejlődési sorozaton olyan karakterisztikus méreteket lehetett meghatározni, melyek azonosíthatók voltak galaxishalmazok mérhető adataival. A valódi és szimulált halmazoknak összehasonlító elemzése lehetővé teszi a halmazok fejlődési típusának és fejlettségi fokának vizsgálatát (Paál).

Az Intézet kutatóinak 1974-ben megjelent tudományos és referáló dolgozatai:

- Balázs B.: Kopernikusz világképe. MTA X. Oszt. Közl. 7/1—2.
L. Balázs: A Photographic Search for Red Stars in Aquila-Cygnus, *Astron. Astrophys. Suppl.* 18, 427.
Barcza Sz.: Csillagok keletkezése. Csillagászati Évkönyv 1975.
I. Csada: Short Period Variation of the Photospheric Magnetic Field. *Solar Physics* 35, 325.
Detre L.: Az MTA Csillagvizsgáló Intézetének 30 éves fejlődése. Csillagászati Értesítő 1974/1—2.
L. Detre—B. Szeidl: On the Nature of the 41-Day Cycle of RR Lyrae. *Astrophysics and Space Science Library* 36, 31.
Horváth A.: Úrhajók, űrállomások. Csillagászati Évkönyv 1975.
III M.: A gravitációs erőter meghatározása mesterséges holdakkal. *Fizika* '74-ben. — Skálamagasság meghatározása (oroszul). *Nabl. Isztk. Szpu.* No. 14. — (T.: Almár I., T. Koszimenko): A magaslégkör sűrűségváltozásainak tanulmányozása mesterséges holdak optikai megfigyelése alapján (oroszul). *Interkosmosz jubileumi kötet.*
M. III: (T.: J. Clairemidi, J. L. Falin): Neutral Winds in the F-Region. *Planetary and Space Science* 1975, No. 1.
E. Illés: (T.: I. Almár): An Analysis of the Altitude Dependence of the Geomagnetic Effect by Means of „Equivalent Durations”. *Space Research XIII.* 363. old.
Illés E.: (T.: Almár I.): A felsőlégkör legújabb modelljének kontrollja geomágneses viharok idején (oroszul). *Nabljugenija* No. 12, 218. old.

- Kanyó S.: Tejútrendszer gömbhalmazai. Csillagászati Évkönyv 1975.
- S. Kanyó—B. Szeidl: Photoelectric Observations of AN Serpentis. MTA Csillagvizsgáló Intézet Közleményei Nr. 64.
- M. Lovas: Supernova in NGC 3916, IAU Circ. No. 2653. — Supernova in NGC 4038—39. IAU Circ. No. 2653. — Comet 1974c Lovas. IAU Circ. No. 2653. — Precise Position for Comet Lovas. IAU Circ. No. 2663.
- Paál Gy.: Galaxishalmazok felületi fényesség—vöröseltolódás relációjáról (angolul). Circular of the Working Group on Galaxy Photometry, No. 10. — Relaxáló halmazok a fejlődő Univerzumban (angolul). Circular of the Working Group on Galaxy Photometry No. 12.
- Szabados L.: Ionizációs frontok vizsgálata az intersztelláris mágneses tér figyelembevételével. Magyar Fizikai Folyóirat XXII, 2. szám, 101. old. — (T.: R. A. Vardanian): Összefüggés a késői típusú csillagok I—K színindexe és saját polarizációja között (oroszul). Asztrofizika 9. 454.
- L. Szabados: V 445 Cas is an Eclipsing Binary. Inf. Bull. Var. Stars No. 867. — The Peculiar Variable Star V361 Per, Inf. Bull. Var. Stars No. 868.
- G. Szécsényi-Nagy: Some New Flares in the Pleiades Region. Inf. Bull. Var. Stars No. 898.
- B. Szeidl: The Secondary Period of AE UMa. Inf. Bull. Var. Stars No. 903.

A felsorolt publikációkon kívül kutatóink igen sok népszerűsítő cikket írtak hazai ismeretterjesztő lapokban és újságokban.

Megjelentettük az Information Bulletin on Variable Stars c. nemzetközi kiadvány 857—953. számait és a 9. kötet tartalomjegyzékét, név- és tárgymutatóját.

Kutatóink tudományos szereplése 1974-ben:

Kutatóink igen sok magyar és idegennyelvű előadást tartottak 1974-ben.

Az IAU moszkvai szimpozionán Szeidl tartott előadást „Period Changes of RR Lyrae Stars in Globular Clusters” címmel.

Égimechanikai osztályunk tagjai igen aktívak voltak az Interkozmosz 6. szekciójának budapesti nemzetközi konferenciáján. A következő előadásokat tartották:

Horváth: Az 1972. aug. 7-i geomágneses vihar hatása az 1963—53A és 1968—56A ballonholdak mozgására (oroszul).

III: A magaslégköri szelek számításáról (angolul) és

A skálamagasság meghatározása (oroszul).

Illés: 3 mesterséges hold periódusváltozása az Atmoszféra-program megfigyelései alapján (oroszul).

Veres: Fedélzeti mikroakcelerométereknek a felső légköri kutatásokban való felhasználásáról (oroszul).

A fentiekén kívül kutatóink külföldi útjaik során a meglátogatott csillagászati intézetekben számos előadást, szemináriumot tartottak. Balázs Béla a jénai egyetemi csillagvizsgálóban, a moszkvai Sternberg Intézetben és a bécsi csillagvizsgálóban, Balázs L. a heidelbergi Max-Planck Institutban, Csada az irkutszki napfizikai intézetben, Illés az Asztroszovjetben és Uljanovszkban, Kanyó pedig a bécsi csillagdában számolt be munkájáról.

Hazai tudományos rendezvényeken is aktívak voltak kutatóink. Számos népszerűsítő előadást is tartottak.

Egyetemi intézményeinkkel, elsősorban az ELTE Csillagászati Tanszékével való kapcsolatunk igen szoros. Balázs L., Barcza, Detre, Kanyó és Szeidl előadók, ill. szemináriumvezetők voltak.

Az elmúlt évben Kanyó és Balázs L. sikeresen megvédték a „Blaskó-effektusos RR Lyrae csillagok vizsgálata” és „A spektrálklasszifikáció és többszínfotometria szerepe a stellárstatisztikában” című disszertációikat és a fizikai tudományok kandidátusai lettek. Jankovics sikeresen befejezte aspirantúráját a fler-csillagok témakörében. Barcza benyújtotta a TMB-nek a „Hidrogén vonalak csillagok szinképében” című kandidátusi értekezését. Paál ugyancsak elkészítette kozmológiai tárgyú kandidátusi értekezését. Veres levelező aspiráns lett. Szabados sikeresen letette egyetemi doktori szigorlatát.

**AZ EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM CSILLAGÁSZATI
TANSZÉKÉNEK MŰKÖDÉSE
(1972—1974)**

A Csillagászati Tanszék személyi állománya 1974. december 31-én a következő volt:

Dr. Balázs Béla kandidátus, tszv. docens,
Dr. Földes István kandidátus, docens,
Dr. Marik Miklós kandidátus, docens,
Dr. Érdi Bálint tanársegéd,
Szécsényi-Nagy Gábor tanársegéd,
Tihanyi László tudományos segédmunkatárs,
Dr. Balázs Lajos kandidátus, mb. előadó,
Dr. Kanyó Sándor kandidátus, mb. előadó,
Dr. Szeidl Béla kandidátus, mb. előadó,
Kosztolányi Klára adminisztratív ügyintéző,
Németh Károlyné takarítónő (részfoglalkozás).

A Tanszék oktatói látják el a csillagász, fizika, matematika—fizika, kémia—fizika, geofizikus, térképész és földrajz szakos hallgatók csillagászati képzésének feladatát. A Tanszéken oktatott tárgyakról az 1973-as Csillagászati Évkönyvben részletesen beszámoltunk. Mivel ezekhez képest lényeges változás nem történt, az előadókat és a tantárgyakat nem soroljuk fel újból. Egy változásról azonban szólunk kell. Az Egyetem vezetése elhatározta, hogy a jövőben a fizika szakos hallgatóknak is kötelezően hallgatniuk kell a „Kozmikus fizika” c. tantárgyat, amelyben a geofizika és a csillagászat elemei kerülnek ismertetésre. Ezt a tantárgyat Barta György professzor (Geofizikai Tanszék) és Balázs Béla adják elő másodéves fizikusoknak.

Előrelépés történt a csillagászati gyakorlatok területén. A Csillagvizsgáló Intézet 20 évre a Tanszék rendelkezésére bocsátotta az Intézet egyik kupoláját a benne lévő távcsővel együtt. A felsőbbéves csillagász hallgatók csillagászati gyakorlataikat már ezzel a távcsővel végzik. Az elsőéves hallgatók gyakorlatait továbbra is az Egyetem Múzeum körüli épületében, a már igen rossz állapotban lévő kupolában tartjuk a 10 cm-es refraktorral. Öröndetes fejlemény, hogy megrendelhettünk egy új, kb. 800 000 Ft értékű 15 cm-es demonstrációs Coudé refraktort a Zeiss művektől, amelyet 1976 első félévében fognak

szállítani. A távcsövet ideiglenesen a Múzeum körüti kupolában fogjuk felállítani az új Természettudományi Kar felépültéig, ahol majd modern csillagászati kupola is lesz.

A Tanszék laboratóriumának műszerparkja a beszámolási időszakban több százezer forint értékkel gyarapodott. A rendszeres csillagászati laboratóriumi gyakorlatokat azonban a Tanszék munkáját erősen gátló helyiséghiány miatt csak 1975 második felében tudjuk majd beindítani.

A Tanszéken a beszámolási időszakban a következő új jegyzetek jelentek meg:

Érdi Bálint: Égi mechanika I., II., III. (összesen 670 oldal),

Érdi—Szécsényi-Nagy—Tihanyi: Csillagászati feladatgyűjtemény (250 oldal).

1972-ben megalakult a Csillagászati Tudományos Diákköri Csoport, amelyből 1973-ban önálló Csillagászati Tudományos Diákkör alakult Érdi Bálint vezetésével. Rövid múltja ellenére a Diákkör már komoly sikereket mondhat magáénak, amiben jelentős szerepe van Kelemen János, Varga Márta és Kókai Éva hallgatók szervezői munkájának is. Eddig három többnapos tudományos diákköri ülésszakot tartottunk a következő témákban:

- a) Asztrofizika (Visegrád, 1974. február),
- b) A Tejútrendszer (Visegrád, 1974. október),
- c) A Nap (Debrecen, 1975. április).

Ezen kívül minden tanévben három diákköri konferenciát szerveztünk a TIT-tel közös rendezésben. 1973-ban az Egerben megtartott országos diákköri konferencián a Csillagászati Diákkör tagjai 4 dolgozatot mutattak be, az 1975-ös szegedi konferenciára pedig a következő 6 dolgozatot készítették:

Bérczi Szaniszló: Bazaltok, anortozitok?,

Bérczi Szaniszló: Holdi sztratigráfia,

Kovács Géza: Az elliptikus háromtest probléma egy speciális esete,

Taracsák Gábor: Asztrológia és társadalom,

Tihanyi László, Szolcsányi László és Énekes Ferenc: Kisbolygók pályaszámítása,

Tóth László és Bardócz András: Demonstrációs kísérletek és modellek a csillagászat oktatásában.

A Tanszék feladatának érzi, hogy részt vállaljon a csillagász szakemberek szakmai továbbképzésében is. Ezért indítottuk be 1972-ben az Országos Csillagászati Szemináriumot, amely azóta az egész magyarországi csillagász társadalom szakmai fórumává vált. A szemináriumon eddig a következő előadások hangzottak el:

Csada Imre: Pulzáló csillagok mágneses tere,

Paál György: Galaxishalmazok vizsgálata,

Szeidl Béla: Csillagfejlődés,

Marik Miklós: A napkromoszféra elméleti modellje,

Mirzóján (SZU): Fler-csillagok,

Isobe (Japán): Az intersztelláris por,
 Ill Márton: Felsőlégtér kutatás mesterséges holdak megfigyelése alapján,
 Balázs Béla: A Tejútrendszer spirális szerkezete,
 Cook (Anglia): Intersztelláris molekulák,
 Fejes István: Intersztelláris gázeloszlás a naprendszer környezetében,
 van Wurden (Hollandia): Extragalaktikus megfigyelések a Westerbork rádióteleszkóppal,
 Szebehely Viktor (USA): A háromtest probléma,
 Barcza Szabolcs: A csillagok, ahogy Kielből látszanak,
 Kippenhahn (NSZK): A csillagok kialakulása és a spirális struktúra,
 Szécsényi-Nagy Gábor: A Jupiter-kutatás legújabb eredményei,
 Karabin (Jugoszlávia): Az 1972. augusztus 4-i Nap—Föld—fizikai események,
 Guman István: Az ekvidenzitometria alkalmazásai a csillagászatban,
 Barlai Katalin: Változócsillagok gömbhalmazokban,
 Dezső Loránt: Az MTA Napfizikai Observatóriumában végzett kutatások,
 Balázs Lajos: Megfigyelési evidenciák a csillagok keletkezésére vonatkozóan,
 Érdi Bálint: A háromtest probléma egy speciális esete,
 Szabados László és Illés Erzsébet: A TU Cas többperiódusos cepheida,
 Tóth György: Periódusmeghatározási módszerek, különös tekintettel a műhold fotometriára.

A Tanszéken a következő külföldi csillagászok tartottak még előadást: B. Sevarlić (Belgrád), A. Schnell (Bécs), W. S. Strohmeier (NSZK).

A beszámolási időszakban a következő hallgatók kaptak csillagász szakos diplomát:

Csaba György, Csörgei József, Gesztelyi Lidia, Grandpierre Attila, Halász Pál, Kun Mária, Oláh Katalin, Paál Anikó, Paparó Margit, Patkós László.

A Tanszék könyvtára az elmúlt három évben kb. 300 000 Ft értékű könyvvel és folyóirattal gyarapodott, és összértéke megközelítette az egymillió forintot. A Tanszék könyvtára jelentőségét tekintve ugyan csak a harmadik csillagászati könyvtár az országban, azonban az orosz nyelvű anyagot tekintve az első helyen áll.

A beszámolási időszakban a Tanszéken három témakörben folytak kutatások.

1. *Nyílthalmazok fotometriai és polarimetriai vizsgálata* (Témafelelős: Dr. Balázs Béla kandidátus, tszv. egyetemi docens. Kooperációban az MTA Csillagvizsgáló Intézetével.)

Folytattuk a Catalogue of Star Clusters and Associations kiegészítésének összeállítását a szupplementumok kiadása céljából. Háromszínfotometriai felvételek és fotoelektromos mérések alapján publikálásra készítettük elő az NGC 1396 nyílthalmazra nyert anyagot.

A Pleiadok fler-csillagainak statisztikai vizsgálatával is foglalkoztunk.

A témakörben készített tudományos publikációk:

Balázs Béla: Contribution to the presidential report of Commission 37, IAU Transactions, vel. XV. A. 572 (1973)

Szécsényi-Nagy G.: New Flare Stars in the Pleiades. Information Bulletin on Variable Stars, No. 803 (1973)

Szécsényi-Nagy G.: Some new flares in the Pleiades region. Information Bulletin on Variable Stars, No. 898 (1974)

2. *Égi mechanika* (Témafelelős: Dr. Érdi Bálint tanársegéd.)

A korábbi kutatásokat összefoglaló cikket jelentettünk meg az *Astronomical Journal*-ban. Folytattuk az elliptikus háromtest probléma vizsgálatát elsősorban abból a célból, hogy hogyan lehet ezt az esetet a Trójai kisbolygók mozgásának tárgyalására alkalmazni.

A témakörben készített tudományos publikációk:

Érdi B.: Reduction of the elliptic restricted problem of three bodies to Hill's equation. *Astronomical Journal*, 79. 653. (1974)

Érdi B.: The planar motion of a Trojan astreoid, *Celestial Mechanics*, sajtó alatt.

Érdi B.: An asymptotic solution for the Trojan case of the elliptic restricted three-body problem, *Celestial Mechanics*, sajtó alatt.

3. *A magnetohidrodinamika csillagászati alkalmazásai* (Témafelelős: Dr. Marik Miklós kandidátus, docens.)

Folytattuk a napkromoszféra szerkezetére vonatkozó elméleti modell készítését. Kitűnt, hogy a Nap konvektív zónájában keletkező magnetohidrodinamikai hullámok abszorpciójának feltételezésével a megfigyelésekkel összhangban lévő modellt lehet konstruálni. A számításokat az Egyetem ODRA 1307 típusú számítógépén végeztük. Megtettük az előkészületeket a „penumbra-hullámok elmélete” és a „mágneses csillagok vizsgálata” c. témák beindítására.

A témakörben készült tudományos publikációk:

Marik M.: A Theoretical Model of the Solar Chromosphere. *Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia*, sajtó alatt.

Marik M.: A Nap mágneses tere, *Magyar Fizikai Folyóirat*, XXI., 179. (1973)

Tihanyi László: Relativisztikus plazma rezgései önmaga által keltett skalártérben, *Magyar Fizikai Folyóirat*, XXII. 391. (1974)

Szabados László: Ionizációs frontok vizsgálata az intersztelláris mágneses tér figyelembevételével, *Magyar Fizikai Folyóirat*, XXII. 101. (1974)

A Tanszék oktatói tevékenyen részt vesznek a TIT munkájában. Az országos csillagászati választmány vezetőségében két oktató működik, és a budapesti csillagászati szakosztály elnöke is a tanszék oktatója. A Tanszék munkatársai ebben a beszámolási időszakban is számos népszerűsítő cikket írtak és sok népszerűsítő előadást tartottak.

Különösen jó alkalmat jelentett a csillagászat népszerűsítésére Kopernikusz születésének 500. évfordulója, aminek megünnepléséből Tanszékünk is tevékeny részt vállalt. A Tanszékre nézve megtiszteltetésnek érezzük, hogy az MTA X. Osztálya Balázs Bélát kérte fel a „Kopernikusz világképe” című előadás megtartására, melynek szövege a X. Osztály Közleményeiben írásban is megjelent.

A MTESZ KÖZPONTI ASZTRONAUTIKAI SZAKOSZTÁLYÁNAK TÖRTÉNETE ÉS JELENLEGI MŰKÖDÉSE

Idén lesz éppen húsz éve, hogy Magyarországon megalakult az első olyan szervezet, amely nevében is vállalni merte, hogy az asztronautikával, vagyis az űrhajózás tudományával kíván foglalkozni. Több mint egy évvel az első szputnyik felbocsátása előtt, 1956. május 26-án a Társadalom- és Természet-tudományi Ismeretterjesztő Társulat Csillagászati és Matematikai Szakosztálya „*Asztronautikai Bizottságot*” alakított azzal a céllal, hogy tudományos ismereteket terjesszen az akkor még embrionális állapotban levő űrkutatásról és űrhajózásról. A 22 tagú bizottság elnöke, dr. Kulin György és titkárai, Almár Iván és Sinka József vezetésével már 1956-ban aktív tevékenységbe kezdett, és viszonylag igen rövid idő alatt összeállított egy 250 oldalas népszerűsítő könyvet is, amelyet *Az űrhajózás* címmel a Gondolat kiadó még az első szputnyikot megelőző hónapokban megjelentetett. Ez volt az első az űrhajózásra (rakétákra, űrállomásokra stb.) vonatkozó ismereteket tudományos igényvel közlő, magyar nyelvű könyv.

A kozmikus korszak kezdete nagy lendületet adott az Asztronautikai Bizottság munkájának, a sajtó és a rádió sürgette az egymást követő üresemények szakszerű, de közérthető magyarázatát. Ehhez mindenekelőtt magukat a Bizottság tagjait kellett megismertetni a téma műszaki, csillagászati, orvosi stb. vonatkozásaival. Ennek érdekében került sor 1958-ban az első asztronautikai tudományos ülésszak megrendezésére, amelyen 12 referátum hangzott el. A Bizottság tagjai 1957-ben a Központi Tiszti Házban, 1958-ban a József Attila Szabadegyetemen előadássorozatot tartottak az űrhajózás történetéről és aktuális kérdéseiről.

Időközben különböző területeken felmerült annak lehetősége, hogy részben elméleti oldalról, részben a szovjet mesterséges holdak földi (optikai és rádiós) megfigyelésével magyar szakemberek is bekapcsolódjanak az űrkutatás művelésébe. Ezzel kapcsolatban a Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézete által 1958-ban létrehozott optikai szputnyikkövető állomásokat, dr. Magyar Imre mérnök munkásságát a Postakísérleti Állomáson és dr. Galla Emilét az űrorvostan területén lehet megemlíteni. Ez a tevékenység határozottan meghaladta már egy TIT bizottság kereteit, ezért 1959-ben döntő

átalakulás történt: az űrhajózás iránt példátlan mértékben megnövekedett általános érdeklődés kielégítésére országos Csillagászati és Űrhajózási Választmány alakult, míg az űrkutatással mélyebb kapcsolatot létesíteni kívánó szakemberek létrehozták a MTESZ Központi Asztronautikai Szakosztályát. Mindkét szervezet immár 16 éve lényegében változatlan formában és célkitűzésekkel — egymással szorosan együttműködve — tevékenykedik. A továbbiakban a Központi Asztronautikai Szakosztály eddigi tevékenységéről számolunk be.

Az alakulás évei

A Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége (MTESZ), mint nevéből is következik, általában szakmai egyesületek és társulatok tevékenységét koordinálja. Néhány olyan új területen azonban, ahol különféle foglalkozású szakemberek együttműködésére van szükség (számítástechnika, tudományszervezés stb.), a MTESZ központi keretből bizottságokat és szakosztályokat tart fenn. Ezek közül jelenleg legnagyobb és legaktívabb a Központi Asztronautikai Szakosztály (KASZ), amelybe beléphet bármely MTESZ tagegyesület bármely tagja, aki az asztronautikát műveli, vagy szakmája kapcsolódik az asztronautika valamely ágához. (Kivételesen nem MTESZ tagok belépése is engedélyezhető, például az orvosok vagy a jogászok esetében.)

A KASZ 1959 december 10-én alakult. Első elnöke a hangsebesség feletti repülés sugárhajtóművének feltalálója, Fonó Albert akadémikus lett, aki magas kora ellenére egészen 1972-ben bekövetkezett haláláig széles látókörrrel irányította a KASZ munkáját. Az alakuló ülés tisztagú vezetőséget és három titkárt (Almár Iván, Nagy Ernő, Sinka József) választott és részletes programot fogadott el, amely a KASZ fő célkitűzését a következőképpen fogalmazta: „A KASZ fő céljának tekinti, hogy az űrkutatás időszerű és hazánkban is elérhető feladatai felé irányítsa a tagok figyelmét, elősegítve olyan tudományos és technikai problémák megoldását, amelyek hozzájárulnak a nemzetközi asztronautikai kutatások sikeréhez.”

Tekintettel az asztronautika interdiszciplináris jellegére, a KASZ a legkülönbözőbb MTESZ tagegyesületek tagjaiból alakult: csillagászok, fizikusok, geofizikusok, geodéták, meteorológusok, mérnökök (gépészek, villamosmérnökök stb.), biológusok, orvosok stb. Legelső feladatának a KASZ a magyar nyelvű asztronautikai terminológia megteremtését tekintette. Ennek érdekében az azóta elhunyt Nagy Ernő vezetésével működő munkabizottságok kidolgozták és a szakosztály szélesebb plénuma előtt megvitatták „Az asztronautika tizedes osztályozását”, egy nagy, hat nyelvű csillagászati szakszótár „Asztronautika” című fejezetének magyar fordítását, a „Kozmikus geodézia tizedes osztályozását”, a mesterséges égitestek nomenklatúráját stb. Mind ezen anyagok a KASZ 1961-ben megindított, sokszorosított kiadványában, az *Asztronautikai Tájékoztató*ban jelentek meg. Nemzetközi viszonylatban

is feltűnést keltett az angol, francia és német asztronautikai rövidítések viszonylag teljes listájának kiadása 1964-ben.

A KASZ terveiben kezdettől fogva szerepelt az asztronautikai ismeretek „becsempészése” a közép- és felsőoktatásba. Már 1963-ban több előadásból álló ankétot szervezett fizikatanároknak, és 1969-ben egy újabb kiadványsorozatot, az *Asztronautikai Közlemények* egyik legelső köteteiként, mint oktatási segédanyagot közreadta dr. Némédi István tanár 166 oldalas „Elemi Asztronautikai Példatárát”. A hatvanas években a budapesti műszaki egyetemen működő űrkutatási diákkör is támogatást kapott a KASZ vezetésétől.

Rendezvények, kiadványok, nemzetközi kapcsolatok

A KASZ eddigi, 16 éves működése alatt mintegy félezer előadást, ankétot, filmvetítést stb. szervezett, ennek áttekintésére egy cikk keretében nem vállalkozhatunk. Emlékeztetsek a kiváló magyar szakemberek által kommentált és mindig több százfőnyi hallgatóság előtt rendezett szakmai filmbemutatók, továbbá a több előadóval megrendezett beszámolók külföldi asztronautikai kongresszusokról, a több szakmát érintő asztronautikai problémák sokoldalú megbeszélésére szervezett vitaestek stb. Több világhírű külföldi tudós is szerepelt az évek során a KASZ rendezvényein. 1962-ben, közvetlenül halála előtt, Kármán Tódor, az űrrepülés egyik, magyar származású úttörője beszélt a KASZ-ban az űrhajózás hőskoráról. Jegorov szovjet űrhajós-orvos kétszer is tartott előadást, de említhetnénk szovjet, amerikai, francia, lengyel stb. szakemberek egész sorát, akik a KASZ vendégei voltak.

A szervezett nemzetközi kapcsolatokat az 1962-es évtől számíthatjuk, amikor a KASZ „*Magyar Asztronautikai Egyesület*” néven teljesjogú tagja lett a *Nemzetközi Asztronautikai Szövetségnek* (IAF). Azóta mind az IAF-ben, mind a vele szoros kapcsolatban álló másik két szervezetben, a *Nemzetközi Asztronautikai Akadémián* (IAA) és a *Nemzetközi Világűrjogi Intézetben* folyamatos és egyre jelentősebb a magyar részvétel. Az IAF évente megrendezésre kerülő kongresszusain szinte minden esetben elhangzik magyar előadás is, és a KASZ képviselte Magyarországot a plenáris üléseken. Aktivitásunk elismerése is, hogy az IAF 1974 évi kongresszusán a KASZ javaslatára Marx György akadémikust az IAF egyik alelnökévé választották.

Az IAA tagjai az asztronautika alaptudományi vagy műszaki tudományi területein kiemelkedő munkásságot végző tudósok. Az IAA tagjai közé választották 1969-ben Fonó Albert és Marx György, 1973-ban Barta György akadémikusokat. Az IAA tudománytörténeti bizottságának aktív tagja Nagy István György mérnök is.

Az évek során a KASZ több szervezeti átalakuláson ment át. A három titkárt 1964-ben öttagú intézőbizottság váltotta fel, és Érdi Krausz György mérnök lett a szakosztály ügyvezető titkára. Az Asztronautikai Tájékoztatót

Nagy István György, az Asztronautikai Közleményeket dr. Abonyi Iván fizikus szerkesztette, a nemzetközi kapcsolatok gondozásával Nagy Ernő volt megbízva.

Az egy-egy szakterületen aktívan dolgozó szakosztályi tagok összefogására a KASZ elhatározta munkabizottságok létrehozását. Elsőnek 1964-ben — a Geodéziai és Kartográfiai Egyesülettel közösen — *kozmosz geodéziai munkabizottság* alakult, amely ma is aktívan működik. Szoros kapcsolat létesült a Jogászszövetség világűrjogi munkabizottságával is.

A KASZ szervezeti megerősödése, létszámának növekedése lehetővé tette az egész tagságot mozgósító nagyrendezvények, tudományos ülésszakok szervezését is. Első ízben 1967-ben, az első szputnyik felbocsátásának tizedik évfordulóján került sor tudományos ülésszak megrendezésére az űrkutatás első évtizedének eredményeiről, ezen belül hazai kutatások eredményeiről is. Ezt követte 1971-ben, Gagarin űrrepülésének tizedik évfordulóján, a neves szovjet vendégekkel, köztük két űrhajóssal megrendezett nagysikerű tudományos ülésszak és űrhajózási kiállítás. 1972-ben, közvetlenül a bécsi asztronautikai kongresszus után „Az asztronautika néhány időszerű problémájáról” hangzott el előadássorozat külföldi szakemberek, köztül az osztrák és a lengyel testvéregyesület elnöke részvételével. Az előadássorozatot nemzetközi kerekasztal-beszélgetések követték. A nemzetközi kapcsolatok erősödése azóta főképp a lengyel és az NDK testvéregyesülettel folytatódott. Az ülésszakok anyagát az Asztronautikai Közlemények tartalmazza.

Nem lenne teljes a beszámoló, ha nem emlitenénk azokat a tudományos nagyrendezvényeket, amelyek szervezésében a KASZ más szervekkel együtt vett részt. Ilyenek például az 1972 óta évről évre megrendezésre kerülő *Ionoszféra-Magnetoszféra Szemináriumok*, vagy az 1974. évi nemzetközi *Műhold-megfigyelési Tudományos Ülésszak*, amelyre a KASZ külföldi vendégeket is meghívott. Az Ionoszféra-Magnetoszféra Szemináriumok anyagát is rendszeresen az Asztronautikai Közlemények juttatja az érdeklődő magyar szakemberek kezébe; jelenleg a Közlemények az egyetlen magyar nyelvű publikációs fórum, amely űrkutatással foglalkozó magyar kutatók számára rendelkezésre áll. A Közleményekben megjelent legjobb dolgozatot a KASZ évente „nívódíjjal” jutalmazza.

Az *Asztronautikai Tájékoztató*, mint neve is jelzi, elsősorban a szakemberek általános tájékoztatását szolgálja. 1961 óta 30 száma jelent meg. Gyakran közli összefoglaló jellegű cikkek vagy előadások fordítását, beszámol a KASZ rendezvényeiről és általában a Szakosztály életéről. Időről időre „tematikus” számok keretében részletesebben is foglalkozik egy-egy témával, pl. világűrjog, intersztelláris kapcsolatok. 1965 óta évről évre rendszeresen megadja valamennyi felbocsátott új égitest fontosabb adatait és a kísérlet értékelését. Az űrkísérletek ilyen egységes és teljes nyilvántartása ritkaság a külföldi szakirodalomban is.

A KASZ főképp külföldi folyóiratokból álló, jelentős szakkönyvtárt hozott létre, mely tagjai rendelkezésére áll.

Új szervezeti formák

Az 1973-as év a KASZ jelentős szervezeti átalakulását hozta. Fonó Albert elnök és Érdi Krausz György titkár halála szükségessé tette a vezetés teljes átszervezését. A MTESZ Elnöksége a következő összetételű vezetőségre bízta a Szakosztály ügyeinek irányítását:

Vezető: Almár Iván csillagász, kandidátus;

titkár: Horváth András csillagász, kandidátus

A vezetőség tagjai:

Abonyi Iván fizikus, kandidátus (a Tájékoztató és a Közlemények szerkesztője)

Barta György geofizikus, akadémikus, az IAA tagja

Bencze Pál geofizikus, kandidátus (a soproni csoport titkára)

Echter Tibor orvos-ezredes (az űrorvostani munkabiz. vez.)

Ferencz Csaba mérnök, kandidátus

Halmos Ferenc geodéta, doktor (a soproni csoport elnöke)

Herczeg István jogász, kandidátus (a világűrjogi munkabiz. vez.)

Marx György fizikus, akadémikus, az IAA tagja

Nagy István György mérnök (a tudománytörténeti munkabiz. vez.)

Rác Elemér mérnök, kandidátus

Szemerédy Pál geofizikus, kandidátus

Tánczer Tibor meteorológus, kandidátus (a Földfoto munkabiz. vez.)

Walch Emil geodéta-alezredes (a Kozmikus Geodéziai munkabiz. vez.)

A MTESZ Főtitkárságát dr. Abonyi Ivánné osztályvezető képviseli.

Az elmúlt két évben újabb munkabizottságok alakultak. 1973 végén a MOTESZ Magyar Élettani Társaságával közösen szervezett „*Űrorvostani tudományos ülésszak*kal” megalakult a KASZ és a MOTESZ közös űrorvostani és űrélettani munkabizottsága. 1974 elején a KASZ „*Földfelszíni és meteorológiai megfigyelések a világűrből (Földfoto)*” elnevezéssel komplex munkabizottságot hozott létre, amely szintén egy nagyszabású tematikus ülésszak megrendezésével kezdte meg működését. Az ülésszak a mesterséges égitestek által készített felvételek geológiai, planetológiai, meteorológiai, hidrológiai, térképészeti, erdészeti stb. hasznosítási lehetőségeivel foglalkozott, és magyar kutatók eredményeit is ismertette. A munkabizottság külön földtani- és hidrometeorológiai szekciókban tevékenykedik.

1974-ben alakult a KASZ Tudománytörténeti és Dokumentációs munkabizottsága (DATA) is. E bizottság célja egyrészt az asztronautikatörténeti kutatások támogatása (különösen tekintettel a magyar vonatkozásokra), másrészt az asztronautikai kísérletek dokumentációs feldolgozása.

Még 1972-ben alakult meg a KASZ soproni helyi csoportja, elsősorban az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetében űrkutatással kapcsolatos témákkal foglalkozó kutatókból. A csoport 1973-ban részt vett a 2. Ionoszféra-Magnetoszféra Szeminárium, 1974-ben egy nemzetközi Fizikai—geodéziai

konferencia, és 1975-ben egy országos kozmikus geodéziai szeminárium szervezésében. 1975-ben Baján is helyi csoport alakult.

A Központi Asztronautikai Szakosztálynak jelenleg 570 tagja van és tag-ságának immár jelentékeny része — elsősorban a szocialista országok űrkutatási együttműködése, az Interkozmosz keretében — hivatásszerűen foglalkozik asztronautikai, illetve űrkutatási témákkal. A szakosztály társadalmi bázist biztosít ezeknek a szerteágazó kutatásoknak, amikor rendezvényei és kiadványai segítségével egyrészt az asztronautika egészére vonatkozó, megbízható és friss információkat szolgáltat, másrészt lehetőséget ad a hazai űrkutatási eredmények megvitatására és publikálására is. A szakosztály egész 16 éves működése alatt arra törekedett, hogy egységes asztronautikai szemléletet alakítson ki az űrkutatás különböző ágaiba bekapcsolódó fizikusok, geofizikusok, csillagászok, geodéták, mérnökök, orvosok és más szakemberek körében. Úgy éreztük, hogy ez az egyik előfeltétele annak, hogy Magyarország is élni tudjon az űrkutatás és űrhajózás rakétasebességu fejlődése nyújtotta lehetőségekkel mind a kutatás, mind a gyakorlati hasznosítás területén.

A TIT CSILLAGÁSZATI ÉS ŪRKUTATÁSI SZAKOSZTÁLYAINAK 1974. ÉVI MŰKÖDÉSÉRŐL

A csillagászati ismeretterjesztésről általában

A csillagászati ismeretterjesztés hagyományos formái, amelyeknek kereteiben az évi beszámolók szerepelnek, a következők: egyedi előadások, sorozatok, Szabadegyetem, Csillagászati Hét, Országos Találkozó, továbbképző tanfolyamok, előadói konferenciák, szakköri munka, távcsöves bemutatások, kiállítások, tapasztalatcserék.

Az utóbbi tíz évben a csillagászati ismeretterjesztés jellegében történt olyan változás, ami az intézményes formákban nem tükröződhet. Az 1964-ben megalakult Csillagászat Baráti Köre a művelődés önkéntességére épülő mozgalommá lett. Rohamos fejlődését tükrözi az, hogy amíg az első években két év alatt nőtt a taglétszám ezerre, az utóbbi években az ezres gyarapodás üteme fél évre csökkent.

A mozgalom keretén belül az ismeretterjesztés leghatékonyabb formája a szakköri munka lett, ahol az önkéntes résztvevők meghatározott tematikával szerzik ismereteiket és készülnek fel a Választmány levelező tanfolyamának vizsgájára. Az előző évi jelentésben 91 szakkörrel történt említés, 1974 végén a nyilvántartott szakkörök száma 130 volt. A be nem jelentett szakkörök száma ennél jóval magasabb. Vannak szakkörök, amelyek megfelelő vezető híján feloszlának, mások pedig létszámban egyre gyarapodnak.

Itt jelentkezik legfőbb gondunk: megfelelő számú, jól képzett szakkör-vezetők képzése, amiben ma még nagy a hiány. A Választmány levelező tanfolyamának vizsgáját 1974-ben 70-en tették le. Minthogy 1957 óta a vizsgázottak száma 721, az évi 43-as átlaghoz képest ez kiemelkedő, s ennél többen csak 1970-ben (72) és 1972-ben (78) vizsgáztak. Mivel azonban a vizsgázottak túlnyomó része tanuló, a jól képzett felnőtt szakkörvezetők és előadók hiánya továbbra is fennáll.

A központi statisztika szerint a megtartott csillagászati előadások száma 1974-ben 2939 volt. Nagy segítség számunkra, hogy a szakemberek készséggel részt vállálnak az ismeretterjesztésből, de nyilvánvaló, hogy az évi közel 3000 előadás zömét saját nevelésű előadóknak kell megtartani.

Az előadások között száma sem tükrözi a valóságot.

Hatékonyágában az egy-másfél, sőt két órás szakköri foglalkozások össze-

mérhetők az előadásokéval, márpedig a 130 szakkör átlagosan évi 25 foglalkozásának száma meghaladja a 3000-et. Nem szerepelnek a statisztikában a társadalmi munkában vállalt előadások és nyilván azok sem, amit szakosztályi tagjaink társ szervek (oktatási intézmények, Művelődési Házak, könyvtárak, üzemek, Honvédség, ifjúsági klubok) szervezésében tartanak.

Statisztikánk szerint az 1974. évi 70 vizsgázó háromnegyed része jut Budapestre, Borsod, Komárom, Heves és Pest megyére, és hat megyéből egyetlen vizsgázó sem szerepel. Ez a kimutatás sem egyértelmű, mert a mozgalmi élet ettől eltérő képet mutat. A szakosztály évi jelentéseiben vannak olyan hátul kullogó megyék, ahonnan alig volt jelenteni való, a Baráti Kör iránt viszont néhány ilyen helyen is eleven az érdeklődés.

Egészen más képet mutat a valóság az ifjúság, az ipari és mezőgazdasági dolgozók körében folyó csillagászati ismeretterjesztés tekintetében is az intézményes formák és a Baráti Kör mozgalmi munkájának tükrében.

A Baráti Kör taglétszáma 1974. november végén elérte a tízezret és utána négy hónap alatt újabb 700-zal nőtt. A tagság több mint 60%-a fiatal, tanuló, de szép számmal szerepelnek az ipari dolgozók és a tanyai emberek is. Köztudott, hogy a vidéki bemutató csillagvizsgálókat nagy műszerekkel (a győri, miskolci, szolnoki, székesfehérvári, dunaujvárosi, fűzfői, ózdi, leninvárosi, csepeli) üzemi dolgozók társadalmi munkával létesítették. Az utóbbi időben az üzemek dolgozói csoportosan kérik felvételüket a Baráti Körbe.

A beszámoló eddigi keretei közé nehéz lenne besorolni az ismeretterjesztéssel szorosan összefüggő ilyen tényeket:

- a Baráti Kör tagok birtokában levő 10—30 cm átmérőjű tükrös távcsövek száma mintegy kétezer, az egyszerű Kepler távcsövek száma ennek sokszorososa, vannak iskolák, ahol 50-nél több távcsövet készítettek a tanulók,
- az Urániától vásárolt csillag- és holdtérképek száma több mint 20 000,
- egymás után létesülnek magáncsillagvizsgálók; Művelődési Házak, üzemek, főiskolák, középiskolák nagy teljesítményű távcsővel ellátott csillagvizsgálót építenek.

E távcsövek mellett bemutatások folynak, előadások hangzanak el és tudományos értékű megfigyelés folyik. Értelmes parasztemberek, mezőgazdasági dolgozók felbecsülhetetlen értékű felvilágosító munkát végeznek környezetükben.

Ilyen és hasonló jelenségek azok, amelyeket nem tükrözhetnek a hagyományos formák. Az összefüggés azonban nyilvánvaló. A Szakosztályok ott működnek eredményesen, ahol népes Baráti Kör tagság segíti a szervezési-tartalmi munkát.

A következőkben a beküldött jelentések alapján dokumentáljuk az 1974. évi ismeretterjesztő munkát.

Csillagászati Szabadegyetemek

A budapesti József Attila Szabadegyetem 1974/75 évi csillagászati tagozatában a Világegyetem Élete összefoglaló címmel elhangzott előadások: *Ponori Thewrewk Aurél*: Legendák a világ születéséről, *Dr. Marik Miklós*: A Naprendszer keletkezése I., *Dr. Marik Miklós*: A Naprendszer keletkezése II., *Dr. Horváth Ferenc*: Földünk múltja, *Dr. Kókáti Attila*: Miről árulkodnak a holdközetek?, *Dr. Barcza Szabolcs*: Mióta ragyognak a csillagok?, *Dr. Balázs Béla*: Modern csillagászati világnép, *Dr. Balázs Béla*: A Világegyetem kora, *Dr. Abonyi Iván*: Az első 1000 másodperc, *Dr. Németh Judit*: A kémiai elemek kohói a csillagok, *Dr. Gánti Tibor*: Az anyag életté szerveződése a Kozmoszban, *Tihanyi László*: Az anyag gazdagsága a Világegyetemben, *Ponori Thewrewk Aurél*: A világvége mítoszok, *Dr. Szeidl Béla*: Meddig lesz lakható a Föld?, *Csaba György*: Az elpusztíthatatlan anyag; Konzultáció.

Válogatott fejezetek a klasszikus csillagászat köréből

Szécsényi-Nagy Gábor: Koordinátarendszerek, *Szécsényi-Nagy Gábor*: Átszámítás a koordinátarendszerek között, *Ponori Thewrewk Aurél*: Időszámítás, naptár, *Kelemen János*: Aberráció, parallaxis, precesszió, nutáció, *Szécsényi-Nagy Gábor*: Távcsokezelés, *Dr. Balázs Béla*: Csillagászati műszerek, *Dr. Guman István*: A fényképezés alkalmazása a csillagászatban, *Dr. Érdi Bálint*: Az égitestek mozgása I., *Dr. Érdi Bálint*: Az égitestek mozgása II.

Kihelyezett szabadegyetemi sorozat

Előadó *Tihanyi László*: A Naprendszer leltár miatt nyitva, Hogyan gyűjtünk be egy csillagot?, A szupernóva, az maga a pokol, Szép csillagkristályok és a fény sötét temetője, És mégis, meddig latunk?, „Űrhajóink tatján tűzvirágot nyitott a sötétség”, Mire gondol egy csillagász, hideg téli hajnalon?, És akkor kihalt az emberiség, Előadás a fiatal és a visszahozhatatlan, ódon időről, S az anyag így szól: „Energiaért? Mindent!”

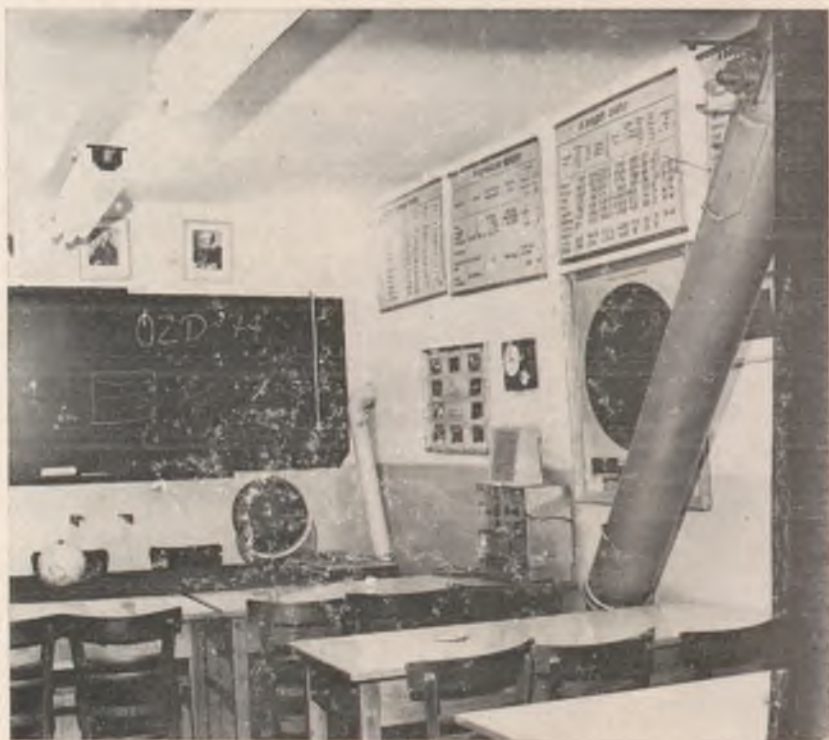
Az esztergomi Csillagászati Szabadegyetem programja

Dr. Zétényi Endre: A naptevékenység, *Ponori Thewrewk Aurél*: Az épülő magyar nagyplanetarium, *Lovas Miklós*: Szupernóva kutatás a Pizskéstetőn, *Dr. Jónás László*: Az űrkutatás biológiai vonatkozásai, *Dr. Ill Márton*: A hazai mesterségeshold-megfigyelések, *Dr. Kulin György*: Az amatőr-csillagászati mozgalom hazánkban, *Mécs Miklós*: Milyen munka folyik városunk csillagvizsgálójában? *Nagy István György*: A rakéatechnika és az űrkutatás.

Zombori Ottó: Csillagászat és mindennapi élet, *Szécsényi-Nagy Gábor:* Az évszakok és a csillagos égbolt, *Dr. Köhári Attila:* Az űrkutatás a Föld szolgálatában, *Kelemen János:* Lehet-e tudomány az asztrológia?, *Dr. Kulín György:* Életkutatás a Világmindenségben, *Kelemen János:* Csillagászat és világnézet.

A Baráti Kör VIII. Országos Találkozója Ózdon

A Találkozó Ózd város Tanácsa, az Ózdi Népművelési Intézmények Igazgatósága, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat, a Csillagászat Baráti Köre vezetősége és Ózdi Csoportja rendezésében 1974. július 18-tól 20-ig az eddigi legnépesebb találkozó volt. A mintegy 400 résztvevő között népes csoport jelent meg Csehszlovákiából és Jugoszláviából, képviselve volt Romá-



6. ábra. Az ózdi csillagvizsgáló szakköri szobája

nia, az NDK és az NSZK. A Találkozót Varga Dezső, az ózdi Városi Tanács elnöke nyitotta meg. Utána a Zerinvárosi emlékérmét Dr. Kulin György, a Baráti Kör elnöke adta át Elek Imrének, az ózdi Uránia vezetőjének. Az elhangzott előadások: *Dr. Abonyi Iván*: Mikrokozmosz, makrokozmosz, *Dr. Kulin György*: Az élet kutatása a Világegyetemben, *Dr. Köhát Attila*: Űrkutatás a Föld szolgálatában, *Dr. Ill Márton*: Milyennek látjuk Naprendszerünket az űrkutatás korában.

Az előadásokat követően szakcsoport megbeszélések voltak a változó és meteormegfigyelésről, a távcsőépítésről, a szakköri munkáról *Nagy Sándor*, *Papp János*, *Kelemen János*, *Dr. Kulin György*, *Orgoványi János* és *Zombori Ottó* vezetésével.

A külföldiek közül beszámolót tartottak: *Molnár Iván*, *M. Bélik*, *Dr. L. Pajdasukova*, *A. Zenkert* és *Gusztav Kren*. A délutáni szabad időben kultúrprogramok és kirándulások, üzemlátogatás voltak. Az esti órákban a Kun Béla Művelődési Házban filmvetítéseket szerveztek.

Csillagászati Hét

Igen hatékornak bizonyult az őszi hónapok egész országra kiterjedő rendezvénye, a Csillagászati Hét, amelynek propagálásába a sajtó, a rádió és a tv is bekapcsolódik.

Budapest

Az 1974-es Csillagászati Hét összefoglaló címe: Követeink a bolygók közelében. E rendezvényünk iránt növekvő érdeklődést mutatja az, hogy éveken át a Kossuth Klub előadóterme úgy-ahogy, elegendő helyet biztosított. Pár éve a Bocskay úti Stúdió nagy előadóterme is szűknek bizonyult, ezért 1975-től nagyobb előadóterem után kell nézni. Igen látogatottak a vidéki Csillagászati Heti előadások is.

A budapesti program: *Dr. Kulin György*: Tágabb hazánk a Naprendszer, *Erdős Tamás*: Pokol a szomszédban: a Vénusz, *Ponori Thewrewk Aurél*: A folyómedrek bolygója, *Dr. Horváth András*: Akadályfutás a Jupiterig, *Dr. Köhát Attila*: Bolygókutatás a Föld szolgálatában, *Dr. Marik Miklós*: Naprendszer keletkezése '74.

Bács-Kiskun megyében Kecskeméten, Kalocsán, Császártöltésen és Baján rendeztek Csillagászati Hetet szép sikerrel. A művelődési autó segítségével több tanyai helyen az eddigieknél nagyobb számban voltak előadások.

Baranya megye. A pécsi Csillagászati Hét programja: *Dr. Görcs László*: Tágabb hazánk a Naprendszer, *Dr. Tóth László*: Pokol a szomszédban: a Vénusz, *Simon Ernő*: Folyómedrek bolygója — a Mars, *Dr. Balázs László*: Akadályfutás a Jupiterig, *Nagy Zoltán*: Bolygókutatás a Föld szolgálatában.

Békés megyében igen gazdag Csillagászati Heti programot bonyolítottak le.

Békéscsabán Dr. Szimán Oszkár: A Naprendszer keletkezése, Bánkuti Sándor: Az ember a mikro- és makrokozmosz küszöbén, Somogyi József: A Naprendszer új képe, Somogyi József: A Világegyetem gyermekei, Zombori Ottó: A bolygó- és holdkutató módszerei és eredményei, Tihanyi László: Ezredmásodperctől a tízmilliárd évig.

Békes. Dr. Dövényi Zoltán: Új messzeségek tárulnak fel előttünk.

Csorvás. Márki-Zay Lajos: A csillagos ég közelről.

Gyoma. Dr. Frankó Károly: Korunk csillagászati problémái.

Gyula. Dr. Szimán Oszkár: A Naprendszer keletkezése. Béres István: Csillagászat a középkorban. Béres István: Az űrkutatás legújabb eredményei, Márki-Zay Lajos: Új ablakok a végtelenbe, Márki-Zay Lajos: Az ókori csillagászat.

Kétegyháza. Márki-Zay Lajos: Új ablakok a végtelenbe.

Kőröstarcsa. Dr. Dövényi Zoltán: Az ezerszinű Nap.

Medgyesbodzás. Csáky Kálmán: Csillagok között az élet nyomában.

Medgyesegyháza! Dr. Kulin György: Tágabb hazánk a Naprendszer.

Mezőkovácsháza. Szelecsán János: Csillagok között az élet nyomában, Bolyongás a csillagos égen.

Nagyszénás. Somogyi József: A csillagos ég közelről.

Orosháza. Márki-Zay Lajos: Csillagászat és űrkutatás.

Sarkad. K. Szabó Sándor: Csillagjóslás, asztrológia.

Sarkadkeresztúr. Béres István: Csillagászat a középkorban.

Pusztaszentlászló. Csáky Kálmán: Csillagok között az élet nyomában.

Szarvas. Béres István: Korunk csillagászati problémái, Zombori Ottó: A bolygó- és holdkutató eredményei.

Szeghalom. Bankó Csaba: A csillagok irányt és időt mutatnak.

Vésztő. Somogyi József: A csillagászat és a biológia.

Borsod megye Miskolc város Művelődési intézményeiben és a megye területén gazdag programmal rendezte meg a Csillagászati Hetet. Az ünnepi hetet kiállítások és filmestek, valamint távcsöves bemutatások egészítették ki.

A miskolci előadások: Dr. Horváth András: A bolygók ostroma, Nébli Vendel: Kapcsolatfelvétel más civilizációkkal, Dr. Szabó Gyula: Űrszondákkal a bolygókon és a bolygók közelében, A holdkutató újabb eredményei, Helyünk a végtelenben.

Borsod megyében Borsodnádásd, Edelény (2), Emőd, Encs, Izsófalva (3), Kazincbarcika (14), Királd, Mezöcsát, Mezökeresztes, Mezökövesd, Nyékládháza, Ózd (4), Sajóbátony, Szerencs, Tarcál és Tokaj községekben voltak előadások általában a miskolci címekkel és filmekkel.

Egyébként Borsod megye három csillagvizsgálójával (Miskolc, Ózd, Leninváros) és két magáncsillagvizsgálójával: (Marosvári Dezső, Alsószolca és Mercsák József László, Tarcál) az ország megyéinek az élére került.

Hajdú-Bihar megye. Minden eddiginél sikereesebb volt az 1974. évi Csillagá-

szati Hét, amelynek 6 előadását 1600-an hallgatták meg. *Kálmán Béla*: Szomszédaink a Naprendszerben, *Márki-Zay Lajos*: Űstökösök és meteorok, *Gerlei Ottó*: A Jupiter közelében, *Dr. Dezső Lóránt*: A Napkutatás eredményei, *Dr. Guman István*: Röntgen és infravörös fényben, *Dr. Dezső Lóránt*: A Napfizikai Observatórium munkája és műszerei.

Győr-Sopron megyéből a győri előadások: *Patay Károly*: A csillagászat és mindennapi életünk, *Stangl Henrik*: Tágabb hazánk a Naprendszer, *Szitter Béla*: Szakkörünk élete, *Molnár Ottó*: Űrkutatás a Föld szolgálatában, *Kárpáti József*: A távcső ismertetése.

Heves megye. Az egri előadások: *Ponori Thewrewk Aurél*: A folyómedrek bolygója, *Dr. Zetényi Endre*: Mit tudunk és mit nem tudunk a Jupiterről?, *Czipó Ferenc*: Az űrkutatás nevezetesebb eredményei.

Gyöngyös. *Ponori Thewrewk Aurél*: Folyómedrek bolygója: a Mars, *Tihanyi László*: Mi a köze a Földnek a csillagászathoz?

Komárom megye. *Esztergom*: *Dr. Jónás László*: A Naprendszer és a Nap, *Dr. Zetényi Endre*: A naptevékenység, *Mécs Miklós*: Merkúr, Vénusz, Mars.

Vas megye. *Szombathely*: *Dr. Tóth György*: A Naprendszer kutatása az űrkutatás eszközeivel, *Dr. Marik Miklós*: Naprendszer-keletkezés '74.

Vas megyében ezen kívül Csákánydoroszlón, Kőszegen, Szentgotthárdon és Körömden voltak előadások a Csillagászati Hét alkalmából.

Veszprém megye. A megye két gyűjtőpontja Veszprém és Fűzfő. Ezekből sugárzik ki az ismeretterjesztő munka az egész megyére. A veszprémi Csillagászati Hét előadásai: *Tihanyi László*: A Nap az élet forrása, *Dr. Kulin György*: Tágabb hazánk, a Naprendszer, *Dr. Köhári Attila*: A bolygók geológiája, *Szüle Dénes*: A holdraszállás után — a Mars expedíciója előtt, *Erdős Tamás*: Mi van a Vénusz felhőtakarója alatt?, *Molnár Iván*: Az évtized nagy csillagászati rejtélyei.

Tolna megye. Szekszárdon megélénkült a csillagászati élet. A megye területén az előző év 51 előadásával szemben 1974-ben az előadások száma 93 volt. Gazdag volt a Csillagászati Hét programja is.

Szekszárd. *Dr. Marik Miklós*: A Naprendszer keletkezése '74, *Dr. Ill Márton*: Űrkutatás és gyakorlati haszna, *Ponori Thewrewk Aurél*: Folyómedrek bolygója: a Mars, *Pesti Gyula*: Csillagászat és űrkutatás, *Dr. Horváth András*: Akadályfutás a Jupiterig. Csillagászati Hét volt még Dunaföldváron 3, Pakson 3 és Dombóváron két előadással, általában a szekszárdi címekkel és előadókkel, új előadóként szerepelt Dunaföldváron *Kelemen János*, A bolygó kutatás legújabb eredményei címmel.

Előadói konferenciák

Budapest. Dr. Detre László: A csillagászat újabb eredményei, dr. Horváth András: Bolygókutatás automatikus űrlaboratóriumokkal, Dr. Almár Iván: Nemzetközi együttműködés az űrkutatásban, Dr. Perjés Zoltán: A fekete lyukak, kvazárok és pulzárok fizikája, Ponori Thewrewk Aurél: A szakköri munka tapasztalatai, Dr. Marik Miklós: Az égitestek távolságának mérése.

Dr. Dieter Hermann (Berlin): Kant és a fejlődés tana a csillagászatban címmel tartott előadást.

A megyei Szakosztályok több egyedi előadást rendeztek továbbképzési céllal.

A TIT URÁNIA BEMUTATÓ CSILLAGVIZSGÁLÓINAK MŰKÖDÉSÉRŐL

A beszámolóban főként azokra a jelenségekre térünk ki, amelyek a folyamatos munkán túl az 1974. évre tipikusan jellemzők.

A Csillagászat Baráti Köre

Az 1964-ben alakult Baráti Kör 8000. tagsági igazolványát 1973 novemberében, a 9000.-et 1974 áprilisában adtuk ki, és 1974 novemberében, a Baráti Kör tizedik évében elértük a tízezres taglétszámot. Ezek szerint az utóbbi években a fejlődés üteme megduplázódott.

A jelek szerint még nem értük el a telítettséget, amit az is bizonyít, hogy 1974. november végétől 1975. március végéig a taglétszám újabb 700-zal növekedett. Tagságunk zöme fiatal, iskolai tanuló, akiknek korosztályába évente száz-
ezres tömegek nőnek fel. Ezenkívül területileg és foglalkozási ágak vonatkozásában is új érdeklődők csatlakoznak mozgalmunkhoz.

A napi 6—8 új jelentkező jelentős része azért lép a tagok sorába, mert barátjaiktól, ismerőseiktől sok jót hallanak a mozgalomról, és ez a mozgalom életerejét bizonyítja.

Mai adottságaink mellett nem is tudnánk annyi lencsét és egyszerű távcsövet készíteni, amennyit a mozgalom igényelne. Emiatt kell ma még tartózkodnunk a szélesebb körű propagandától. Gond az is, hogy a megnövekvő igény a Föld és Égre is kiterjedne, amihez a 15 000-es példányszám nem lenne elegendő.

Míndezeneken túl a már épülő Budapesti Nagyplanetárium évi több száz-
ezres látogatója majd csak fokozza az igényt a kiadványok és a játékos-tanító egyszerű optikai eszközök iránt.

A Baráti Kör továbbfejlődésének még tág lehetőségei vannak.

Csillagászat a Honvédségnél

Egyre több azoknak a fiataloknak a száma, akik több éves szakköri foglalkozás után katonasorba kerülnek. Érdeklődő csoportokat szerveznek, és a legtöbb helyen a parancsnokság a legnagyobb megértéssel támogatja törek-

véseiket. Távcsovét, sőt kupolával felszerelt csillagvizsgálókat létesítenek, előadásokat, bemutatásokat tartanak. Ilyen munka folyik Hódmezővásárhelyen, Vácott, Hatvanban, Táborfalván, Szegeden, Tápiószecsőn, Taszáron. Lehetőségeink szerint segítjük munkájukat. A Honvédség ezt azzal viszonzza, hogy alkatrészeiben még használható, kiselejtezett optikai eszközöket bocsát rendelkezésünkre.

Szakkörök

Munkánk leghatékonyabb formája a szakköri foglalkozás. Egy éven át tervezett módon folyik itt a felkészülés. Egyre több az ifjú csillagászok, a kis csillagászok szakköre is. Az egész ország területéről 130-at tartunk nyilván, minthogy az Uránia a szakköri munkában is országos központ. A szakkörök létesítése iránt sokszorosan nagyobb az igény, mint amennyi jól képzett szakkörvezetőnk van. Ennek következménye, hogy a vidéki szakkörök tőlünk kérnek segítséget. 'Erőnkhez mérten igyekszünk ennek eleget tenni, máris budapesti munkatársaink tartják a szakköröket Vácott, Kecskeméten, Komáromban, Oroszlányban, Gyöngyösön, Dunaújvárosban, Jászfényszaru. Az igény sokkal nagyobb, mint amennyit e téren tehetünk.

A nagyközönség fokozódó érdeklődése

A mai ember a fővárosban is gyakrabban néz az égre, mint azelőtt. Egy-egy ritkább égi jelenség alkalmával (bolygók együttállása, fényes tűzgömb) az esti 22 órás zárásig egymást érik a telefonérdeklődések. Az egyéni érdeklődők növekvő számban keresik fel az esti bemutatásokat.

Aki már telefont vesz a kezébe, villamosra, autóbuszra ül, hogy felkeressen bennünket, máris megtette a legfontosabb első lépést művelődése érdekében — azt a lépést, aminek megtétele közművelődés-politikánk legfőbb gondja. Meg kell vallanunk, hogy ezt a nagyszerű alkalmat nem tudjuk eléggé kihasználni. Bemutatjuk az égitesteket, filmet vetítünk, a feltett kérdésekre válaszolunk, de nem segítjük tovább. Általában nem adunk a kezükbe tájékoztatót, könyvjegyzéket, mert könyvek — általában — nem kaphatók, és ha távcső iránt merülne fel igény, jelenlegi körülményeink között azt nem tudnánk kielégíteni. Nincs megfelelő műhelyünk és nem áll rendelkezésre megfelelő számú munkaerő. Megoldást majd csak az Uránia korszerűsítése és a nagyplanetárium hozhat.

Munkánk anyagi bázisa

Kétségtelen, hogy a mozgalom érdekében a legnagyobb anyagi áldozatot a Baráti Kör tagjai hozzák azzal, hogy megtakarított pénzükből távcsovét készítenek és könyveket vásárolnak.

Egyre bővül azonban a mozgalom intézményes támogatása is. Vállalatok, üzemek, művelődési házak szakköröket tartanak fenn és csillagvizsgálókat létesítenek. Az intézmények és vállalatok által fenntartott szakkörök költségvetési támogatást kapnak és ennek összege néhol csak évi 5—10 000 Ft, de több helyen ennél jóval több.

Milliók értékeket képviselnek a vállalati nagy csillagvizsgálók, amelyeket kétkezi dolgozók főként társadalmi munkában építenek. Ez az önkéntes aldozatvállalás mozgalmunk egyik fő erőssége.

A társadalmi források is nagy fejlődési lehetőséget ígérnek még a jövőre.

A jövő várható feladatai

A továbbiakban is elsőrendű feladatunk a csillagászati ismeretek terjesztése a szakkörökben és a bemutatásokkal egybekötött előadásokon. Sürgetően jelentkezik jó szakkörvezetők és előadók képzése.

Az állandó feladatokon túl időlegesen jelentkeznek aktuális témák, amelyekre fel kell készülnünk. Ilyen volt 1973-ban a Kopernikusz év, az aktuális űr-kutatási események és a felbukkanó tévtanok elleni küzdelem.

Az 1975. év várható feladatai:

1. A közös szovjet—amerikai űrrepülés.
2. A közelgő Viking program.
3. A Pioneer—10 és—11, valamint a Mariner—10 eredményeinek ismertetése.
4. A felszabadulás 30. évében a magyar csillagászat 30 éves fejlődése.
5. A Nap kutatására és a Föld jobb megismerésére indított űrszondák eredményeinek ismertetése.
6. Az anyag különleges állapotait mutató kvázárok, pulzárok és a fekete lyukak problematikája.
7. A csillagközi térben folyamatosan felfedezett szerves molekulák és az élet kozmikus eredetének kérdései.
8. A hamis világnézetek elleni harc. Ebben a témakörben egyre gyűrűzik a Romániában magyar nyelven kiadott Vendégek a világúrból c. könyv hatása, félrevezetve az emberek tízezreit. Nem szűnt meg az asztrológia sem, sőt új lendületet kapott a nyugati sajtótermékek nyomán. Hazai vallásos szekták, asztrológus és babonás körök keltenek pánikot az 1982-re jósolt világvégevel. Mindezekkel kapcsolatosan fel kell készülnünk a reánk váró feladatokra.

Budapest

A budapesti Uránia országos jellegű feladatokat is ellát, nyilvántartja és támogatja a szakköröket, a vidéki bemutató csillagvizsgálókat, országos rendezvényeket szervez, szerkeszti a Föld és Ég, valamint a Meteor c. kiadványokat. Feladatait is ez a sokrétű munka határozza meg. Tevékeny-

ségének egyik súlypontja a Baráti Kör mozgalmának szélesítése és a felmerülő igények kielégítése.

1. Az időjárástól függően egész évben folyt a mindennapos előadás és bemutatás, csoportok, egyéni látogatók fogadása.

2. Megkezdjük az 1974. évi tavaszi és őszi Csütörtöki sorozatot a következő programmal:

Tavaszi sorozat: Űrszondákkal a bolygók közelében: *Szécsényi-Nagy Gábor*, Csillagászat a mai természettudományban: *Róka Gedeon*, Helyünk a Világegyetemben: *Dr. Kulin György*, A pulzárok sztorija: *Dr. Abonyi Iván*, Gravitáció és geometria: *Dr. Károlyházi Frigyes*, A fekete lyukak fizikája: *Dr. Perjés Zoltán*, A H-R diagram: *Dr. Szeidl Béla*, A csillagok keletkezése: *Dr. Barcza Szabolcs*, A Nap 1974-ben: *Dr. Marik Miklós*, A nagybolygók szerkezete: *Dr. Szimán Oszkár*.

Az őszi sorozat: Csillagászat és régészet: *Schalk Gyula*, Galaxiskémia: *Balázs Lajos*, A bolygórendszer keletkezésének újabb elméletei: *Dr. Szimán Oszkár*, Védőbeszéd a csillagászat érdekében: *Tihanyi László*, A Föld bolygó vizsgálata centiméteres pontossággal: *Dr. Almár Iván*, Csillagász szemmel a Benelux államokban: *Szécsényi-Nagy Gábor*, Ciklikusan működik a Nap?: *Dr. Lukács Béla*, Mesterséges égbolt: a planetárium: *Ponori Thewrewk Aurél*, A Világegyetem anyagi összetétele: *Kelemen János*.

A sorozat előadásai igen látogatottak voltak. Nagyobb propagandát az előadóterem szűk befogadóképessége miatt nem fejtettünk ki. A csütörtöki sorozatok nyári és téli szünetében 1974-ben is megszervezte *Nagy Ferenc* gondnokunk az előadásokat. A filmmel és diaképekkel kísért előadások nagyszámú hallgatóságot vonzottak.

3. Szakkörök

Az évek óta működő állandó szakkörről külön beszámolót olvashatunk *Ponori Thewrewk Auréltól*. A Kis csillagászok számára *Szécsy Ilona* tanárnő három szakkört, az ifjú csillagászok számára *Zombori Ottó* egy szakkört vezetett. Több szakkör számára egyelőre nem tudunk helyet biztosítani.

4. Citadellai részleg

Májustól október végéig napi 12 órás nyitvatartással működött 1974-ben is a Citadellai részleg, ahol napközben panoráma, este égbolt bemutatás folyt. A látogatottság ez évben is az előző évekhez hasonlóan 40 000 fölött volt.

5. Megfigyelések

1974-ben elsősorban a változó csillagok terén növekedett erőteljesen a megfigyelések száma. Jól működik a meteormegfigyelő hálózat is, a Nap-észlelések csökkenését a naptevékenység jelenlegi minimuma magyarázza. Nemzetközi viszonylatban főként a változó csillag és metcor megfigyelés terén értünk el nagyobb eredményeket. Az Urániában kiadott METEOR nyilván nem tükrözi az ország munkáját, mert annak jelentős részét több más, hasonló kiadvány — így elsősorban Szentmártoni Béla által Kaposváron kiadott ALBIRO c. havi közlemény — teszi közzé. Kíváncsinos lenne a megfigyelési tevékenység egységes publikálása.

6. Egyéb tevékenység

Az Uránia reggel 8—22 óráig nyitva áll az érdeklődők számára. A személyes megkeresésen túl igen eleven a telefonszolgálatunk. Rendkívüli mértékben megnőtt a postaforgalmunk. Munkatársaink hivatalos munkaidejükön kívül budapesti és vidéki előadások tartására kapnak felkérést, a folyóiratokat ismeretterjesztő cikkekkel látják el.

Rendkívül mostoha külső körülményeink felszámolására a TIT vezetősége lépéseket tett az Uránia korszerűsítésére.

7. Gazdasági ügyek

A budapesti Uránia évi költségvetése 800 000 Ft, amiből a Központ támogatása csupán a teljes állású munkatársak illetményét fedezi, a fennmaradó több mint 500 000 Ft-ot magunk teremtyük elő.

A mechanikai és optikai kis műhelyünk évi termelési értéke közel 400 000 Ft, a további összeget a belépő jegyek adják, főként a citadellai forgalomból.

A nagyobb forgalom lehetőségét az Uránia bővítésétől reméljük.

8. Személyi ügyek

Igazgató: *Dr. Kulin György.*

Csoportvezető, választmányi titkár: *Róka Gedeon* (1974. október 5-én bekövetkezett haláláig); 1975. februártól: *dr. Kanyó Sándor.*

A Planetárium megbízott vezetője: *Ponori Thewrewk Aurél* (részfoglalkozásban).

Igazgatósági titkárnő: *Murányi Lászlóné.*

Gazdasági ügyintéző: *Bársony Bertalanné.*

Tudományos munkatárs: *Zombori Ottó*; 1975. januártól még: *Kelemen János.*

Gondnok: *Nagy Ferenc.*

Takarító: *Lédeczi Sándorné* 1974 év végi kilépéséig.

Műszakiak: Teljes állású műszerész: *Kürti Imre*.

Műszaki részfoglalkozásúak, nyugdíjasok, szerződésesek:

Orgoványi János vezető műszerész, nyugdíjas, részfoglalkozásban, *Reindl János* részfogl., *Hernádi Károly* részfogl., *Herbert Miklós* félállásban, *Ulrich Ferenc* optikus, nyugdíjas, részfoglalkozásban.

Társadalmi munkatársak, alkalmilag díjazott előadók és bemutatók:

Bán András, Bardócz András, Dezső Barnabás, Dürr János, Erdős Tamás, Gellért András, Habina József, Keszthelyi Sándor, Kiss Kálmán, Kiszél Vilmos, Kovács György, Kovács Péter, Kovács Zoltán, Kunovits Jenő, Mátis András, Molnár Lajos, Motajcsék László, Nagy Erzsébet, Nagy László, Nagy Sándor, Orha Zoltán, Pap Judit, Pásztor Emilia, Peringer Miklós, Piroška György, Pócs Mihály, Rigó Zoltán, Schalk Gyula, Szabó Balázs, Szécsy Ilona, Szüle Dénes, Torma Tibor, Turák József.

A budapesti Uránia csillagászati-űrkutatási szakköre

A kéthetenkénti szakköri foglalkozások hagyományos és jól bevált működési rendje szerint két-két önként jelentkező szakköri tag kiselőadás formájában ismertet egy-egy témát. Ezek többsége a Választmány által kidolgozott alap- és haladó fokú kérdések közé sorolható, így egy idő után minden lényeges vizsgakérdés sorra kerül. A tagság ily módon aktivizált tagjai gyakorlatot szereznek a témához tartozó anyag gyűjtése, rostálása és rendszerezése terén, és az előadással a közösség előtti viselkedésük is biztosabbá, csiszoltabbá válik. Ennek sokan vagy az Uránia bemutató részlegeiben, vagy később, az ismeretterjesztői pályájukon látják hasznát. Egyre többen kerülnek a szakkörből az Uránia társadalmi munkatársai közé, és ezek közül néhányan mint TIT tagok, külső területi előadásokra is kapnak megbízást. Ilyen irányú működésre nincs alkalmasabb hely a szakkörnél.

A beszámolási időszakban nyolc szakköri tag tett vizsgát a Választmány levelező tanfolyamának alap- és haladó fokú kérdéseiből, közülük öten értek el kiváló minősítést.

Az időszak érdekesebb, emlékezetes előadásai voltak:

Csaba György: Színképelemzés I—II.

Orha Zoltán: A csillagképek I—VII.

Tekler Vilmos: Fejezetek a modern fizikából I—V.

Az előadások között — a tagság kérésére — voltak magasabb szintűek is, minthogy a tagság örömmel barátkozik meg olyan matematikai módszerekkel, amelyek a tudományos csillagászat gerincét képezik.

Amennyiben egy-egy érdekesebb, jelentősebb csillagászati vonatkozású esemény — pl. a Csillagászati Hét előadása — a szakköri foglalkozás idejére esett, testületileg azon vettünk részt.

Ponori Thewrewk Aurél

Szakkörünk 11 éves fennállása után 1974-ben jutott el odáig, hogy Esztergom is felzárkózhat az Urániával rendelkező városok közé. 1974 márciusában kaptuk a szolnoki, volt cukorgyári csillagvizsgáló kupoláját, amelynek részbeni felhasználásával a Tanács által rendelkezésre bocsátott telken felépül az esztergomi Uránia, aminek főműszere a budapesti Urániában készülő 40 cm tükörátmérőjű, 1:6 fényerejű Newton reflektor lesz.

Népes tábor vett részt Tatán a Komárom megyei szaktanfolyamon. 15 fővel voltunk jelen az 1974-es őszi Találkozón. Az 1974—75-re meghirdetett Szabadegyetemre minden várakozáson felül közel 200-an váltottak 30 Ft-os bérletet.

Juhász Tibor szerkesztésében ALGOL címen megjelent a fedési változók megfigyeléséről szóló közlemény.

A múzeumokban végzett kutatómunka során sok esztergomi csillagászati emlékre bukkantunk.

*Dr. Jónás László
és Mécs Károly*

Fűzfő

Csillagvizsgálónk munkájában új feladatként jelentkezik a megyében megalakult új szakkörök patronálása, a műszer építésében segítségnyújtás és a szakkörvezetők elméleti továbbképzése.

A megyei ajánlott tematikában csillagászati témákat is szerepeltetünk, és ez várhatóan növeli az előadások számát. A megyei általános iskola fizika és földrajz szakos tanárai részére a Csillagvizsgálóban továbbképzési céllal a csillagászzal kapcsolatos referátumot tartottunk.

A Csillagvizsgálónk az 1974. évi megyei műszaki szakkör versenyen ismét megszerezte a Kiváló címet és a vándorzászlót. Részt vettünk a szlovákiai Jupiter-holdak jelenségeiről rendezett kollégiumon, és Molnár Iván (Galanta, Szlovákia) Fűzfőn is tartott előadást. Megyei küldöttségünk Hurbanovón megkoszorúzta Konkoly-Thege Miklós síremlékét.

Lendvai László

Leninváros

1970-ben, felszabadulásunk 25. évében helyeztük üzembe a Leninvárosi Csillagvizsgáló 30 cm-es reflektorát. Most arra készülünk, hogy a felszabadulás 30. évében, 1975-ben a 30 cm-es csövet átcséréljük egy 48 cm-es tükörrel felszerelt távcsőre, aminek effektív gyújtótávolsága tíz méter lesz. Ez lesz a vidék legnagyobb bemutató távcsöve.



7. ábra. Leninváros. Az eddigi, 30 cm-es, továbbá a 15 cm-es, társadalmi munkában készült távcsövek

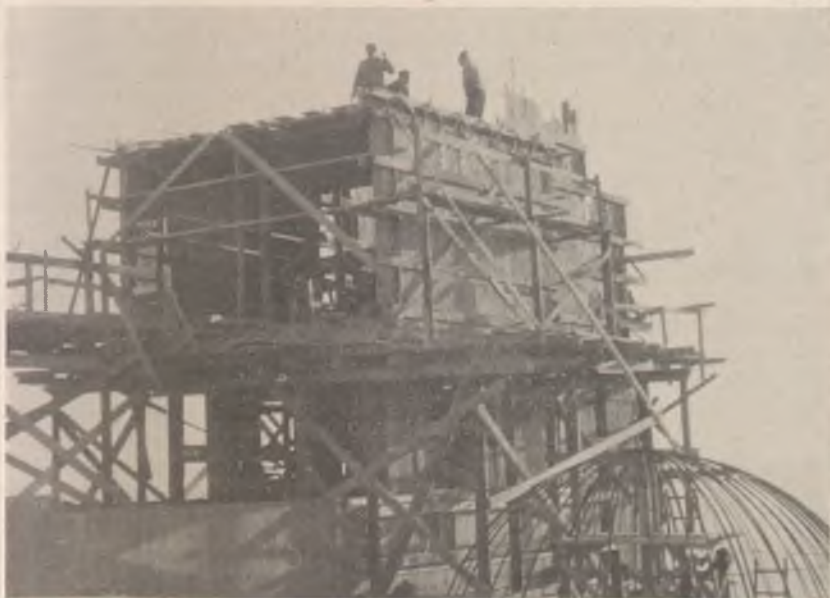
Készülünk is a megnövekedett feladatokra. Az 1974. decemberi vizsgán három szakköri tagunk kiváló eredménnyel vizsgázott.

Fellendülésünket annak a segítségnek köszönhetjük, amit a Leninvárosi Vegyi Kombinát igazgatójától, Huszár Andortól, Mózes Ödön főmérnöktől, Nagy László gépgyári részlegvezetőtől és a társadalmi munkát végző üzemi dolgozóktól kaptunk. Képünkön még a 300 mm-es műszerlátható a 150 mm-es távcső társaságában, háttérben a jellegzetes leninvárosi víztoronnyal.

Dalnoki János

Pécs

Bemutatói tevékenységünk Pécsen mindeddig az utcai bemutatásokra korlátozódott, csak kivételes alkalmakkor vettük igénybe a Leövey Klára gimnázium teraszán elhelyezett távcsövet. 1973. aug. 20-án történt a pécsi Természettudományi Stúdió alapkövetétele és 1974 végén az építkezés elérte a legfelső szintet. Itt kap helyet a 400 mm-es Nasmyth-távcső, amely a budapesti Urániában készül. Itt fog működni a Városligetből áttelepített Kisplanetárium. A közölt képen a megépült felső szint látható, tőle jobbra pedig a Planetárium kupolájának acélváza.



8. ábra. A pécsi Mecsek Stúdió legfelső szintje építés közben, jobbra a kupola váza

A 2. sz. Általános iskolában 1974 őszén megalakult szakkör 14 foglalkozást tervezett. Távcsoépitési programunkat teljesítettük, 18 szakköri tag készítette el Kepler-távcsoét az Urániától vásárolt optikai elemekből.

Pelsöczi László

Pest megyei Sz. O. elnök

Szombathely

A szombathelyi Gothard Obszervatórium, amely a tudományos megfigyeléseken kívül az ismeretterjesztést is szolgálni kívánja — dinamikusan fejlődik. Megépült a 6 m átmérőjű kupola, amelybe majd 60 cm-es Cassegrain-teleszkóp kerül. Megnyílt az Obszervatórium csillagászati és tudománytörténeti kiállítása is. A II. kép az új kupolát mutatja a megfigyelő épületekkel, a III. képen az állandó kiállítás egy részlete látható. (Lásd a műnyomó mellékletet!)

Dr. Tóth György

a Szakcsoport elnöke

REGIOMONTANUS

(1436 — 1476)

„Mátyás király dicső napjaiban egy Regiomontanus csak mint hulló csillag futott át tudományos légkörünkön anélkül, hogy azt maradandóan megvilágítani ideje lett volna.”

Eötvös Loránd

Bajorországban, az egykori Frankföldön, Bamberg közelében ma is megvan az a Königsberg nevű falucska, amely mellett egykor a Müller családnak malma volt. Itt látta meg a napvilágot 1436. július 6-án Johannes Müller, aki később Königsberg latin neve — Mons Regius — után a kor szokása szerint felvette a Regiomontanus nevet. Korának egyik legjelentősebb humanista tudósa, matematikus és az első mai értelemben vett észlelő csillagász volt, a heliocentrikus világkép egyik szellemi előkészítője.

Már kora gyermekkorában kitűnt kivételes szellemi képességeivel. Tizenkét évesen került a lipcsei egyetemre. Két évvel később a bécsi egyetemen tanult, ahol akkor kezdett tanítani *Georg Peurbach* matematikát és csillagászatot. A neves humanista felismerte tanítványa tehetségét, és csakhamar munkatársává fogadta.

Peurbach Ptolemaiosz *Almagest*jének tanulmányozása közben számos fordítási hibát fedezett fel, és elhatározta, hogy az eredeti görög szöveget veszi alapul. Minthogy ilyen kéziratok akkoriban csak Itáliában voltak hozzáférhetők, kapóra jött neki *Bessarion* bíboros, pápai követ meghívása Rómába. Peurbach az ógörög nyelvben járatos Regiomontanust is magával akarta vinni, de a következő évben, 1461 áprilisában váratlanul elhunyt. A bíborost így csak Regiomontanus kísérte Rómába.

Regiomontanus igen termékeny itáliai tanulmányútja során a régi kéziratok tanulmányozásán kívül csillagászati megfigyeléseket végzett, előadásokat tartott, műveket adott ki. 1467 tavaszán tért vissza Bécsbe, ahol a matematika és a csillagászat professzora lett. De még abban az évben elhagyta bécsi katedróját: elfogadta Vitéz János esztergomi érsek meghívását Pozsonyba, az akkor felavatott *Academia Istropolitana* elnevezésű, Mátyás király alapította egyetemre.

* * *

Keveset tudunk Regiomontanusról mint a pozsonyi egyetem professzoráról. A quadrivium tárgyait kellett tanítania: matematikát, geometriát, csillagászatot és zenét. E munkája mellett sokat tartózkodott az esztergomi érseki palotában és a budai várban is.

Mátyás nagy pártolója volt a humanista művelődésnek. Udvari történetírója, Bonfini írja róla: „Mind e művészeteket Mátyás nagyon istápolta, tá-mogatta. Arra törekedett, hogy Pannónia második Itália legyen. Mindenünnen felkutatta, felfogadta a jeles embereket, bármi volt a mesterségük. Kedvelte a csillagászatot, orvosokat, matematikusokat, törvénytudókat... A budai várat ... kezdte kiépíteni, különösen a belső palotát. A Dunára néző részen kápolnát emelt, víziorgonával s márványból és ezüsből készült keresztlökű-tal... Felette könyvesházat készíttetett, dúsan rakva latin és görög könyvek-kel; a könyvek kiállítása is pazar. Előtte délre néző, félkörbe hajló terem van, ahol az egész égboltozat látható.”

Művelődéstörténetünk szempontjából különösen jelentős, hogy Regiomon-tanus még az itáliai évek után is megfelelőnek ítélte a körülményeket hazánk-ban egy humanista tudós számára. Már megérkezése évében, számításai alapján, Vitéz János kívánságára összeállította a *Tabulae directionum* című táblázatos művét. (A kor szokása szerint Regiomontanus horoszkópokat is készített, és e táblázatai horoszkópok kiszámítására is szolgáltak.) A fenti táblázatos mű tizenkét latin kiadást ért meg. Bele tartozik a még Paduában számított *Tabula declinationis generalis*, amely a Nap deklinációit tartalmazza az ekliptikai hosszúság minden fokára. Van benne egy tangenstábla is, a *Tabula fecunda*, az első ilyen táblázat Európában. E könyv még sokáig volt a csillagászok nélkülözhetetlen segédeszköze. Kolombusz is hasz-nálta tengeri útjai során.

1468-ban Regiomontanus Budán megalkotta az első modern sinus-táblá-zatot. Ebben tudatosan szakított a szögeknél szokásos 60-as felosztással, és számításait a tízes rendszerben — hét tizedes pontossággal — végezte.

A következő évben egy bolygómegfigyelésekre alkalmas műszert, *torque-tumot* készített, és ezt a róla szóló értekezéssel együtt Vitéz Jánosnak ajánlotta. Mátyásnak is készített csillagászati műszereket, így a többi között egy *triquet-rumot*, amelynek használatáról szintén írt magyarázó munkát.

Mátyásnak ajánlotta gömbháromszögtani munkáját, a *Tabula primi mobilis* is. Ennek táblázatai a gömbháromszög szögeinek és oldalainak kiszámításá-ra szolgálnak. Ezzel a munkájával Regiomontanus már túllépett a középkor tudományán.

A király megbecsülte Regiomontanust, mindig meghívta asztalához. Több művéről szép másolatokat készíttetett, és díszes címlappal ellátva könyvtára-ba, a *Bibliotheca Corviniana*-ba sorolta őket.

Korvina készült a *Tabula primi mobilis* kéziratából is. Budai másoló készí-tette, a királynak szóló ajánlással ellátott címlapja pedig firenzei munka. Az Országos Széchényi Könyvtárban őrzik.

Regiomontanus kivonatos latin fordítást készített az *Almagest*-ből. Ez az *Epitome Almagesti* feltehetően a királyné könyvtárába került, minthogy a firenzei munkájú címlapot Beatrix címere és arcképe díszíti. Ma a bécsi Nemzeti könyvtárban található. (Az *Almagest* teljes terjedelmében is megvolt



AGNAMESSEADMODVAI ET

fuisse semper in edendis libri difficultate tibi
videri solet dum reuoluo maiorum nostrorum
exemplaria ac presertim eorum exordia conspicio.
tibi plerq. et nuntat ingeniora liora in similitudine
non sustinuerunt iudicet cepit opera Alii vero
arduitate tentati nequeci peno decesserunt iudicet
nonnulli erranti suis uiam dant ut uoluit

dubiam sententiam forentiam haud incerta suspicantes A tibi autem reuere
dilecte domine aliud preterea accedit quod tibi prorsus impossibile foret
aliquid scilicet uisioni tue in terra gerere ac demum iudicio tuo non minus
acuto q. recto dignu. aliquid uidere. Tunc profecto non nunti nescis est contra
uenire qui enim licentius in me habebat impetum preter te mortalit' neco
est Vbi interea lucubraciones meas coram te tunc rigido q. perspicacissimo re
fore deponere lababeret illico. Quis enim eruditissimus licet
nonnumquam literari impune tibi asseret? quippe qui omni doctrina ac uirtute
recte in modum predictus est diuina bonum manu q. rectu plenam tenet cogni
tionem omnes ciuilemque literaturam cum te prebent audierit omnes tri
tudinis tua eruditione tua antecessit adeo ut discipulos lese sumat qui
q. in habitu preceptorum ad te accesserunt. Quamvis & q. profundus in scienti
existis tunc uis uenerem ignorare aubitor Quid refera de uir pontificio
cuius uenera q. dem oramento tibi est usus aut dignitas tue precessit
quippe qui supra omnes prelatos Regni Hungarie primatu tenet Vniuersa
demu philosophia tibi familiaris est discipline autem quadruales decet &
gloria peperit. Q. si ad negotia humana transeundi denit licentia q. non
admiratione inueniam tuam prudentia ex qua totius regni Regni Hun
gari gubernatio pender sit tamen huius publica curat ut deo uirum ma
gnificencia tua nesci ubi demonstret In te uiam Serenissimi ad eu



a korvinák között. A kódex végén egy horoszkóp úgy mutatja be a bolygók állását, ahogyan azok a pozsonyi egyetem megnyitásakor, 1467 júniusában helyezkedtek el a csillagképek között. Minthogy Vitéz János volt az egyetem megszervezője és kancellárja, a kódex feltehetően eredetileg az övé volt.)

A Vitéz Jánosnak ajánlott *Tabulae directionum*ból is korvina készült. Ma Wolfenbüttelben a Herzog August könyvtár őrzi.

Mint észlelő csillagász, Regiomontanus bolygómegfigyeléseket végzett hazánkban, valószínűleg főleg Esztergomban, Vitéz János Nagyváradról magával hozott műszereivel. Vitéz János egykor ugyanis Nagyvárad püspöke volt, és a csillagászat iránti nagy érdeklődése folytán került kapcsolatba Peuerbachhal is. A bécsi tudós műszereket küldött Nagyváradra, és napfogatkozások előrejelzéséhez a nagyvárad meridiánra számított táblázatokat készített *Tabulae Waradienses* néven.

Regiomontanust megfigyelései vezették arra, hogy a bolygómozgást Ptolemaiosz-féle rendszere nem lehet helyes. Még Bécsben, Peuerbachhal együtt állapította meg, hogy a Mars helyzete 2° -kal is eltér a táblázatok alapján számítható helytől. Az ókori világrendszer hibáinak tudta be, hogy a horoszkópok jóslatai nem válnak be. Midőn ezért Mátyás szemrehányást tett neki, azzal érvelt, hogy a csillagászok ismeretei még hiányosak és pontatlanok a bolygók mozgásáról, és ezért több megfigyelő csillagász együttes munkájával lenne szükséges azt tanulmányozni. Mátyást meggyőzte az érvelés, és Regiomontanus 1472 tavaszán Nürnbergbe távozott, hogy célkitűzéseit valóra váltsa.

Többé nem tért vissza Magyarországra. Az országban belvillongás uralkodott, a király és az esztergomi érsek között megromlott a jó viszony. Vitéz János összeesküvést szervezett és vezetett a szilárd központi hatalmat kiépíteni akaró Mátyás ellen. Idézzük ismét Bonfini: „...Az üdvösség 1471-ik évében ... kitört a lengyel háború: Magyarország főpapjainak és főurainak nagyrésze ugyanis összeesküdött Mátyás ellen. Elhatározták, hogy behozzák Kázmér lengyel király második fiát, királlyá kiáltják ki, s csapatai segítségével elűzik Corvinust ... Az összeesküvés fejei a két János voltak, unoka-öcs és nagybátya. Az egyik esztergomi érsek volt, kit Mátyás mindig atyjának tekintett. A másik a pécsi püspök (Janus Pannonius — a szerk.)...”

* * *

Abban az időben Nürnbergben igen élénk kulturális és tudományos élet folyt. Megértjük Regiomontanust, aki úgy döntött, hogy inkább marad a gazdag város biztos falai mögött, minthogy visszatérjen a forrongó Magyarországra.

Rövid időn belül a város egyik legtekintélyesebb polgára lett. Csillagvizsgálót alapított, amelyet saját tervezésű műszereivel szerelt fel. Műhelyében készült kvadránsait és asztrolábiumait sokan megvásárolták és még sokáig

használták. Olyan berendezést is készített, amelynek segítségével be tudta mutatni az égitestek mozgását — így ez a planetáriumok egyik őse lehetett. Abban a korban egyedülálló volt 300—400 kötetnyi tudományos művekből álló könyvtára.

A csillagvizsgálóban elsősorban bolygómegfigyeléseket végzett, de — elsősorban az év pontos hosszának meghatározása érdekében — napmegfigyeléseket is. Módszert dolgozott ki a húsvét napjának pontos meghatározására. Ő találta fel a „Jákob botja” elnevezésű mérőeszközt, amellyel a csillagok horizont feletti magasságát és ezáltal közvetve a földrajzi szélességet lehetett meghatározni.

Regiomontanus Nürnbergben is folytatta naptárkészítő tevékenységét. Hogy naptárait és efemeriseit minél szélesebb körben terjeszthesse, még 1472-ben könyvnyomdát alapított. Ebben az időben általában vallási tárgyú könyveket készítettek. Regiomontanus nyomdája azért jelentős, mert itt elsősorban tudományos témájú könyveket nyomtak. A tanítómester iránti tiszteletből 1472-ben elsőként Peurbach bolygóelméletét adta ki. 1474-ben nyomtatta ki híres *Kalendáriumát*, a csillagászati évkönyvek őseit. Ebben a közönséges naptáron kívül még számos táblázat is található. Többek között megadja az 1475 és 1530 között várható nap- és holdfogyatkozások időpontját, valamint a nappalok hosszát 36° és 55° földrajzi szélességek között fokenként. A *Kalendárium* végén útmutatások találhatók különféle műszerek — például napórák — használatához. (Itt jegyezhethetjük meg, hogy Regiomontanus még Bécsben készített egy gyűrű alakú napórát. Ez az általa feltalált eszköz évszázadokon át kedvelt időmérő volt.) 1474-ben jelent meg az *Ephemerides ab anno 1475 ad annum 1506*, amit aztán később többször is kiadtak. Ebben a Nap, a Hold és a bolygók hosszúságát, valamint a Hold szélességét adta meg 1473 és 1506 között. (Ezt a művét elsősorban az asztrológusoknak szánta.)

Széles körű érdeklődésére jellemző, hogy matematikával és zeneelmélettel is foglalkozott. Sokat foglalkoztatta a tökéletes számok problémája és a trigonometria. Tankönyvében 450 tétel segítségével vezeti be az olvasót a matematika tudományába. Nürnbergben nyilvános csillagászati és matematikai előadásokat tartott — így az első népszerűsítők között is számon tarthatjuk.

Egy hiányosan megmaradt levelében a következőt olvashatjuk: „Szükséges, hogy a csillagok mozgását a Földhöz képest másképpen értelmezzük”. Így tehát írásban is lefektette megállapítását, hogy a ptolemaioszi rendszer nem tökéletes. Mást azonban nem tudott alkotni helyette — ez a lépés Kopernikusra várt. Talán ő is eljutott volna a heliocentrikus világképig, ha nem ragadja el 40 éves korában a halál.

A XV. század második felében már megérlelődtek a feltételek a naptárreform bevezetésére. IV. Sixtus pápa a nagynevű Regiomontanust kérte fel a naptárreform kidolgozására. Ő elfogadta a meghívást és 1475-ben Rómába utazott. Munkáját azonban megkezdeni sem tudta, a kitört félelmetes pestisjárvány

THEORICAE NOVAE PLANETARVM GEORGII
PVRBACHII ASTRONOMI CELEBRATISSIMI
DE SOLE



Orbē habet tres orbes a se inuicem omniuaq; diuifos atq; ſibi contiguos. quorū ſup̄mus ſecundū ſup̄ficiē conuexā eſt mundo concentricus: ſecundū cōcauam aut̄ eccentricus. Inſim⁹ uero ſecundū cōcauā cōcentric⁹: ſed ſecundū conuexā eccentricus. Ter⁹ cius aut̄ i hoꝝ medio locatus tam ſecundū ſup̄ficiē ſuā conuexā q̄ concauā eſt mūdo eccentricus. Dicīť aut̄ mundo concentricus orbis cui⁹ centrū eſt cētrum mūdi. Eccentricus uero cui⁹ centrū eſt aliud

a centro mūdi. Duc itaq; primi ſunt eccentrici ſecundū qđ: & uocant̄ orbes augem ſolis deferentes. Ad motum enim eorum aux ſolis uariatur. Terci⁹ uero eſt eccentricus ſimpliciter: & uocatur orbis ſolem deferens. ad motum enim eius corpus ſolare infixū ſibi mouetur. Hi tres orbes duo cētra tenēt.

THEORICA SOLIS.



10. ábra. A hírneves csillagász, Georg Peuerbach, új bolygóelmélete (Címlap)

miatt, ami 1476. július 6-án őt is elragadta az élők sorából. A tudományos világ egyik legnagyobb humanista természettudósát veszítette el benne.

Mi magyarok is adósok vagyunk emlékének, az itt töltött, eredményekben gazdag négy évének. Ezért is fejezzük be megemlékezésünket egy Györgyi Gézától vett idézettel:

„Regiomontanus emlékét szülőhelyén s a dunamenti Walhallában szobor hirdeti. Szobor illetné meg Esztergomban (vagy a budai Várban) is — uralkodók, főpapok, hadvezérek közt a humanista természettudóst —, amely egyszersmind hirdetője lenne a Mátyás-kori magyar reneszánsz vonzásának, tudománypártolásának.”

Az irodalomból

Bonfini: Mátyás király. Helikon, 1959.

Csapodi Csaba, Csapodiné Gárdonyi Klára, Szántó Tibor: Bibliotheca Corviniana. Magyar Helikon 1967.

Fizikai Szemle 1972/11. 350. old.

Dezső Lóránt: A magyar csillagászat története. Múzeumi füzetek 1944. 2. évf. 1. Kolozsvár 1944.

Zinner: Regiomontanus Magyarországon. Előadás az MTA III. Osztályának 1936. június 8-án tartott ülésén.

A CSILLAGÁSZAT LEGÚJABB EREDMÉNYEI

Megoldódik a kvazárok rejtélye?

Az asztrofizikusokat több mint egy évtizede foglalkoztatja a kérdés: mik a kvazárok? Csillagszerű objektumoknak látszanak, de oly sok energiát sugároznak ki, mint egy galaxis. Ezért valamennyi hipotézis, mely a kvazárokat próbálja megmagyarázni, a galaxisokkal hozza kapcsolatba őket. Egyesek szerint kvazár-jelenség a galaxis fejlődésének meghatározott időszakában lép föl, amikor a galaxis teljes anyaga még egy sűrű magban koncentrálódik, a külső részek kifejlődése előtt. Mások szerint egy kvazár nem más, mint egy „galaktikus centrum”, melynek külső részei valamilyen ok miatt nem fejlődhetnek ki. A harmadik hipotézis szerint, melyre most megfigyelési tényeket is sikerült nyerni, a kvazárok heves jelenségek, robbanások a már kifejlődött galaxisok centrumában.

J. B. Oke és J. Gunn az 5 m-es teleszkóppal spektroszkópikus úton vizsgálták a BL Lacertae kvazárszerű objektumot. Egy ügyes berendezéssel kirekesztették a BL Lac központi részének fényét, csupán az öt körülvevő elmosódott körvonalú gyűrű fényét gyűjtötték össze és vizsgálták. Kiderült, hogy a gyűrűt II. populációjú csillagok alkotják. A vöröseltolódása szerint a BL Lacertae 1 milliárd fényév távolságra van tőlünk, eszerint a hozzánk legközelebbi ismert kvazár. Rádióteleszkóppal végzett megfigyelések szerint pedig magának a kvazárnak az átmérője a BL Lacertae-ban kevesebb mint 1 fényév, a most már megfigyelésekkel is kimutatott hozzátartozó galaxis átmérője pedig 100 000 fényév. (Tejútrendszerünk legnagyobb átmérője is körülbelül ekkora.)

A legtöbb kvazár vonalas spektrumú, míg a BL Lac fényes központi részének spektrumából hiányzanak az abszorpciós vonalak. E problémára is sikerült most választ adni. A kvazárok vonalas spektruma a kvazárokat körülvevő gázburokból származik. Minthogy a BL Lacertae körüli galaxist II. populációjú öreg csillagok alkotják, ez a galaxis gázban igen szegény kell hogy legyen.

A rádiócsillagások egyre nagyobb erőfeszítéseket tesznek, hogy a kis kompakt rádióforrások egyre finomabb részleteit megismerjék. Hatalmas rádióteleszkópokat építenek, hogy az ilyen objektumok belső szerkezetét feloldják. De az ellentétes probléma is érdekes: Milyen nagy lehet egy rádióforrás? Westerborkban a Leideni Obszervatórium munkatársai A. G. Willis, R. G. Strom és A. S. Wilson, a rádióforrások átfogó kutatásába kezdtek. Ennek során két olyan forrást találtak, amelynek mérete messze meghaladja az 1 Mpc-et (3,3 mill. fényév).

A legnagyobb, a 3C 236 elnevezésű objektum a Leo Minor csillagképben van, átmérője 5,7 Mpc (kb. 19 mill. fényév), nagyobb, mint egy átlagos galaxis-halmaz átmérője.

A második legnagyobb objektum, melyet eddig a kutatók találtak, a DA 240 elnevezésű rádióforrás, mely a Lynx csillagképben van. Ennek legnagyobb átmérője nagyobb mint 2Mpc (kb. 7,5 mill. fényév).

Az alaposabb vizsgálatok kiderítették, hogy ezek a rádióforrások igen bonyolult objektumok, kompakt, fényes foltokkal rendelkeznek, melyet halványabb részek vesznek körül. (A 3C 236 fényes és halvány részeiből jövő sugárzás intenzitás-aránya eléri az 1000: 1-et.) Bár a sűrűségük igen kicsiny, néhány száz tíz részecske köbméterenként, hatalmas méretük miatt igen nagy tömeggel rendelkeznek. A becslések szerint például a DA 240 fényes keleti kompakt komponensének tömegére 800 millió naptömeg, a kiterjedt kis fényességű keleti részének tömegére pedig 100 milliárd naptömeg adódott.

Első képek egy távoli csillag felszínéről

Egy új interferometrikus technika révén és modern adatfeldolgozási eljárások alkalmazásával sikerült a csillagfény atmoszférikus torzításait kiküszöbölni. Az eljárás lényege, hogy gyors egymásutánban, igen rövid expozíciós idővel felvételeket készítenek a vizsgálandó objektumról, s a torzítatlan képet rekonstruálják. Ily módon sikerült a hozzánk viszonylag közeli, tőlünk mintegy 500 fényévre lévő és igen nagy kiterjedésű, a Napnál 800-szor nagyobb vörös csillag, a Betelgeuze felszíni vonásait vizsgálni. A Kitt Peak-i Obszervatórium 4 m-es hatalmas teleszkópjával igen nagy nagyítású, rendkívül rövid expozíciós idejű sorozatfelvételt készítettek a csillagról. Hogy az expozíciós időt minimálisra csökkenthessék, képerősítőt használtak. Az eredmény igen érdekes, a csillag felszínén nagy kiterjedésű forró és hideg tartományokat figyeltek meg, melyek konvekciós áramlások lehetnek a csillag atmoszférájában.

Kettős és többszörös rendszerek igen gyakoriak a csillagok között. Mégis a több mint 100 pulzár között, amelyet eddig katalogizáltak, egy sem akadt, mely egy másik objektum kísérője lett volna. Teoretikusok ezt úgy magyarázták, hogy a szupernóva-robbanás, melynek maradványa a pulzár, eltávolította az esetleges kísérőt vagy kísérőket.

Most első ízben találtak olyan pulzárt, mely kettős rendszer tagja. J. H. Taylor és R. A. Hulse az Arecibo Observatóriumban szisztematikus kutatásokat folytattak, hogy új pulzárokat fedezzenek föl. Ennek során egy érdekes pulzárt találtak, melynek periódusa 0,059 másodperc. A periódus azonban periodikusan változik, leghosszabb értéke 59,045 msec, míg legrövidebb értéke 58,967 msec. Ez úgy állhat elő, hogy a pulzár egy láthatatlan kísérő (fehér törpe vagy neutroncsillag vagy esetleg fekete lyuk?) körül kering, így tőle a jel hol hosszabb, hol rövidebb úton ér hozzánk, vagyis hosszabb, ill. rövidebb idő alatt. A kettős rendszer keringési periódusa $27\,907 \pm 30$ sec = 0,3230 nap. A számított radiális sebességgörbe amplitúdója 198 kmsec^{-1} , a pálya excentricitása 0,61. A pálya nagytengelyének vetülete a látóirányra merőlegesen 690 000 km, a tömegfüggvény 0,13 naptömeg.

Újabb molekulákat találtak a csillagközi térben

A csillagközi tér felhőiben eddig számos molekula jelenlétét mutatták ki. Közülük némely meglehetősen összetett, több pedig szerves. Létezésük az asztrofizika egyik legizgalmasabb problémája: hogyan jöttek létre? Annyi biztosnak látszik, hogy ezeket az összetett szerves molekulákat nem élő organizmusok hozták létre.

1974-ben újabb molekulákat fedeztek föl az intersztelláris felhőkben.

A 29. molekula felfedezése ausztráliai—japán együttműködés eredménye. A Tejútrendszer centrumához közeli egyik sűrű ködben a Sagittarius B2-ben és az Orion ködben már eddig is több molekula jelenlétére következtettek. N. Fonkikis (Parkas, Ausztrália) és M. Morimoto (Tokyo Observatory) a rádióspektrumban a 4 cm-es hullámhosszhoz közel felfedezték a metilaminra (CH_3NH_2) jellemző sugárzást, mely az égbolt említett tartománya felől jött. A metilamin az egyik legkomplikáltabb molekula, melyet az intersztelláris térségben eddig felfedeztek, könnyen kölcsönhatásba lép a hangyasavval (szintén megtalálták már az intersztelláris térben), s így létrejöhet a legegyszerűbb aminosav, a glicin.

A marylandi egyetemen B. M. Zuckerman vezetésével dolgozó kutatócsoport a Tejútrendszer centrumához közeli felhőkben felfedezte az etilalkoholt ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$).

A Green Bank-i rádióteleszkóppal négy új, a 87,35 GHz-hez közeli inter-

sztelláris vonalat fedezett föl K. D. Tucker, M. L. Kutner és P. Thaddeus. E vonalakat egyértelműen a C_2H etinil-gyöknek lehetett tulajdonítani. Ez az első alkalom, hogy szabad etinil-gyököt figyeltek meg, ezt földi laboratóriumokban eddig nem sikerült. A vizsgálatok szerint az interstelláris tér többatomos molekulái közül az egyik leggyakrabban előforduló molekula az etinil. Az Orion-ködben is igen gyakori, a C_2H sugárzás tartományának észak—déli kiterjedése közel negyed fok.

A távoli infravörös sugárzásban néhány új forrást fedeztek föl az égen

Ballonokban, rakétákban és mesterséges holdakban elhelyezett műszerekkel, legyőzve a földi atmoszféra zavaró hatását a csillagászat előtt új kutatási területek nyíltak meg, így például a megfigyeléseket a távoli infravörös tartományokra is ki lehetett terjeszteni. Egy ballonrepítés során M. W. Friedlander, J. H. Goebel és R. D. Joseph, a Washingtoni Egyetem munkatársai egy tucat új objektumot fedeztek föl, melyek az 50—500 mikronos tartományban 3×10^{12} wattcm⁻²-nél nagyobb fluxussal sugároznak. Ezeket az új forrásokat nem lehetett ismert égitestekkel azonosítani, s valószínűleg az égitesteknek egy új osztályát alkotják. Annyi máris kiderült róluk, hogy az ekliptikus síkhoz közel fordulnak elő, és hogy legtöbbjük környező csillaghoz fekszik közel.

A Jupiter 13. holdja (Jupiter XIII)

A naprendszer holdakban leggazdagabb tagjának, a Jupiternek újabb holdját fedezték föl 1974-ben. A csillagászok mindig megkülönböztetett figyelemmel vizsgálják naprendszerünket, s egy-egy új objektum fölfedezése élénk visszhangra talál. Utoljára 1966-ban a Szaturnusz mellett találtak egy objektumot, melyről azt állapították meg, hogy valószínűleg a bolygó kísérője (Janus nevet kapta). A Jupiter 12. holdját, az Andrastea-t 1951-ben fedezték föl.

Charles Kowal a *Hale Obszervatórium* munkatársa a 122 cm-es Schmidt teleszkóppal szeptember 10, 11 és 12-én sorozatfelvételt készített a Jupiter környezetéről. A Jupiter ragyogó fényét a felvételek során kitakarta, így 2 órát tudott exponálni a lemezekre, melyeken a 20 magnitúdónál halványabb objektumok is láthatóvá váltak. Szeptember 14-én a felvételek átvizsgálásakor Kowal egy 20 magnitúdós fénypontot fedezett föl a Jupiter mellett. Az objektum mozgásának tanulmányozása igen valószínűtlenné tette, hogy üstökös vagy pekuliáris aszteroida lenne.

Az új hold halvány fényéből arra lehet következtetni, hogy átmérője legfeljebb 10 km. Túlságosan kicsi, hogy egy romantikus hangzású nevet kiérdemljen, így rá csupán a felfedezési sorrendet tükröző formális J—XIII megjelölés

lést használjuk. Lehetséges, hogy a Jupiternek több, eddig még ismeretlen kis holdja létezik, melyek egy régebbi nagyobb hold vagy holdak töredékei.

Az új holdról számos felvétel készült a palomár-hegyi nagy Schmidt-teleszkóppal és a Kitt Peak-i 229 cm-es távcsővel. Szeptembertől decemberig pályájának mintegy felét sikerült lefedni, így sikerült meghatározni pályájának jellemző adatait is: a pályasík hajlása az ekliptikához 288° , a Jupiter körüli keringés periódusa 210,6 nap, a pálya fél nagytengelye 0,068 Cs. E. ≈ 10 mill. km, excentricitása 0,24. A J—XIII pályája leginkább a J—VI, VII, és X pályájához hasonló.

Az 1974. év üstökösei

1974a: A Forbes periódusos üstökös volt. A Steward Observatory 229 cm-es reflektorával január 19-én készült felvételen Elizabeth Roemer és L. M. Vaughn találták meg ismét. Az üstökös meglehetősen kondenzált volt, fényessége csupán 20^m . Július közepére 13^m -re fényesedett ki, a kóma átmérője 1,3 volt. Egy hónappal később már egy diffúz, 6' hosszú, nagyon halvány, legyezőszerű csóva is kialakult.

1974b: Az új üstököst február 12-én William A. Bradfield fedezte föl. Felfedezésekor diffúz képe volt, látható kondenzáció nélkül, integrált fényessége 9 magnitúdó. Pár nappal később már 4' átmérőjű kómát figyeltek meg, melynek közepén bizonyos kondenzáció is kivehető volt. Március elején az üstökös már 6,5 magnitúdós volt 17' hosszú csóvával. Perihéliumán március 18-án haladt át. Ekkor vizuális fényessége 4 magn. volt. Március 22-én R. G. Roosen a Joint Observatory for Cometary Research munkatársa az intézet 37 cm-es nyílású, f/2-es Schmidt-teleszkópján IIa-F emulzió 10 perces expozíciójú felvételt készített az üstökösről. Ezen a felvételen a gázcsóva hossza 9° -nál, a porcsóva hossza pedig 3° -nál is hosszabb volt.

A perihélium-átmenetet követő napokban P. A. Wehinger és S. Wyckoff, a Wise Observatoryban több 150 Å/mm -es diszperziójú spektrumot készítettek az üstökösről. Ezek a $225000\text{—}8800 \text{ Å}$ tartományban sikerült azonosítaniuk a H_2O^+ sávokat. A kóma spektrumában kimutatták a C_2 , CN és NH_2 sávokat, melyek erős „por-kontinuum”-ra rakódtak rá.

G. E. D. Alcock egyik éjszakáról a másikra (március 30/31 és március 31/április 1) erős változásokat figyelt meg a csóva struktúrájában. A főcsóva diffúzabbá vált és gyenge, legyezőszerű kiáramlások fejlődtek ki. Semmiféle határozott ellencsóva nem volt látható, de jól kivehető volt egy ködszerű felhő, mely a kis kómától a Nap felé $0,3^\circ$ távolságig terjedt.

Áprilisban a csóva hossza fokozatosan csökkent. Április 9-én Roosen 20 perces expozíciójú felvételén a gázcsóva 8° hosszú volt, míg április 14-én már csupán $1,5^\circ$. Ekkorra a legyezőszerű porcsóva is $0,5^\circ$ -ra zsugorodott össze. Augusztus közepén már nem volt látható a csóva, s a kóma átmérője mindössze

1,3, az üstökös totális vizuális fényessége pedig 13 magn volt. B. G. Marsden pályaszámítása szerint $q=0,5032$ Cs. E.; $e=0,9997$; $a=1436$ Cs. E.; $i=61,^\circ 29$.

1974e: Lovas Miklós fedezte föl március 22-én a piszkéstetői 60/90 cm-es Schmidt teleszkóppal. A felfedezéskor az üstökös 13 magn fényes volt, diffúz, a közepén kis kondenzációval. Marsden legutolsó számításai szerint a perihélium időpontja 1975. augusztus 19-én lesz. A parabolikus pálya elemei: $q=3,0053$ Cs. E.; $i=50,^\circ 295$.

1974d: Ez az üstökös a Finlay periodikus üstökös volt. T. Seki és Kochi-Geisei, a Tokyo Astrophysical Observatory munkatársai június 24-én találták meg igen közel ahhoz a helyhez, amelyet Yeomans előre meghatározott. Az üstökös újra-felfedezésekor 15 magn fényes volt.

1974e: Carlos U. Cesco és Mario R. Cesco július 26-án fedezték föl. Az üstökös felfedezésekor 14 magn fényes, diffúz objektum volt, mely kondenzációval vagy maggal rendelkezett. Perihéliuma május 13-án volt. A pozíció-mérések szerint a pályának a parabolától való eltérése szignifikánsnak látszik. Marsden pályaadatái: $e=0,9819$, $q=1,3735$ Cs. E. $i=173,^\circ 1652$.

1974f: A Honda-Mrkos-Pajdušáková periodikus üstököst a Steward Observatory 229 cm-es reflektorán november 10-én 30 perces expozícióval készült felvételen Elizabeth Roemer találta meg újra. Ekkor az üstökös 19 magn fényes volt. Totális vizuális fényessége december közepére 10 magn-ra növekedett. Ekkor az üstökös kondenzáció nélküli igen diffúz objektum volt. Perihéliuma december 28-án volt. Marsden pályaszámítása szerint: $a=3,0320$ Cs. E.; $e=0,80901$, $q=0,5789$ Cs. E.; $i=13,^\circ 13$ és $P=5,279$ év.

1974g: Sidney van den Bergh a Palomar-hegyi 122 cm-es Schmidt teleszkóppal november 12-én készült felvételen fedezte föl. A 17 magnitúdó fényes üstökös ekkor diffúz volt, kondenzáció vagy mag nem volt látható, csupán egy igen rövid csóva. A kóma átmérője $8''$, a csóva hossza pedig $2'$ volt. Az üstökös perihéliuma augusztus 14-én volt. Marsden parabolikus pályaelemei: $q=6,0197$ Cs. E., $i=60,^\circ 77$.

1974h: John C. Bennett november 13-án fedezte föl. Vizuális megfigyelések során az üstökös diffúzknak látszott, kondenzáció vagy csóva nem volt látható. Az üstökös fényességét $8,5$ magnitúdójúnak becsülte. November 19-én a kóma átmérője $30''$ volt, december elejére viszont eltűnt a megfigyelők szeme elől, még a Lunar and Planetary Laboratory 154 cm-es távcsövével sem sikerült megtalálni. Perihéliuma december 1-én volt. Marsden parabolikus pályaelemei: $q=0,8646$ Cs. E. és $i=134,^\circ 819$.

1974i: A Wirtanen periodikus üstököst E. Roemer december 20-án a Steward Observatory 229 cm-es reflektorával 90 perces expozíciós idővel készült felvételen találta meg. Az üstökös igen halvány volt, mindössze 21 magnitúdós. Az üstökös képe jól kondenzált volt. Egyik érdekessége, hogy 1972 áprilisában $0,28$ Cs. E.-re közelítette meg a Jupitert. Perihéliuma 1974. július 5-én volt. Pályaadatái: $a=3,2558$ Cs. E., $e=0,6142$, $q=1,2561$ Cs. E., $i=12,^\circ 2677$ és $P=5,875$ év.

NAPKITÖRÉSEK ÉS GEOFIZIKAI HATÁSAIK**

Több kötetnyi tudományos közleményt írtak már a Napon 1972 augusztusában lezajlott — a csillagászok által megfigyelt — eseményekről, és a földi légkör ezekkel kapcsolatos — geofizikusok által regisztrált — szokatlan jelenségeiről. A következőkben három nagy napkitörés főbb geofizikai hatásairól lesz szó.

Események a Napon

1972 augusztus eleje arról volt nevezetes, hogy egy aktív vidék napkorongon való átvonulása szokatlanul magas napaktivitást váltott ki. Augusztus 1. és 11. között ebben az aktív vidékben 12 napkitörést (flert) figyeltek meg; közülük három (augusztus 2-án, 4-én és 7-én) igen nagy volt, melyeket geomágneses és ionoszféra zavarok, a kozmikus sugárzás intenzitásváltozásai, erős sarki fény és más geofizikai jelenségek kísérték. Ezekről az augusztusi eseményekről nagyszámú tudományos közlemény jelent meg, sőt 1973 szeptemberében Kyótóban külön nemzetközi szimpoziont is szenteltek ennek a témának.

Az utóbbi két évtizedben észlelt flerek és az azokat kísérő geofizikai jelenségek közül az 1972. augusztusiak bizonyultak a legjelentősebbeknek. A naptevékenység 20. számú ciklusának csökkenő időszakában, a maximum utáni negyedik évben jelentkeztek. Az aktív vidék — amelyben ezek a flerek voltak — 1972. július 9—10-én keletkezett, a Nap északi félgömbjén, körülbelül 11° szélességen és 10° hosszúságon, a napkorong nyugati oldalán. Itt először negatív (déli) polaritású mágneses tér jelentkezett kis területen. Július 11-én ezen a helyen már egy apró bipoláris napfoltsoport volt látható, a naptevékenység 20. számú ciklusára jellemző polaritás-eloszlással: a vezető (p) foltban déli, a követő (f) foltban északi a polaritás. Az aktív vidék területe napról napra növekedett, újabb és újabb foltok jelentek meg, de a foltsoportnak a napkorong nyugati peremén történt eltűnéseig (július 15-ig) semmiféle geofizikai effektust

* A szerző a Szovjetunió Tudományos Akadémiája Nap—Föld Tanácsának elnöke.

** A *Zemlja i Vselezennaja* 1974 évi 4. számában megjelent orosz nyelvű cikk fordítása. Fordította Gyertyános Gyöngyi.

sem lehetett észrevenni. Ezalatt azonban magában a foltcsoportban figyelemre-méltó esemény játszódott le: a mágneses polaritás-eloszlás a szabályostól eltérőre változott, és ez a foltcsoport egész további élete folyamán — két naprotációon keresztül — megmaradt. A foltcsoport július 28—29-én vált ismét láthatóvá a napkorongon és augusztus 4-én ment át a centrálmeridiánon. A keleti peremen történt befordulásakor már tucatnyi különböző területű és polaritású foltot tartalmazott.

A foltcsoport maximális területe elérte a Nap félgömbjének 1300 milliomod-



11. ábra. Az 1972. augusztus 4-i nagy napkitörés (H- α fler) E. I. Mogilevskij, a fizikai—matematikai tudományok doktorának felvétele, 6^h16^m30^s. (SzUTA Földmágnességi, Ionoszféra és Rádióhullámterjedési Intézete, IZMIRAN)

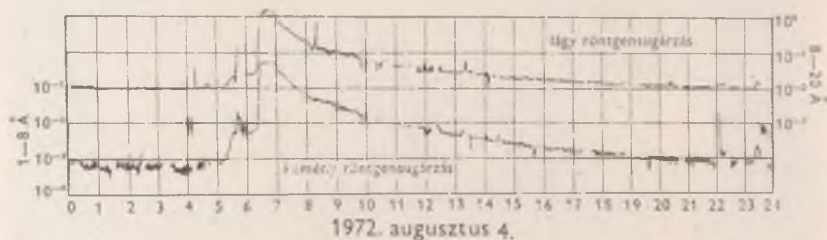
részét. (A Nap félgömbjének milliomodrésze $3,04 \cdot 10^6 \text{ km}^2$.) Ekkor az egész foltcsoportnak nagyjából egyetlen közös penumbrája volt, amelyet nagy kromoszférikus fátylamező vett körül (területe elérte a 6000 milliomod részt, fényessége pedig a 3,5 egységet, egy ötös skála szerint).

A foltcsoport mágneses tere rendkívül bonyolult volt, mivel a különböző polaritású foltok teljesen szabálytalanul helyezkedtek el. Az ellentétes polaritású foltok olyan közel kerültek egymáshoz, hogy nagy mágneses gradiensek alakultak ki, melyek maximális értéke augusztus 2-án, 3-án és 4-én rendre 0,4, 0,9 és 1,5 oersted/km volt, a mágneses tér látósugár irányú komponensének neutrális vonala pedig nagyon kanyargós. Mindez felkeltette a csillagászok figyelmét: ekkor már várták a nagy flerek megjelenését.

Nagy napkitörések zajlottak le 1972. augusztus 2-án 20^h után, augusztus 4-én 6^h20^m-tól 10^h-ig és augusztus 7-én 14^h43^m-tól 17^h30^m-ig. Az időadatok itt és a cikk további részében mindig világidőben (UT) vannak megadva. A két utóbbi fler rendkívül nagy volt, és a legérdekesebb a geofizikai hatások szempontjából az augusztus 4-i. Ez különálló fényes pontok és szálak megjelenésével kezdődött, amelyek hamarosan két párhuzamos, S alakú éles határvonalú szalaggá alakultak; közülük az egyik a foltcsoport közepén, a másik a keleti szélén haladt át, méretük és fényességük kezdetben igen gyorsan nőtt. A fénylő szalagok időnként összeolvadtak, később fokozatosan elmosódottabbá váltak és elhalványodtak.

Az augusztus 4-i fler idején a Napból erős röntgen- és gammasugárzást figyeltek meg. A fler röntgensugárzása igen nagy „hirtelen ionosférazavarokat” okozott, az ionoszféra legalsó, rövid rádióhullámokat elnyelő D rétegében megnövelte az ionizációt. A Szovjetunióban lévő ionoszféra állomások megfigyelései szerint augusztus 4-én 6^h5^m-tól 11^h58^m-ig teljesen megszűnt a rádióhullámok tükröződése az ionoszféráról. Egyidejűleg megszűnt a rövidhullámú rádióösszeköttetés a Föld egész nappali félgömbjén.

Az összes nagy kromoszférikus flert a szoláris rádiósugárzás intenzív megnövekedése kísérte, ezt a Földön különböző frekvenciákon regisztrálták. A



12. ábra. Az 1972. augusztus 4-i nagy fler lágy (8–20 Å) és kemény (1–8 Å) röntgensugárzás-fluxusa, $\text{erg. cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ egységekben a Solrad 9 mérései szerint. A fler hőmérséklete a visszafejlődés kezdetén 20 millió fok lehetett.

rádiósugárzás legnagyobb erőssége 10 000 MHz-en (3 cm-es hullámhosszon) a nyugodt Nap sugárzásnak ötszörösét is meghaladta mindhárom nagy augusztusi fler során.

A rádiósugárzás egyes tulajdonságai — a flerek idején — arra mutattak, hogy a flereket protonsugárzás is kísérhette. Az augusztus 4-i fler által a 600 — 35000 MHz-ig terjedő rádiótartományban kisugárzott energia, egyes tudósok becslései szerint, elérte az $1,2 \cdot 10^{26}$ erg-et.

Augusztus 4-én erős rádiókitöréseket (radio bursts) is megfigyeltek, egy vagy több frekvencián, néha a milliméterestől a tíz méteresig terjedő egész hullámtartományban. Az ilyenfajta kitörések a protonflerek valószínű következményei, és gyakran előzik meg a nagy geomágneses viharokat.



13. ábra. Az 1972. augusztus 4-i rádiókitörés, a Slough-ban (Anglia) levő megfigyelő-állomás mérése alapján. Viszonylag rövid ideig (38 percig) tartott, és a maximális fluxus 13 780 egységnyi volt. (Egység: $10^{-22} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Hz}^{-1}$)

Az aktív terület napkorongon való átvonulását a bolygóközi tér szoláris plazmaáramai (napszél) sebességének és ezen áramok által magukkal sodort szoláris (bolygóközi) mágneses térnek a növekedése kísérte. A Pioneer—9 űrszonda méréseinek alapján ebben az időben a Föld pályájának távolságában a napszél sebessége elérte az 1130 km/sec sebességet, a bolygóközi mágneses tér erőssége pedig a 38 gammát. (Az említett mennyiségek átlagos értékei 300 km/sec és 10 gamma.)

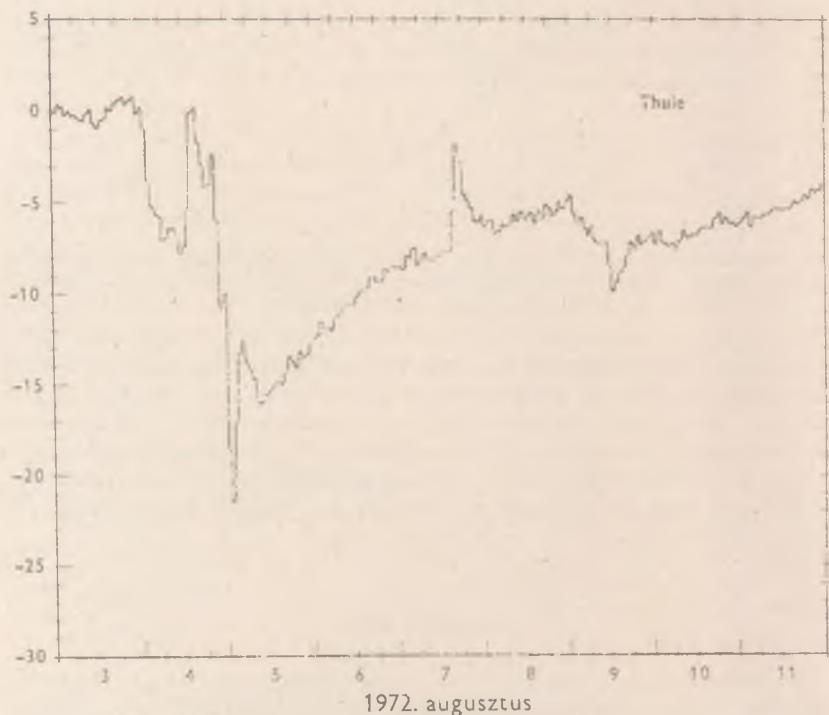
Kozmikus vihar

A nagy augusztusi flerek idején a szputnyikok, riométerek, földfelszíni állomások is intenzív proton-, alfarészecske- és nagyenergiájú elektronáramokat regisztráltak. A napkitörések a kozmikus sugárzás valóságos viharát okozták, amely az eddig megfigyeltek között a legnagyobb volt. Augusztus 2. és 12.

között két esetben figyelték meg a kozmikus sugárzás intenzitásának megnövekedését (augusztus 4-én és 7-én), amely a Naptól jövő kozmikus sugárzással állt kapcsolatban. Ezen kívül augusztus 4-én, 5-én és 9-én a Földet sűrű részecskeáram vette körül, melynek egyenetlenségein a galaktikus eredetű kozmikus sugárzás erősen szóródott, és ennek a földfelszínen mérhető intenzitása nagymértékben csökkent. Az ilyen intenzitáscsökkenést *Forbush-effektus*nak, vagy *Forbush-csökkenés*nek nevezik, S. E. Forbush amerikai kutató neve után, aki ezt a jelenséget vizsgálta. Forbush-csökkenéseket gyakran lehet megfigyelni erős naptevékenység után.

A kozmikus sugárzás augusztus 7-i intenzitásnövekedése a kromoszférikus flar után kb. 45 perccel kezdődött. A kezdet pontos idejét nehéz megállapítani, mert egy hosszabb, csökkent intenzitású időszakban történt.

A kozmikus sugárzás intenzitása néhány nap alatt tért vissza a normális értékére. Ez arról tanúskodik, hogy a bolygóközi tér nagyon lassan szabadul meg a kozmikus sugárzást szétszóró bolygóközi (szoláris) mágneses tér inho-

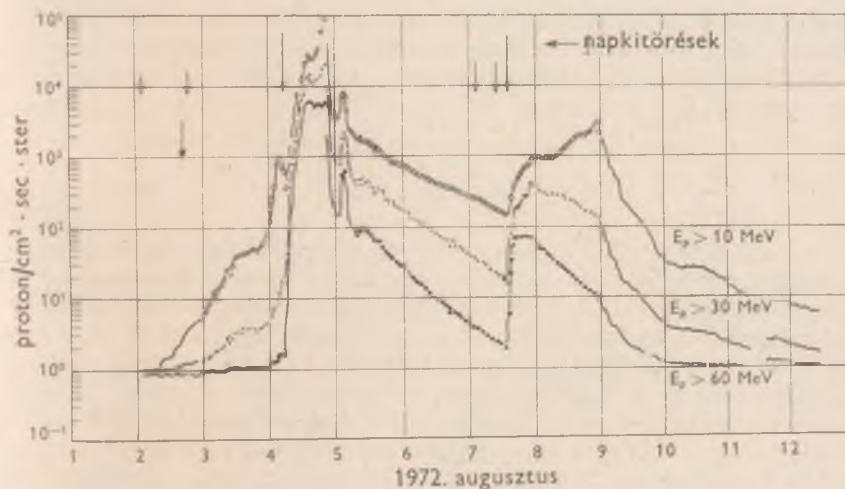


14. ábra. A kozmikus sugárzás intenzitásának változása (a normális értékek százalékában) augusztus 2. és 12. között, a Thule-i (Grönland) neutronmonitor adatai szerint

mogenitásaitól. Érdekes, hogy a kozmikus sugárzásnak a második Forbush-csökkenés után közvetlenül megfigyelt intenzitásnövekedése nincs kapcsolatban egy újabb szoláris részecskeáram érkezésével. Hasonló esetek elég gyakran találhatók, és arra mutatnak, hogy szakadások lehetségesek a bolygóközi mágneses tér inhomogenitásainak eloszlásában, amelyek a galaktikus kozmikus sugarak szétoszórják.

A napkitörésekből származó 50–100 MeV energiájú protonokat a geomágneses tér rendszerint a Föld északi és déli félgömbjének „sarki sapkájába” téríti el. Itt behatolnak a földi légkörbe kb. 30 km magasságig, és kimutathatók magaslégköri kutatóléggömbökön felbocsátott protonszámlálók segítségével. A légkörön keresztülhaladó protonok a levegő részecskéivel összeütközve többlet ionizációt hoznak létre az ionoszféra alsó rétegeiben, ez a rövidhullámú rádiósugárzás elnyelődéséhez és a rövidhullámú rádiókapcsolat megszűnéséhez vezet magas földrajzi szélességeken. Azok a jelenségek, amelyek a sarki sapkákban a rádióhullámok elnyelődésével kapcsolatosak, az éjszakai félgömbön is megfigyelhetők, ellentétben a hirtelen ionoszférazavarokkal.

A rádiósugárzás elnyelődését, amelyet a Napból jövő protonok és elektronok a földi légkörbe történő behatolásukkal okoznak, a galaktikus rádió zaj gyengülésének mérésével határozzák meg. A kozmikus rádió zaj elnyelődésének vál-



15. ábra. Szoláris eredetű protonáramok (az amerikai Explorer—41 és —43 mesterséges holdak adatai alapján). A görbék sorra a 10, 30 és 60 MeV-nél nagyobb energiájú protonok számát mutatják. A rajzon a nyilak a napkitörések időpontjait jelzik: a rövid nyíl kis, a hosszú pedig nagy flert jelöl. Jól látható a protonsugárzás erősségének megnövekedése (a háttér több mint 1000-szeresére) az augusztus 4-i és 7-i fler-jelenségek után. A protonsugárzás erősségének aránylag lassú csökkenését a protonok szóródása okozza a bolygóközi mágneses tér inhomogenitásain.

tozását flerek idején 30 MHz-en működő riométerekkel regisztrálták, a Shepherd-öböl (Arktisz) és a McMurdo (Antarktis) állomásokon. Ez a két állomás mágnesesen konjugált, azaz egyazon geomágneses erővonal két végpontján helyezkedik el a sarki fény övezetekén belül. Földrajzi koordinátáik a következők: McMurdo: 77,8° déli szélesség, 166,7° keleti hosszúság; Shepherd-öböl: 68,8° északi szélesség és 266,6° keleti hosszúság. Az állomások geomágneses szélessége $\pm 80^\circ$.

A rádióhullámok fokozott abszorpciójának időszakai a két állomáson egybeesnek a szputnyikok segítségével mért protonáramok maximális intenzitásával. Ily módon beigazolódott, hogy nem relativisztikus protonok 500 MeV-nél kisebb energiával közvetlenül behatolhatnak a légkörbe a sarki sapkák fölött.

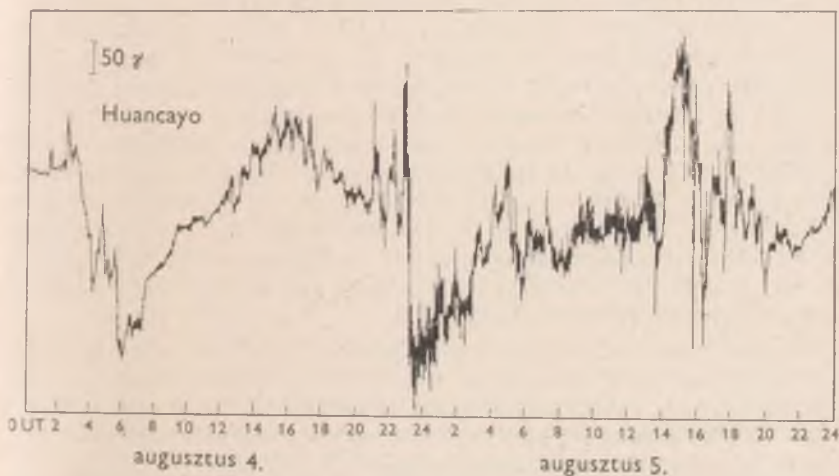
Naplemente után a protonok behatolásakor keletkezett szabad elektronok kölcsönhatásba lépnek a levegő molekuláival, ami az elektronsűrűség csökkenéséhez és ennek következtében az elnyelődés csökkenéséhez vezet. Napkelte után viszont az éjszaka folyamán képződött ionokról ismét elszabadulnak az elektronok, és az elnyelés növekszik. A Shepherd-öböl és McMurdo állomásokon mért elnyelés napi menetében mutatkozó különbség azzal magyarázható, hogy az első állomáson a Nap hosszú ideig megvilágítja a légkört, míg a másodikon a napfény csak kb. 30 km magasságig jut be a légkörbe, és ide is csak rövid ideig. Az északi sarki sapkában lévő erős elnyelés miatt, az itt elhelyezkedő ionoszféra állomások augusztus 3. és 10. között nem tudtak visszavert jelet fogni az ionoszféra reguláris rétegeiről. Ugyanezen okok miatt a rádióösszeköttetés Európa, az USA és Kanada között rendkívül rossz volt ebben az időszakban.

Mágneses viharok

A napkitörések során kilökött szoláris plazmaáramok hatása a Föld magnetoszférájára mágneses háborgásokat és viharokat okoz. A szoláris plazmafelhőt kísérő bolygóközi lökeshullám összeütközése a magnetoszférával rendszerint megfigyelhető a magnetogrammokon — a mágneses tér változásait ábrázoló görbéken — mint kis, rövid ideig tartó kilengés, ezt nevezik a mágneses vihar hirtelen kezdetének. Ezután kezdődik a mágneses vihar első fázisa, melynek ideje alatt, néhány órán át, a mágneses tér erősségének kismértékű növekedése figyelhető meg, amelyet az okoz, hogy a plazmafelhő a magnetoszféra nappali oldalán összenyomja a geomágneses tér erővonalait. Majd a továbbiakban következik a mágneses vihar hosszabb ideig tartó fő fázisa, amelyre jellemző a geomágneses tér horizontális összetevőjének jelentős csökkenése és a térerő nagy ingadozásai, ezt a magnetoszféra és az ionoszféra elektromos áramainak felerősödése okozza. A fő fázis után következik a helyreállás fázisa, amelynek folyamán a tér fokozatosan megnyugszik, és lassan, több óra alatt visszatér a vihar előtti értékekhez.

Mindhárom nagy augusztusi flert nagy mágneses vihar kísérte. Ezek közül az első augusztus 4-én kezdődött hirtelen, kettős ugrással 1^h19^m - és 2^h20^m -kor, mintegy 30 órával az augusztus 2-i fler után. A mágneses tér horizontális összetevőjében bekövetkezett ugrásszerű változás maximális értéke 50 gamma körül volt. A vihar első fázisa, amelyet a térerő kismértékű növekedése jellemez, kb. két óráig tartott, ezután kezdődött a fő fázis, a térerő fokozatos csökkenésével, amelyet a magnetoszférában lévő köráram megerősödése okozott. A fő fázisban a változás nem volt nagy, mindössze 300 gamma, és 6^h tájban megkezdődött a helyreállás fázisa, a visszatérés a nyugalmi értékekhez. A fő fázis idején a mágneses tér horizontális összetevőjének fokozatos csökkenését megszakító ugrásszerű kilengések a sarki mágneses szubviharokkal voltak időbeli korrelációban. A mágneses tér horizontális és vertikális összetevőjének kitérései ezen szubviharok alatt a sarki fény zónájához közeleső megfigyelő állomásokon elérték, sőt meghaladták az 1000 gammát. A mágneses háborgás legaktívabb időszaka 3^h és 6^h között volt.

A harmadik mágneses vihar, mely az elsőhöz hasonló nagyságú volt, szintén kettős ugrással kezdődött: augusztus 8-án 23^h54^m -kor és augusztus 9-én 0^h37^m -kor. Az augusztus 7-i fler kezdete és a mágneses vihar kezdete között mintegy 33 óra telt el, azaz a késés ugyanolyan nagyságrendű volt, mint augusztus 4-én. A vihar fő fázisa 4^h -kor, a helyreállási fázis augusztus 9-én kb. 11^h -kor kezdődött. A vihar kb. augusztus 12-én fejeződött be. Ez a harmadik mágneses vihar szintén az erős viharok kategóriájába tartozott, de lefolyásában — más, nagy viharokkal összehasonlítva — semmi különlegeset sem észleltek.



16. ábra. A Föld mágneses tere horizontális összetevőjének ingadozása 1972. augusztus 4-én és 5-én, a Huancayo Mágneses Obszervatórium (Peru) észlelése szerint

Az első és a harmadik vihartól eltérően a második a maga nemében teljesen egyedülálló volt. Akkor kezdődött, mikor még javában tartott az első vihar, kb. 14 órával az augusztus 4-i fler után. A mágneses tér heves változásait lehetett megfigyelni, különösen az első három órában. A Fairbanks College mágneses obszervatóriumában, Alaszkában augusztus 4-én 22^h körül a horizontális összetevő először hirtelen lecsökkent, kb. 2500 gammával, utána ugrásszerűen megnövekedett kb. ugyanennyivel meghaladva a normális értékeket. A vertikális összetevő változásainak amplitúdója ebben az időszakban elérte a 3000 gammát. A másik érdekessége ennek a geofizikai jelenségnek a mágneses tér mintegy 5—10 perc periódusú gigantikus pulzációi voltak; a horizontális összetevők amplitúdói Alaszkában elérték az 1000 gammát, az egyenlítői állomásokon pedig a néhányszor 10 gamma nagyságrendet. Ez a mágneses vihar két és fél napig tartott. A mágneses tér változásai rendkívül nagyok voltak, így a második vihart az igen erősek kategóriájába sorolhatjuk.

Ionoszféra zavarok

A nagy protonflereket minden alkalommal nemcsak hirtelen ionoszférazavarok és a pólus sapka abszorpció erősödése, hanem az ionoszféra szabályos rétegeinek kritikus frekvencia- és magasságváltozásai is követik. Az első két effektusról az augusztusi napkitörésekkel kapcsolatban már volt szó, most a Moszkva melletti Krasznaja Pahra ionoszféra obszervatórium megfigyelései alapján bemutatjuk az ionoszféra külső hatásokra legérzékenyebb, legfelső F_2 rétegének kritikus frekvencia- és magasságváltozásait.

A kritikus frekvencia nagymértékű csökkenései időben egybeestek az erős mágneses háborgásokkal. Az augusztus 5-i ionoszférazavar egészen 20^h-ig egyre fokozódott, ekkorra az F_2 réteg kritikus frekvenciája 75%-kal csökkent. A zavar által kiváltott frekvenciaváltozásokra szuperponálódott az éjszakától a déli órákig végbement reguláris frekvencianövekedés mintegy 3 MHz-ről 7 MHz-re. Az F_2 réteg magassága a zavar folyamán másfél-kétszeresére nőtt. Hasonló esetet észleltek az augusztus 9—13-ig tartó zavarok idején is, de ekkor a kritikus frekvencia átlagosan 15—20%-kal kisebb volt, és csak augusztus 9-ről 10-re virradó éjjel csökkent néhány órára 50%-kal az átlagos értékek alá. A réteg kritikus frekvenciájának és magasságának ilyen változásai a rövidhullámú rádióösszeköttetés zavaraival jártak.

Érdekes, hogy a kritikus frekvenciák legnagyobb csökkenéseinek időszakai egybeesnek az F_2 réteg magassága növekedésének idejével, és a felső légkör rétegek hőmérsékletének, valamint sűrűségének növekedésével a mágneses háborgás miatt. Ezeket a következtetéseket a szputnyikok mozgásának fékeződéséből vonták le az augusztusi események során.

Az augusztus 4—7 közötti mágneses vihart erős sarki fénynek kellett kísérnie, melyet a $\pm 50^\circ$ -os geomágneses szélességeken lehetett volna megfigyelni éj-

szaka, a zenit környékén. A megfigyelés előfeltételei azonban nem voltak kedvezők. Az északi sarkvidéken ekkor éppen sarki nappal volt, a sarki fény zónájában fehér éjszakák. Ezenkívül nappali időszakra estek a mágneses tér horizontális összetevőjének legerősebb csökkenései augusztus 4-én és 5-én, mikor a sarki fény legnagyobb kifejtettségét lehetett volna várni a Föld keleti féltekéjén. Ezért az akkor lejátszódott sarki fény jelenségekről kevés adatunk van: csupán az USA-ból és Nyugat-Európa néhány helyéről. Augusztus 4-én 4^h körül Coloradoban vörös színű sarki fényt figyeltek meg a zenitben, ugyanaznap 23^h és 24^h között pedig Dél-Anglia felett. Ugyanekkor Csehszlovákiában és Svajcban a sarki fény a horizontban volt látható.

Az augusztusi flerek következményei közé tartoznak még az ultrarövid-hullámú rádióösszeköttetésben a Nap rádiósugárzása által okozott zavarok, valamint a rádiónavigációs rendszerek zavarai, a magasfeszültségű vezetékekben, a távíró- és telefonvonalakban tapasztalt feszültségingadozások.*

Milyen veszélyt jelentettek volna az augusztus 4-i és 7-i napkitörések az űrhajósok számára, ha ebben az időben a világűrben tartózkodnak? Kétségtelenül komoly veszélybe kerültek volna. Az űrhajón belül a teljes sugárdózis — az összes fler hatását figyelembe véve — elérte volna a 100 rad-ot, ami már erős sugársérülést okozhat. Ezért jelenleg a tudomány feladata — megtalálni a módját, hogyan lehet jelezni a napkitöréseket napokkal és hetekkel előre.

* Az 1972 augusztusi napflerekkel kapcsolatos napfoltcsoportról közlünk néhány képet I. szám alatt a műnyomó mellékleten.

Megemlítjük még, hogy a Puskov professzor írásában és az Évkönyv XV. számú táblázatában szereplő fler időadatok azért nem pontosan egyeznek, mivel táblázatunkban már az összes fler észleléseket figyelembe vettük. Szerk.

TÁVCSÖVEK A VILÁGÚRBEN

Az űrcsillagászat előneyei

Ma már a mindennapos gyakorlathoz tartozik, hogy műholdakon vagy űrhajókon elhelyezett távcsövek segítségével is végezhetünk csillagászati megfigyeléseket. Sokan úgy vélik, ez az ötlet azzal kapcsolatos, hogy mivel a rakéták, műholdak fellövése nagyon költséges, igyekeztek azokat minél sokoldalúbban, tehát pl. csillagászati megfigyelésekre is felhasználni. Ez a vélemény logikus ugyan, de nem megalapozott, ugyanis a légkörön kívüli csillagászat igénye nagyon régi felismeréseken nyugszik.

Köztudott, hogy a magasabb hegyvidéken szelők gyorsabban barnulnak, mert ott az ultrabolya sugárzás erősebb, mint tengerszinten. Ez a hétköznapi tény tehát arra utal, hogy a földi légkör elnyeli a felénk irányuló sugárzás egy részét. Tény, hogy a csillagos égbolt minden részéből sokféle sugárzás irányul felénk, de a Föld felszínén annak csak egy részét tudjuk kimutatni. Az is biztos, hogy a földi légkör abszorbeáló vagy elnyelő hatása nem minden sugárzásra nézve egyforma: van olyan sugárzás, amelyet alig érint, és van olyan, amelyet teljesen elnyel.

A *Wien-féle* eltolódási törvényből könnyen kiszámítható, hogy egy adott hőmérsékletű csillag sugárzásának maximuma a színek mely részébe esik. Így az adódik, hogy pl. a tízezer fok felszíni hőmérsékletű csillag sugárzási maximuma a látható színekben kívül, 3000 Å alatt van. Nagyon sok csillag felszíni hőmérséklete lényegesen meghaladja a tízezer fokot, és ezeknél a sugárzás legnagyobb része a földfelszínen készített látható spektrumon kívül esik. Ezeknek az ún. forró csillagoknak a tanulmányozása tehát csak nagyon hűzagosan történhet, ha elő nem állítjuk színekpük ultrabolya részét is. Ezt pedig csak úgy érhetjük el, ha az észlelő műszereket az elnyelő légréteg fölé juttatjuk.

Vajon milyen magasságra kell feljuttatni a műszereket, hogy az ultrabolya színekpet észlelni lehessen? A légkör molekuláris oxigénje (O_2) néhány száz tíz km magasságban a 2420 Å hullámhosszúságú sugárzás hatására felbomlik atomi oxigénre. Ha egy itt keletkezett oxigén atom összeütközik egy O_2 molekulával, akkor O_3 , vagyis ózon keletkezhet. Az ózon azonban nagymértékben elnyeli a 2000—3000 Å hosszúságú sugárzást. Mondhatjuk tehát, hogy az

ultraibolya sugárzás hatására mintegy 50–60 km magasságban keletkező ózon elnyeli azt a sugárzást, amely őt létrehozta, és így megakadályozza, hogy az a Föld felszínéig eljusson. Ehhez még hozzájárul, hogy az oxigén és nitrogén együttesen teljesen elnyeli a 2000 Å-nél rövidebb sugarakat, tehát a 3000 Å-nél rövidebb hullámhosszúságú sugárzás nem juthat el a földfelszínig. Műszereinket tehát legalább 60 km magasságra kell eljuttatnunk, ha UV (ultraibolya)-szinképet akarunk készíteni. Mindezt azonban már a századforduló táján is tudták, és ezért mondtuk, hogy a légkörön kívüli csillagászat gondolata nem újkeletű. Csak éppen a megvalósítás technikai lehetőségei nem voltak adottak.

Azzal, hogy az észlelő műszereket feljuttatjuk a szükséges magasságra, még nem oldottunk meg minden problémát. A csillagászati megfigyelésekre használt műszerek általában négyféle optikai elemet tartalmaznak: tükröt, lencsét, prizmat vagy optikai rácsot. Légkörön kívüli használatuk bizonyos megkötött-ségekkel jár.

Ha az optikai elemek üvegből készültek, még használhatók a 2000 Å-nél hosszabb sugarak észlelésére. Ennél rövidebb sugarak számára azonban az üveg már egyre átlátszatlanabbá válik, és ezért kvarcból készítik az optikai elemeket. Az 1000–1600 Å tartományban már a kvarc sem felel meg, ott inkább LiF veszi át a szerepét. Az ennél rövidebb hullámhosszú sugárzások vizsgálatánál azonban már el kell kerülni az olyan optikai elemeket, amelyekben fénytörés lép fel, tehát a lencsét és prizmat. Leképzésre és szinképelemzésre így még van mód akár 500 Å-ig is, ha tükröt és rácsot használunk. A berendezésekben gondoskodni kell arról, hogy a fény csaknem merőlegesen érje az optikai elemeket, különben túl sok vesz el belőle. Az ennél rövidebb hullámhosszakon meg éppen a fordítottjának kell teljesülnie, vagyis meg kell valósítani a sűrűdő, nagyszögű beesést. Megfelelő technikával tehát kiterjeszthetők az észlelések egész a röntgensugarak tartományáig (a röntgentávcsövekkel jelen cikk terjedelme miatt nem foglalkozunk).

Az eddigiekben még csak az optikai elemekkel szembeni elvi követelményeket vázoltuk. Mivel azonban a műszereket rakétákkal lövik fel, azokat úgy kell megszerkeszteni, hogy kibírják a nagy gyorsulásokat és rezgéseket. Gondoskodni kell arról is, hogy a fellőtt és pályán keringő távcsövet egy kiválasztott égi pontra lehessen irányítani. Műholdon elhelyezett távcsőnél ez egyrészt teljesen automatizált észlelést jelent (előzetes program vagy földi parancs alapján), és feltétlenül megköveteli a kiválasztott irány stabilis megtartását. Értelmetlenné válik az egész vállalkozás, ha nem jutunk az észlelési adatok birtokába. Így arról is kell gondoskodni, hogy az adatokat a műhold — ha szükséges — tárolja, és valamikor a Földre juttassa.

Ennyi technikai nehézség legyőzése óriási költségekkel jár. Rentábilissá csak akkor válik egy obszervatórium, ha megfelelő hosszúságú lesz a hasznos élettartama. Ezért a keringő obszervatóriumokban felhasználásra kerülő alkatrészekkel szemben hihetetlenül nagy üzembiztonsági követelményeket támasz-

tanak, ez viszont a műszerek árát igen magasra emeli. Joggal merül fel tehát a kérdés, hogy vajon kifizetődő-e az űrszillagászat?

A felelet feltétlenül: igen, ha figyelembe vesszük, hogy más módon hozzá nem férhető információk birtokába jutunk. De az űrszillagászatnak még egyéb előnyei is vannak, ezek közül első helyen a feloldóképesség növekedését kell említenünk.

Tudjuk, hogy itt a földfelszínen a légköri nyugtalanságok nagy mértékben rontják a leképezés minőségét, ezért az elméletinél nagyobb képet, ill. kisebb feloldóképességet kapunk. Speciális távcsőszerkesztési és kupolaépítési elvekkel, az észlelőhely gondos kiválasztásával az észlelési idő egy kisebb töredékében lehet elérni optimális leképezést, ilyenkor a legkisebb csillagnyom átmérője kb. 0,5. (A feloldóképesség kétszerese adja a képméretet). Ebből következik, hogy egy 50 cm átmérőjű tükör zöld fény esetében a maga 0,5 képméretével (feloldóképessége 0,25) eléri az atmoszférikus zavarok okozta határt, tehát nagyobb átmérőjű távcső feloldóképességét nem is tudjuk kihasználni itt a földfelszínen. Így pl. egy 3 m-es teleszkóp felbontása elméletileg 0,04 lehetne, de a valóságban ennél még egy tizedét sem tudjuk elérni. Ez viszont azt jelenti, hogy ha ezt a 3 m-es teleszkópot a légkörön túli észleléseknél használjuk, akkor feloldóképessége legalább tízszeresére javul, még hozzá nem pillanatokra, hanem huzamosabb észlelési időn keresztül.

A nagyobb felbontású képek több részletet tartalmaznak és ezért számos előnyt jelentenek, pl. szoros kettősök tanulmányozásánál, nagyobb távolságú trigonometria parallaxisok javításánál. De fontos az is, hogy pontosabb képet kapunk már ismert objektumokról. Ennek szemléltetésére bemutatunk két, az M 31-ről (Androméda köd) készült képet. A földi távcsővel készült bal oldali kép felbontását mesterségesen egyötödére rontották, ezt ábrázolja a jobb oldali kép. Ha tehát az utóbbi volna a földi távcsővel készült felvétel, akkor a bal oldali mutatná az űrben készült felvételnél előálló feloldóképesség-javulást. A különbség szembetűnő! (Lásd a IV. műnyomó képet!)

Az űrtávcső további előnye, hogy sokkal halványabb objektumokat lehet vele észlelni, mint itt a Földön. Ha ui. egy csillag fényét kisebb átmérőjű képen gyűjtjük össze, annak kontrasztja az égi háttérhez képest növekszik. Ehhez járul még az is, hogy a szórt és egyéb zavaró fények elmaradása miatt maga az égi háttér is sötétebb lesz. A koncentráltabb csillagnyomok azt eredményezik, hogy már rövidebb expozíciós idővel eljuthatunk egy adott magnitúdóhatárhoz. Számítások szerint pl. egy 3 m-es távcsőnél ennek következtében az alsó magnitúdó-határ legalább 5 magnitúdóval kitolódik (ugyanazokat a detektorokat feltételezve, mint a Földön).

Ugyanakkor azonban az észlelőhely fizikai környezetének állandósága lehetővé teszi a fénynek hosszabb időn keresztül történő integrálását; számítások szerint a későbbiekben pl. tízórás expozíciós idő nem fog problémákat okozni, és nem is lesz ritka. Nagy előny az is, hogy megfelelően megtervezett kozmikus obszervatórium számára szinte az egész égbolt mindig hozzáférhető

és észlelhető. Míg egy földi obszervatóriumban az évi 2000 észlelési óra (műszerenként) ritka csúcsteljesítménynek számít, egy kozmikus obszervatórium esetében a normális teljesítmény is 6000 óra körül van.

Meg kell még említenünk a légköri szcintilláció elmaradását is, ami pontosabb fotóelektromos méréseket enged meg. Ez lehetővé teszi távoli galaxisok változó csillagainak pontosabb fotometrállását, és ezen keresztül javíthatja a távolságmeghatározás pontosságát is.

Rakétacsillagászat

Ennyi előny mellett nem csodálható, hogy a csillagászok megragadták az első adódó alkalmat az űrcsillagászat megkezdésére. A légkörön túli csillagászat gyakorlatilag azzal kezdődött, hogy az amerikaiak 1946. október 10-én fellöttek egy V—2 rakétát azzal a céllal, hogy a rajta elhelyezett műszerekkel felvegyék a Nap ultraibolya színeképét. A rakéta nem jutott ki a mai szóhasználat szerinti világűrbe, hiszen a legnagyobb magasság, amit elért, csak 65 km volt, de ez a maga idejében szenzációnak számított. A repülés folyamán különböző magasságokban egymás után készültek a színeképek, és pontosan úgy, ahogy az elmélet alapján várni lehetett: a magassággal együtt nőtt a színeképek hossza, mert az ultraibolya tartomány egyre nagyobb része képeződött le a fényképező-lemezeken. A színeképsorozat világosan mutatta, hogy egy kb. 55 km magasságban elhelyezkedő réteg nyeli el a színekép ultraibolya részét. Az első sikeren felbuzdulva ezután már több helyen kezdték meg a rakétás észleléseket, aminek természetes velejárója volt, hogy technikáját is rohamléptekkel tökéletesítették.

Nem volt azonban könnyű a Nap észleléséről áttérni a csillagok észlelésére. Már maga az a tény, hogy a fényesebb csillagok is néhány milliárdszor halványabbak a Napnál, azzal jár, hogy csillagok esetében sokkal érzékenyebb műszerekre van szükség. Hasonlóan, míg az égbolt legerősebb sugárforrását viszonylag könnyen meg lehet találni az égbolton, addig a nagyszámú, gyenge és hasonló fényű csillag közül a kiszemeltet kiválasztani, és az észlelő műszereket arra irányítani már távolról sem könnyű feladat. Pedig a kívánt irányba állított műszereket stabilisan is kell tartani, a műszerhordó kozmikus objektum saját mozgása mellett.

Az OAO program

E nehézségek ellenére Amerikában 1960-ban már komolyan foglalkoztak nagy csillagászati holdak tervezésével. Az első keringő obszervatórium kilövésére 1966-ban került sor. Az *OAO-1 (Orbiting Astronomical Observatory)* sikeresen ráállt a 800 km magasságban húzódó, csaknem kör alakú pályára,

de telepei hamarosan felmondták a szolgálatot, és ezért képtelen volt feladatát végrehajtani. A kudarccal szembe fordítottuk, hogy milyen volt ennek az első keringő obszervatóriumnak a felszerelése. Az obszervatórium elnevezést indokolja az a tény, hogy az *OAO—1*-en összesen 7 távcső kapott helyet. Ezek közül a legnagyobbak, egy 40 cm átmérőjű teleszkópnak, az lett volna a feladata, hogy gázködök fényességét mérje a közeli ultraibolya tartományban. Négy 20 cm átmérőjű távcső arra szolgált volna, hogy csillagok színképelemzését és fotometrállását végezze 3 különböző tartományban. Ezeken kívül az *OAO—1* programján szerepelt volna még röntgen- és gammasugárzás észlelése is, vagyis a tervezett észlelési program egy földi csillagvizsgálónak dicséretére vált volna.

Érdemes megemlíteni az *OAO—1* stabilizáló berendezését, amely az automatikus észlelést biztosította volna. A tervezők abból indultak ki, hogy ha az obszervatórium egyik tengelyét stabilizáljuk, és ismerjük a tengelyirányt, akkor a tengelyirányhoz képest levezetett relatív koordináták alapján bármely kívánt irányba fordíthatjuk az észlelőműszereket. A stabilizálandó tengelyirány kiválasztásának első lépéseként az obszervatórium egyik tengelye körül elforgatjuk (segédtrakéták segítségével) a maximális megvilágítás irányába, majd az első tengelyre merőleges tengely körül forgatva az obszervatóriumot, ismét a maximális megvilágítás irányát keressük. Ha ekkor a Nap még nem kerülne pontosan a látómező középpontjába, akkor ismét az első tengely körüli forgatást végezzük stb. Ily módon tehát megvan a Nap iránya, amelyet pörgettyűrendszerrel stabilizálni lehet. Ezután e körül a stabilizált irány körül forgatjuk az obszervatóriumot mindaddig, amíg a kívánt helyzetet fel nem veszi. A kívánt helyzet elérésekor az obszervatórium falába épített csillagkeresőkhöz csatlakozó fotométerek mindegyike egy előre meghatározott áramot, ill. fényességet jelez. Ha a 6 fotométer az előírt áramot jelzi, működésbe lép a pörgettyűs stabilizáló rendszer, és ezzel az obszervatórium irányadó tengelye a kívánt irányba beállt.

Az *OAO—1* kudarca után két évvel, 1968 decemberében lötték fel az első olyan holdat, amely űrobzervatóriumnak tekinthető, és éveken át jól is működött: ez volt az *OAO—2*.

Műszereit a *SAO (Smithsonian Astrophysical Observatory) CELESCOPE* elnevezésű komplexuma és a *Wisconsin egyetem* műszerei tették ki. A két intézmény műszerei az *OAO—2* két áttellenes végén keresztül végezheték észleléseiket, de egyidejűleg nem működhettek.

Az *OAO—2* műszerei között voltak olyanok, amelyekben túl erős fény fatális károsodást okozott volna. Ezért el kellett kerülni az égbolt némely területét, így pl. a Napot nem szabadott 45°-nál jobban megközelítenie, de az antiszoláris pontot is csak 30°-ig, hogy az obszervatórium túlsó felén elhelyezkedő műszerek ne legyenek kitéve káros túlmelegedésnek. Hasonlóan a Föld megvilágított oldala és annak környezete is a tilos területek közé tartozott, de ugyanúgy a Hold és a legfényesebb bolygók is. Könnyen belátható, hogy ezek a tényezők egyrészt komolyan korlátozták a lehetőségeket, másrészt emiatt

már eleve indokolt az észlelési programok összeállításánál számítógépeket használni, amelyek nemcsak megfelelő rádióparancsokká alakítják a végrehajtandó programmal kapcsolatos teendőket, hanem egyúttal ellenőrzik azt is, hogy a kívánságok végrehajthatók-e az $OAO-2$ veszélyeztetése nélkül. A számítógépek alkalmazását azonban az is indokolta, hogy az $OAO-2$ adat-rögzítő memóriája nem volt túl nagy kapacitású, és ennek következtében a tárolás nélküli, azonnali adatátvitellel történő, az ún. real time észlelések voltak túlsúlyban. A Föld különböző pontjain szétszórott állomások a pálya magassága következtében a holddal 7—12 perces kapcsolatot tudtak fenntartani egy-egy átvonulás alkalmával. Ez idő alatt nemcsak a tárolt és a vonulással szimultán észlelt adatokat kellett átvenni a holdtól, hanem a további működtetést szolgáló utasításokat is közölni, még pedig szigorúan meghatározott időintervallumokban egy-egy parancsot. Logikus volt, hogy az ilyen precíz és komplex, de ugyanakkor időben is megkötött program lebonyolítását nagysebességű számítógépeken keresztül végezték.

Az $OAO-2$ célja elsősorban az volt, hogy a későbbi űrszillagászati kutatások megalapozása céljából megmérje néhány ezer forró csillag ultraibolya fényességét és felvegye UV -színeképüket. Ezt a feladatot már működésének első 3 éve alatt sikeresen teljesítette, hála a jól működő műszereknek. Ismerkedjünk meg azokkal is egy kissé közelebről! (V. műnyomó ábra.)

A CELESCOPE négy egyforma, 30 cm átmérőjű $f/2$ Schwarzschild teleszkópból állt, amelyeket külön e célra kifejlesztett, UV -re érzékeny *Uvicon*-kamerák egészítették ki. Mindegyik teleszkóp egy-egy sávban észlelt, ezek közepes hullámhossza rendre 2650, 2375, 1750 és 1600 Å volt. A műszerek látómezeje 2 fokban volt, amely két különböző érzékenységre oszlott. A két különböző érzékenységre felmező határoló vonala az *Uvicon* letapogatási irányával párhuzamos volt. Az *Uvicon* egyébként nem mozgó, hanem álló képeket készített, amelyek 256×256 pontból álltak. A teleszkóppal elvileg az égbolt 1,5%-a lett volna észlelhető egy hét alatt, vagyis valamivel több mint egy év elegendő lett volna a teljes égbolt észlelésére. Minthogy azonban az észlelési időnek mintegy a felében a Wisconsin egyetem műszerei észleltek, ezért a SAO szakemberei úgy döntöttek, hogy először az égbolt 50 kiválasztott területét fogják előnyben részesíteni, és csak ezek észlelése után folytatják a rendszeres felvételezést a teljes égbolton.

Az $OAO-2$ automatikus működését a már korábban ismertetett stabilizálás tette lehetővé. Az irányzás pontossága, amellyel a műszereket egy megadott pont felé lehetett állítani, $1''$ volt, és ezt az irányt az obszervatórium $1''$ pontossággal tudta tartani, mivel bármely letérés a beállított iránytól valamelyik fotométerben hibajeleket generált, amely a visszatérő mechanizmust megfelelően működtette.

A Wisconsin egyetem műszerei közül a legnagyobb egy 40 cm-es $f/2$ reflektor volt, amely a nyolc szögletű hasáb alakú obszervatórium fő tengelyében helyezkedett el. A teleszkóp egy hat pozíciós szűrőtartó kerék révén 4

interferenciaszűrőn keresztül végezte észleléseit a $4250 \text{ \AA}$ és $1800 \text{ \AA}$ közötti tartományban. A szűrőn áthaladó fényt egy mezölencse képezte le egy elektronsokszorozó katódjára. A műszer fő rendeltetése ködök, galaxisok fotometrálna volt.

A nagy teleszkóp körül helyezkedett el körben 4 egyforma, 20 cm átmérőjű $f/4$ reflektor. Mindegyik reflektorhoz csatlakozott egy-egy öt színszűrős fotométer, amelyek látómezeje $2-10'$ volt, mérési tartományuk $4250 \text{ \AA}$ -tól $1200 \text{ \AA}$ -ig terjedt. A sávok kellő átfedéssel csatlakoztak egymáshoz, ezzel biztosítva a kalibrálás egyértelműségét a teljes spektrális tartományban. Ezekkel a műszerekkel még 12–13 magnitúdójú csillagokat is tudtak fotometrálni.

A másik két műszer, amely szintén a nagy teleszkóp körül helyezkedett el, két spektrométer volt, amelyekkel az egész *UV*-tartományt le tudták tapogatni, $10 \text{ \AA}$ -ös lépésekben.

Összegezve megállapíthatjuk, hogy az *OAO*-program első sikeres holdja egy korszerű, az adott lehetőségeket igen jól kihasználó kozmikus obszervatórium volt. A pénzügyi tervek azonban előirányozták egy még modernbb obszervatórium fellövését, és ezt a tervet 1972. augusztus 21-én meg is valósították: fellőtték a Kopernikuszról elnevezett *OAO*—3-at (az 1973-ban megtartott Kopernikusz-jubileum kapcsán).

Az *OAO*—3 nemcsak 80 cm-es, űrszillagászati vonatkozásban óriásinak mondható teleszkópjával, de számos technikai finomítással is kitűnik. Megemlítjük pl. stabilizáló rendszerét, amelyet oly módon finomítottak, hogy a megírányzott csillag fénye egy belépő rés széleiről visszaverődik, és így négy önálló képet ad. Ezt a négy képet egy kvadráns-fotomultiplierre juttatják, amely nulla-áramot indikál, ha a csillag a látómező középpontjában van. Az attól való legkisebb eltérés a vezérlő elektronikát hozza működésbe, amely gondoskodik arról, hogy a távcső visszanyerje eredeti helyzetét. A rendszer stabilizálási pontossága $0,1''$, vagyis tízszer jobb, mint az *OAO*—2-nél volt.

A korábbi tapasztalatok alapján a tervezők gondoltak az automatikus fókuszálás lehetőségére is. Ez azért vált szükségessé, mert a világűr körülményei között nem lehet biztosítani a teleszkóp állandó hőmérsékletét. A fókuszálás 5 mikronos lépésekkel történt, ennek végén az automatika kiválasztotta azt a helyzetet, amelyben a távcső a legélesebb leképezést biztosította.

Az *OAO*—3 fő célja az volt, hogy eddig el nem ért felbontással állítson elő *UV*-színeképeket, hogy azokon még az intersztelláris molekulák és atomok igen keskeny abszorpciósi vonalait is ki lehessen mérni. E vonalak intenzitása, különösen az *UV*-tartományban, igen fontos támpont az elemgyakoróság meghatározásánál az intersztelláris térben. Mivel az ilyen jellegű mérések nagy jelentőségűek a csillagok és galaxisok keletkezésének tisztázása szempontjából, ezek (az első 3 évben) az észlelési idő 90%-át tették ki. E programon belül

47 db *O* és *B* típusú csillag kapott elsőbbséget, mivel ezek spektrumaitól a kutatók különösen sokat vártak.

Részletezés nélkül említjük meg, hogy az *OAO—3* még röntgenszámlálóval is foglalkozott. E célból fedélzetén 6 kisebb röntgenteleszkóp és egy kollimált proporcionális számláló is volt. A műszerek lehetővé tették a teljes égbolt letapogatását az 1—3 Å tartományban, de a berendezés fő célja az volt, hogy az eddig ismert röntgenforrásokat rendszeresen észleljék, ill. minél pontosabban fényképezzék.

Érdekességként megemlítjük, hogy az *OAO—3* volt az első olyan csillagászati műhold, amelynél *fedélzeti számítógépet* alkalmaztak. A számítógép memóriaegysége 1600 db 18 bites szót kezelhetett és 1024 földi parancsot tudott tárolni. Ez elegendő volt ahhoz, hogy napi egyszeri kapcsolatfelvételnél adott parancsokkal az obszervatórium a legváltozatosabb észlelési programokat végrehajtsa.

Szovjet űrtávcsövek

Nagyon egyoldalú volna, ha csak az amerikaiak űrcsillagászati tevékenységéről beszélnénk, hiszen a szovjet űrkutatás ugyanúgy a maga szolgálatába állította a kínálkozó lehetőségeket. Teljességre itt sem törekedhetünk, de megemlítjük, hogy már a *Kozmosz—215*, amelyet 1968-ban lőttek fel, vitt magával 8 db távcsövet is. Ezek kicsik voltak (átmérő: 7 cm), de lehetővé tették az *UV*-tartomány tanulmányozását csaknem 1200 Å-ig. A kísérlet arra is szolgált, hogy a távcsövek stabilizálását tanulmányozzák, és meghatározzák azokat a módosításokat, amelyek lehetővé teszik az automatikus észlelést.

Később, 1971 nyarán a *Szaljut—1* legénysége készített *UV*-spektrumokat egyes csillagokról, és ehhez használták elsőízben az *Orion*-űrobszervatóriumokat. Klimuk és Lebegyev, a *Szozuz—13* űrhajósai már ennek javított változatával, az *Orion—2*-vel dolgoztak. Ezzel a műszerrel több ezer szinképet vettek fel. (Lásd a VI. és VII. képet!)

Az *Orion—2* fő műszere egy 24 cm átmérőjű, 100 cm gyújtótávolságú Cassegrain-teleszkóp, amely elé egy négy fokos objektívprizmát helyeztek. A berendezés optikai elemei kvarcból készültek, ezért az észlelhető spektrum alsó határa 2000 Å volt, míg a látható tartományban 5000 Å-ig terjedt. Az optikai rendszer a rövidebb hullámhosszokon a fény 20%-át engedte át, a spektrumok diszperziója 170 Å/mm, spektrális felbontóképessége 8 Å volt. Ugyanezek a számok a 3000 Å környékén rendre a következőképpen módosultak: 48%, 550 Å/mm és 28 Å.

A jó felbontás érdekében, természetesen, az űrteleszkóp helyzetét stabilizálni kellett. Ezt egy ún. kétcsillagos stabilizáló rendszerrel érték el, mégpedig $\pm 5''$ pontossággal. A stabilizálás céljára használt csillagok közül az egyik mindig a látómező középpontjába helyezett, fényesebb csillag volt. Az

Orion—2 űrteleszkópnak saját, stabilizált platformja volt, amely a távcsővel együtt az űrhajón kívül nyert elhelyezést. Egy kereső mechanizmus lehetővé tette, hogy az űrhajóban tartózkodó személy a stabilizáláshoz szükséges központi csillagot, kézi beállítással, legalább 1° -os pontossággal bevigye a látómező középpontjába. Ekkor lépett működésbe a 13 motorral felszerelt stabilizáló platform, amely az űrhajó állandó (jelentékeny) mozgása mellett is a látómező középpontjában tartotta a kiszemelt csillagot.

Az *Orion*—2 a felvételeit 10 cm széles Kodak 103—O filmre fényképezte, mégpedig egy programvezérlő szerkezet közreműködésével. Ez gondoskodott arról, hogy meghatározott számban és meghatározott expozíciós idővel készüljenek a felvételek.

Felbocsátás előtt szinkrotron-sugárzás segítségével történt az *Orion*—2 műszereinek a bekalibrálása. Így lehetővé vált, hogy a sokezer spektrum alapján meghatározzák egyes csillagtipusok energiaeloszlását. Némely spektrogram felbontása lehetővé teszi abszorpciós vonalak vagy sávok megkülönböztetését is.

Holland űrtávcsövek

Ne higgyük azonban, hogy csak az űrnagyhatalmak képesek arra, hogy tevékenyen bekapcsolódjanak az űrcsillagászatba, Hollandia jó példát adott arra, hogy szerény eszközökkel, de jó szervezéssel kitűnő eredményeket lehet elérni. Az ESRO-nak 1972 tavaszán felbocsátott *TD—1A* jelzésű holdján ui. az utrechti Csillagvizsgáló és az Űrkutatási Laboratórium közös spektrofotométere is helyet foglalt. Ezzel a műszerrel 225 csillag színeképét akarták elkészíteni az *UV*-tartományban, $1,8 \text{ \AA}$ felbontással. A holdacska, amely ezen kívül még további 6, más rendeltetésű műszerrel vitt magával, csaknem poláris, retrográd pályán keringett, lassú precesszióval. Így a teljes égboltnak észleléssel való lefedéséhez elvileg fél év kellett.

A műszer észlelési programja igen változatos volt: mindegyik luminozitási osztály képviselve volt, de a csillagok főleg az *O*, *B*, *F*, *G* színképtípusok közül kerültek ki. Szerepeltek azonban különleges objektumok is, mint pl. mágneses, pekuliáris emissziós és Wolf-Rayet csillagok.

A műszer főtükre 26 cm átmérőjű volt, 100 cm fókusztávolsággal, és egy konkáv rácsos spektrométerrel. A komplexumot $1''$ pontossággal lehetett egy kiválasztott égi ponton stabilisan tartani. Észleléskor egyidejűleg 3 db $100 \text{ \AA}$ széles sávban történt a letapogatás; a sávok közepe: 2100, 2500 és $2800 \text{ \AA}$.

A hold pályája természetesen befolyásolta egy-egy csillag észlelhetőségét. A pálya napi kb. 1° -os precessziója mellett, egy az ekliptika mentén elhelyezkedő csillag a látómező szélén való feltűnése után, még további 11, egymást követő vonulás folyamán volt észlelhető (a látómező $10' \times 50'$ volt). Az ek-

liptikai szélességgel együtt azonban nőtt az észlelhetőség is, így pl. az ekliptikai pólus közelében levő Zeta Dra csillagot 145 egymásutáni vonulás folyamán tudták észlelni.

A holdacska csak folyamatos napfény megvilágítás mellett tudta ellátni feladatát, vagyis akkor, amikor a teljes pálya meg volt világítva, mert a műszerek áramellátását napelemek biztosították. Így a 3428. keringés után, 1972 októberétől, az obszervatórium kényszerszünetet tartott, amely 4 hónapos kiesést jelentett. Az észlelést 1973 februárjában lehetett újratekinteni: ekkor ismét leészlelték a 6 hónappal korábban már megfigyelt csillagokat. Kilenc hónap múlva a pálya ismét árnyékba került, és a hold nem is kezdte újra az észlelést, mert mire ismét napfényre került, addigra elfogyott a működtetéséhez szükséges gázmennyiség. Ekkor azonban már régen teljesítette a kitűzött programot.

Mint az űrkísérleteknél oly gyakran, itt is adódtak problémák. Az észlelések megkezdésekor kiderült, hogy a holdon elhelyezett mindkét adattároló magnetofon felmondta a szolgálatot, így az észleléseknek mintegy 70%-át közvetlen adatátvitellel kapták meg. Annak érdekében, hogy a programot megmentsék, az *ESRO* sebtében felállított a világ különböző pontjain 6 újabb megfigyelő állomást. Az egyik állomás egy hajó volt, amely a Csendes-óceán déli részén tartózkodott a mérések idején, hogy az oda jutó adatok se vesszenek el. Így összesen 33 földi állomás segítségével az észleléseknek több mint 60%-ához hozzá tudtak férni. A kitűzött programot maradéktalanul teljesíteni tudták. A sikeren felbuzdulva a holland kormány újabb anyagi támogatással lehetővé tette, hogy most már egy külön, holland csillagászati holdat (*ANS*) juttassanak pályára, a *NASA* segítségével. A fellövéshez négy fokozatú Scout-rakétát használtak, amely nem működött ugyan kifogástalanul, de 1974. augusztus 30-án az *ANS* megkezdte keringését. A tervezett 500 km magasságú körpálya helyett a hold perigeumtávolsága 260 km, apogeumtávolsága 1150 km lett. Ez a hasznosítható észlelési időt némileg csökkentette ugyan, de az észlelési program lebonyolítását nem zavarja.

A Scout-rakéta teljesítménye természetesen eleve meghatározta, hogy csak kisebb holdról lehet szó. A pályára juttatható teher maximálisan 130 kg, a hold méretei 123 cm × 73 cm × 63 cm lettek, de a napelemtáblák kiterjesztése után az utóbbi méret megkétszereződött. (Lásd a VIII. képet!)

Az *ANS* észlelő műszerei közül központi helyet foglalt el az a Cassegrain-rendszerű távcső, amelyet a Groningeni Egyetem fejlesztett ki a forró, kék csillagok észlelésére az 1500–3300 Å tartományban. A teleszkóphoz csatlakozott egy rács-spektrométer, 5 detektáló elektronsokszorozóval és ez a berendezés még 10 magnitúdós csillagok észlelésére is alkalmas volt. A mérési célokra használt látómező átmérője 2,5 ívperc volt, de a teleszkóp egy tükrökből és lencséből álló rendszer segítségével az észlelés alatt álló csillag környékét is leképezte egy fotokatódra. Utóbbi, összekapcsolva a fedélzeti számítógéppel, kizárta a téves távcsőbeállítások lehetőségét.

Az *ANS* másik műszere az Utrechti Egyetem röntgendetektora, amelynek az volt a rendeltetése, hogy az eddigi űrteleszkópokkal alig észlelhető, lágy röntgensugárzást detektálja, mégpedig két proporcionális számlálóval, a következő négy spektrális tartományban: 2—4 Å, 4—7 Å, 27—35 Å és 44—55 Å. A program tervezői ezzel a berendezéssel kívánták felvenni a röntgenforrások energiaspektrumát, hogy azt elemezzék, és feltételezett időbeli változásokat kimutassanak.

Viszonzásul a felbocsátásban nyújtott segítségért, az amerikaiak is elhelyezhettek egy műszert az *ANS*-en, a *Massachusetts Inst. of Technology* röntgendetektorát, amellyel nagy szög- és spektrális felbontású észleléseket lehetett végrehajtani a 2—40 keV-os tartományban. Emellett egy kétkristályos Bragg-spektrométerrel két kiválasztott spektrumvonalat lehetett detektálni, szintén a röntgentartományban.

Mindezeknek az észlelési programoknak a lebonyolításában nagy szerepet kapott egy fedélzeti számítógép, amelyet külön e célra fejlesztettek ki a hollandok. A számítógép maximális súlya (8 kg) és maximális terjedelme (11 dm³) adva volt, ennek ellenére 400 kbit-es memóriával tudták ellátni. A magnetofonokkal szerzett kedvezőtlen tapasztalatok miatt az adattároláshoz a mozgó alkatrészeket nem tartalmazó mag-memóriát építettek a számítógépbe, ezzel a meghibásodás valószínűsége lényegesen csökkent.

Annyit említünk még meg az *ANS*-sel kapcsolatban, hogy az észlelésekhez szükséges helyzetstabilizálás mértéke viszonylag közepes: 1 ívperc. (Ezt egy 6 napszenzoros rendszerrel érték el, kombinálva egy geomágneses stabilizálóval. Eredményesen kipróbálták a stabilizálásnak egy új formáját, ui. a Nap képét egy 200 fényérzékeny elemből álló rácsos szerkezetre vetítették, és a kép elmozdulása nagyon egyszerűen kezelhető hibajeleket generált, amelyekből az iránytartáshoz szükséges korrekciókat a fedélzeti számítógép határozta meg és a műveletet vezérelte is.)

Az első hónapokból származó hírek szerint az *ANS* kifogástalanul végezte programját.

A Szaljut—4 csillagászati berendezései

Az eddigiekben az űrcsillagászat jelentőségét méltatva mindig az *UV*-tartományban végezhető méréseket említettük, és láttuk, hogy az erre irányuló erőfeszítések sikeresek voltak. Ismert azonban, hogy a látható színekép hosszú hullámú vége a földfelszíni észlelő számára szintén le van zárva, mert a légkör nem teszi lehetővé a zavartalan *infravörös-csillagászatot*. Tudjuk, hogy még a repülőről vagy ballonokról végzett infravörös, *IR*, észlelések sem mentesülnek a légköri infravörös emissziók és abszorpciók torzító hatásától. Ennek ellenére a kozmikus obszervatóriumok rendszerint nem tartalmaznak infravörös távcsövet, mert ideális esetben nemcsak az *IR*-detektorokat, de

magát a teljes teleszkópot is le kellene hűteni a folyékony hidrogén hőmérsékletére, 20 °K-re. Az ehhez szükséges kriogén anyagok rövid hasznos élettartama miatt egy ilyen észlelési program is csak rövid időtartamú lehetne, ami nagyon megdrágítja az egész vállalkozást.

Pedig az *IR*-észlelések nemcsak a földi légkör tanulmányozása miatt lennének fontosak, hanem igen érdekes lenne a Hold, a Vénusz, a Jupiter optikai és infravörös képének az összehasonlítása is. Ugyanakkor biztosak vagyunk afelől, hogy a Galaxis középpontjából érkező erős *IR*-sugárzás tanulmányozása sokat mondhat annak szerkezetéről. De fontos volna az ún. nem-stacionárius extragalaxisok tanulmányozása is, valamint a hidegebb csillagok *IR*-spektrumának észlelése.

Éppen a fentiek miatt nagy jelentősége van a *Szaljut*—4 űrállomáson ki próbált szovjet *IR*-teleszkópnak. A műszer 30 cm átmérőjű tükre előtt helyezkedik el a spektrométer belépő része. Itt a beeső sugárzás egy fluorittal bevont prizmára esik, amely előállítja az *IR*-spektrumot. Ezt a színeképet egy a prizma mellett elhelyezkedő forgótükör „vonalakra” bontja, aminek következtében a detektorra nem az egész színekép kerül (egyszerre), hanem gyors egymásutánban a spektrum egyes „vonalai”. A készülék működését jellemzi a következő adat: két másodperc alatt mintegy száz spektrum-elem esik a detektorra. A mért intenzitásokat magnószalagon regisztrálják. A készülék látómezeje $10 \times 20'$, és érzékenységet egy kriosztát fokozza. Az észlelés az 1—7 mikronos tartományban történik, az űrhajós egy külön vezető távcső segítségével állítja be a kiválasztott objektumot.

A *Szaljut*—4-en azonban nemcsak infravörös teleszkóp volt elhelyezve, hanem egész sor más csillagászati műszer is. Ezek közül említésre méltó a *KSZSZ* (= *Kompleksz Szolnecsni Szpektrometrov*), amelyet a leningrádi egyetem fejlesztett ki, és az *OSZT-1* (*Orbitalnij Szolnecsniy Teleszkop*), amely lehetővé teszi *UV*-színeképek felvételét egyes kiválasztott alakzatokról a Napon. A műszer a 850—1350 Å közötti sávban dolgozott, $3''$ — $4''$ felbontással. Ugyanezzel a műszerrel, egy diffrakciós fénymérő segítségével, az egész korong vagy egy részének fényessége is mérhető, ugyanabban a spektrális tartományban.

Az *OSZT*-t a krími obszervatóriumban fejlesztették ki. Tekintve, hogy a *Szaljut*—4 űrállomás nem volt stabilizálva, hanem földfelszínre orientált lassú forgást végzett, ezért külön stabilizáló berendezést kellett készíteni a napteleszkóphoz. Ennek segítségével lehetett elérni, hogy az észlelések idején a Nap képe a műszerekhez képest mozdulatlan legyen. A stabilizált pozíció előállításában az űrhajós ügyességének is szerepe volt, így pl. egy flér felfedezésekor az észlelő űrhajóson is múltott, hogy mikor lehetett megkezdni annak észlelését.

A *Szaljut*—4 repülésének 24. napján a legénység egy igen érdekes műveletet végzett el: *újra alumíniumozták a OSZT tükrét*. A tervezők számítottak arra, hogy a világűr körülményei között a tükör visszaverőképessége gyorsan romlik.

Ezért egy műszer rendszeresen mérte a visszaverőképességet, és egy külön berendezés szolgált a tükör alumíniumozására. A művelethez szükséges légüres tér ott „ingyen” rendelkezésre állt, csak éppen a bevonatot kellett a megfelelő helyre juttatni. Érdeemes megemlíteni, hogy a Szaljut—4-en a világon elsőként hajtották végre ezt a műveletet a világűrben.

A Szaljut—4 műszerei együttesen a teljes spektrum nagy részét átfogják. A már említetteken kívül a felszereléshez tartozott egy *FILIN* elnevezésű műszer, amely lehetővé tette a röntgensugárzás tanulmányozását két sávban: az 1—10 Å és 6—60 Å közötti tartományban. A detektált sugárzást egy nyolc csatornás spektrométer segítségével elemezték. A műszer látómezőjét kollimátorok határolták 3×10 fokra, és kis optikai távcsövek az égboltnak ugyanazt a részét fényképezték, a későbbi azonosítás megkönnyítésére. A *FILIN* érzékenysége mintegy 0,01 kvantum/cm².s volt, ami lehetővé tette az eddig ismert kb. 160 röntgenforrás tanulmányozását.

Skylab távcsövek

Az *űrállomás-típusú* kozmikus obszervatóriumok első számú reprezentánsa a sokat emlegetett Skylab volt. Annak idején oly sokat hallottunk róla, hogy e helyen csak vázlatosan foglaljuk össze a legfontosabbakat. A Skylab lényeges része az *Apollo Telescope Mount (ATM)* elnevezésű *napfizikai obszervatórium* volt. Négy napelemtábla szolgált arra, hogy az ATM aramszükségletét biztosítsa. Az ATM műszerkomplexuma 6 főműszerből állt, amelyek leírása helyett táblázatosan közöljük legfontosabb paramétereiket.

Műszer	Tartomány (Å)	Feloldás	Látómező
Fehérfényű koronográf	3700—7000	8'',2	1,5—6 Nap-rádiusz
<i>UV</i> -spektrográf	970—3970	2''—60''	48'
<i>EUV</i> -spektrométer	280—1350	5''	5'' v. 5'
<i>XUV</i> -spektrohéliográf	150—630	2''—10''	60'
Röntgenspektrogr. tel.	3,5—60	2''	48'
Röntgenteleszkóp	3—53	2''	38'

A felsoroltakon kívül volt még egy *H-α* teleszkóp, amely arra szolgált, hogy az űrhajósok rajta keresztül figyelhessék a Napot. Az űrhajós azonban figyelte a Nap kemény és lágy röntgenképét is, továbbá azokat a monitorokat, amelyek a Nap röntgen- és mikrohullámú sugárzását indikálták. Amennyiben az észlelő egy-egy érdekesebb jelenségre lett figyelmes, arra irányította az ATM-et, és mintegy 15 perces maximális időtartamig, 2,5 pontossággal stabilizálva észlelhette a műszerkomplexum megfelelően tartott egységeivel a kiszemelt jelenséget.

Megjegyzendő, hogy a műszerek többsége fotografikus regisztrálással működött, ami azt is jelenti, hogy az űrhajósoknak időnként ki kellett mennie az űrhajóból filmeket cserélni. Ez azt is jelentette, hogy a műszerek automatikusan, földi parancsra is működtethetők voltak két legénység kicserélése közötti időszakokban.

Még sokáig részletezhetnénk a Skylab ATM-ben foglalt műszereinek jellemzést, de ehelyett megemlítjük, hogy nemcsak a Nap, hanem a csillagok észlelésére alkalmas műszerek is helyet kaptak a Skylab-on. Az *UV*-tartományban való észleléseket elsősorban egy 15 cm nyílású $f/3$, objektívprizmás spektrográf tette lehetővé, az 1300—5000 Å tartományban. A műszer felbontóképessége lehetővé tette részletes abszorpciós és emissziós vonalspektrumok előállítását, még az *UV*-tartományban is. Határmagnitúdója a csillagok spektráltípusa szerint változott, de pl. *B0* típusú csillagok esetén a határmagnitúdó: 13,0. Az észlelések elsődleges célja egy olyan *UV*-klasszifikációs rendszer létrehozása volt, amely kapcsolatban van az *MKK* spektráلكlasszifikációs rendszerrel.

A Skylab legfontosabb előnye az volt, hogy lehetővé tett több hónapos kozmikus tartózkodást, észlelést. Így pl. a Skylab 3. legénysége egyhuzamban 83 napot töltött a kozmikus laboratóriumban, ami már földi viszonylatban is egy komoly tanulmányút időtartamával vethető össze.

Sajnos, jelen cikk terjedelme nem teszi lehetővé, hogy az a kép — amelyet az űrcsillagászatban felvázolunk, teljes legyen. Így pl. nem térhetünk ki az *OSO*-sorozat (*Orbiting Solar Observatory*) méltatására, hiszen annak eddig már 7 tagja volt, és a cikk megjelenéséig feltehetően fellövik az *OSO*—8 holdat is. Tény, hogy mindaz, amit részleteiben említettünk az egyes vállalkozások kapcsán, elvileg, de speciálisan napfizikai vonatkozásban valósult meg az *OSO*-holdak berendezésében.

A jövő tervei

A sok terv közül elsősorban az *IUE* (*International Ultraviolet Explorer*) érdemel említést. Ez a hold, ha ténylegesen fellövik, igen fontos lesz a csillagok, galaxisok, planetáris ködök *UV*-spektrumainak tanulmányozásában. Egyúttal azonban ez az első olyan terv, amely *geostacionárius* pályára kívánja állítani a csillagászati célokra fellőtt műholdat. Az ilyen pályán keringő holddal a megfigyelő állomás közvetlenül és huzamosan veheti fel a kapcsolatot (real time észlelések), sőt mondhatjuk, hogy az észlelési idő jelentékenyen megnövekszik (IX. kép).

Tervek szerint a holdnak 1976-ra kell elkészülnie, de a jelenlegi gazdasági helyzet könnyen okozhat időbeli eltolódásokat. Az *IUE* fellövésére 3 szervezet vállalkozott: az amerikai *NASA*, az európai *ESRO* és a *Brit Tudományos*

Tanács. Az észlelési idő a partnerek között oszlik meg, de elvileg az egész világ csillagászai használhatják majd az *IUE* által kínált lehetőségeket.

A NASA vállalta, hogy gondoskodik a kozmikus obszervatórium észlelő műszereiről és egy földi operatív állomásról. Az Egyesült Királyság felelős a *TV*-kamerákért és a spektrográfokért, míg az *ESRO* szállítja a hold energiaellátásához szükséges napelemtáblákat, és létrehoz egy európai megfigyelő állomást.

Műszereit tekintve az *IUE* tisztán *spektroszkópiai műhold* lesz, amelynek fő műszere egy 45 cm apertúrájú Ritchey-Chrétien teleszkóp lesz, amelyhez két *spektrográf* csatlakozik. A műszer két üzemmódban tud majd észlelni. A nagy felbontóképességű üzemmódban (0,1 Å) a közeli (1850—3200 Å) és a távoli (1150—1990 Å) *UV*-tartományban fog színeképeket előállítani. A másik üzemmódban, amikor csak 6 Å felbontással dolgozik a műszer, a spektrográf *echellet-rácsát* egy siktükörrel helyettesítik, de ebben az esetben még 15—16 magnitúdós csillagokat is képes lesz észlelni. A letapogatás folyamán kapott spektrumokat nem szalag formájában kapjuk, hanem egymás alatt elhelyezett sávokból alakított trapéz formájában. A megoldást egy különleges *TV*-technika indokolja, amely adattovábbítási szempontból előnyös.

A hold a tervek szerint mintegy 42 000 km magasságban fog keringeni az Atlanti-óceán felett, így egyidejűleg lesz látható Európából és Amerikából is. A hold képes lesz manőverezésre, és egy giroszkópos rendszer stabilizálása mellett földi parancsra a kiválasztott csillagra fogja irányítani az észlelő műszereket. Kedvező esetben *napi 11 órás észleléssel* lehet számolni, *megszakítás nélkül*. A napkörnyéki objektumok általában kerülendők lesznek, de még azokat is lehet észlelni, amikor 50—72 perces időtartamú napfogyatkozások következnek be az *IUE* számára.

Már 1972-ben mintegy 60 észlelési programot irányoztak elő, a hold majdani működésének első felévére. Egy-egy javasolt észlelési program végrehajtásakor a felelős csillagász a tervek szerint valamelyik megfigyelő állomáson fog tartózkodni. Földi parancsra ráirányítják a teleszkópot a kiválasztott égi mezőre, és az obszervatórium egy arról készült *TV*-képet továbbít a földi megfigyelőnek. Az észlelő a *TV*-képen bejegyzi, hogy melyik csillagot kívánja majd észlelni, mire számítógép közvetítésével utasítások gondoskodnak a megfelelő finommozgatások végrehajtásáról, hogy a kiválasztott csillag képe valamelyik spektrográf rése elé kerüljön. Ha az észlelő visszaigazolja, hogy a kiválasztott csillag került a megfelelő pozícióba, az obszervatórium elkészíti a spektrumot és leküldi a földi megfigyelőnek. Ekkor el kell dönteni, hogy az exponálás megfelelő volt-e és hogy a minőség megfelelő-e, vagyis hogy a megfigyelő megismételteti-e a spektrumot, vagy pedig tovább folytatható az észlelési program.

Az elfogadott spektrogramok számítógépbe kerülnek, ahol a zajokat és torzításokat eliminálják. Ennek keretében végrehajtják a katódszenzitivitási

korrekciót, hogy a teljes spektrumban arányos relatív intenzitásokat nyerjenek, és a teljes spektrumot diagram formájában állítják elő, a hullámhossz függvényében. Végül az adatokat numerikusan tabellálják és kinyomatják, de ugyanakkor mágnes-szalagon is rögzítik és előállítják fehér-fekete képét is. Mindezeket az adatokat a központ saját adattárában letétbe helyezi, de az észlelő csillagász is megkapja, és hazaviheti feldolgozás céljából.

Míg az imponáló és minden igényt kielégítő üzemeltetésű *IUE*-obszervatórium csak egy viszonylag kicsiny holdacska, addig már készülnek a tervek egy nagy űrbeli távcső pályára juttatására, ui. a NASA már kidolgozta az *LST-programot* (*Large Space Telescope*), amelynek néhány részletét az alábbiakban ismertetjük (X. kép).

Az *LST* főműszere egy 3 (!) méteres teleszkóp lesz, amely távirányítással fog működni. Mivel a fellövés tervezett időpontja 1982, várható, hogy addigra lehetőség nyílik arra, hogy a NASA szakemberei rendszeres űrrepülőgép-járatokkal meglátogassák az űrobszervatóriumot, és a szükséges javításokat elvégezzék.

Minthogy az *LST* távirányítással fog működni, az észlelések regisztrálására nem fényképlemezeket, hanem azoknál jóval érzékenyebb TV-rendszert fognak használni, amivel szinte tetszőleges hosszúságú észlelési időtartamokat és alacsonyabb fényességhatárt fognak elérni. Az észlelőhely fizikai környezetének állandósága ui. lehetővé teszi, hogy a rádiócsillagászatban alkalmazott módszerhez hasonlóan, hosszabb időn keresztül lehessen fényt integrálni. Számítások szerint pl. 10 órás expozíciós idő nem lesz rendkívüli és nem fog problémát okozni (technikailag).

Az *LST* végleges terveit még nem közzölték, de valószínűleg egy $f/12$ Ritchey-Chrétien-rendszer mellett döntenek, $f/2.2$ primérfókusszal. Jelenlegi elképzelések szerint az *LST*-t egy *Titan—III* rakétával, vagy egy űrrepülőgéppel (space shuttle) fogják pályára állítani, ami egyúttal meghatározza a távcső súlyát és maximális méreteit. A súly elsősorban a tükrőátmérőt korlátozza, bár azt mindenképpen 3 m-esnek akarják. A megengedett maximális hosszúság viszont a távcső rendszerét befolyásolja.

Mindenképpen arról van szó, hogy a primér fókusz egy kabin foglalja magába, és itt a segédműszerek is helyet fognak kapni. A szórt és egyéb zavaró fények kiküszöbölésére a teleszkóp tubusa zárt lesz, és egyúttal meteorpajzsként szolgál. Az űrobszervatórium energiaszállítását két napelemtábla fogja biztosítani. A hőmérsékleti változások következtében deformációk szoktak fellépni; ennek elkerülésére a tükröt működés közben felfűtik szoba-hőmérsékletre, és így biztosítják, hogy az egyenetlenségek ne haladják meg a fény hullámhosszának $1/64$ -edét. A stabilizálást a már manapság alkalmazott gíroszkópos rendszerrel fogják megoldani.

Az *LST*-konceptióban jelentékeny helyet foglal ez az űrrepülőgép. Ha ui. lehetőség van az időszakos javításokra, akkor a műszeralkatrészekkel szemben nem kell oly extrém követelményeket támasztani, akkor megfelelő a közön-

séges „kereskedelmi minőség” is, és ez jelentékenyen csökkenti a műszerek árát. Komoly remény van rá, hogy ily módon — a szükséges javítások elvégzése mellett — az LST is ugyanolyan „elpusztíthatatlan” lesz, mint a földi távcsövek. Ugyanakkor azonban nem kell tartani attól, hogy a fellövéskor modern teleszkóp hamarosan elavul, hiszen néhány évenként fogják cserélni a segédműszereket, a mindenkori igényeknek megfelelően.

Látható, hogy noha a 70-es évek elején lezárult az űrcsillagászat nagy korszaka, nem hiányoznak az újabb tervek sem. Ezek két jellegzetes képviselőjét ismertettük: a szerény, de igen effektívnek ígérkező, geostacionárius pályára tervezett *IUE*-holdat, és az impozáns méretű, a mai lehetőségeket messze túlszárnyaló *LST*-tervet. Mindkettőnél jelentékeny szerepet játszhat majd az űrrepülőgép, ha addigra tényleg a tervek szerint történik fejlesztése. Ugyanakkor azonban számolnunk kell a Szaljut és Spacelab típusú űrállomásokkal ill. űrlaboratóriumokkal is. Utóbbi pályára állítására az űrrepülőgépet fogják felhasználni. A konkrét feladatnak megfelelően az űrrepülőgéppel 20—30 tonna pályára állítására lesz lehetőség, a tervezett legénység maximális létszáma 7 fő. Igen fontos tényező lesz, hogy az űrrepülőgép egy repülésének költségei (mai árak mellett) csak 10 millió dollárt tesznek ki, ami szakemberek szerint olcsónak mondható (egyedül a jóval kisebb teherbírású Scout-és Delta-kisrakéták költsége kevesebb).

Várható, hogy a geostacionárius pályák előtérbe fognak kerülni. Észleléstechnikai szempontok azt diktálják, hogy a kozmikus obszervatórium minél magasabb pályán keringjen, ugyanakkor a szinkronpálya sok más előnnyel is jár, ami kitűnik az *IUE*-holddal kapcsolatban ismertetett tervekből.

Sajnos, nem térhetünk ki mindarra, amit a téma magában foglal. Ismertetni lehetett volna nemcsak az optikai, de a röntgen- vagy más spektrális tartományban működő készülékeket. Ezekről azonban, ugyanúgy, mint az optikai tartományban elért eredmények ismertetéséről más helyen fogunk megemlékezni.

A VIKING '75 PROGRAM

A NASA Longley Kutató Központja 6 év alatt (1969—75) nagyszabású marskutatósi tervet dolgozott ki VIKING' 75 program néven. A terv szerint az 1975 augusztus—szeptemberi indítási ablakban* két űrszondát küldenek 710 millió kilométeres útra a Mars felé. A VIKING' 75 szondák feladata részben Mars körüli mesterséges-hold pályáról, részben pedig a bolygó felszínéről részletes fizikai, geológiai, meteorológiai és biológiai méréseket végezni, esetleges életnyomokat keresni.

1. Marskutató űrszondákkal

Az alig két évtizedes múlta visszatekintő asztronautika olyan bolygókutató eszközöket adott a csillagászok és más szakemberek kezébe, amelyekkel közvetlen közelről, akár a helyszínen is folytathatják a kiválasztott bolygó vizsgálatát. A Mars bolygó tanulmányozására 1975 szeptemberéig 15 űrszondát (8 szovjetet és 7 amerikait) indítottak. Ezen szondák adatait, méreteit, pályajellemzőit, fő feladatukat és eredményeit foglaltuk össze az 1. táblázatban.

A táblázatos összefoglalás mellett az űreszközökkel történő marskutató 5 fontos mozzanatát érdemes kiemelni:

- a) 1962. november 1-én elindul az *első űrszonda (Marsz-1)* a bolygó felé;
- b) 1965. július 15-én a Mariner-4 szonda az *első közel-felvételeket* készíti a bolygóról; kiderül, hogy a Mars felszíne is kráterekkel szabdalt;
- c) 1971. december 2-án a Marsz-3 leszállóegysége *elsőként* hajt végre *sima leszállást* a bolygó felszínén, sőt helyszíni tv-közvetítést is kezd, amely azonban ismeretlen okok miatt, 20 másodperc múlva hirtelen megszakad;
- d) 1972-ben a Mariner-9 sokezer, jó felbontású (1000—100 m) tv-képet készít Mars körüli pályáról, ezek alapján elkészítik a marsfelszín részletes térképét;
- e) a tervek szerint 1976 júliusában és augusztusában két VIKING szonda *élet-nyomokat* fog keresni a Mars bolygó felszínén.

* *indítási ablak* — az az időszak, amikor valamely égitesthez a leggazdaságosabb felvételek mellett indítható űrszonda; a Mars esetében az indítási ablakok kb. 780 napos (2 év, 2 hó) periódussal követik egymást.

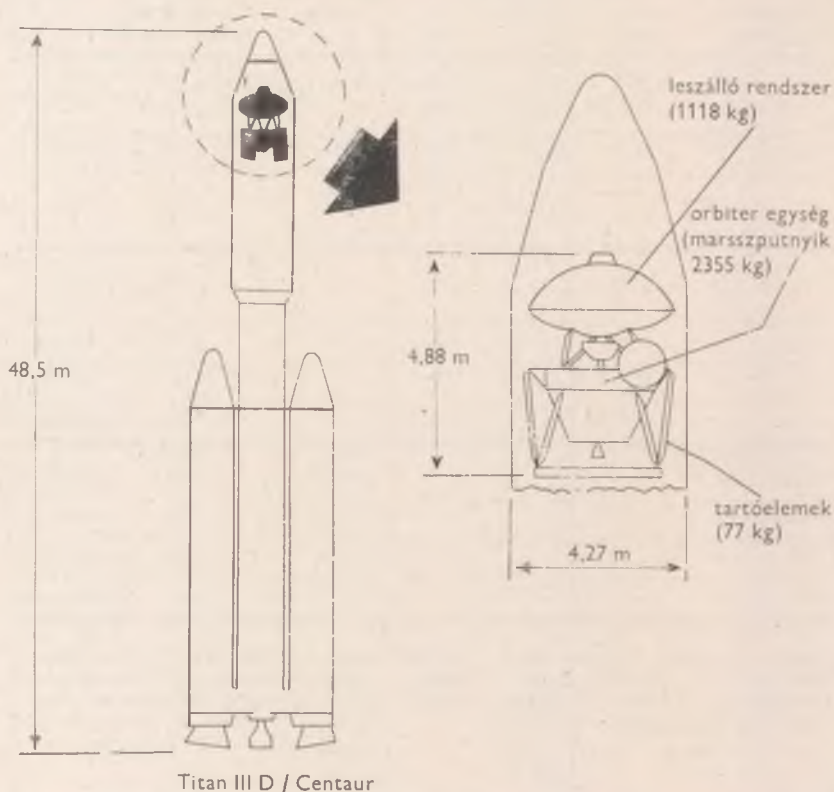
	Marsz 1	Mariner 3	Mariner 4	Zond 2	Mariner 6 7	
<i>Indítás</i>	1962 nov. 1	1964 nov. 5	1964 nov. 28	1964 nov. 30	1969 febr. 25	1969 márc. 27
tömeg (kg)	893,5	261	261	950	413	413
átmérő (m)	1,1	1,4	1,4	~ 1	1,4	1,4
hosszúság (m)	3,3	0,5	0,5	~ 2,5	0,5	0,5
rep.idő Marsig (nap)	230	224?	228	232	156	130
<i>feladat</i>	közel- repülés	közel- repülés	közel- repülés	közel- repülés	közel- repülés	közel- repülés
<i>marshold</i> pályas periapszis (km)	1963 ¹ jún. 19	1965 jún. 17?	1965 júl. 15	1965 aug. 6	1969 júl. 31	1969 aug. 5
táv. Marstól (km)	193 000	?	9850	1500	3430	3430
táv. Földtől mill. km	246	?	216	230	96	100
<i>marshold</i> pályas apoapszis (km)	—	—	—	—	—	—
inklináció	—	—	—	—	—	—
keringési idő	—	—	—	—	—	—
<i>leszállás</i>	—	—	—	—	—	—
jellege	—	—	—	—	—	—
szélesség (É—D)	—	—	—	—	—	—
hosszúság (Ny)	—	—	—	—	—	—
<i>eredmények</i> hibák	106 mill. km kapcs. megsza- kad	felszállás- nál meg- sérül, 0,12 mill. km kapcsolat megszakad	első 22 tv-kép (kráter)	kapcsol. megsza- kad	~ 200 tv-kép (ekvátor környéke)	tv képek (déli pólus környéke)

Marsz		Mariner	Marsz				Viking	
2	3	9	4	5	6	7	1	2
1971 máj. 19	1971 máj. 28	1971 máj. 30	1973 júl. 21	1973 júl. 25	1973 aug. 5	1973 aug. 9	1975 aug. 20	1975 szept. 9
4650	4650	975	~ 4600	~ 4600	~ 4600	~ 4600	3500	3500
2,5	2,5	1,4	2,5	2,5	2,5	2,5	3,6	3,6
3,8	3,8	2,3	2,7	2,7	3,8	3,8	4,9	4,9
192	188	167	203	202	218	211	304	333
marshold + leszállás		mars- hold	marshold		leszállás		marshold + + leszállás	
1971 nov. 27	1971 dec. 2	1971 nov. 14	1974 febr. 10	1974 febr. 12	1974 márc. 12	1974 márc. 9	1976 jún. 19	1976 aug. 7
1380	1500	1397	2200	1760	1400	1300	1500	1500
136	142	123	183	186	227	223	312	354
1380	1500	1397	—	1760	—	—	1500	1500
25 000	190 700	17 916	—	32 500	—	—	32 600	32 600
48,°9	49°	64,°3	—	35°	—	—	34°	51°
18 óra	11 nap	12,6 óra	—	25 óra	—	—	24,6 óra	24,6 óra
1971 nov. 27	1971 dec. 2	—	—	—	1974 márc. 12	—	1976 júl. 4	1976 aug. 22
becsap.	sima	—	—	—	fékezett	—	sima	sima
—44°	—45°	—	—	—	—24°	—43°	20°	44°
47°	158°	—	—	—	25°	42°	34°	10°
légkör vizsg. tv-képek	tv-képek leszáll. után kapcsolat meg- szakad	~ 8000 tv-kép (térké- pezés)	tv-kép hibás fékezés, elrepült a Mars mellett	tv-képek (letap. kamera)	leszáll. után kapcsolat meg- szakad	hibás fékezés, elrepült a Mars mellett	felszíni tv-képek geológiai, biológiai, meteorológiai és szeizmológiai vizsgálatok	

2. VIKING '75 űrszondák felépítése és fő feladatai

A VIKING '75 szondák az eddigi amerikai bolygókutató űrrakéták közül a legösszetettebb, legnagyobb szabású programot végrehajtó berendezések. Kifejlesztésükhöz felhasználták a korábbi, már kipróbált és bevált műszaki megoldásokat. A VIKING orbiter egységnél a Marinerek, a leszálló egységnél a Surveyorok, a felszíni energiaszolgáltató egységeknél a Pioneer-10, -11, SNAP-19 berendezéseinek tapasztalatait hasznosították. Emellett azonban jónéhány teljesen új rendszert terveztek és építettek specialisan a VIKING-szondák számára. Ilyenek például az emberi szem felbontóképességével vetekedő színes panoráma kamerák, a teleszkópikus mintavevőkar, az életjelenségeket analizáló egység, stb.

A mintegy 3,5 t össztömegű VIKING '75 szonda (17. ábra) két fő részből

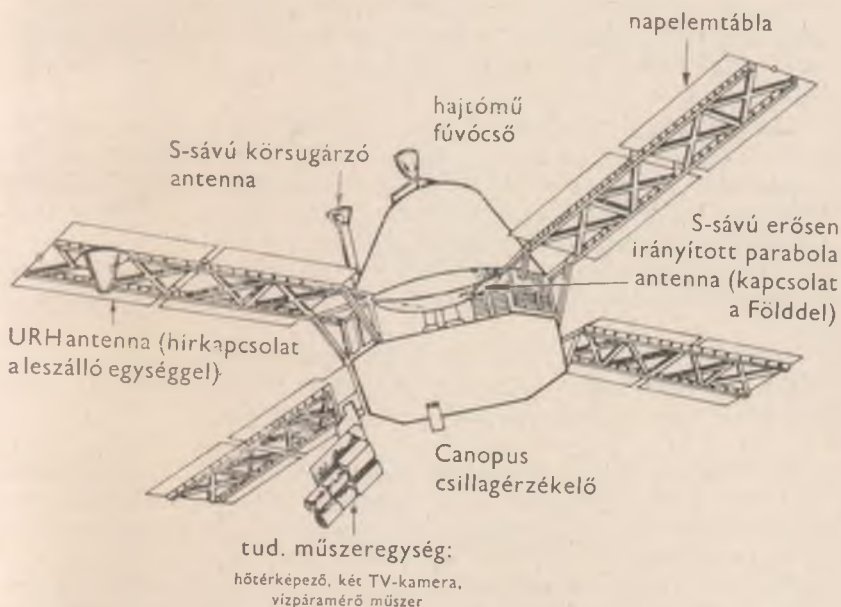


17. ábra. A kb. 3,5 t tömegű VIKING '75 szonda fő szerkezeti elemei és elhelyezkedésük a Titan III D hordozórakéta utolsó (Centaur) fokozatában

tevédik össze: a 2,4 t tömegű mars-szputnyik (orbiter) egységből és az 1,1 t-ás leszálló rendszerből. A két rész együtt kerül a Centaur rakétafokozat orrvédőkúpja alá, sőt, mint a következő részben látjuk majd, együtt állnak Mars körüli mesterséges-hold pályára is.

Az *orbiter egység* (18. ábra), emlékeztet elődeire, a négy napelemszárnyas, nyolcszögletű műszaki egységgel rendelkező amerikai mars-szondákra (Mariner-4, -6, -7, -9). Mivel az orbiter egység tulajdonképpen a leszálló berendezés szállító egysége is, (hiszen neki kell a leszálláshoz kijelölt Mars körüli pályára juttatnia azt) ezért a pályaváltoztatáshoz *nagy mennyiségű hajtóanyaggal* (1,4 t) látták el. A hajtóanyag tartályokat a nyolcszögletű műszaki egységhez csatlakozó csónakú alakú részben helyezték el.

A *műszaki egység* tartalmazza azokat az elektronikus vezérlőegységeket (többek között egy komputert is), amelyek szabályozzák a hajtóművek működését, biztosítják a rendszer hőegyensúlyát, a Nap és a csillagérzékelők adataiból kiértékelik, és ha kell, módosítják a szonda térbeli helyzetét, egy nagy iránykarakterisztikájú parabola antennán keresztül veszik a földi utasításokat, a mérési- és a kontrolladatokat pedig közvetítik a földi követőhálózat rádiótávcsöveihez, valamint az egyik napelemszárnyon elhelyezett URH antenna segítségével a felszínre ereszkedés és a felszíni működés közben



18. ábra. A VIKING'75 szonda 2,4 t-ás mars-szputnyik (orbiter) egysége

hírkapcsolatot tartanak a leszálló berendezéssel és adatait szintén a Földre továbbítják, azaz reléállmásként is működnek.

Az orbiter *energiaellátását* a mintegy 10 m fesz távolságú, két-két napelemszárny biztosítja. Ezek töltik a fedélzeti akkumulátorokat is. Utóbbiakat akkor használják, ha a napelemszárnyak bizonyos manőverek következtében árnyékba kerülnek, vagy amikor az elektronikus egységek maximális terheléssel dolgoznak. A négy napelemszárny végén helyezték el a kis, stabilizáló, illetve helyzetsszabályozó fűvécsoveket. A repülés alatt az orbiter látja el elektromos energiával a leszálló berendezést is, amelynek NiCd-akkumulátorait csak a marsfelszínen tölti fel két radioizotópos termoelektromos generátor (RTG).

Az orbiter *tudományos műszerei* a hajtóművekkel ellentétes oldalon, egy közös, forgatható műszerplatform formájában csatlakoznak a nyolcszögletű műszaki egységhez. A 65 kg-os műszerplatform két nagy felbontású tv-kamerából, infravörös spektrométerből és sugárzásmérőből áll. A két kamera azonos felépítésű: távcsőből, szűrőkből, tv-felvévőcsövekből és a hozzájuk tartozó elektronikából tevődik össze. Felbontásuk 1500 km távolságból 50 m, tehát kétszer akkora, mint a Mariner-9 kameráié volt. Feladatuk a marsfelszíni jelenségek: porviharok, felhőmozgás, évszakos elszíneződés követése, valamint a leszállási helyek részletes vizsgálata. A felszínen és a pályán készült képek együttes feldolgozása majd lehetővé teszi a lokális jelenségek értelmezését az általános képben. Az *infravörös spektrométert* a légkörben levő vízpára mennyiségének mérésére használják, mert a víz abszorbeálja az infravörös sugarakat.

A marsfelszín hőmérsékletének meghatározása lesz az *infravörös radiométer* feladata. Ilyen méréseket a Mariner-6, -7, -9, és a Marsz-2, -3, -5 is végzett ugyan, azonban a felszín viszonylag kis részén. A VIKING orbiterek infravörös sugárzásmérője lényegesen nagyobb területről, jobb felbontással fog hőmérséklet adatokat adni, amiből hőtérképeket lehet majd összeállítani. Lehetségessé válik egyes területek nappali-éjszakai, esetleg évszakos hőmérsékletváltozásának, valamint a vulkánok lokális környezetének tanulmányozása is.

Összefoglalva tehát az orbiter *egységnek* három *fő funkciója* van: bolygó-közelbe vinni, azaz *szállítani* a leszálló berendezést, a fő *hírkapcsolatot tartani* a Földdel, *marskutatótást végezni* mesterséges-hold pályáról.

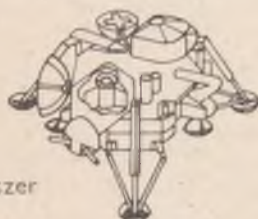
Az orbiter egységtől a Mars körüli pályán elváló 1,1 t-ás, 3,6 m átmérőjű, 1,8 m magas *leszálló rendszerben* két egymásba helyezett, diszkoszra emlékeztető védőtartály (19. ábra) — mint duplakagyló a gyöngyszemet — fogja körül a leszálló egységet. A külső burok a *biopajzs* a Földön gondosan (135 °C-on) sterilizált leszállóegységet védi a Földről származó bármiféle biológiai egyedtől, amely a marsfelszínt biológiailag „beszennyezheti”. A belső tartály nagy felületével elősegíti a fékezést a Mars igen hig légkörében, így *fékező-* és



biopajzs teteje



aerodinamikai-pajzs
fedőlapja és az ejtőernyő rendszer

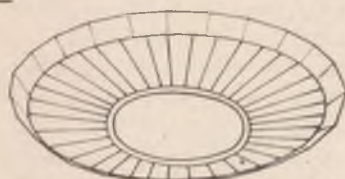


leszálló rendszer

leszálló egység

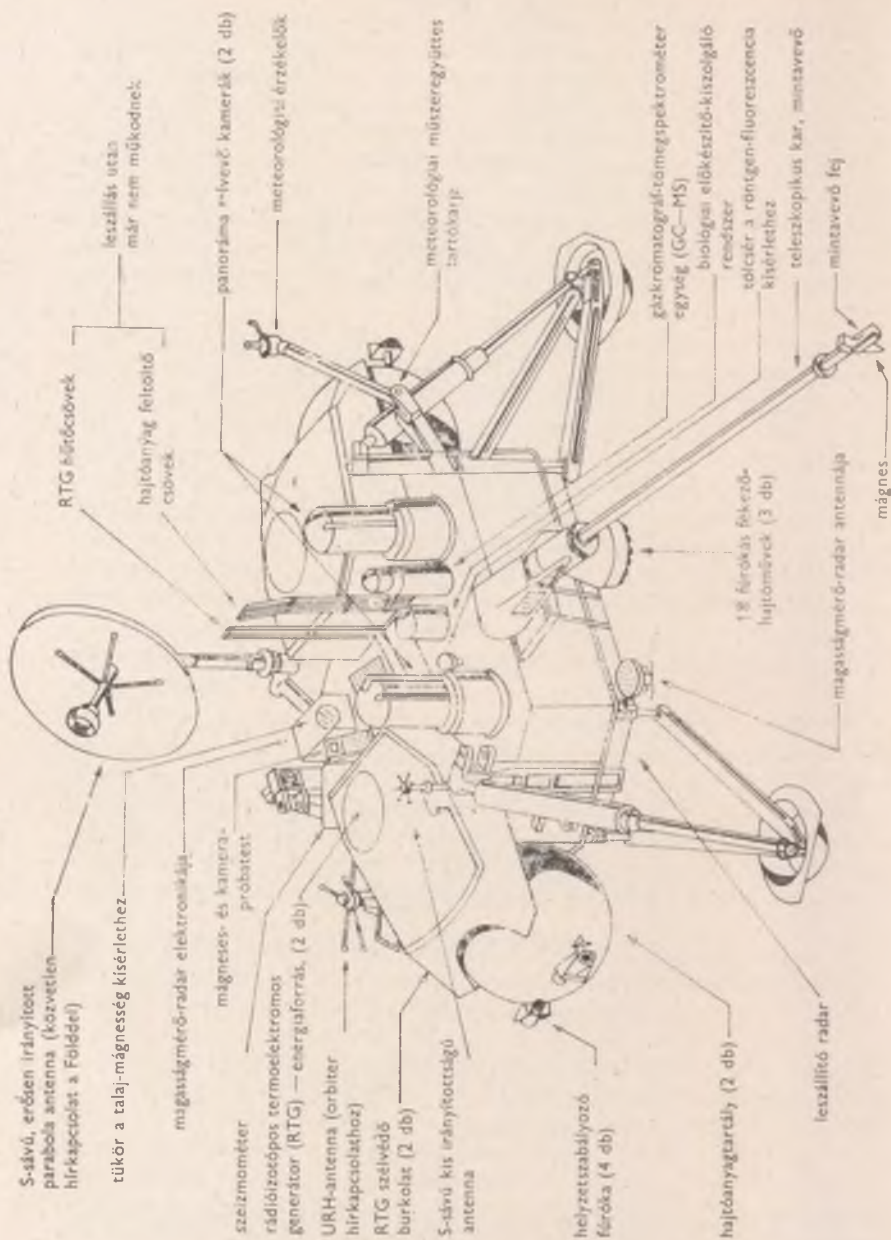


aerodinamikai- és hővédőpajzs



biopajzs alapja

19. ábra. A védőburkolatokból és a leszálló egységből összetevődő leszálló rendszer elemei



20. ábra. A VIKING '75 szonda leszálló egységének fő elemei

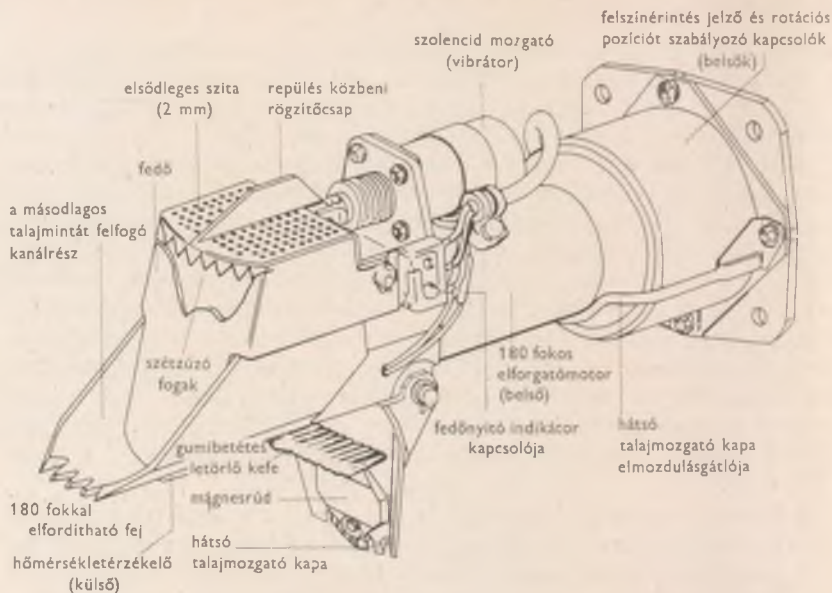
egyben *hővédőpajzsként* is szolgál. A leszállás bizonyos szakaszán a két burkoló tartály ledobódik és az elváláshoz, illetve leszálláshoz igénybevehető 80 kg. illetve 60 kg hajtóanyag felhasználása után mintegy 570 kg tömegű leszálló egység ér a Mars felszínére (XI. műnyomó kép).

A *leszálló egység* (20. ábra) fő vonalaiban, méreteiben három lökésállapító lábával hasonlít elődeihez, a Surveyor holdszondákhoz. Az 1,5 m széles, 0,46 m magas, hatszögű alumínium vázhoz csuklós és lökésállapító szerkezettel csatlakozik a három 1,3 m hosszú leszálló-, tartóláb. A hatszög két hosszabb oldalán gömb alakú hajtóanyagtartályokat, közöttük, szélvédő burkolat alatt két SNAP-19 típusú, 76 W teljesítményű radioizotópos termoelektromos generátort (29 kg) helyeztek el. A SNAP-19-ek akkumulátorokon keresztül biztosítják a fedélzeti rendszerek energiaellátását. A hatszögváz harmadik oldalára szerelték, a táskarádiók összecsuksukható antennáihoz hasonló elvek alapján teleszkópicusan (max. 3 m-re) kinyújtható mintavevő kart. Mögötte a váz tetején helyezkedik el a két *panoráma felvevő kamera*. (12,1 kg).

A kamerák igen jó minőségű fekete-fehér, színes és közeli-infravörös képet tudnak készíteni. A berendezés egy kis tükör segítségével függőleges sávban letapogatja az elé tároló képet, a beeső fényt egy fotocella elektromos jelle alakítja át, amit tárolás után a Földre közvetítenek. Egy letapogatott sáv után a kamera 3 fokkal elfordul és ismét letapogatja a következő sávot. Mindkét kamera 360 fokos panoráma képet képes felvenni, amelyeknek egy része sztereó lesz. A képek alapján követni lehet a környezet éghajlati viszonyait (felhők, vihar), felszíni formáit, kiválaszthatók érdekes talajminták, megfigyelhető a mintavevő kar és fej működése, az ársási nyomok, a talajminták betöltése a kamerák között elhelyezett biológiai előkészítő-kiszolgáló rendszer felnyitható tölcserébe, stb.

A mintavevő kar, a végén levő 12,3 kg tömegű *mintavételező fejjel* (21. ábra) a talaj fizikai-mechanikai vizsgálatára szolgál. Segítségével vesznek, illetve „ásnak” ki talajdarabokat, amelyeket a fejben felaprítanak. Ezután a behúzott kar közel hozza, felemeli, majd elfordulva szitáján keresztül a biológiai előkészítő egységbe szórja a mintát, hogy a megfelelő berendezések megállapítsák a *talaj kémiai összetételét* és elvégezzék a tervezett életkeresési vizsgálatokat. A kar a felvevőkamerákhoz is tetszőleges közelségbe képes vinni a kiválasztott talajmintát, hogy az még részletesebben tanulmányozható legyen. Ha a talajban vannak mágnesezhető részecskék, akkor azok a mintavevő fejen lévő mágnesrúdhoz tapadnak. Ezeket a kamerák le tudják fényképezni, ha a kar elfordul az egység túlsó oldalára, ahol pontosan erre a célra elhelyeztek egy kis tükröt, amelynek képét a kamerák „látják”.

A kamerák között elhelyezett biológiai előkészítő-kiszolgáló rendszer a *Viking Biológiai Műszeregység* (VBI) kezdő eleme, amelyet az alumíniumváz belsejében még három *életkutató* kísérleti rendszer követ. A jobb oldali kamera mellett helyezkedik el a *gázkromatográf-tömegspektrométer* berendezés, amely



21. ábra. A 3 m-es teleszkopikus mintavevőkar végén elhelyezkedő mintavevő fej

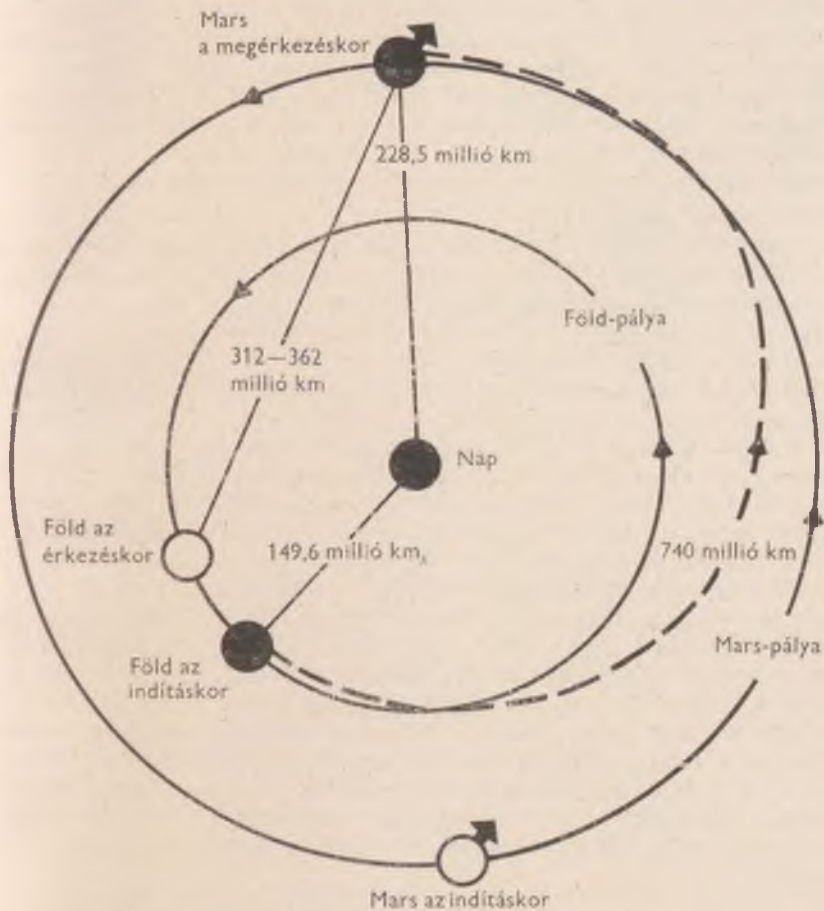
a légkör és a talaj kémiai vizsgálatát teszi lehetővé. A jobb oldali láb előtt lévő kinyúló karon *meteorológiai műszereket* helyeztek el (5,7 kg). Ezek mérik a szél sebességét és irányát, valamint a légkör hőmérsékletét és nyomását. A harmadik láb közelében található a kis méretű és érzékeny *szeizmométer* (1,9 kg) a Mars-rengések mérésére. A leszálló egység tudományos műszereinek (kamerák, mintavevő, biológiai, meteorológiai, szeizmológiai egységek) össz-telege 86 kg.

A leszálló egység vázának belsejében helyeztek el néhány igen fontos elektronikus egységet. Itt kaptak helyet az akkumulátorok és az elektronikus erősítő rendszerek (74 kg), valamint a 19,5 kg tömegű *fedélzeti komputer*. Utóbbi vezérli és ellenőrzi a leszálló egység valamennyi rendszerének működését és a 7,6 kg-os adatelőkészítő-tároló egység segítségével összegyűjti a mérési eredményeket. A mágnes-szalagos adattároló kapacitása 40 Mbit. A közvetlen, Földre történő adatátvitel sebessége 253/506/1012 bit/sec, míg az orbiterhez 16 200 bit/sec. A Földdel történő direkt kapcsolatot egy 0,76 m átmérőjű *parabola antennával* tartják, amely az S-sávon* működik 10–20 W teljesítménnyel. Az orbiterrel URH antennán keresztül lehetséges hírkapcsolat (30 W teljesítménnyel — naponta 15 percig). A leszálló egység még 30°-os dőlésű terepen is képes dolgozni, aktív élettartamát 90 napra tervezték.

* S-sáv: a 2,6–3,95 GHz frekvenciatartomány

3. Start, pálya, leszállás

Mint a bevezetőben említettük, a két VIKING '75 űrszondát az 1975 augusztus közepe és szeptember közepe közötti 30 napos start-ablakban, minimálisan 10 napos idő különbséggel *indítják* a Kennedy űrközpontból (Cape Canaveral, Florida) Titan III D/Centaur hordozórakéta segítségével.* A két hatalmas, oldalsó, szilárd töltetű indító fokozatból és két folyékony hajtóanyagú fokozatból álló Titan III D (17. ábra) először 184 km földfelszín



22. ábra. A VIKING 75 szondák útja

* tényleges indítások: Viking—1 1975. augusztus 20; Viking—2 szeptember 9.

felsőbbi *parkoló pályára* állítja a Centaur fokozatot és a VIKING-et. Mintegy 30 perc múlva a Centaur kétszeri működtetésével létrehozzák a Mars felé tartó pályát (22. ábra).

A VIKING '75 szonda elválik a hordozórakétától és a Centaur fokozatot eltérítik, nehogy a szonda nyomában elérje a marsfelszínt. A VIKING űrrakéta ezután a Naphoz és a Canopushoz képest betájolja, majd stabilizálja magát.

A Föld—Mars *átrepülési szakaszon* a pályamérésnek megfelelően többször is lehet pályamódosítást végrehajtani. A VIKING szondák követését, pályamérését és a velük való hírkapcsolatot a *Kozmikus Távkövető Rendszer* (Deep Space Network) 3 db 26 m átmérőjű parabola antennából, valamint 3 db 64 m-es antennából álló rendszere biztosítja (a 64 m-es rádiótávcsövek Kaliforniában, Ausztráliában és Spanyolországban vannak). A repülés alatt a követőállomások egyikével mindig kapcsolatban lesznek a VIKING-ek. A Mars-közi pályamanővereknél a kapcsolatot feltétlenül egy-egy nagy, 64 m-es antennával fogják fenntartani.

A Kozmikus Távkövető Rendszer az igen pontos pályakövetés mellett veszi a szondák telemetriai adatait, és tudományos parancsokat küld nekik a beépített programok végrehajtására, illetve megváltoztatására is. Mire az űrrakéták elérik a Marsot, a hívó rádióhullámok oda-vissza már mintegy 40 percig haladnak a térben, tehát valamely műveletre adandó földi választ utasítást legkorábban 40 perc múlva kapják meg. Ezért marsközben, a szovjet Marsz típusú űrszondákhoz hasonlóan bizonyos műveleteket teljesen automatikusan, a fedélzeti komputer irányításával hajtanak majd végre a szondák. Ilyenek a Mars körüli pályára állítás és a felszínre történő sima leszállás.

Mintegy 11 hónapi (305—360 nap) repülés után a VIKING-ek 1976 június, illetve augusztus hónapban közelítik meg a Marsot. A fékezórakéták közel egy órással működésével a teljes VIKING '75 egységet, tehát az orbitert és a leszálló rendszert együttesen igen elnyúlt Mars körüli pályára állítják. A tervezett pálya marsközi pontja 1500 km-re, a marstávolsági pontja pedig 32 500 km-re van a bolygó felszínétől. Ezen a pályán a keringésidő 24,6 óra, ami megegyezik a Mars tengelyforgás-idejével. Ezért a szondák keringésük során a marsfelszín azonos területe fölött fognak elrepülni.* Ez azt jelenti, hogy a tv-kamerák felvételeiről 24,6 órás periódussal a felszín azonos részeit vizsgálhatják a kutatók. Így lehetőség nyílik a kiválasztott leszállási helyek részletes és ismételt tanulmányozására még mielőtt a leszálló rendszer parancsot kapna a leereszkedés megkezdésére. 10—50 napig fogják vizsgálni ezeket a területeket, majd döntenek, hogy a fő, vagy a tartalék kutatási helyre irányítsák-e a leszálló egységet.

* *kváziszinkronnak* nevezik az ilyen pályát, mert a kör alakú szinkronpályákkal ellentétben a mesterséges hold a felszínről nézve nem egy égi pontban „áll”, hanem mindig azonos elhelyezkedésű pályán halad végig.



23. ábra. A Mars felszínre történő sima leszállás fázisai az amerikai VIKING '75 űrszondák (a) és a szovjet Marsz típusú űrrakéták (b) esetében: 1 — a leszálló egység leválasztása; 2 — leszálló pályára állás; 3 — aerodinamikus fékezés; 4 — fékezőpajzs ledobása — ejtőernyős ereszkedés; 5 — az ejtőernyő leválasztása — rakétás leszállás; 6 — sima felszint érés — a műszerek és berendezések üzemelni kezdenek.

A *leszállás fázisait* a 23/a ábrán mutatjuk be. Nem véletlen, hogy a VIKING leszállás elvileg ennyire hasonlít a szovjet Marsz űrrakétáknál már 1971-ben, majd 1974-ben is alkalmazott leszállási sémához, mert ez a leggazdaságosabb. A VIKING '75 leszálló rendszer az orbiterről történt leválasztás után, a felszíntől 30—24 km magasságban nagy felületű hővédő-, fékezőpajzs (19. ábra) segítségével megkezdí az aerodinamikus fékezésí szakaszí, 6,4 km magasságban ledobódik a fékezőpajzs és kinyílik a 15 m-es ejtőernyő, amely tovább csökkenti a zuhanás sebességét. Kb. 1,2 km magasságban leválik ez az ejtőernyő, bekapcsolódik a rakétás fékezőrendszer, amely kb. 5—10 percig működik és a leszálló egység sima leérkezését biztosítja. Ez utóbbi szakasz hasonlít a Surveyor szondák Holdra szállásához, de eltér a szovjet Marsz leszálló berendezéseknél alkalmazott eljárástól, mert utóbbiaknál a rakétás fékezést csak az utolsó 20—30 méteren alkalmazták (23a és b ábra).

A VIKING-leszállók leereszkedés közben a fölöttük repülő orbiteren keresztül küldik mérési adataikat (felső légkör összetétele, alsó légkör hőmérséklete, nyomása, sűrűsége) a Földre. A felszínre érés után a fedélzeti komputer meghatározza a leszálló egység helyzetét és az előre beépített programok alapján kiszámítja a Föld irányát, ráállítja az S-sávon működő parabola antenát és megkezdí felszíni méréseinek közvetítését.

A VIKING '75 szondák leszálló helyeit néhány éves előkészítő munka és alapos megfontolás után jelölte ki egy kutatócsoport. A Mariner—9 marszputnyik által készített sokezer, kb. 100 m felbontású tv-felvételen 22 ténylegesen szóbajöhető területet tanulmányoztak. Az ideális leszálló helynek viszonylag mélyen fekvőnek, melegnek, egyenletes domborzatúnak, ugyanakkor geológiaiilag, meteorológiaiilag és biológiaiilag is érdekesnek kellett lennie. Ezen szempontok alapján a kutatócsoport két-két területet jelölt ki, mindkét VIKING '75 szonda számára, egy fő és egy tartalék leszállóhelyet (24. ábra).

Az *első szonda fő leszálló körzete* a Marson talált kb. 5000 km hosszú, átlagosan 5—6 km mély, hatalmas kanyon északkeleti végénél lévő *Chryse régió* (19,5° É, 34° Ny), a *tartalék terület* pedig a Tritonis Lacus (20,5° É,



24. ábra. A Mars vázlatos hipszometrikus és gravitációs anomáliaterképe. Jelmagyarázat: 1 — magassági szintvonalak km-ben; 2 — a Caprates-Agathodemonon törésvonalrendszer, a dőlésirányok megjelölésével; 3 — vulkáni masszívumok; 4 — gravitációs izoanómá-vonalak (a pozitívizoanómáik sűrítést jelentenek); 5 — a Viking 75 szondák észlelt helyei; 6 — a Mars-2 szondák lezárt helyei.

252° Ny). A Chryse régió az átlagos felszíni szintnél 5 km-rel mélyebben fekszik. Itt a nagy kanyonba olyan völgyek futnak be, amelyek régen valószínűleg folyótorkolatok lehettek, így jelentős hordalék-lerakódás várható.

A második VIKING '75 szonda fő leszállóhelye a lényegesen északabbra, tehát a „mérsékelt” égövben, az északi poláris sapka déli szegélyén elterülő Cydonia terület (44,3° É, 10° Ny), a tartalékhely az Alba elnevezésű vidék (44,2° É. 110° Ny). A Cydonia a Chrysénél még mélyebben (kb. 5,5 km) fekszik és mivel itt 7,8 mbar a légnyomás, a hőmérséklet pedig gyakran lehet 0 °C fölött, elképzelhető, hogy vizet találnak majd ezen a területen, ami pl. az északi pólus hósapkájának olvadásából maradhatott meg.

Azért, hogy feltétlenül találjanak élet kialakulására alkalmas helyet, a VIKING '75 programot eléggé dinamikussá formálták. Ha az első orbiter nagy felbontású felvételei azt mutatják, hogy északabbra alkalmasabb leszállóhely ígérkezik, akkor az előre kijelölt 44° északi szélességnél feljebb, az 50°-ig is leszállhat a második szonda. Utóbbinak mintegy 10 nappal a Mars megközelítése előtt, ennek megfelelően kell módosítani a pályáját. Ezt lehetővé is teszi az odaérkezésében mutatkozó időkéésés. Mivel a tervek szerint mindkét orbiternek vannak olyan pályaszakaszai, amelyről „látható” mindkét leszállóegység, lehetőség van arra, hogy az egyik orbiter letérve szinkron jellegű pályájáról közelebb kerüljön a Mars bolygó felszínéhez, valamely más érdekes terület részletesebb kutatására.

4. A marstalaj kémiai vizsgálata

A marsi légkör és a marstalaj kémiai komponenseinek meghatározására tömegspektrométerrel egybekötött gázkromatográfot alkalmaznak. A felületi talajminták szerves vegyületeinek vizsgálatára a mintákat 200, 350 és 500 °C-ig hevítik, a távozó szerves anyagokat gázkromatográf-fal szétválasztják, a komponenseket tömegspektrométerrel azonosítják. Ezzel egyidejűleg az illékony szervesanyagokat és a vizet is mérni tudják. A marsi légkör összetételét ugyanezzel a berendezéssel mérik, de ekkor a légköri gázok a gázkromatográf megkerülésével, közvetlenül a tömegspektrométerbe jutnak. A műszert próbaképpen többféle megoldással is felépítették, az egyik változatot a XII. kép mutatja. A műszer kalibrálására 24 vegyületből álló szerves keveréket használtak, továbbá a Murchison-i meteorit egy darabját is analizálták vele. A szintetikus szerves keverék komponenseiből 21-et jól mérhetően regisztráltak. Az előzetes mérések alapján várható, hogy a Viking-gázkromatográf-tömegspektrométer rendszer 100 miligramnyi talajmintából viszonylag összetett szerves anyagtartalom mellett is jól kimutatja majd a milliomodrésznél nagyobb mennyiségben jelenlevő, illékony szerves komponenseket.

A marstalaj minden valószínűség szerint tartalmaz szerves vegyületeket, hiszen ezek jelenlétét számos meteoritban, a holdközetekben, valamint a fel-

színi és felszín alatti holdporban egyaránt kimutatták már. A marsléggör széndioxid és szénmonoxid tartalma valószínűsíti, hogy a marstalaj szerves vegyületekben dúsabb, mint a holdközetek és a meteorok. A szerves vegyületek között biológiai fontosságú vegyületek, aminosavak, zsírsavak és dikarbonsavak is várhatók. Ezek önmagukban semmi esetre sem utalnak biológiai jellegű folyamatokra, hiszen igen nagyszámú kísérlet révén bizonyított tény, hogy a biológiai fontosságú vegyületek különféle típusai élőlények közreműködése nélkül is keletkezhetnek a kémiai evolúció során.

5. A VIKING'75 biológiai kísérletek

A marsbeli élet kimutatására szolgáló kísérletek elvi alapjait a következő megfontolások alapján választották ki:

1. Ha van valamilyen élet a Marson, az legnagyobb valószínűséggel a talajban kereshető, mert ott lehet elegendő nedvesség az élőlények működéséhez feltétlenül szükséges folyékony fázis megteremtésére.

2. A leszálló egység a mintát a marstalaj felszíni rétegeiből fogja venni, ahol egyaránt előfordulhatnak fotoszintetikus és kemoszintetikus anyagcserét folytató élőlények.

3. Előre nem határozható meg, hogy milyen típusú anyagcsere létezésére kell vonatkoznunk, azzal a megszorítással, hogy az anyagcsere szén-alapú. Ezen túlmenően a vizsgálatoknak minél általánosabbaknak, és lehetőleg többirányúaknak kell lenniök.

4. A kísérleteket a lehetőség szerint minél többször kell megismételni.

5. A minták inkubálása* nem történhet magasabb hőmérsékleten, mint a Marson előforduló legmagasabb hőmérséklet (35 °C).

6. A méréseket sterilizált marstalajon, mint ellenőrző mintán is el kell végezni.

Igen valószínű, hogy a marsléggör gázkomponensei részt vesznek a feltételezett marsbeli élőlények anyagcseréjében, akár tápanyagként, akár anyagcseretermékként, esetleg mindkét formában. Különösen vonatkozik ez a Mars széndioxidjára és szénmonoxidjára. Célszerűnek látszott tehát a biológiai kísérleteket radioaktív szénnel jelzett CO₂-nek, illetve CO-nak az anyagcserében való részvételére alapozni. A három vizsgálat-típus közül kettő a jelzett vegyületek beépülését, illetve felszabadítását, a harmadik az inkubátor gáz-elegyének az esetleges élettevékenység következtében létrejött összetételbeli változását vizsgálja.

* inkubálás: a minta adott hőmérsékleten és nedvesség mellett való tartása abból a célból, hogy a benne levő organizmusok élettevékenységet folytassanak és szaporodjanak.

Az első típusú *hőbontásos* vizsgálatok alapja, hogy a feltételezett marsbeli élőlények anyagcseréjének a szénforrása a légkör széndioxidja vagy szénmonoxidja. Így ha a légterbe radioaktívan jelzett széndioxidot vagy szénmonoxidot visznek, a radioaktivitás a talaj mikroorganizmusainak szerves vegyületeibe beépül és ott kimutatható. Ebben a kísérletben a talajminta $15 \pm 10^\circ\text{C}$ hőmérsékletű tenyésztőedénybe kerül. A minta fölé külön utasításra vízgőz fúvatható. Ezután a tenyésztőedényt átöblítik radioaktívan jelzett szénmonoxid és széndioxid elegyével, és xenonlámpával megvilágítják a talajt. Külön utasításra a xenonlámpás megvilágítást el lehet hagyni. A tenyésztés 5 napig tart. Ezután az inkubációs gázokat eltávolítják a mintát 625°C -ra melegítik, és a távozó gázokat megfelelő berendezésben szétválasztva külön méri a $^{14}\text{CO}_2$ + ^{14}CO -ból és külön a szerves bomlástermékekből származó radioaktivitást. A kísérletet olyan talajmintával is végrehajtják, amelyet előzőleg 160°C -on 3 órán keresztül sterilizáltak, hogy a radioaktív vegyületek nem biológiai eredetű beépülésének mértékét is meghatározhassák.

Ezzel a kísérlettel minden olyan talajlakó élőlény anyagcseréjét érzékelni kellene, amelyik széndioxidot vagy szénmonoxidot képes asszimilálni.

A második típusú *gázkicserélődési* kísérletben a talajmintát (1 cm^3) olyan tenyésztőedénybe teszik, amelynek légterét héliumot, kriptonot és széndioxidot tartalmazó gázzal töltik meg. A talajminta alá szerves vegyületeket, d- és l-aminosavakat, vitaminokat és szervesetlen sókat tartalmazó oldatot juttatnak. A kísérleteket vezethetik úgy, hogy a minta ennek az oldatnak csak a gőztérben legyen, és úgy is, hogy az oldat és a minta közvetlenül érintkezzen egymással. 15 napon keresztül inkubálják a talajmintát $15 \pm 10^\circ\text{C}$ -on, sötétben, ebből 7 napig csak gőztérrel, a továbbiakban a tápoldattal is érintkezik a minta. A tenyésztőedény légterének a gázait az 1., 2., 3., 5., 9. és 15. napon gázkromatográf segítségével analizálják, vizsgálva a CO_2 mennyiségének a változását, továbbá a nitrogén, hidrogén, oxigén és metán esetleges megjelenését a gázelegyben. A kísérletet kontrollképpen 160°C -on 3 órán keresztül sterilizált marstalajjal is elvégzik.

E második típusú kísérletekkel tehát azt vizsgálják, hogy a marstalaj feltételezett *organizmusai tápanyagként* felhasználnak-e széndioxidot, illetve bocsátanak-e ki gáz alakú anyagcsereterméket a tenyésztőedény légterébe. A gőztérben és tápoldatban egyaránt elvégezendő kísérleteket az indokolja, hogy a Marson a víz „hiánycikk”, így már egymagában a nedvesség jelenléte is megindíthatja az élettevékenységet a talajmintában.

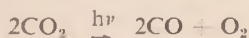
A *harmadik kísérlet-típusban* radioaktívan jelzett szerves vegyületek esetleges lebontását vizsgálják, feltételezve, hogy a marsbéli organizmusok egyes egyszerű szerves vegyületeket széndioxiddá tudnak átalakítani. Ebben a kísérlet-típusban $0,5\text{ cm}^3$ talajmintát inkubálnak, a tenyésztőedény légterét „marslevegő” tölti ki. Mintegy $0,15\text{ cm}^3$ tápoldatot adnak a marstalajhoz, a táp-

oldatban radioaktívan jelzett hangyasav, glicin, d- és l-tejsav, d- és l-alanin és glikolsav van. A tenyésztés 11 napon keresztül történik, közben folyamatosan mérik a légtérben levő gázok radioaktivitását. Élettévekenység esetén a légtér gázainak radioaktivitása növekedik. Ellenőrzésképpen sterilizált talajmintán ugyancsak végrehajtják a kísérleteket.

A három különböző kísérletsorozat elvégzéséhez egyetlen műszerblokkot építettek, az egyes méréseket közös kiszolgáló rendszer látja el. A talajmintákat egy szitán viszik keresztül, amelyik a 2 mm-nél nagyobb talajrészecskéket visszatartja (21. ábra). A minta ezután egy mérő és elosztó részbe kerül, amelyik a különböző vizsgáló egységeket megfelelő mennyiségű talajmintával látja el. A Viking Biológiai Műszeregység (Viking Biology Instrument, VBI) tehát négy alegységre tagozódik, a három kísérleti rendszere és a közös kiszolgáló egységre (XIII. műnycmó kép).

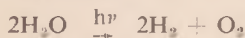
6. A marsbeli élet lehetőségei

A korábbi várakozásokkal ellentétben ma már tudjuk, hogy a földrehez hasonló élővilágot a Marson nem várhatunk, részben a légkör ritkasága, eltérő összetétele, részben pedig a relatív vízhiány miatt. Ismeretes, hogy a Mars légkörét döntő többségben széndioxid alkotja, kis mennyiségű szénmonoxid és oxigén jelenléte mellett. A molekuláris oxigén és a szénmonoxid a széndioxidból keletkezik ultraibolya sugárzás hatására:



A mérések azonban azt mutatták, hogy a Mars légkörében az oxigén koncentrációja nagyobb, mint az a széndioxid bomlásából következne. Vagy azt kell feltételezni, hogy más oxigéntermelő folyamatok is léteznek a Marson, vagy azt, hogy szénmonoxid elnyelő folyamatok okozzák az eltérést.

Oxigéntermelő folyamat lehetne a víznek ultraibolya sugárzás hatására bekövetkező bomlása:



ez hidrogénfelszabadulással is jár, erre utaló jel azonban nem ismeretes. Oxigéntermelő folyamat lehetne a fotoszintézis, amely alapjaiban ugyancsak vízbontás, ebben a hidrogén nem szabadul fel molekuláris formában, hanem szerves vegyületekben marad kötve.

Szénmonoxid-emésztő folyamat maga az oxigén és szénmonoxid rekombinálódása széndioxiddá, de ez ekvivalens mennyiségű oxigént emészt fel, így az arányok eltolódásának nem lehet az oka.

A szénmonoxid viszonylagosan csökkent koncentrációja esetleg magyarázható lenne biológiai folyamatokkal. A Földön is ismeretesek olyan mikroorganizmusok (például a bányákban előforduló *Bacillus oligocarboxophilus*), amelyek szénmonoxidot képesek tápanyagként hasznosítani és amelyek energia ellátásukhoz a szénmonoxidnak széndioxiddá való oxidációját használják fel. Ehhez az oxidációhoz nem szükséges molekuláris oxigén, oxigén forrásként víz is szerepelhet, s ebben az esetben a hidrogén a szerves vegyületekben kötve marad:



ami lényegében azonos a cukorképződéssel:



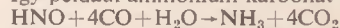
Ez a folyamat egyszerre adna magyarázatot a Mars-légkör vártnál kisebb szénmonoxid koncentrációjára és arra is, hogy honnan szerzik az esetleges marsbeli élőlények az életműködésükhöz szükséges energiát.

E folyamatok vízigényesek és minden biokémiai folyamat vizes fázisban zajlik. A víz tehát *elengedhetetlen feltétele az élő rendszerek működésének*. Jelenleg a Marson víz folyékony fázisként nem ismeretes, az egyenlítő mentén azonban találtak olyan felszíni alakzatokat, amelyek kanyargó folyómedrekre emlékeztetnek. *Sagan* és munkatársai feltételezik, hogy ezek valóban vízmósások, feltételezésük szerint a Mars légkörének több stabil állapota lehetséges a bolygó tengelyhajlásának és a napsugárzás erősségének függvényében, és régebben nagyobb légnyomású és folyékony vizes fázist is tartalmazó klimatikus viszonyok uralkodhattak. *Szilárd és gőz halmazállapotban* ma is kimutatható a *víz jelenléte a Marson*, a sarki jégsapkák valószínűleg szénsavhó és jég keverékei vagy a széndioxidnak vízzel alkotott molekulavegyületéből az úgynevezett széndioxid-klatrát ($\text{CO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) kristályaiból állnak. A *Mariner-9* szonda finom jégkristályokból álló felhők jelenlétét is mutatta.

A talajban a nedvesség *adszorpció** következtében elegendő mértékben felhalmozódhat ahhoz, hogy benne élettevékenységet lehessen feltételezni, ezért is próbálják a marsbéli élet nyomait elsősorban talajminták segítségével felderíteni.**

* adszorpció: a nedvességnek a talajszemcsék felületén való (nem kémiai jellegű) kötődése.

** A talajban levő szervesen széndioxiddal és vízzel nitrogén és foszfortartalmú szerves vegyületek keletkezését eredményezhetik a marstalaj mikroorganizmusaiban. Így például ammónium karbonát szintetizálódhat az alábbi módon:



Az ammóniumcianát viszont szervesen foszfátsókkal vegyületet tud képezni, ily módon

A marsi légkör nagy széndioxid tartalma sem akadályozza az élő rendszerek működését. A földi növényvilág a fotoszintézis során ugyan széndioxidot használ fel és oxigént termel, tiszta széndioxidban mégsem tudnak a növények megélni, mert a nagy CO_2 koncentráció miatt a sejtek plazmája az elnyelt szénsavtól savanyúvá válik, a fehérjék egy része kicsapódik és a sejtek elpusztulnak. Az utóbbi években viszont meleg forrásoktól sikerült olyan kéalgákat kitenyészteni, amelyek nemcsak elviselték a tiszta széndioxid atmoszférát, de ilyen körülmények között fotoszintézisük aktivitása többszörösére növekedett és generációs idejük lecsökkent.

Mindezek arra utalnak, hogy nem megalapozatlan a Földön kívüli léttel foglalkozó kutatók (exobiológusok) azon feltételezése, hogy a Marson, de főként annak talajában, *élő szervezetek működhetnek*.

A marsrepülések jövője (1977—90)

Az automatákkal történő marskutatózás egyik logikus következő lépése a VIKING leszálló egységekre egy kisméretű 20—90 kg tömegű marsautót elhelyezni (25. ábra). Így lehetővé válna a leszállási hely 50—100 m-es körzetének alapos vizsgálata (1979—81).

A Mars-felszín további térképezésére, hőmérsékleti viszonyainak mágneses terének, az évszakoknak és ezek változásainak tanulmányozására célszerű lenne több (3—5) *évig működő mars-szputnyikot* 12 óra keringésidejű, 700 km periapszisú, poláris pályára állítani (1977—81.)

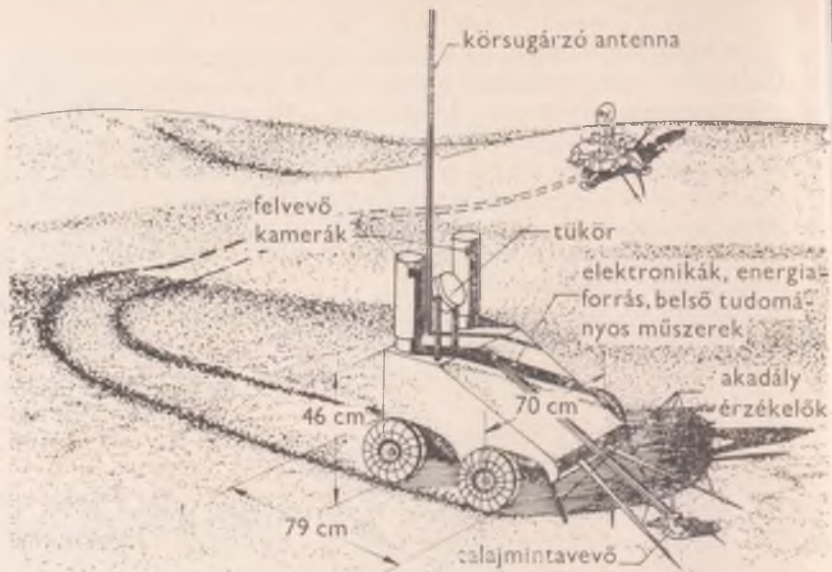
A helyszíni vizsgálatok lényeges kiterjesztését jelentené, olyan mars-szondák megépítése, amelyek a talajmintát vissza is hozzák a Földre (1981—83—86). A 26. és 27. ábrán bemutatjuk ilyen jellegű űrrakéták útjának két változatát.

A marskutatózás távolabbi jövőjét, részben holdjainak a Phobosnak és a Deimosnak közeli vizsgálata és részben teljesen automatikus marsjárműveknek marsrobotoknak, az indítása (28. ábra) jelenti (1983—86—88—90).

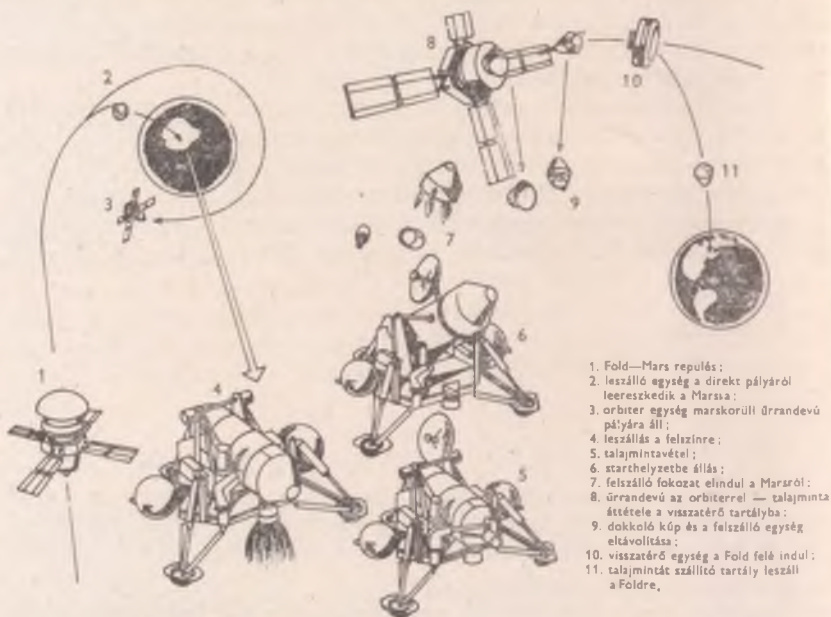
a foszfát anyagcserének esetleges alapjául szolgálna. Sőt az így keletkezett foszfátvegyületek annyira aktívak, hogy a földi élő szervezetek általános energiaszolgáltató vegyületét az adenozin-trifoszfátot (ATP) tudják létrehozni adenozin-difoszfátból (ADP):



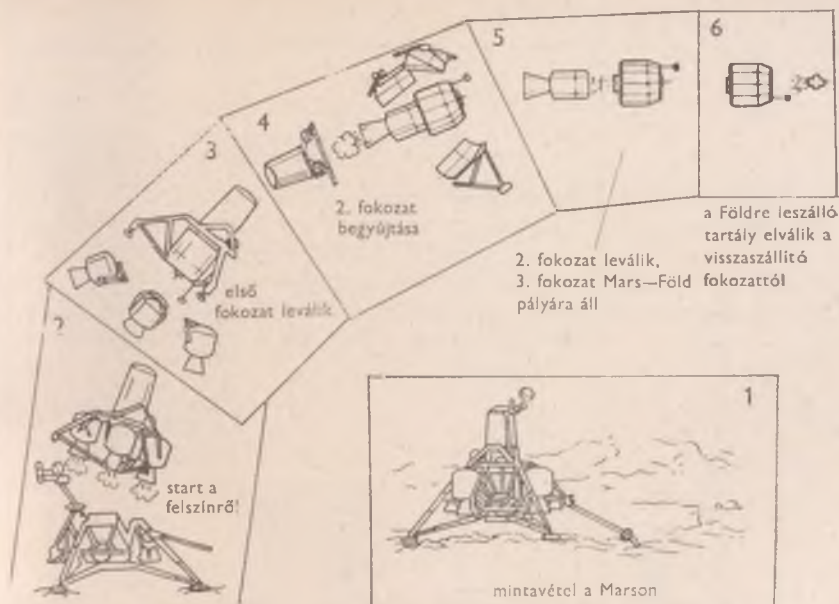
ami azt jelenti, hogy a Mars-élőlények anyagcseréjében az ATP ugyanolyan centrális szerepet tölthet be, mint a földi élővilágban.



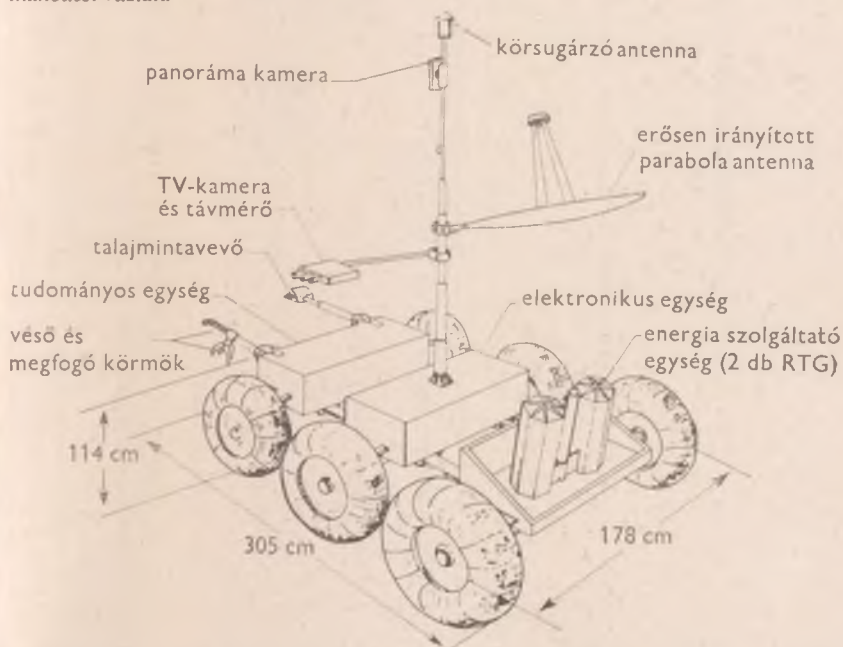
25. ábra. Egy kisméretű (20–90 kg-os) marsautó részletei



26. ábra. A VIKING '75 szondából továbbfejlesztett, marstalajmintát vevő és a Földre visszatérő űrrakéta útjának fázisai

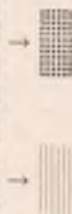


27. ábra. Marstalaj mintát a Földre közvetlenül visszaszállító űrszonda repülési, illetve működési vázlatja



28. ábra. Nagyméretű, 350–450 kg tömegű, teljesen automatikus marsjármű

Az 1975—90. időszakban megvalósuló és tervezett amerikai marsrepülések



MARSREPÜLÉS TÍPUSAI	INDÍTÁSI ÉV							
	1975.	1977.	1979.	1981.	1983.	1986.	1988.	1990.
Viking orbiter és leszálló egység								
Viking orbiter leszállóegység + marsautó								
3—5 évig működő mars-szputnyik (Mariner/Pioneer típus)								
Automatikus marsjármű								
Marstalaj minta visszahozás								
Phobos Deimos leszállás talajminta visszahozás								

1. Project Viking 322—329. oldal
VIKING Landing Sites 330—331. oldal
SPACEFLIGHT 15, 1973/9.
2. Gánti T.: A kvarkok és a Galaktikus társadalom között. Kossuth 1975.
3. Köhádi Attila: A Mars és Vénusz kutatásának földtani vonatkozásai.
GEONOMIA ÉS BÁNYÁSZAT, (1975) 3—4.
4. Weaver W. L. et. al.: Mars Sample Return Through Parking Orbit. 42—51.
Moore J. W. et. al.: Mars Sample Return by Orbital Rendezvous. 52—62.
ASTRONAUTICS AND AERONAUTICS, 1975/1.

A CSILLAGOK KINEMATIKÁJA ÉS KORA

Bevezetés

Milyen információt jelent számunkra a csillagok életkora? Önmagában véve mindössze pusztá számadatot. De, ha a csillagokat életkor szerint csoportosítva azt tapasztaljuk, hogy ezek a csoportok különböznek egymástól kémiai összetételben, térbeli eloszlásban és mozgásban, akkor valamit megtudtunk a kémiai elemek kialakulásáról, a Galaxis dinamikájáról, azokról a tényezőkről, illetve folyamatokról, amelyek csillagrendszerünk jelenlegi arculatát kialakították.

Például az a tény, hogy Napunk körülbelül 4,5 milliárd éves, önmagában véve még nem sokat mond. De, ha felfedezzük, hogy a legöregebb sziklák a földön csak 3,8 milliárd évesek, megerősítjük azt a sejtést, hogy a Föld felszíne valamikor olvadt állapotban volt. Ezzel megtanultunk valamit Földünk dinamikus történetéből.

Ha felfedezzük, hogy sok, Napunknál öregebb csillag lényegesen kevesebb nehéz elemet tartalmaz, akkor valószínűsíthetjük azt a feltevést, hogy

1. az interstelláris gáz, amelyből a csillagok kialakultak, idővel bedúsult, nehéz elemekben,

2. a csillagok elemeket „gyártanak” és ez valahogyan visszajut a csillagközi gázba.

Ezzel megismertünk valamit Galaxisunk dinamikus történetéből, és hasonlóan a csillagokéból.

A gömbhalmazok* csillagainak a kora önmagában véve szintén csak számadat. De, ha azt találjuk, hogy az összes, Galaxisunkban levő fémszegény gömbhalmaz közel azonos időben született, akkor megtudtunk valamit a Galaxis koráról és a csillagok kialakulásának a folyamatáról. Például — mint ahogyan azt a kutatók egy része feltételezi — ha a gömbhalmazok születési ideje azonos (néhány száz millió éven belül), arra a következtetésre juthatunk, hogy a csillagok kialakulásának feltételei nagyjából azonos időben értek meg a Galaxis egészében. Ez azt jelentheti, hogy minden protohalmaz lényegében

* A gömbhalmazokról részletesebben lásd Kanyó Sándor cikkét: Csillagászati Évkönyv 1975. 227. oldal.

azonos kezdeti (pregalaktikus) sűrűségperturbációt „tapasztalt” és ezt követően hasonló módon kondenzálódott. Vagy azt jelentheti, hogy mindegyik protohalmaz nagyjából azonos időben szennyeződött nehezebb elemekkel, amelyek néhány száz millió év alatt keletkeztek a Galaxis centrumában, végső kondenzációs fázisának folyamán. Ha az első interpretáció helyes, akkor valamit megértettünk a távcsöveinkkel belátható tértartomány (Metagalaxis) legkorábbi kondenzálódásairól. A második esetben viszont megtudtuk, hogy minden bizonnyal heves folyamatok mentek végbe Galaxisunk instabil periódusában, amikor jelenlegi, vékony korongból és kiterjedt halóból álló alakja kialakult.

Egy másik érdekes lehetőség adódik, ha összevetjük a gömbhalmazok korát az elemek „kozmozikronológiai” korával. Ez azt jelenti, hogy néhány hosszú élettartamú radioaktív elem gyakoriságát összehasonlítjuk bomlástermékeik gyakoriságával, és ezen kívül néhány feltevést teszünk ezen elemek kialakulásának módjára, valamint „életútjára”. Jelenleg az „elemek korának” becslése meglepően közeli a gömbhalmazok korának becsléséhez. Célserű feltételezni, hogy az „elemek kora” ténylegesen rögzíti Galaxisunk jelenlegi, közel állandó formájának születési idejét. Nem lenne meglepő, ha kiderülne, hogy néhány gömbhalmaz csillagainak kora lényegesen nagyobb az „elemek koránál”, és hogy ennél fogva, néhány protogömbhalmaz csillagokból álló halmazzá alakult, még mielőtt galaxisunk jelenlegi formája kialakult volna.

Mind a gömbhalmazok kora, mind az „elemek kora” jelentős a Metagalaxisnak mint egésznek a megértéséhez. Az a kor, amelyet jelenleg a Metagalaxis-hoz rendelnek, a „Hubble időhöz”* nagyon modellfüggően kapcsolódik. Például a legegyszerűbb, Friedmann szovjet tudós által 1922-ben tanulmányozott, világmodell szerint $t_0 =$ „az Univerzum kora” $t_H =$ Hubble idő és $2/3 t_H$ között van. Más modellek más összefüggést javasolnak t_0 és t_H között.

A t_H és t_0 kozmológiai idők a t_c „csillagidővel” (a legöregebb halmazcsillagok kora) és a t_e galaktikus idővel (az „elemek kora”) való összehasonlítása számos elképzelést megdönthet, vagy megerősíthet. Így ha például $t_c > t_0$ adódna, akkor ez a csillagászat számos frontján komoly erőfeszítésekhez vezethet. Nemcsak „het”, hanem minden feltevést és hipotézist gondosan meg kell vizsgálnunk, amelyeket modelljeink megalkotása során teszünk, de meg kell vizsgálnunk a módját annak is, ahogyan az észleléseket értelmezzük.

Folytathatnánk még azoknak az érdekes kérdéseknek a taglalását, amelyeknek a megválaszolása a csillagok korának becslését igényli, de inkább áttérünk azon „nyomok” vizsgálatára, amelyeket a múlt hátrahagyott és amelyeknek segítségével bepillantást nyerhetünk a „múlt kútjának” mélységeibe.

* A Hubble idő a vöröseltolódásból származtatható v távolodási sebesség és a d távolság közötti $v = H \cdot d$ összefüggésben szereplő ún. Hubble állandó reciproka.

Milyen nyomokat hagy maga mögött a múlt? Olyan változásokat, amelyek egyrészt a csillagok belsejében történtek, másrészt kinematikai paramétereikkel kapcsolatosak. A csillagok belsejében végbemenő változások alapvetően az ott folyó nukleáris elemszintézisekkel kapcsolatosak, és a csillagok „vándorlását” okozzák a *Hertzsprung-Russel* diagramon. Hogy ez mi módon, milyen állapotokon keresztül történik, meghaladja a jelen cikk kereteit. Ami a kinematikai sajátságokat illeti, alapvetőek ebben a vonatkozásban a csillagok kialakulásának körülményei, amelyek a jelenleg leginkább elfogadott elmélet szerint az interstelláris gázfelhők összesűrűsödésével alakultak ki. (Erre vonatkozóan bővebbet lásd Barcza Szabolcs cikkében; Csillagászati Évkönyv 1975.) Amikor a csillagok kialakulnak, további sorsuk a maradék gáztól csaknem független. Mivel a közöttünk levő ütközések igen ritkák, mozgásukat alapvetően a Galaxis átlagos gravitációs tere* „kormányozza”. Ennél fogva a keletkezésük pillanatában fennállott mozgásállapotra igen hosszú időn át „emlékeznek”. A kondenzálódási elmélet szerint a Galaxis életpályáját gigantikus gázfelhőként kezdte, amely lassan forgott, és alakja enyhén lapult forgási ellipszoid volt. Ebből a kezdeti gázfelhőből a csillagok fragmentációval és kontrakcióval alakultak ki. A Galaxis legöregebb csillagai a fenti kezdeti elrendeződést őrzik. A maradék gáz ezzel szemben rugalmatlan ütközések során egyre laposabb koronggá formálódott. Az elmondottakból világos, hogy az a gáz, amelyből a csillagok kialakultak, más-más időkben alakjától és kinematikájától függően, más-más átlagos kinematikai sajátságú csillagokat „bocsátott útjára”. Ilyen módon a csillagok kora és mozgása között összefüggés van, amely bepillantást enged a Galaxis „múltjába”.

A legöregebb csillagok (10^9 — 10^{10} évesek) mozgása és kora között csak statisztikus összefüggés van, mert az idő a „nyomokat” lassan „elmosa”.

A közepes korú csillagoknál (10^8 — 10^9 év) az individuális pályák tanulmányozása a leghatékonyabb eszköz.

Az igen fiatalok esetében ($< 10^7$ év) a vizsgálatok főként a csillagtársulások kinematikai sajátságaira összpontosulnak.

A továbbiakban ezt a három korcsoportot vizsgáljuk meg közelebbről.

A legöregebb csillagok mozgása

Ezen csillagok kinematikai sajátságainak jellemzésére legalkalmasabb a Galaxis centruma körüli mozgásuk pályaelemeinek tanulmányozása. Mivel az erőter egy centrális anyagsűrűsödés és egy lapult korong gravitációs hatá-

* A Galaxis anyageloszlásában levő irregularitások kisimitásával kapott gravitációs tér.

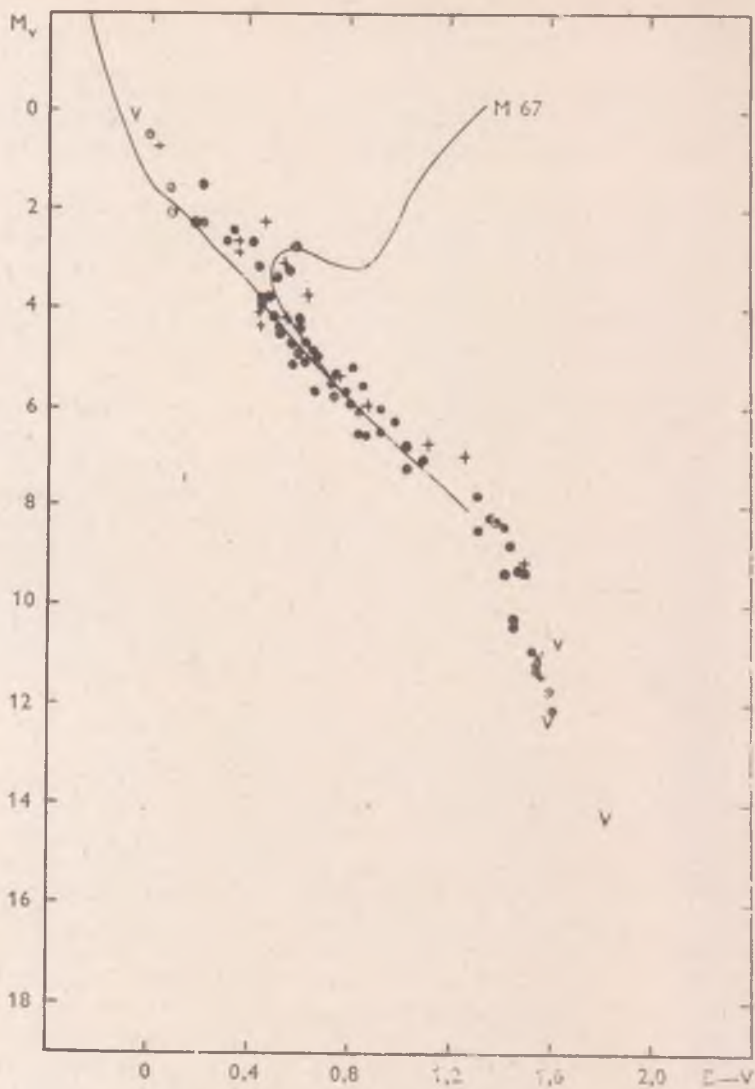
sának eredője, a tényleges pálya olyan e excentricitású és $\frac{i}{2}$ inklinációjú ellipszis,

amelynek nagytengelye retrográd irányban forog. Eközben a pálya a centrum körül egy autógumi-köpenyhez hasonló felületet hálóz be. A Galaxis centrumából a köpeny vastagsága i szögben látszik. Az e és i pályaelemek mozgásállandók.

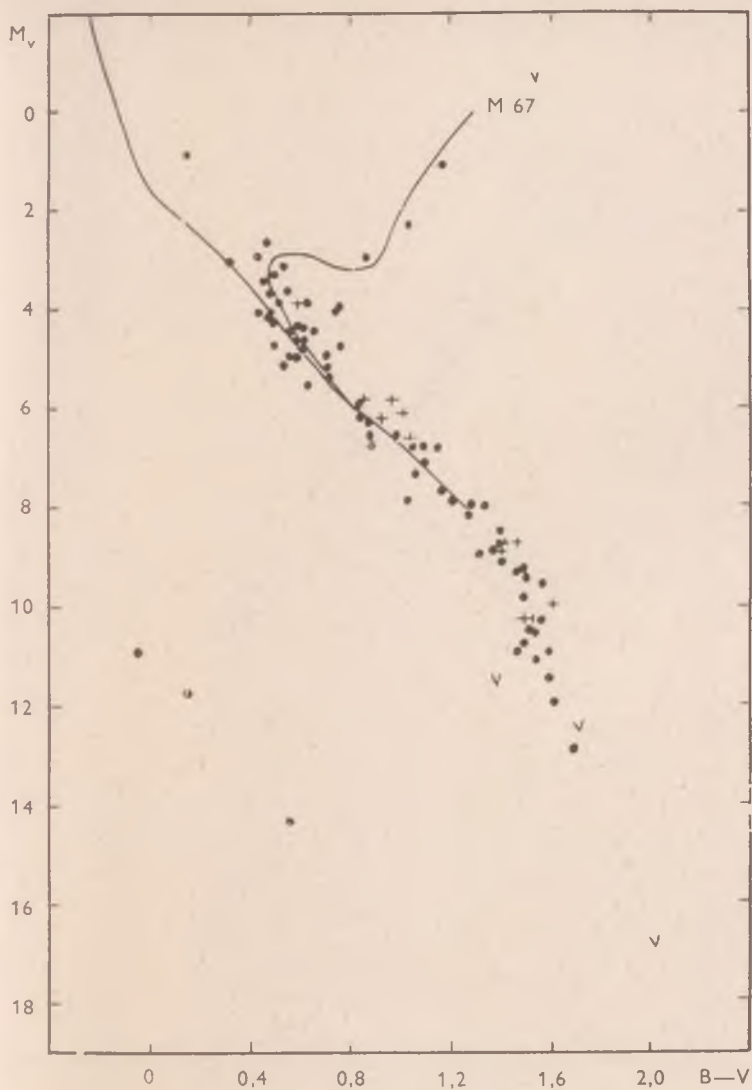
Az e és i pályaelemek és a kor között érdekes korreláció van. Persze ezeket csak akkor lehet kiszámítani, ha a csillagok térbeli sebességét tudjuk, ami néhány kivételtől eltekintve, többnyire csak 20 pc-nél közelebbi csillagokra ismert. A korra vonatkozó statisztikus kritérium az e vagy e és i szerint kiválasztott csoportok eloszlása a szín—fényesség diagrammon. A 29/a—29/d ábrák a közeli csillagokból Woolley által 1970 és 1971-ben nyert szín—fényesség diagramokat mutatják $e < 0,075$; $0,100 < e < 0,175$; $e > 0,200$ illetve $e \geq 0,40$ vagy $i \geq 0,05$ rad esetben. Láthatóan az excentricitás növekedésével a főág felső nagy luminozitású része fokozatosan „kipusztul”, mivel ezek a nagy luminozitás miatt gyorsabban felhasználják nukleáris fűtőanyagukat és a diagram egyre inkább hasonló lesz az öreg galaktikus halmazok HR diagramjához (az ábrán látható $M\ 67$ és $NGC\ 188$ a legöregebb galaktikus halmazok, korukat $6-9 \times 10^9$ évre becsülik). Eszerint tehát a legutolsó csoport a Galaxis legöregebb csillagaihoz tartozik. Meg kell jegyezni, hogy olyan csillagok között, ahol az excentricitás kisebb 0,4-nél (a fentiek túlnyomó többsége ilyen) nincsenek a Galaxis legbelsőbb régióiból valók, mivel a centrumtól mért minimális és maximális távolság $\omega_{\odot}/(1+e)$ illetve $\omega_{\odot}/(1-e)$, ahol $\omega_{\odot}$ a Nap távolsága a centrumtól.

Igen nagy excentricitású pályákon mozognak a nagy ultraibolya excesszusal* rendelkező szubtörpék. Ilyen objektumokra, amelyekre $\delta(U-B) > 0,15$ magnitúdó és amelyeknek térbeli sebessége ismert, Eggen 1970-ben meghatározta a sebességek eloszlását a Galaxis síkjában és arra merőleges irányban. A Galaxis síkjára merőleges sebességkomponensek abszolút értékének a $\delta(U-B)$ színexcesszustól való függését a 30. ábra szemlélteti. Látható, hogy a 0,15 magnitúdónál nagyobb színexcesszust mutató csillagoknál a sebességszórás ugrásszerűen megemelkedik. A kékebb színnek az az oka, hogy az ibolya és kék szintképtartományban gerjedő fémvonalak gyengébbek, mint az azonos szintképtípusú I-es populációjú normál csillagok színképében. A gyengébb vonalakat alacsonyabb fémtartalommal magyarázhatjuk. Ez a tulajdonság a gömbhalmazok csillagaira jellemző, amelyeket Tejútrendszerünk legöregebb csillagaiként ismerünk. A nagy excentricitású pálya és az alapsíktól való nagy eltávolodás is a gömbhalmazok kinematikai sajátosságaira emlékeztet.

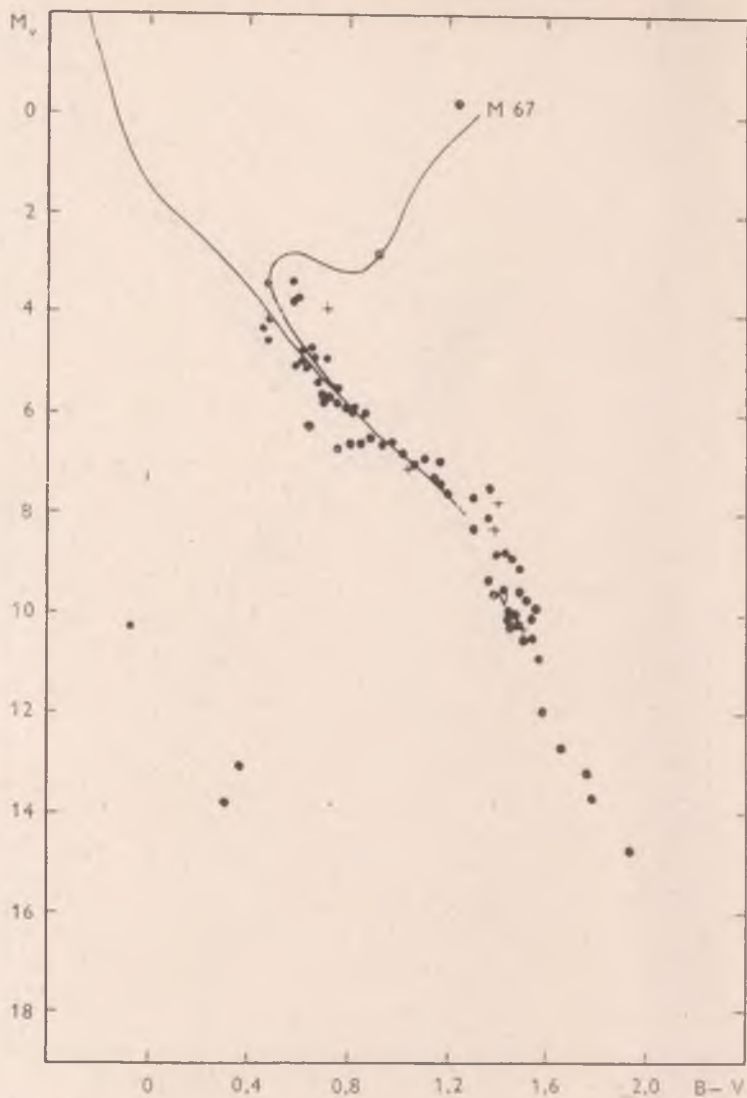
* Az ultraibolya excesszus definíció szerint $\delta(U-B) = (U-B)_e - (U-B)_n$ ahol $(U-B)_n$ a megfigyelt rövidhullámú színindex az UBV fotometriai rendszerben, míg $(U-B)_e$ a normál csillagokra fennálló $(U-B)$; $(B-V)$ reláció alapján a $B-V$ színindexből számított érték.



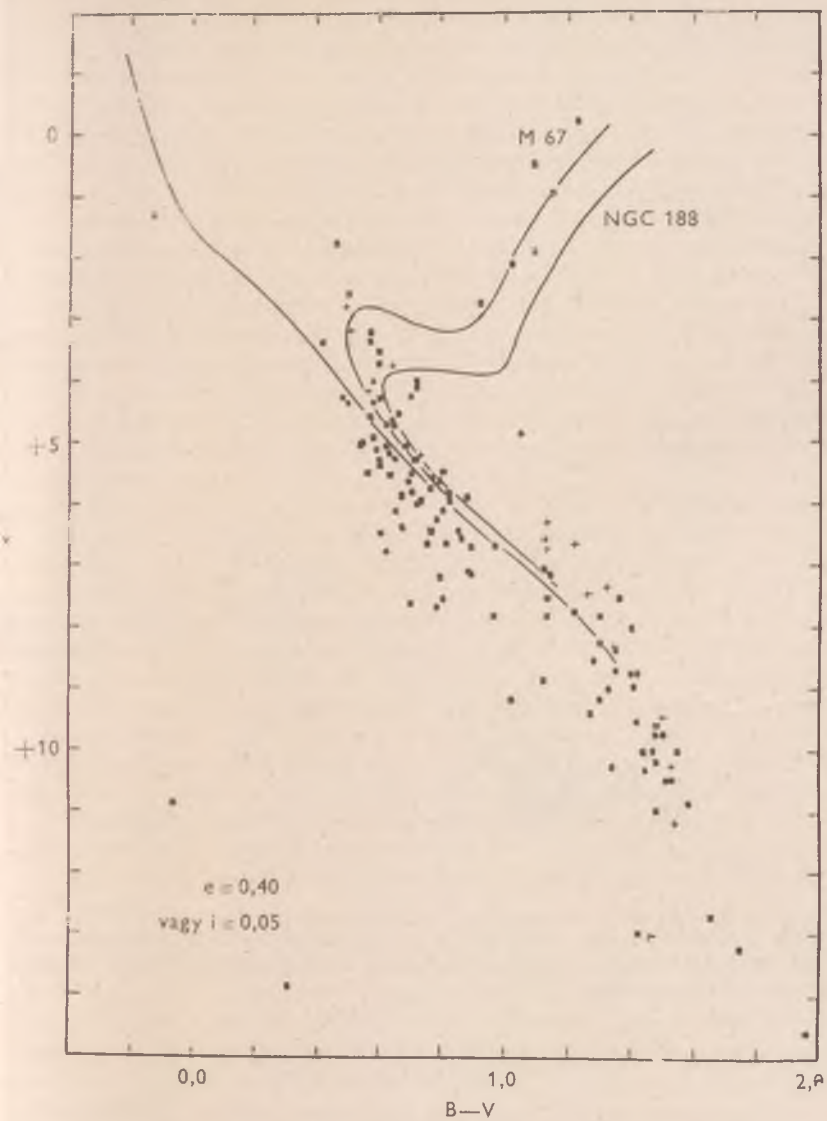
29.a ábra. A Naphoz 20 pc-nél közelebbi csillagok szín-fényesség diagramja;
 $e < 0,075$



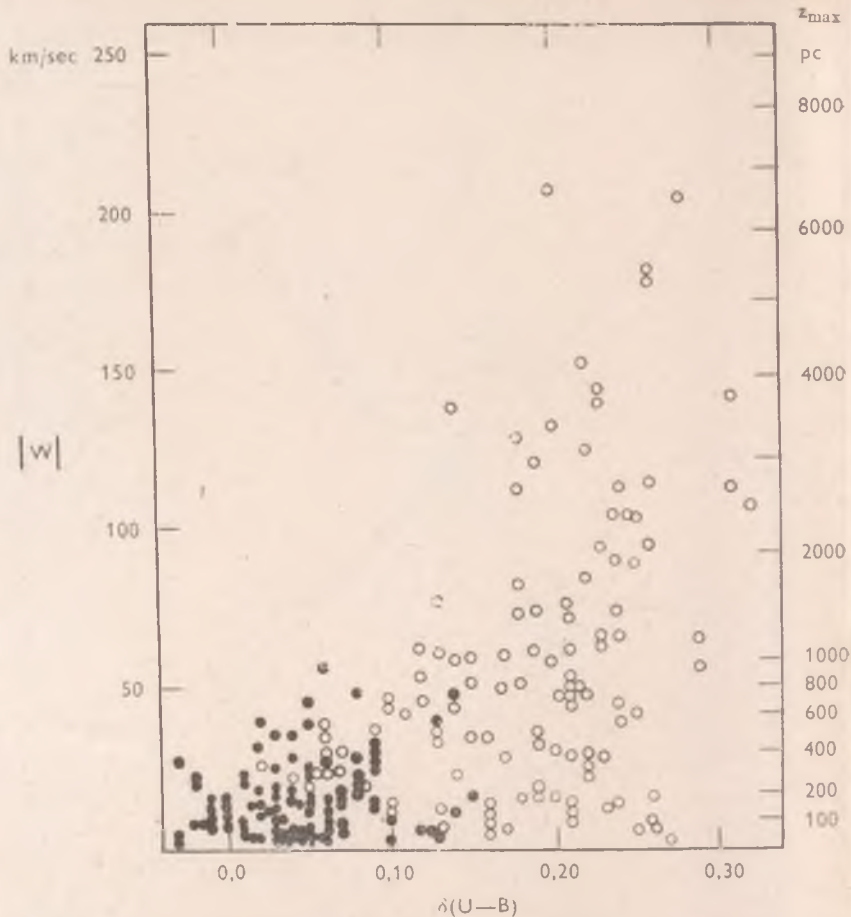
29.b ábra; $0,100 < e < 0,175$



29.c ábra. A Naphoz 20 pc-nél közelebbi csillagok szín-fényesség diagramja; $e > 0,200$



29.d ábra; $e \cong 0,10$; vagy $i \cong 0,05$



30. ábra. A Galaxis síkjára merőleges sebességkomponens abszolútértékének (W) függése az ultraibolya színexcesszustól $\delta(U-B)$. (A függőleges skálán azt a legnagyobb távolságot is feltüntettük, amelyre az illető csillag a Galaxis síkjában észlelt sebessége alapján a síktól eltávolodik.)

Ennek alapján a nagy ultraibolya excesszusú csillagokat öregeknek mondhatjuk.

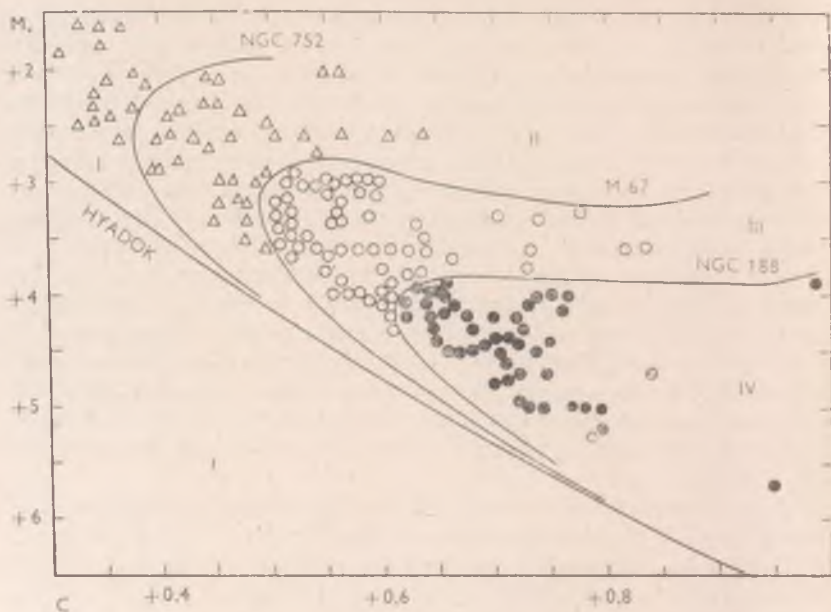
Az Eggen által vizsgált mintában vannak olyan csillagok is, amelyekre e elegendően nagy ahhoz, hogy pályájuk során megközelítsék a Galaxis centrumát. Ha Tejútrendszerünk centrumában jelenleg is észlelhető aktív jelenségek (gamma-, röntgen-, infravörös-, rádiósugárzás, gázkiáramlás) során csillagok is keletkeznek, akkor ezek szintén nagy excentricitású pályán jutnak a Nap

közelébe, és az öreg csillagokhoz való kinematikai hasonlóságuk ellenére mégis fiatal csillagok. Arra vonatkozólag, hogy színképi sajátosságait tekintve is hasonlónak mutatkoznak-e, keletkezésük körülményeit kellene ismernünk, ehhez azonban a Galaxis centrumában uralkodó fizikai állapotokkal kellene tisztában lennünk. Erről sajnos még nagyon keveset tudunk. Mindenesetre valószínűnek látszik, hogy a nagy uv excesszusú csillagok többsége igen öreg.

A 30. ábrából leolvasható, mint arról korábban már említés történt, hogy a 0,15 magnitúdónál kisebb színexcesszus esetén a Galaxis síkjára merőleges irányú sebességszórás ugrásszerűen lecsökken. Ha a színexcesszus az „életkor” függvénye, akkor ezt a hirtelen lecsökkenést a nagy uv excesszust mutató csillagok kialakulása után visszamaradó intersztelláris anyag gyors, lapos koronggá történő kollapszusával magyarázhatjuk. A lapos korong elrendeződést mutató csillagközi gáz további fragmentálódásából ezután újabb csillagok keletkeztek, amelyek már ezt a lapult rendszert örökölték. Minthogy a korongban vannak olyan objektumok, amelyek kora megközelíti a gömbhalmazokét (pl. NGC 188), a kollapszus viszonylag rövid idő (néhány 10^8 év) alatt történt.

Annak eldöntésére, hogy az imént vázolt jelenségek valóban életkor szerinti elrendeződést tükröznek-e, a következőképpen járhatunk el. A szín—fényesség diagramban ún. *izochronokat* rajzolunk be, amelyek a különböző tömegű, de azonos életkorú csillagoknak a diagramban elfoglalt helyeit kötik össze. A szín—fényesség diagramban elfoglalt helyzetet persze nemcsak az életkor határozza meg, hanem a kémiai összetétel is. A görbék alakját egyrészt elméleti úton, másrészt csillaghalmazok (amelyeknek tagjai közel azonos életkorúak) szín—fényesség diagramjaiból vesszük. A hozzájuk tartozó idő elméleti számítások eredménye. Eggen már idézett dolgozatában hasonló módszerrel választott ki alcsoportokat az F és G csillagokból (l. 31. ábrát), majd meghatározta ezeken a csoportokon belül a Galaxis centrumának, rotációjának és síkjának tranzverzális irányában mutató sebességkomponensek szórásait. A sebességszórás és kor között korrelációt talált. A 10^8 -tól 10^{10} évig terjedő életkorokra a fősíkra merőleges irányban a sebességszórás 8 km/sec-ről 36 km/sec-re növekedett.

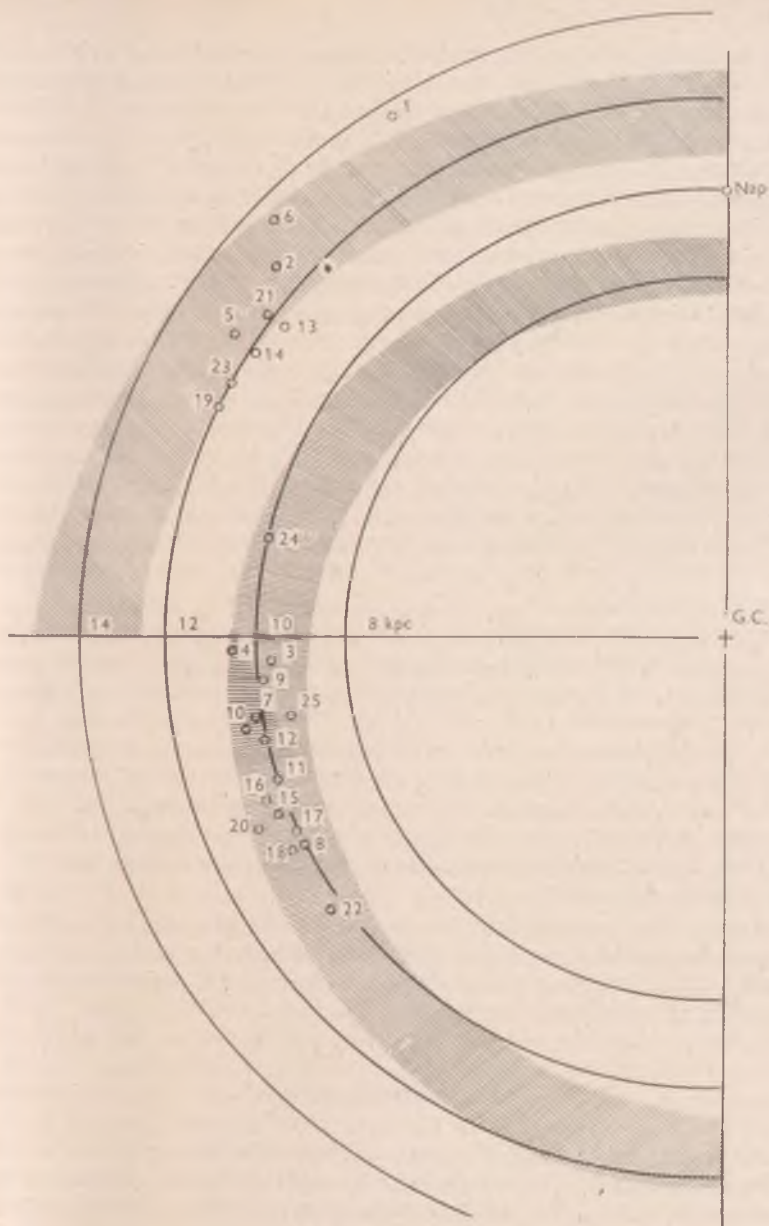
Összegezve a csillagok kora és mozgása, illetve kémiai összetétele közötti statisztikus összefüggéseket azt mondhatjuk, hogy a legöregebb csillagok főben szegények és nem koncentrálnak a Galaxis fősíkjára mentén. A lapultabb korongot alkotó csillagpopuláció és az előbb említett öreg csillagpopuláció közötti kinematikai különbségek a halónak koronggá történő kollapszusára utalnak. Eközben a fémgyakoriság is megnövekedett, és ezek után már nem változott lényegesen.



31. ábra. A közeli, ismert trigonometrikus parallaxisú F és G típusú csillagok kor szerinti elkülönülése a szín-fényesség diagramon. (A Hyadok, az NGC 752, az M 67 és az NGC 188 nyílthalmazok szín-fényesség diagramját folytonos vonal jelöli.)

A közepes korú csillagok mozgása

Ezeknél a csillagoknál, melyeknek életkora 10^8 – 10^9 év, az individuális pályák is tartalmaznak hasznos információt. Ha a csillagok kora és sebessége elegendő pontossággal ismert, ekkor meghatározható keletkezésének helye a Galaxisban. Ennek meghatározása különösen jelentős a Tejútrendszer spirális szerkezetéért felelős fizikai folyamatok felderítése szempontjából. A spirális galaxisok elnevezését adó, a fiatal, nagy luminozitású kék csillagok és az interstelláris anyag által kirajzolt spirálkarok mibenlétére jelenleg két rivális elképzelést ismerünk. Az egyik szerint a karok ún. anyagkarok, ami azt jelenti, hogy hatalmas, csillagokból és interstelláris anyagból álló aggregátumok, amelyek lassan deformálódnak a Galaxis differenciális rotációja miatt. Népszerűen szólva „feltekerednek”, illetve „letekerednek” a forgási iránytól függően. A másik, ún. sűrűséghullám-elmélet szerint a spirálkar lényegében a Galaxis lapos korongjában tovaterjedő hullám frontja, amelynek sebessége eltér a csillagok és az interstelláris anyag átlagos haladási sebességétől. Ennél



12. ábra. A 25 legfényesebb B8–B9 típusú csillag számított keletkezési helye. (A sötétebb sávok az ábrán a spirálkarok sematikus helyzetét mutatják.)

fogva a csillagok és az intersztelláris anyag a számítások szerint $2-3 \times 10^8$ évenként áthalad a hullámfronton, amelyben a csillagközi gáz összenyomódik, és megindul benne a csillagok kialakulása. 2×10^8 év életkor és kb. 20 km/sec sebesség esetén, ha az adatokat 10—15% pontossággal ismerjük, a keletkezési hely 600 pc pontossággal határozható meg. Ez már elegendő a múltbeli spirálstruktúra azonosításához. Ha a csillagok életkorából és mozgásából a keletkezési helyet kiszámítva kiadódik a spirális struktúra és az megegyezik a sűrűség hullám-elmélet szabta képpel, komoly bizonyítékot nyerünk az elmélet mellett. *Wielen* 1973-ban 19 közeli cefeida csillaggal végzett számításokat és azt találta, hogy keletkezési helyük a Nappal szomszédos két spirálkar, a Perzeusz és a Szagittáriusz kar valamelyikében fekszik. (A cefeidák életkora elég jól becsülhető, mivel életüknek egy jól meghatározott szakaszában válnak változóvá.) Hasonló számításokat végzett *Yuan* 1970-ben 25 darab *B8—B9* típusú csillagra; amelyekre keskenysávú fotometriából az életkor kb. $\pm 15\%$ pontossággal ismert volt. Figyelembe véve a spirálkar gravitációs terét, amely az átlagos gravitációs tér 4—6%-a, a csillagok számított keletkezési helyére a 32. ábrán látható eredmény adódott. Az ábrán a sötétebb sávok a spirálkarok sematikus helyzetét mutatják. A kapott eredményt úgy értelmezhetjük, hogy a csillagok spirálkarokban keletkeztek és onnan az idővel térbeli sebességüknek megfelelően elvándoroltak.

A csillagok életpályájuk során a bennük lezajló magátalakulások hatására változtatják külső arculatukat. Ebből a szempontból igen fontosak azok a megfigyelési tények, amelyek a csillagfejlődési elméleteket alátámasztják, vagy esetleg tarthatatlanná teszik. *Blaauw* már 1958-ban rámutatott arra, hogy a *G8 III* óriáscsillagok mozgása igen hasonló a fősorozati *A* csillagokéhoz. Minthogy az elmélet szerint a csillagok életük túlnyomó részét a fősorozaton töltik, és az óriás állapotba való átmenet ennek az időnek a töredéke alatt történik, amely alatt a mozgásukban lényeges változás nem történik, az említett két típus mozgásában megnyilvánuló hasonlóság az elméleti fejlődési kép megfigyelési bizonyítékát jelenti.

Áttekintve a közepes korú csillagokról kapott eredményeket, azt mondhatjuk, hogy mozgásuk analízise fontos megállapításokhoz vezetett a Galaxis spirális struktúrájának, illetve a csillagok belső szerkezetének változásaival kapcsolatos kérdések vizsgálatában.

A csillagtársulások kora

Azoknál a csillagoknál, ahol a kor 10^6-10^7 év, és amelyeknél a térbeli sebességet igen pontosan ismerjük, az előző ponthoz képest egy kicsit másképpen is eljárhatunk. Ha a pályát extrapoláljuk a múltba, a mérési pontosság lehetővé teszi, hogy azonosítsunk azt a csillagtársulást, amelyben a csillag feltehetőleg keletkezett, és ennél fogva meghatározhatjuk a korát igen nagy pon-

tossággal. Ez megfordítva, információt ad az illető asszociációban a csillagok kialakulásának korszakáról.

Példaként említsük a 72 Columbae csillagot, amely $B3 V$ típusú, becsült kora $1,4 \times 10^7$ év és amely a Skorpió $OB1$ asszociációban keletkezett. A jelenlegi térsebesség, 190 km/sec, néhány százalék pontossággal ismert. Pályája metszi a Sco $OB1$ asszociációt, és az objektum itt tartózkodott $1,4 \times 10^8$ évvel ezelőtt. A 72 Col extrém példája az ún. „elrohanó” („run-away”) csillagok csoportjának, amelyek O és B típusúak, míg koruk többnyire egy és ötmillió év között van. Azt az időt, amelyet annak az alapján számítunk, hogy mennyi idő telt el azóta, amióta a csillag elhagyta az asszociációt, *kinematikai kornak* nevezzük.

Ha valamely csillagtársulásban sajátmozgások, illetve a radiális sebességek vizsgálata expanzióra utal (*Ambarcumjan* hipotézise szerint minden csillagtársulás sűrű, ún. presztelláris anyagból való robbanással keletkezett), definiálhatunk egy T_x expanziós kort, amely attól az állapottól eltelt idő, amikor az asszociáció a legnagyobb térbeli koncentrációt mutatta. A legjobban vizsgálható esetben, a Perzeusz $OB2$ asszociációnál, ahol az expanziós sebesség nagy és az objektum fiatal ($T_x = 1,3 \times 10^6$ év), ez a kor kb. 10% pontossággal határozható meg.

Az expanziós kor átlagos kornak tekinthető, és nem biztos, hogy megegyezik az egyes csillagok valóságos korával. A megfigyelések azt mutatják, hogy az egyes csillagok mozgása eltér a szigorúan expanziós jellegtől, és ezt nem magyarázhatjuk meg pusztán észlelési hibával. A definíció világossá tévése céljából az alábbi korokat különböztetjük meg:

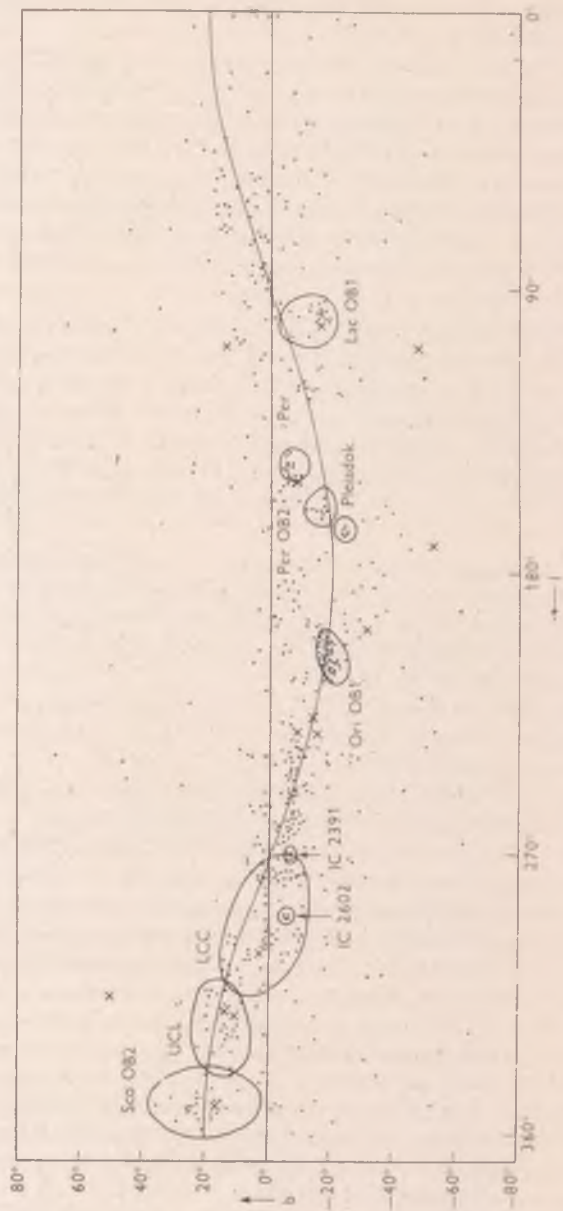
T_x = a korábban definiált expanziós kor a csillagtársulás egészére;

T_r = az „elrohanó” csillagok, mint pl. a 72 Col, kora, amely a csillag sebességén és az asszociációtól való távolságán alapul;

T_n = a nukleáris kor, amely a csillagoknak a HR diagramon elfoglalt helyzetéből vezethető le a csillagfejlődési elméletek alapján.

Szokás a T_x és T_r időt a kinematikai kor fogalmában összefoglalni, habár más vonatkozásban meg különbséget kell tennünk közöttük. Az „elrohanó” csillagok a legáltalánosabban elfogadott elképzelés szerint olyan kettőscsillagokból származnak, ahol a nagyobb tömegű komponens felrobbant. Ennél fogva a T_r kort a robbanás pillanatától mérjük, és figyelmen kívül hagyjuk a kontrakciós fázist a kettőscsillag állapotba, valamint a fősorozaton való tartózkodást. Másrészről a T_x kor minden valószerűség szerint azzal az idővel azonosítható, amely attól a pillanattól eltelt, amikor az asszociáció anyaga — egyelőre nem teljesen tisztázott okokból — egy kis térfogatból expandálni kezdett. Ezután történt a csillagok kialakulása, amelyet az individuális csillagfejlődés követett. Ennél fogva azt várjuk, hogy $T_r < T_x$. Egyelőre sajnos még nincs elegendő adatunk ennek az összefüggésnek az igazolására, mindenestre a jelenlegi ismereteink nem szólnak ellene.

A fenti képből a T_n nukleáris kor T_x és T_r között van, mivel magában fog-



33. ábra. A 600 pc-nél közelebb levő O-B5 típusú csillagok eloszlása a galaktikus szélesség és hosszúság szerint. A Gould-övet vázlatosan egy 20° amplitúdójú cosinus hullám jelöli. A bekarikázott területek a nagyobb asszociációkat jelentik.

lalja a rősorozati fázist, de nem tartalmazza a kontrakciósat. Ennél fogva várhatóan $T_x > T_n > T_r$. T_x és T_n egybevetése több asszociáció esetén azt mutatja, hogy vannak ettől eltérő esetek is. Mindazonáltal ez még további vizsgálatokat igényel. Néhány gazdagabb asszociációban, mint pl. az Orion OB1-ben, alrendszereket lehet megkülönböztetni, amelyekhez különböző T_n -ek tartoznak, és ezek közül néhánynál T_x is becsülhető. Így egy asszociáción belül a csillagok kialakulása több régióban, különböző időkben történhetett.

Nagyobb egységek felé haladva a Nap környezetében levő asszociációk egy szuperstruktúrában, az ún. *Gould-övben* rendeződnek. (Lásd 33. ábrát.) A jelenlegi vizsgálatok kevés kétséget hagynak afelől, hogy mind kinematikai sajátosságai, mind térbeli eloszlását tekintve a rendszer az OB asszociációk (és persze a T asszociációk) közötti genetikus kapcsolatot testesít meg. A kinematikai adatokból adódó korbecslések 4-től 6×10^7 évig változnak, és figyelembe veszik a Galaxis gravitációs terének hatását is (ez az individuális tömegegységek mozgását befolyásolja, amelyek valószínűleg inkább sűrű csillag előtti ködök és globulák, mint már kialakult csillagok). A Gould-öv így meghatározott kora ennél fogva a T_x kategóriának felel meg, és kielégíti a korokra fennálló hipotetikus egyenlőtlenségeket. A különféle fejlődési állomások az alábbi módon sorakoznak egymás után:

1. Mintegy 50 millió évvel ezelőtt az intersztelláris anyag expanziója (robbanása?) létrehozta a Nap környezetében a globulák és más sűrű ködök expanziós sebességeloszlását.

2. Az expanzió során különböző tömegű fragmentumok alakultak ki, amelyekben a csillagok kialakulásához vezető fejlődés különböző sebességgel zajlott le.*

3. Ezekben a nagyobb egységekben további alrendszerek különültek el, amelyek a nagyobb asszociációkban megfigyelhető alrendszereknek felelnek meg.

4. A legnagyobb tömegű csillagoknál röviddel kialakulásuk után explózió történt, és ez kettős rendszerekben létrehozta az „elrohanó” csillagok jelenségét.

Záró megjegyzések

Az eddig elmondottakban érintettük a Galaxis életének legfőbb állomásait és folyamatait a legrégebbiektől csaknem napjainkig. Sok mindent nem láttunk még világosan, és amit látni vélünk, az is sok helyen még alapos vizsgálatokat igényel. Úgy tűnik, biztosra vehetjük, hogy a gömbhalmazok csillagai és a korong csillagai között fennálló térbeli elhelyezkedés és mozgás szerinti

* A csillagok kialakulása a Skorpió-Centaurusz komplexusban 10–20 millió évvel ezelőtt kezdődött, míg a Perzeusz OB2-ben csak 1 millió évvel ezelőtt.

különbség, kor és kémiai összetétel szerinti különbséggel jár együtt. Ez valószínűsíti azt a feltevést, hogy a korongban levő csillagok nehéz elemei galaxisunk jelenlegi formájának kialakulása után keletkeztek. A korong csillagainak kora és fémtartalma közötti gyenge korreláció azt az elképzelést valószínűsíti, hogy a nehéz elemeknek legalábbis egy része a csillagokban keletkezett, és ezek újra kidobták az interstelláris térbe, feldúsítva nehéz elemekkel a csillagközi anyagot, amelyből a későbbi csillaggenerációk keletkeztek.

A kép azonban korántsem ennyire problémamentes. Ennek kapcsán érdemes megemlíteni, hogy *Unsöld* 1972-ben a legmegbízhatóbb spektroszkópai észlelések áttekintése során arra a következtetésre jutott, hogy a legkülönbözőbb H/Fe arányú objektumokban a nehéz elemek egymáshoz viszonyított aránya közel állandó. Ez amellett szólna, hogy ezek az elemek valami egyetemes folyamat termékei, amely esetleg a pregalaktikus korban játszódott le, minthogy az észlelési hibán belül (kb. egy kettes faktor) a nehéz elemek relatív aránya a közeli extragalaktikus objektumokban is hasonló eloszlást mutat. Ez az eredmény jelentősen módosíthatja a Galaxis kialakulására, vagyis a kezdeti feltételekre vonatkozó elképzeléseinket.

Az utóbbi években intenzív kutatások folynak a spirális szerkezet mibenlétének kiderítésére nemcsak a Galaxisunkban, hanem számos extragalaxisban is. Ennek során a legmodernebb észlelési technikát is csatasorba állították (rádiótvárcsövek apertúra szintézise, optikai interferométerek stb.). A legalaposabban vizsgált galaxis ebből a szempontból az $M\ 51$ -es jelű spirálgalaxis. A hollandiai Westerborkban levő rádiótvárcső komplexussal 20 cm-es hullámhosszon végzett mérések két rádiókart mutatnak, amelyek az optikai karok belső oldalán húzódnak a sűrűséghullám-elmélet jóslásának megfelelően. Igen érdekes *Tully* 1974-ben Fabry-Perot optikai interferométerrel nyert eredménye ugyancsak az $M\ 51$ -ről. A belső spirálkarokban az ionizált hidrogén olyan mozgását találta, amely szintén jó egyezésben van a sűrűséghullám-elmélettel. Az elmondottak kvalitatíve igen komoly bizonyítékok, de a kvantitatív bizonyítástól még messze vannak. Galaxison belüli megfigyelések terén nem utolsósorban a csillagok mozgásának mind pontosabb ismerete szükséges.

A csillagok mozgásának életkortól való függésének tanulmányozása során az azonos korú csillagokat az HR diagramon húzott izochronokkal különítettük el. Az izochronokat többnyire a csillaghalmazok HR diagramjaival szokták azonosítani. Újabban a csillagmodellek elméleti fejlődése lehetővé tette az elmélet és a megfigyelések egyre pontosabb egybevetését. Ez az egybevetés azt sugallja, hogy a csillagok kialakulása a halmazban néhányszor tízmillió év alatt történt. Valószínű, hogy a kisebb tömegű csillagok formálódtak először, és a nagyobb tömegűek csak később keletkeztek, míg a folyamat az OB csillagok kialakulásával fejeződött be. Ez az elképzelés azért plauzibilis, mert az OB csillagok nagy luminozitásuk folytán nagy térfogatban ioni-

zálják az intersztelláris gázt, amely ezután túl forróvá válik további csillagképződéshez.

Az elmondottak során a csillagok mozgásával kapcsolatos számos témakört nem érintettünk. A tárgyalt témakörök kiemelésénél az volt az irányadó, hogy bemutassuk a Gaiax életének jellegzetes állomásait, a legrégibb koroktól egészen a legújabb időkig. Ezeken a területeken napjainkban is intenzív kutatómunka folyik és a reméljük nem is olyan távoli jövőben még számos érdekes, új eredmény szemtanúi lehetünk.

PLANETÁRIS KÖDÖK

Bevezetés

Az Univerzum anyaga a megfigyelő csillagász előtt legáltalánosabban két formában jelenik meg: a termodinamikai egyensúly — vagy általánosabban — a dinamikus stabilitás állapotában aktívan energiát termelő és sugárzó csillag formájában, és a viszonylagos passzivitást mutató, „szunnyadó”, igen ritka intersztelláris gáz- és poranyag formájában.

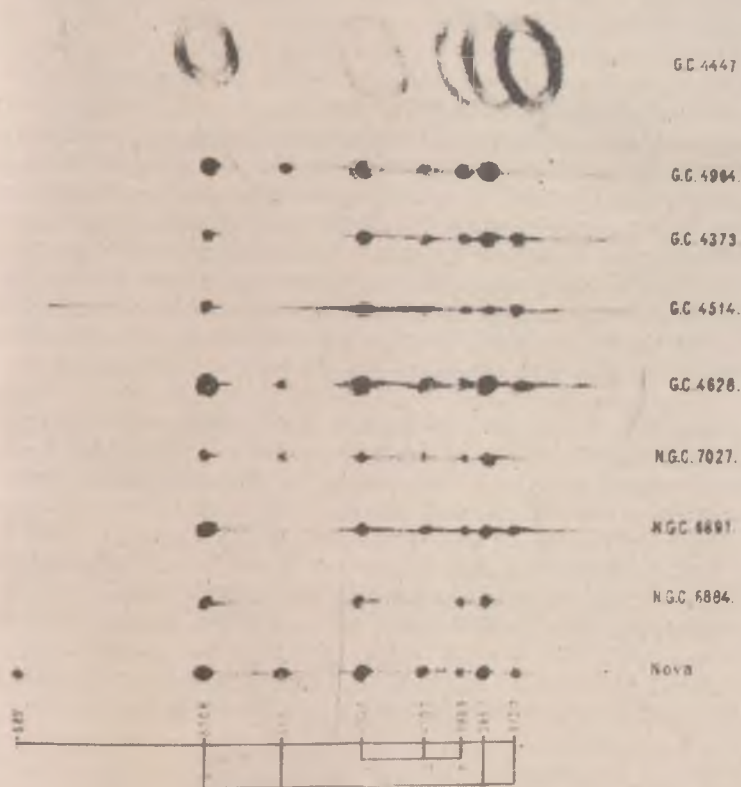
Ebben az értelemben az utóbbi időkben felfedezett különleges objektumok — a kvazárok és pulzárok — sem jelentenek harmadik változatot, hiszen csak az aktív anyag más minőségű fizikai állapotáról van szó.

A planetáris ködöknél kezdettől fogva a kozmikus anyag egy sajátos megjelenésére gondoltak a felfedezők, jóllehet erre csak önálló fényük és morfológiai megjelenésük adott akkoriban alapot. (A köd elnevezés arra utal, hogy egy planetáris köd képe egy bolygóhoz hasonló korong alak.) Az első planetáris ködöket William Herschel (XVIII. sz.) és kortársai fedezték fel. Ez időből való a planetáris ködök első katalogizálása is, más ködszerű objektumokkal együtt.

Amikor a múlt század második felében a csillagászati fotometria kifejlődött, jelentős előrelépés történhetett a planetáris ködök vizsgálatában is.

Nagy nemzetközi visszhangú eredménye volt a magyar csillagászatnak, amikor 1886-ban Gothard Jenő a Szombathely melletti Herényben saját készítésű reflektorával, korát meghaladó csillagászati fotometriai eszközeivel és módszereivel, elsőnek készített olyan fényképfelvételt a Lyra gyűrűs ködről (NGC 6720), amelyen felfedezhette a köd központi csillagát. A centrális csillag és a köd közötti fényességkülönbség jelentős (néha eléri a 7^m -t is): mindig a köd fényesebb. Ezért a centrális mag felfedezése kezdetben különösen nehéz volt. (Lásd a XIV. képet.)

Tudományos szenzációt jelentett e század elején, amikor planetáris ködök színeképében olyan dublett emissziós vonalakat fedeztek fel, melyeket, a Földön laboratóriumi megfelelőjük nem lévén, egy új elemnek, a „nebuliumnak” tulajdonítottak. Jóval később, 1938-ban I. S. Bowennek sikerült megmagyarázni ezeket a nagy intenzitású emissziós vonalakat mint az $O II$ és $O III$ — egyszeresen és kétszeresen ionizált oxigén — tiltott átmeneteit.



**STUDIEN UBER DAS PHOTOGRAPHISCHE SPECTRUM
der planetarischen Nebel und des neuen Sterns.**

Eugen von GOTTHARD

(Mémoire della Società degli spettroscopisti Italiani,
Vol. 21, 1892. pp. 169-180.)

34. ábra. Gothard Jenő fotografikus spektrumfelvétele (1892) planetáris ködökről és novákról.

A planetáris köd mint sajátos csillagködgyűrű rendszer az asztrofizika mai szintjén kapott megfelelő magyarázatot. Centrumában a csillag vagy köd-mag termodinamikai egyensúlyban erős ultraviola túlsúllyal sugároz. A bu-rokban ez a nagyenergiájú sugárzás — ionizációs, rekombinációs és ütközési folyamatokkal — átalakul kisebb energiájú (vizuális tartományú) fotonokból álló sugárzássá. A burok vizuális tartománybeli luminozitása jelentősen fö-lülmúlja a centrális csillagét.

Az anyag fizikai állapota a burokban teljesen eltérő a csillag anyagáétól, minthogy a burokban szó sem lehet termodinamikai egyensúlyról, hanem olyan „állandó állapotról”, melyben az egész burok sugárzási tere és a kü-lönböző energia állapotokban levő atomok közti eloszlás állandósul. A csil-lag egy olyan kvázi zárt rendszer, amely dinamikus és csak evolúciósan vál-tozó struktúráját *H*, majd *He* anyagának fokozatos termionukleáris „elé-getéséből” nyert energiával biztosítja. Az energia transzport a termodinami-kai egyensúly, s a hőmérsékleti gradiens kialakításában — a teljes csillag-anyag aktívan dinamikus rendszerként vesz részt. A híg kozmikus köd eseté-ben ellenben nincs ilyen „rendszer-szervező” energia; ez tehát passzív „szuny-nyadó” anyag, melyben semmi jelentős fizikai folyamat nem zajlik, hiszen az intersztelláris térben az anyagot aktivizálni képes fotonűrűség igen ala-csony.

Megváltozik a helyzet, ha egy csillag közvetlen környezetében nagyobb mennyiségű ködanyag fordul elő. Ez az eset a planetáris ködöknél, de pl. a reflexiós ködöknél, a *P-Cygni* típusú csillagoknál és a nóváknál is. Ezek híg ködanyaga a közeli csillag fotoionizációs hatására aktivizálódik, és egyes elemi fizikai folyamatok játszódhatnak le benne. Ezek az asztrofizikában lép-ten-nyomon szerepet játszó elemi folyamatok itt egyszerűbb feltételek között vizsgálhatók, s fontos általános ismereteket nyújthatnak.

A csillagfejlődés késői szakaszára is fontos adalékokkal szolgálhatnak a planetáris ködök. Kémiai összetételük ismerete fontos a csillagfejlődési vizsgálatokhoz. A planetáris ködök közös populációs eredete pedig az ezeket magába foglaló galaxis struktúrájáról informálhat bennünket.

Galaktikai populációs sajátosságai

A Tejútrendszer struktúráját — finomabb részletektől eltekintve — lényegé-ben 3 alappopuláció alkotja.

Ezek százalékos eloszlása (objektumok számában):

I. populáció	7%
II. (halo) populáció	25%
Korong populáció	66%

Míg az I. és II. populáció a Tejút távoli tartományaiban is jól tanulmányozható, a korong populációról ismereteink a Galaktika centrumán túli területekről alig vannak. A planetáris ködök az egyedüli korong populációs objektumok, amelyek távoli Tejút-tájakon is észlelhetők: nem extrém luminozitásuk, hanem egyéb speciális tulajdonságaik alapján. Ez összefügg felfedezésük módjával, amely kétféle lehet:

- a) Morfológiai alapon; jellegzetes fényes gyűrű vagy toroid alakjuk miatt
- b) spektroszkópiai alapon; igen nagy intenzitású specifikus emissziós vonalak jelenlétéből.

Az eddig ismert 1036 planetáris köd 40%-a direkt fotografikus felvételeken vagy a Palomár Atlaszon morfológiailag is felismerhető; az alsó korlát 13'' (szögmásodperc). Schmidt teleszkóppal készült objektívprizmás felvételek alkalmasak keresésükre a spektrumukban fellépő erős emissziós vonalak és a kontinuum hiánya alapján. A galaktikus centrumban a nagy csillagsűrűség miatti átfedés csökkentésére vörös szűrővel spektrum rövidítést végeznek, ekkor az azonosítást megnehezíti, hogy lényegében a H_{α} emissziós vonalra korlátozódik. Az idegen objektumok belekeveredését az N_1 , N_2 tiltott vonalak felismerése (kontinuum hiánynál) kiküszöbölheti.

A planetáris ködök galaktikus eloszlásának tanulmányozása fontos a Galaktika struktúrájának és a centrum irányának megismeréséhez. Az eloszlás meghatározásához az objektumok távolsága kell. Távolság meghatározására használható a jól ismert módszer; minden planetáris ködre jellemző közös fizikai tulajdonságot kell vizsgálni. A skála nulla pontját klasszikus módon meghatározott távolságadat szolgáltatja. Ilyenek: az NGC 7293 trigonometrikus parallaxissal, az NGC 246 centrális csillagának kísérője által meghatározott távolsága és az M 15-ben levő planetáris ködé; az M 15 távolságából. Közös tulajdonságokat jónéhányat találhatunk, de olyat amely a legtöbb planetáris ködnél jól mérhető és így távolságskálának használható, lényegében kettőt:

- a) planetáris köd látszó mérete (szögátmérő)
- b) jól kivehető monokromatikus emissziós vonal; pl. H vonalak.

A távolságmeghatározás módszereire ne térjünk ki. Mindenesetre a távolságmérések alapján a planetáris ködök ugyanolyan eloszlást mutatnak, mint az egyéb korong populációs objektumok, a Naptól 7 kpc (kiloparszek)-en belül. Nem mutatnak kifejezett koncentrációt a galaktikus centrum felé, bár ennek közelében a megfigyelési korlátok is szelektíven hatnak. 7 kpc-en túl a radiális sebességmérések segítenek. Azon planetáris ködök száma, amelyeknek radiális sebességét mérték, már 250. Ezek közül legtöbb a centrum közelében található. Itt főleg elliptikus pályán mozognak. A radiális sebességek diszperziója a centrum irányában nagy, ami arra utal, hogy a centrum felé sűrűsödnek. A diszperzió nagysága kb. megegyezik a II. populációs objektumok diszperziójával. Ez azt mutatja, hogy a jellegzetes populációs sajátosságok a centrum közelében elmosódni látszanak.

Ezidáig már három extragalaxisban is sikerült azonosítani planetáris kö-
döket: az *M 31*-ben és a két *Magellán Felhőben*. A planetáris ködök azonosí-
tása az extragalaxisokban Lindsay kritériumai alapján történik:

1. Az objektum nem lehet egyéb köd környezetben.
2. Megjelenésében csillagszerűnek kell lennie.
3. Színképe kevés vagy semmi kontinuumot nem tartalmaz.
4. Tipikus diszkrét köd-vonalakat mutathat.
5. Pozitív színindexe van.

Ezek alapján:

az *M 31*-ben 5, a Kis Magellán Felhőben 30, a Nagy Magellán Felhőben
pedig 45 planetáris ködöt találtak. A Kis Magellán Felhőben (*KMF*) a „cent-
rális rendszerhez” tartoznak, míg a Nagy Magellán Felhőben (*NMF*) a
„korong rendszerhez”.

Feltételezve, hogy a planetáris köd-állomány legfényesebb egyedei a detek-
tált ködök, és a teljes planetáris köd élettartam 10%-a telik el a legfényesebb
állapotban, becslés adható a teljes számukra:

A *KMF*-ben: 300; az *NMF*-ben: 450;

míg a Tejútrendszerben: $4,8 \cdot 10^4$.

A Magellán Felhőkben levő pozíciós és radiális sebességbeli eloszlások bi-
zonyos következtetéseket adnak: a *KMF* „éléről látszó” galaxist mutat;
a planetáris ködök szimmetria vonala nem egyezik a HI (neutrális hidrogén)
struktúra főtengelyével. A radiális sebességek nem utalnak arra, hogy rotá-
ciós rendszer lenne a *KMF*. Az *NMF*-ben a planetáris ködök eloszlása „szembe-
néző” rendszert mutat, amely a planetáris köd rendszer „centruma” körül
rotál. *Feast* spektroszkópiai megfigyelései szerint az *NMF*-nél 1 kpc eltérés
van a rotációs és optikai centrum között. Az extrém I. populációs objektumok
a rotációs centrum, a planetáris ködök pedig az optikai centrum körül helyez-
kednek el szimmetrikusan.

Az *NMF*-ben a ködök sebesség diszperziója jelentősen nagyobb, mint az
extrém I. populációé, ez bizonyítéknak tekinthető az *NMF* kollapszusára.

Planetáris ködök morfológiája

A planetáris ködök morfológiája az anyag térbeli eloszlásán alapul. Áltá-
lános törekvés, hogy a planetáris ködök közös *lényegi* tulajdonságait kell
vizsgálni.

A vizsgálat megfigyelési anyaga a planetáris ködök e célra megfelelő fo-
tografikus felvételei, lehetőleg több színben is (lásd a XV–XX.). képeket.

A klasszifikáció a planetáris ködök struktúráját két összetevőre bontja:
főstruktúrára és
periférikus struktúrára.

A főstruktúra fényes és kompakt, belemerül a halványabb és kiterjedtebb

periférikus struktúrába. A főstruktúra a periférikus struktúrának 1/10-e, de ennél legalább háromszor sűrűbb. Úgy tekinthető tehát, hogy a planetáris ködök tömegének túlnyomó részét a főstruktúra adja. A főstruktúrát, egy szabályos gyűrűformától való eltérés fokozatainak megfelelően három típusba osztjuk: 1, 2, 3-mal jelöljük ezeket.

A periférikus struktúrát, formájuk szerint, három alosztályba lehet sorolni. Jelölésük: *a*, *b*, *d*. (lásd a35. ábrát.)

A 3. táblázat mutatja a planetáris ködök eloszlását típus szerint:

planetáris köd típusa	1			2			3		
perif. strukt. jellemzői	—	d	—	a	b	d	—	a	b
Az osztályozott obj. száma:	66	14	49	27	2	6	26	34	25
teljes szám:		80			84			99	

3. táblázat

Eddig a planetáris ködök síkvetületi struktúrájának osztályozásáról volt szó.

A köd térstruktúra vizsgálata a planetáris ködök morfológiájának mélyebb megismeréséhez vezethet. Minkowski és Osterbrock egyes planetáris ködökről határozottan megállapította, hogy különböző megjelenési formájuk ellenére ugyanolyan toroid szerkezettel rendelkeznek. Kromov és Kohoutek a főstruktúra három osztályát vizsgálva felvetették, hogy ezek egy toroid különböző vetületei. Ha pl. a planetáris ködöt rotációs tengelyének irányából tekintjük, a gyűrű formájú 1-es struktúrát látjuk; ha az egyenlítő síkjában, akkor 3-as típusú struktúrát látunk; a közbülső helyzet pedig a 2-es típust mutatja.

A különböző planetáris ködök tengelyállásának random eloszlását alapul véve számolható a fenti toroid modellből a főstruktúra különböző típusainak elméleti megoszlása. Ezt összevetve a megfigyelt eloszlással, az 1-es objektumokra megegyezés mutatkozik, a 3-as típusúaknál a megfigyelt aránya az elméleti számításhoz képest jelentős hiányt mutat (lásd 2. táblázat).

Különböző planetáris ködök relatív száma.

Főstruktúra típus	1	2—3
Elmélet	1,0	6,1
Megfigyelés	1,0	2,3

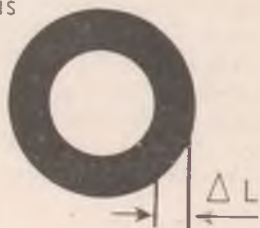
4. táblázat

Ez a túlsúly magyarázható megfigyelési szelekcióval, hiszen a fotografikus lemezekon a nagyon halvány 1-es típusú objektumok jobban megfigyelhetők, mint az irreguláris formájú 3-as típusúak.

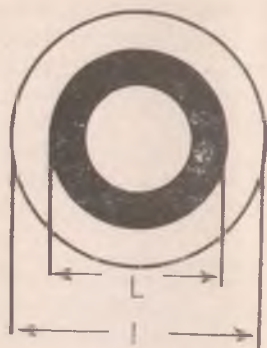
A periférikus struktúra típusaira nehéz szabályos összefüggéseket adni, legfeljebb annyit, hogy bizonyos periférikus struktúra típusok „vonzódnak” bizonyos főstruktúra típusokhoz.

fő szerkezeti típus

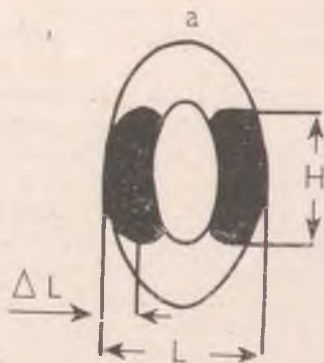
1



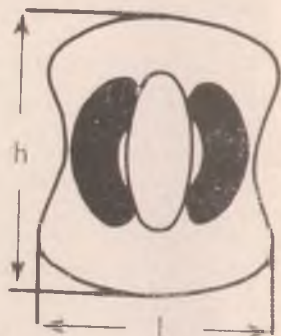
d



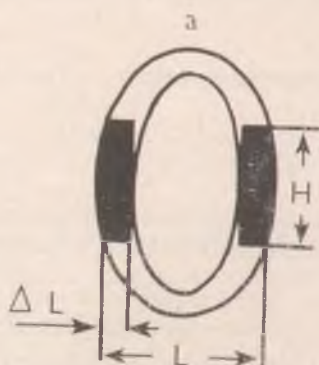
2



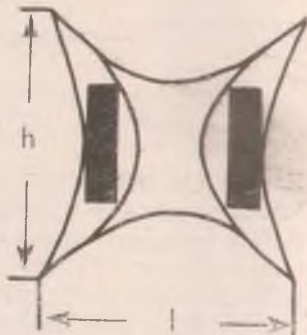
b



3



b



35. ábra Planetáris ködök morfológiai típusai
222

Központi csillag

A központi csillag alapos megismerése a kulcsa annak, hogy az egész planetáris köd keletkezéséről és fejlődéséről képet alkothassunk. Jelenleg általánosan elfogadott vélemény, hogy a planetáris ködanyag eredetileg a csillaghoz tartozott. Másrészt a központi csillag spektruma, elsősorban a távoli ultraibolya tartományban, alapvető fontosságú a planetáris ködben zajló fizikai folyamatok megértése szempontjából.

Sajnos a spektrum legfontosabb része a Lyman limit alatt rejtve marad a hidrogén intersztelláris abszorpciója miatt. Néhány központi csillag elég fényes a részletes spektroszkópai vizsgálatához is. Sajnos a döntő többséget alkotó halványabb csillagoknál a csillag abszorpciós jellegére a köd *H* és *He* emissziós vonalai szuperponálódnak, s pontatlanná teszik a központi csillag megfigyelését. Csak néhány csillagra (pl. *NGC*, 246, 1514, 3132) olyan gyenge a köd hatása, hogy a spektrumban ez elhanyagolható. Az 5. táblázat tartalmazza azon planetáris ködöket, melyeknek központi csillagát legrészletesebben figyelték meg a Lick Observatórium 120 inches Coudé spektrográfjával; 16 Å/mm diszperzióval.

A planetáris ködök központi csillagai látszólag a csillagfejlődés késői állapotának képviselői. Azonban a táblázat tanulsága szerint a csillagokat hat típusba sorolták:

1. *Wolf-Rayet* (*WR*) spektrum; főleg *WC* vagy *WC* és *WN* közötti átmeneti spektrum; egyetlen *WN* adódott.
2. *Of*-spektrum (pl. *NGC* 2392); gyakran az I. populáció *Of* típustól eltérő tulajdonsággal.
3. Az *Of* és *WR* típusok közti átmeneti spektrum.
4. Abszorpciós vonalú *O* spektrum.
5. Tisztán kontinuumos spektrum (a jelenlegi spektrum feloldás szerint)
6. *NGC* 246 típusú spektrum (magas gerjesztésű spektrum, erős *OIV* emissziós vonalakkal).

A legfényesebb planetáris magok között gyakori a *WR* csillag. Talán éppen ezen *WR* csillagok tanulmányozása tud majd választ adni ezek néhány fontos kérdésére. Például a *WR* csillagok atmoszférájának instabilitása lehet a hatalmas sugárnyomás következménye. Elméleti vizsgálatoknál a gravitációs gyorsulást az atmoszférában és az effektív hőmérsékletet (T_{eff}) mint paramétereket véve, atmoszféra modellt konstruálnak. Ebből vonalspektrumot számolnak, és megfigyelt spektrumokkal való összehasonlításból e modellt tökéletesítik.

A problémák azonban igen nagyok, hiszen a külső rétegek a csillagnál nincsenek hidrosztatikus egyensúlyban és állandó tömegvesztés megy végbe. A különböző módszerekkel nyert hőmérsékletek között azonban jelentősek

az eltérések és bizonytalanná teszik a központi csillagok helyét a H—R diagramban is. Így jelenleg nem megfelelő alap a csillag evolúciós vizsgálatához sem.

A központi csillagok fotometriája eddig kissé elhanyagolt volt. Ennek ellenére néhány esetben a központi csillag fényváltozását állapították meg. *Kohoutek* kimutatta, hogy az NGC 1514 A0 típusú csillaga kettős, melynek nem megfigyelhető társa a köd tényleges magja.

Megfigyelt központi csillagok a planetáris ködökben

Köd	Központi csillag	Köd	Központi csillag	Köd	Központi csillag
NGC 40	WR	NGC 3132	A	NGC 6803	Kontin
NGC 246	OF	NGC 3242	Kontin	NGC 6804	0, abs
NGC 650	Kontin	NGC 4361	0, abs	BD + 30°3639	WR
IC 1747	WR	IC 3568	0, abs	NGC 6818	Kontin
IC 351	Kontin	NGC 6058	0, abs	NGC 6826	Of
NGC 1501	WR	IC 4593	Of	NGC 6853	0, abs
IC 289	Kontin	NGC 6210	Of	NGC 6884	Kontin?
NGC 1514	A	IC 4634	Kontin?	NGC 6886	Kontin
NGC 1535	0, abs	NGC 6309	Kontin	NGC 6891	Of
J 320		NGC 6445	Kontin	IC 4997	Of
IC 418	Of	NGC 6543	Of	NGC 6905	WR
NGC 2022	Kontin	NGC 6572	Of?	NGC 7008	0, abs
IC 2149	0, abs	NGC 6567	Kontin	NGC 7009	Kontin
NGC 2371—2	WR	NGC 6629	0, abs	NGC 7026	WR
NGC 2346	A	NGC 6720	Kontin	IC 5217	Kontin?
NGC 2392	Of	NGC 6751	WR	NGC 7354	Kontin
NGC 2438	Kontin	NGC 6778	Kontin	NGC 7662	Kontin
NGC 2452	WR	NGC 6790	Kontin	CD—32°14673	0, abs

WR = Wolf-Rayet típus

Kontin = kontinuumos, abszorpció vagy emisszió nélkül

0, abs = kontinuumos, abszorpciós vonalakkal

Of = Kontinuumos, szűk emissziós vonalakkal és lehetséges abszorpcióval.

5. táblázat

Spektrum

A planetáris ködök spektrumának emissziós vonalai kétfélek: megengedett vonalak és tiltott vonalak.

A vonalak többsége a foto-ionizáció és az azt követő kaszkád rekombináció eredményeként keletkező megengedett vonal. Emellett jellegzetes köd-vonalak (N_1 , N_2) is keletkeznek az elektronok metastabilis állapotának tiltott átmenetei útján.

Leggyakrabban előforduló tiltott vonalak:

Hullámhossz	Átmenet	Atom	Gerjesztési potenciál (eV)
3726	$^1S_{3/2} - ^2D_{3/2}^{\circ}$	OII.	3,31
3729	$^1S_{3/2} - ^2D_{3/2}^{\circ}$	OII.	3,31
4363	$^1D_2 - ^1S_0$	OIII.	5,33
4959	$^3P_2 - ^1D_2$	OIII.	2,50
5007	$^3P_2 - ^1D_2$	OIII.	2,50
6583	$^3P_2 - ^1D_2$	NII.	1,89

6. táblázat

Honnan ered a planetáris ködök sugárzása?

A központi csillagok felfedezése óta senki sem kételkedik, hogy ezek erős „köd-mag” sugárzása váltja ki magának a ködnek mint buroknak a sugárzását.

A ködsugárzás módja többféle lehet. Reflexió nem jöhet szóba, minthogy a köd spektruma egyáltalán nem hasonlít a központi magéhoz, amint az visszaverődéskor várható volna. Rezonancia szórás sem lehet, mivel a köd egyes emissziós vonalainak intenzitása lényegesen fölülmúlja a mag ezen energiasávban kibocsátott intenzitását. A magyarázat — figyelembe véve, hogy a köd mindig lényegesen fényesebb, mint a maga — a következő:

A magas hőmérsékletű központi csillag ultraibolya sugárzása a ködburokban, fluoreszcencia útján, intenzív látható tartománybeli sugárzássá alakul át. Vegyük a köd egy H atomjának 1, 2, 3-mal jelölt energiaszintjeit ilyen sorrendben: $E_1 < E_2 < E_3$.

Egy foton abszorpciójának két egyszerű eredménye lehet:

- rezonancia szórás: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 1$
- bonyolultabb ciklikus folyamatok, melyek közül a két legfontosabb: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$
 $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$

Az a) eset — mint említettük — nem játszik fontos szerepet. A b) eset első változata esetén a $h\nu_{12}$ és $h\nu_{23}$ kvantumok összegeződnek $h\nu_{13}$ nagyenergiájú (uv) kvantummá.

A második változatnál fordítva, a $h\nu_{13}$ kvantum hasad fel $h\nu_{12}$ és $h\nu_{23}$ két kisenergiájú kvantummá. A sugárzás hígulás esetén (a sugárzás-sűrűség a magtól távolodva a térben folyamatosan hígul) a második változathoz képest az első elhanyagolható, tehát a magasabb energijú kvantumok hasadnak szét végeredményben több alacsony energijú kvantummá. Ez a *fluoreszcencia*. A köd esetén tehát az történik, hogy a központi mag ultraviola sugárzása a H atomok alacsony energijú nivóin levő elektronokat fotoionizációval kiszabadítja, majd a szabad elektronok, rekombinációk sorozatán át, a magasabb energijú nivókról mind alacsonyabbra kerülnek megfelelő fénykvantumok kibocsátásával. A kaszkád átmenetek zavartalanságát a sugárzás hígultsága és a ködanyag kis sűrűsége (kicsi az ütközések valószínűsége) biztosítja.

A fluoreszcencia jelenség tette lehetővé a központi csillag hőmérsékletét meghatározó módszer kidolgozását. Ennek alapelve a *színhőmérséklet* mérés. A mag ultraibolya sugárzásának intenzitását a H Lyman sorozatának a ködben való nyomonkövetésével lehet megállapítani.

Belátható ugyanis, hogy a köd megfigyelhető Balmer kvantumai alulról korlátozzák a mag által kibocsátott L_e Lyman kvantumok számát:

$$\begin{array}{c} \text{köd} \\ N_B \leq N_{L_e} \end{array}$$

A köd Balmer kvantumának mérésével tehát lehetséges a központi csillag hőmérsékletére egy alsó korlátot adni.

Néhány számított érték:

Központi csillag	T_*
NGC 6543	39 000°K
NGC 6572	40 000°K
NGC 7009	55 000°K

Ez a módszer azért is fontos, mert a mag *UV* sugárzását a földi atmoszféra leárnyékolja.

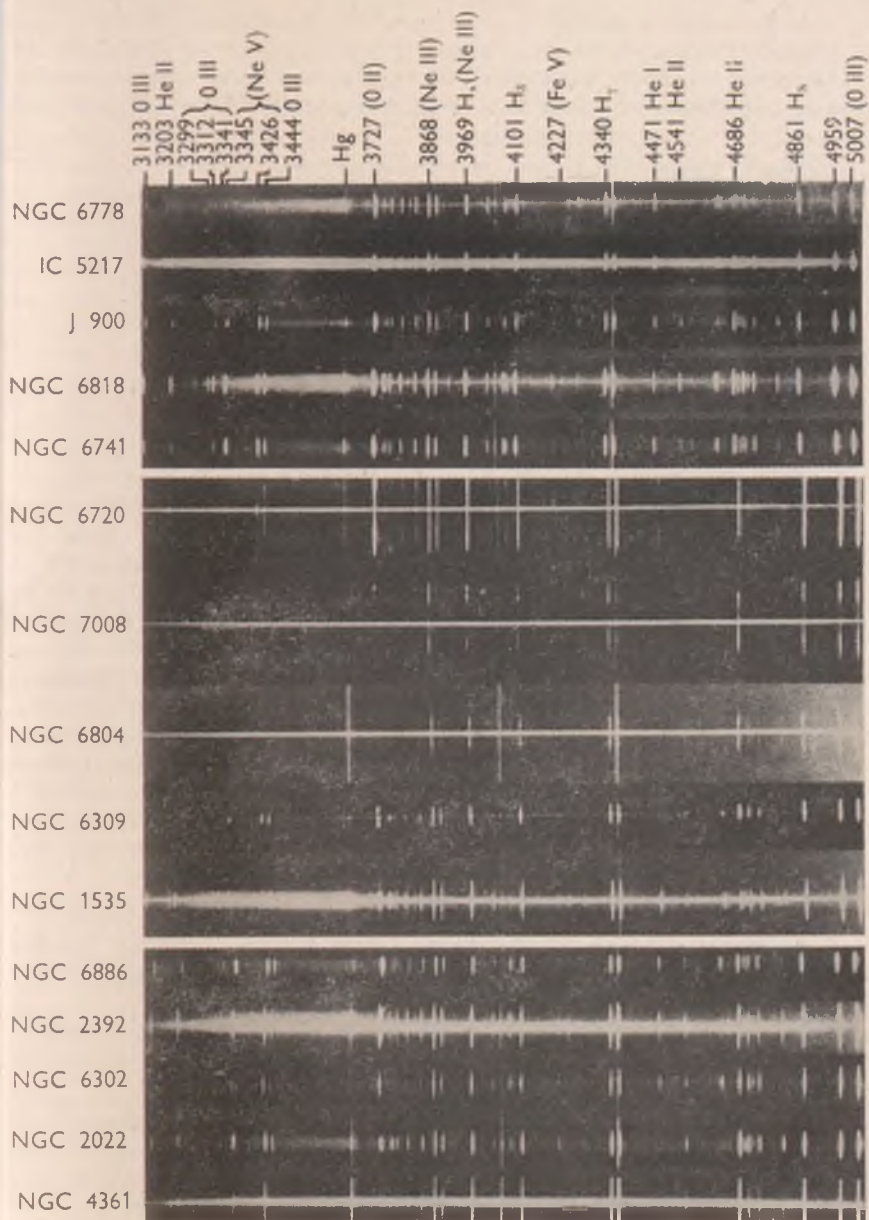
Bonyolultabb a helyzet más elemek rekombinációs vizsgálatainál. Elméleti szempontból az atomhéj fizikai folyamatok bonyolultabbak, a megfigyelést pedig ezen elemek gyenge spektrumvonalai nehezítik. Ezért is a planetáris ködök tiltott vonalai sokáig misztikusak voltak, s egy ismeretlen elem, a „nebúlium” vonalainak vélték (lásd 6. táblázat). Felvetődik a kérdés, mi az oka annak, hogy a csillagok atmoszféra vonalaiban nincs, a ködök vonalaiban van tiltott vonal?

Megengedett vonalakra:	$N = 10^8/\text{sec}$
tiltott vonalakra:	$N_1 = 0,018/\text{sec}$
	$N_2 = 0,006/\text{sec}$

a spontán átmenet valószínűsége.

Ez azt jelenti, hogy pl. az OIII ionizált atom rendes gerjesztett állapotban 10^{-8} másodpercig marad, metastabilis állapotban néhány másodpercig.

A csillagatmoszféra viszonyai között ütközések és sugárzás miatt nem maradhat hosszú ideig metastabil állapotban az atom, hanem normál gerjesztett állapotból nagyon gyorsan visszakérül alapállapotába. Ezzel szemben a kis anyag- és sugárzási sűrűség ködben sokáig zavartalan maradhat a metastabilis gerjesztett állapotba került atom, mignem — N_1 , N_2 — átmeneti sugárzással visszakérül az alapállapotba.



36. ábra. Planetáris ködök spektruma, kék tartományban (A Lick Obszervatórium felvétele.)

Ambarcumján megmutatta, hogy planetáris köd viszonyai között, a metastabilis állapotok felhalmozódhatnak, s igen nagy intenzitással alakíthatják ki a tiltott vonalakat. A felhalmozódás mértéke függ a fotoionizációval keletkező szabad elektronok sűrűségétől. Ahhoz, hogy az OIII atom $\lambda=4363$ Å-t-nél emittáljon, az elektronoknak nagyobb energiára van szükségük, melyet a magasabb hőmérséklet biztosít; minél magasabb a hőmérséklet, annál több elektron lesz képes a $\lambda=4363$ vonal emittálására. E vonal intenzitásának aránya az OIII második két vonalához képest, a köd hőmérsékletével arányban van (36. ábra).

Rádió és infravörös spektrum

A planetáris ködök megfigyelése a rádió és infravörös spektrumban alig több mint tíz éve folyik. A planetáris ködök relatíve kis méretük és gyenge rádióemissziójuk miatt nehezen vizsgálhatók rádió frekvencia tartományban.

Kezdetben, feloldási nehézségek miatt, gyakran más forrásokkal összekeverve kapták az eredményeket. Így azután sok nem-termális rádióspektrumot is mértek a planetáris ködöknél, de ahogy tökéletesedett a mérés, úgy fogytak el a nem-termális rádióspektrumok. A rádió frekvenciákon a kontinuum emissziót teljesen a szabad-szabad sugárzás (termális fékezési sugárzás) váltja ki. Ma már 140 (1973) planetáris köd egy vagy több rádió-hullámhosszon történő megfigyelései megerősítik a sugárzás termális jellegét és az emisszió rekombinációs elméletét. Az NGC 7027 megfigyelése 11,1 cm hullámhosszon egy kisméretű (0'',6) intenzív forrás felfedezéséhez vezetett a mag közelében.

A H magas főkvantumszámú rekombinációs átmeneteinek detektálása csak a legutóbbi időkben vált lehetségessé a forrás gyengesége miatt. Az első ilyen rádióemissziós vonalat, a $H109$ -et, ugyancsak az NGC 7027 planetáris ködben figyelték meg, majd ezt követte a $H85$ magasabb frekvenciájú átmenet megfigyelése. E vonalak elkentségére azonban ma nincs határozott magyarázat.

Az infravörös tartományban ugyancsak az NGC 7027 hozott meglepetést. A kontinuum 7,5—14 μ tartományában Gillett mintegy százszoros erősségű infravörös excesszust talált. E tekintetben ezen planetáris köd nagymértékben hasonlít az NGC 1068 Seyfert galaxishoz.

Az infravörös excesszus magyarázatára a ködben levő por $Liman-\alpha$ sugárzás által gerjesztett termális emisszióját találták, mely ma már általános jelenségnek tűnik a planetáris ködöknél.

Egy infravörös csúcs felfedezése (11,3 μ) az NGC 7027-ben azonban arra utal, hogy nemcsak egyszerű grafitszemcsék találhatók a planetáris ködökben, hanem összetettebb szemcsék is; pl. e csúcs magyarázatául szolgáló $MgCO_3$. Legújabb ilyen emissziós vonalak még

Atom:	[NeII]	[SIV]	[ArIII]
$\lambda(\mu)$	12,8	10,5	9,0

A távoli infravörös és ultraibolya vonal emissziós spektruma elméletileg eléggé tisztázott, azonban megfigyelése csak az atmoszféra fölött lehetséges.

Struktúra, evolúció

A planetáris ködök morfológiájáról vagy statikai struktúrájáról a fentiekben már volt szó. Az objektumok fejlődése szempontjából azonban sokkal fontosabb a dinamikus struktúra vizsgálata.

A köd termodinamikai struktúrája olyan folyamatok eredménye, melyek jelentősen eltérnek a termodinamikai egyensúlytól. Ugyanis az elemek ionizációját a központi csillag erősen felhígult sugárzása okozza, míg egy pontban a gerjesztést vagy elektron hőmérsékletét a fotoionizáció fűtésének és az elektronok és ionok rugalmatlan ütközése hűtésének együttes közreműködése határozza meg. A H és He-ből álló planetáris ködburok belső részén a mag Lyman kontinuum sugárzása a két elem ionizációjával felemésztődik, kialakítva a ködben egy ionizációs struktúrát. Az ionizációt befolyásolja azonban a ködben keletkező diffúz sugárzás is. A ködben előforduló He-nél nehezebb elemek pedig hűtik a gázt, és jól megfigyelhető erős vonalakat hoznak létre.

A planetáris ködök dinamikus modelljének megalkotásához az alábbi fontos ismeretek szükségesek:

- A gázburok sűrűségeloszlása, kémiai összetétele,
- a központi csillag fluxusa és energiaeloszlása.

A hőmérséklet számításához feltesszük, hogy a hűtés és fűtés egyensúlyban van egy adott pontban. Reális modell felállításához figyelembe kell venni a sebesség gradienst, a hőmérséklet gradienst, az ezeket kialakító sugárzási folyamatokat (fotoionizáció, ütközési folyamatok, abszorpciós mechanizmusok) ill. sugárzás áramlást. Magyarázatot kell azonban adni optikai kondenzációkra és filamentumokra. Egy másik alapprobléma a sűrűségfluktuációk kialakulása és fennmaradása a planetáris ködökben.

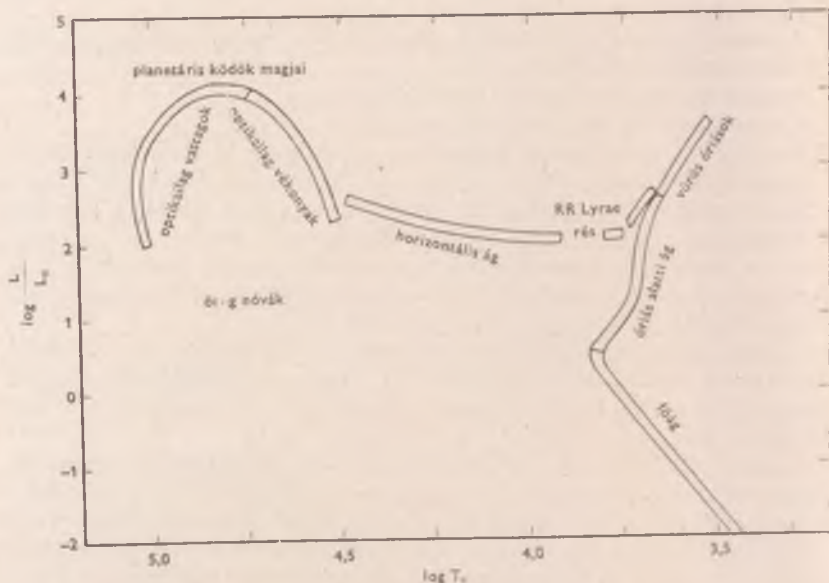
A megfigyelési problémák igen jelentősek. Ezt jól mutatják azok a felvételek, melyek ugyanazon objektumról két különböző hullámhosszon adnak képet (OIII és NII). Egyes esetekben egészen más struktúrát mutatnak (lásd VI. és VII. ábra).

A planetáris ködöt ma már nagyszámú csillag fejlődésében természetes, eléggé általános fázisnak tekintik. Elfogadott nézet, hogy az $1M_{\odot} \leq M \leq 4M_{\odot}$ tömegű csillagok válnak fejlődésük késői fázisában planetáris köddé. Valószínű, hogy $1,5 M_{\odot}$ vörös óriások a legalkalmasabbak a planetáris köd kialakítására. A burok kidobásának mechanizmusára több elgondolás van; a három legáltalánosabb:

1. ionizációs instabilitás mechanizmusa
2. He-égető héj instabilitás mechanizmusa
3. Sugárzás-nyomással kényszerített kidobás.

Az 1. mechanizmus — mely a legvalószínűbbnek látszik — azon alapszik, hogy a nagy luminozitású vörös óriások burkában, ionizációs energia formájában, pozitív energia lehet. Ha ez az energia mozgássá alakul, a burok elszakad a magtól kb. 30 km/sec végsebességgel. A planetáris köd kialakulása beleillik jól a csillagfejlődési képbe a HR diagramon, amikor a vörös óriás — áthaladván a hosszú periódusú változó csillag fázison —, az aszimptotikus ágra fejlődik (lásd 37. ábra). A folyamat pontos számolását megnehezíti az instabilitás nem lineáris, nem adiabatikus természete, amit nem lehet figyelmen kívül hagyni.

Egy másik probléma a héj dinamikus fejlődése. Van olyan nézet, hogy a planetáris köd legtöbb tulajdonsága magyarázható úgy, hogy a héjban levő nyomás által kialakított csillagszél hozza létre, egyetlen nagy tömeg kidobásával. Bár a planetáris ködök megismerésében tett fejlődés jelentős, még számos nyitott kérdés marad. Ez különösen a kialakulásukra, fejlődésükre vonatkozik.



37. ábra. Planetáris ködök magja a H-R diagramon.

A KOZMOLÓGIAI VÖRÖSELTOLÓDÁSRÓL

Bevezetés

Kozmikus ismereteinknek térbeli és időbeli határai vannak. Azokról a hatalmas — szakkifejezéssel élve megaszkipikus — léptékekről, melyeket az Univerzum „feltérképezése” közben használnunk kell, még a századforduló táján sem volt reális képünk. Bár *Thomas Wright* és *William Herschel* tevékenysége nyomán már a 18. sz. végén tudomást szereztünk a Tejútrendszer létezéséről, a csillagászok többsége még századunk elején is azon a véleményen volt, hogy a világegyetem — legalábbis annak megfigyelhető része — csillagrendszerünkkel azonos.

A 20. sz. óriás távcsövei által nyújtott új megfigyelési lehetőségek döntő változást hoztak ezen a téren is. 1912-t írtak, amikor *E. C. Slipher* amerikai csillagásznak először sikerült megmérnie néhány (később extragalaxisnak bizonyult) kozmikus „ködfojt” színekp vonalainak eltolódását a földi laboratóriumokban tapasztalt hullámhosszokhoz képest. 1922-ben *A. S. Eddington* javaslatára azután összesítették az addigi eredményeket, és ezekből kiderült, hogy a szóbanforgó objektumok túlnyomó többségének színekpében a vonalak a vörös felé tolódnak el, ami — a jelenséget Doppler-effektusként értelmezve — azt jelenti, hogy a sugárforrások távolodnak tőlünk.

A Doppler-eltolódás fontos tulajdonsága, hogy a relatív eltolódás minden hullámhosszon állandó. Több extragalaxison végzett spektroszkópai mérések szerint az optikai tartományban 3400 és 6600 Å között a relatív eltolódás valóban konstans és (ami még meggyőzőbb) 1%-on belül ugyanezt az állandót adják a 21 cm-es rádióvonalon végzett mérések is. Ezzel a relatív vöröseltolódás spektrális függetlenségét egy olyan széles színekp-tartományban sikerült igazolni, melynek szélein a hullámhosszak aránya kb. 5×10^5 az egyhez!

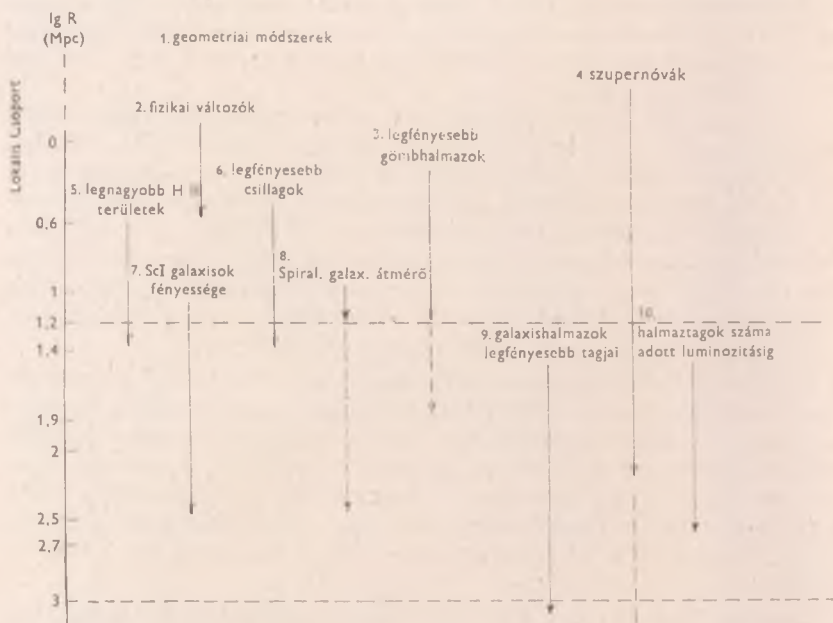
1925-ben *E. Hubble* a cepheidák periódus-fényesség relációját kihasználva meghatározta az Androméda-köd távolságát. Az eredményből nyilvánvalóvá vált, hogy e csillagrendszer messze a Tejút határain kívül fekszik, léteznek tehát extragalaxisok is. Azóta sok ezer extragalaktikus csillagrendszer távolságát mérték már meg különféle primer ill. szekunder távolságmeghatározási

módszerekkel (lásd: Balázs Béla „Extragalaktikus csillagrendszerek” c. cikkét a Csillagászati Évkönyv 1968-as számában; 38. ábra).

42 „spirális ködfolton” végzett mérések alapján, C. Wirtz német csillagász még 1924-ben felfedezte, hogy a vöröseltolódás (bizonyos szórástól eltekintve) az objektumok látszólagos szögnagyságával fordítottan arányos. 46 galaxis legfényesebb csillagai alapján felállított távolságskála segítségével Hubble 1929-ben azután megfogalmazta azt a később róla elnevezett törvényt, mely szerint a távolodás sebessége e csillagrendszerek távolságától függ, azaz

$$V_{rad} = H \times R ,$$

ahol a V sebességet általában km/s-ben, az R távolságot megaparsekben mérjük, H pedig az ún. Hubble-féle állandó km s⁻¹/Mpc dimenzióval. (Értékének „történelmi fejlődésére” vonatkozóan lásd a 7. táblázatot) Hubble



38. ábra, Extragalaktikus távolságmeghatározási módszerek. A nyilak az egyes eljárások hatósugarát adják meg. (A szaggatva jelölt tartományok a jelenlegi eszközökkel potenciálisan elérhetők.) A legfontosabb módszereket aláhúztuk. A két vízszintes szaggatott vonal közötti tartomány a Hubble-reláció meghatározása szempontjából különösen lényeges.

Szerző	Év	Módszer	H(kms ⁻¹ /Mpc)
Sandage	1958	1,2,5,6	75
v. d. Bergh	1960	1,2,7	100 ± 20
Sandage	1948	1,3,9	75 ± 20
Abell & Eastmond	1968	1,3,5,10	47 ± 5
Heidmann	1969	1,2,5,8	50
Sandage & Tammann	1970	1,2,5,7	55 ± 7
v. d. Bergh	1970	1,2,3,4,6,7,8,9	95 ± 15
de Vaucouleurs	1970	1,2,3	50
Abell	1972	1,2,3,5,10	47
de Vaucouleurs	1972	1,2,3,5,8,9	100 ± 10
Heidmann	1972	1,2,5,8	82 ± 18
Kirschner et al.	1972	4	80 ± 40
Branch & Patchett	1973	4	40 ± 20
Rust	1974	4	92 ± 20

7. táblázat

A Hubble-állandó értékének meghatározásával foglalkozó fontosabb munkák 1958 óta. A használt módszereket a 38. ábrán feltüntetett sorszáмок szerint jelöltük. A hibaadatok az esetleges szisztematikus tévedéseket nem tartalmazzák.

egyébként ilyen irányú kutatásait 1936-ban a „The Realm of Nebulae” (A ködök világa) c., ma már klasszikusnak számító könyvében foglalta össze.

Realitás-e egyáltalán a Metagalaxis expanziója? Hogy erre a kérdésre érdembeli választ adhassunk, világosan látnunk kell, hogy a „tágulás” kifejezés mind a galaxisok átlagos távolságának növekedésére, mind a tér metrikus tulajdonságainak időfüggésére vonatkozhat, és a használt „távolság” valamint a „sebesség” fogalmakat is pontosan definiálnunk kellene. Ennek szabatos tárgyalása azonban túlnyúlik a jelen cikk keretein.

Bár a távolságok meghatározása sokkal bizonytalanabb, mint a vöröseltolódásoké, a legdöntőbb kérdés az utóbbi interpretálása. Kezdetben a Doppler-hipotézis ellenzése elsősorban pszichológiai eredetű volt. Miután tudatosan vagy tudat alatt úgy képzelték, hogy a galaxisok alkotják az Univerzum „vázát”, sokan hihetetlennek tartották, hogy ez a „tartó szerkezet” folyamatosan tágul, azaz deformálódik, és méghozzá olyan hatalmas sebességek lépnek fel, mint amilyenek az igen távoli objektumokhoz tartoznának. Ha meggondoljuk azonban, hogy a csillagászati sebességeket sokkal több joggal fejezhetnénk ki a szóbajövő objektumok átmérőjét használva hosszúságegységként, mint a földi kilométereket, a nagy sebességek problémája — mint ahogy arra *G. J. Whitrow* találóan rámutatott — azonnal eltűnik. Hiszen míg a Föld Nap körüli keringése közben mindössze tíz perc alatt teszi meg az átmérőjének megfelelő utat, és a Nap saját átmérőjét mintegy másfél óra alatt hagyja maga mögött galaktocentrikus pályáján haladva, addig egy távoli galaxisnak, mely a fénysebesség tizedével távolodik tőlünk, kb. egymillió évre van szüksége ahhoz, hogy a legnagyobb méretének megfelelő utat befussa.

(Bár ez az érv fizikailag nem sokat mond, pszichológiailag hathat azokra, akik minden további megfontolás nélkül, egyszerűen a „józan észre” hivatkozva „eleve” a Doppler magyarázat ellen vannak.) De nézzük ezen kis kitérő után a Hubble-reláció hátterének kritikai elemzését.

A vöröseltolódás értelmezése

Nem sokkal Hubble felismerése után *F. Zwicky* olyan nézeteket hangoztatott, hogy a megfigyelt radiális sebességek valótlanok. Emellett kimutatta, hogy a spektrális eltolódás sem a galaktikus gravitációs mező, sem az interstelláris térben esetleg végbemenő ún. Compton-szórás számlájára nem írható, miután az előző hatása túl gyenge és nem függ az extragalaxisok távolságától, az utóbbi pedig a fotonok szóródása következtében legalábbis diffúzzá tenné a távoli objektumok képét. Zwicky a vöröseltolódás okául a Compton-szórás feltételezett gravitációs analogonját javasolta, mely szerint a fotonok tehetetlen és gravitációs tömegük következtében gravitációs térben nemcsak eltérülnek, hanem impulzusuk és energiájuk egy részét is leadják, és ennek folytán a Hubble törvénynek megfelelő lineáris reláció szerint vörösödnek. E hipotézis egyenes következménye, hogy a gömbhalmazok szinképek vöröseltolódása szisztematikusan függ galaktikus szélességüktől. Még 1929-ben *P. ten Bruggencate* ilyen hatást fel is vélt fedezni, és ezzel Zwickynek megfigyelési érvet szolgáltatott.

Formálisan hasonló utakon járt *E. Finlay-Freundlich*, aki 1955-ben azt a gondolatot vetette fel, hogy a vöröseltolódást a sugárzási mezőkben fellépő energiavesztesség is okozhatja (pl. esetleg foton-foton kölcsönhatások útján), és feltevései alapján az alábbi frekvenciaváltozási összefüggést javasolta:

$$\Delta\nu/\nu = -AT^{\frac{1}{2}}L,$$

ahol ν az elektromágneses sugárzás frekvenciája, T a sugárzási mező hőmérséklete, L a foton megtett útja és A egy arányossági tényező. A fenti reláció a lineáris Hubble-relációval konzisztens, és Freundlich kombinálta is a kettőt abból a célból, hogy következtetéseket vonhasson le a metagalaktikus sugárzási mező hőmérsékletére. Eredményül az $1,9^{\circ}K \leq T \leq 6,0^{\circ}K$ hőmérséklet-tartományt kapta, ami igen hasonló ahhoz, amit *G. Gamow* — körülbelül ugyanabban az időben — az ősrobbanáselmélet alapján nyert. Freundlich munkáját a kozmológusok szinte teljesen figyelmen kívül hagyták, és az a nézet alakult ki, hogy a (később felfedezett) általános háttérsugárzás egyértelműen a „Big Bang” elméletet támasztja alá!

Miért népszerűtlenek a kölcsönhatás-sorozatra épülő vöröseltolódás interpretációk? Már *Einstein*, majd később különösen *Zeldovics* és *Novikov* hangsúlyozták, hogy a kvantumfizika alapelvei szerint a fotonok energiaát-

adó kölcsönhatásának föltétlenül szórás jellegűnek kellene lennie. (Gondoljunk ismét a Compton-szórás analógiájára!) Nincs energiacsere impulzuscsere nélkül. Az impulzus vektormennyiség, cseréje véletlenszerű irányváltozásokkal jár. Statisztikailag szükségszerű lenne, hogy a folyamatos vörösödést okozó rendkívül hosszú kölcsönhatás-sorozat kumulatív hatására a fotonok számottevően eltérüljenek eredeti irányukból, vagyis hogy a távoli objektumok képe elmosódjék. Ez ellentmond a közvetlen csillagászati tapasztalatoknak. (Külön nehézséget jelentene egy ilyen elméletben a relatív energia-

veszteség szigorú függetlensége a frekvenciától egy $\frac{\nu_1}{\nu_2} = 5 \times 10^3$ -es frekvencia-tartományban.) Ezzel szemben a tágulási képben mindig csak két kölcsönhatás szerepel, egy az emisszió, egy pedig a megfigyelés pillanatában és így a képesség természetesen változatlan.

Az atomos anyag ill. egyes fizikai mezők és a fény kumulatív kölcsönhatása nem az egyetlen ellenhipotézis a vöröseltolódás Doppler-magyarázatával szemben. 1931-ben *J. Q. Stewart* felvetette azt a gondolatot, hogy a fény hosszú kozmikus útján egyszerűen „kifáradhat”, azaz spontán bomlással energiát veszíthet. A bekövetkező frekvenciaváltozást $\exp(-d/H)$ alakúnak tételezte fel, ahol a d a fény által befutott távolság, H pedig a Hubble-konstansnak megfelelő mennyiség. Ezzel kapcsolatban azonban *M. P. Bronstein* 1934-ben kimutatta, hogy a spontán bomlás hipotézise a speciális relativitás elvének, az inerciarendszerek fizikai egyenjogúságának elfogadása esetén már ellentmond a tapasztalatnak. A bomlást leíró „természeti törvény” ugyanis csak úgy lehet egyforma minden vonatkoztatási rendszerben, ha a bomlás valószínűsége fordítottan arányos a frekvenciával. Ezek szerint a vöröseltolódás más és más lenne a spektrum különböző részein, a távoli források rádiósugárzása egyáltalán nem érne el hozzánk és nem lennének érvényben a jól kipróbált Maxwell-egyenletek a lassan változó elektromos terek esetében. A spontán bomlás hipotézise tehát legfeljebb csak súlyos elvi áldozat — az inerciarendszerek egyenértékűségének, az egyik legáltalánosabb fizikai alapelvnek feláldozása — árán tartható fenn.

Elképzelhető azonban vöröseltolódás spontán bomlás, vagy diszkrét kvantum kölcsönhatás-sorozat kumulatív hatása nélkül is. Ilyen esetekben — mint arra már Einstein felhívta a figyelmet — a folytonos vörösödés, a „fényhullámok expanziója”, csak úgy egyeztethető össze az Univerzum expanziójának tagadásával, ha a fénysebesség változik. Ekkor két alternatíva lehetséges: vagy a fénysebesség univerzális szekuláris csökkenésével állunk szemben, vagy pedig csak arról van szó, hogy a nagy utat bejárt „öreg” fény lassabb, mint a nemrég és közel emittalt „fiatal”. Ez utóbbi elképzelés ellenőrzésére *G. Strömberg* az Ursa Majorban egy kb. 70 millió fényévre ($V \approx 11\,700 \text{ kms}^{-1}$) lévő galaxiscsoport aberrációját mérte meg, és az onnan jövő fény sebességét néhány tizedszázalékon belül azonosnak találta a közeli égitestek fényének sebességével. Hasonló vizsgálatokat később a pozíciós vizsgálatokra sokkal alkal-

masabb és mindenképpen igen távoli kvazárok sugárzásával is elvégeztek azonos eredménnyel.

A fénysebesség, ill. a fénykvantumok esetleges megváltozásával kapcsolatban Zwicky rámutatott még arra az érdekes körülményre is, hogy ha c , ill. h (a Planck-állandó) a fotonok hosszú kozmikus útja során változást szenved, akkor az univerzális vöröseltolódás más-más módon jelentkezhethet rács-spektrográf, prizmás spektrográf, ill. fotoelektromos fotométer segítségével észlelve. Amíg ugyanis a rácsok a λ hullámhossz és a rácsállandó aránya szerint bontanak fel, a másik két berendezés tulajdonképpen a c és h alapján érzékel. *W. S. Adams* és *M. L. Humason* fel is vették a kísérlet elvégzésére igen alkalmasnak mutató NGC 4151 spektrumát és látszólagos „radiális sebességére” 962 kms^{-1} -t kaptak. Több amerikai csillagvizsgálóban korábban prizmás spektrográffal végzett mérések 980 és 953 kms^{-1} közötti értékeket adtak, így — pl. Strömberg észlelését is figyelembe véve — a megfigyelések arra engednek következtetni, hogy c , ill. h értéke ugyanaz a földi, ill. az extragalaktikus fotonokra nézve.

Hasonlóképpen tapasztalati adatokkal jutunk ellentétbe a fénysebesség univerzális szekuláris csökkenésének föltételezése esetén. Példaképpen álljon itt néhány mérési tény. 1967-ben *J. N. Bahcall* és *M. Schmidt* megvizsgálták az O III dublett ($5007 \text{ \AA}$ és $4959 \text{ \AA}$) finomszerkezetét 5 darab $z = 0,2$ -es vöröseltolódású rádiógalaxis emissziós spektrumában. Eredményük szerint az α finomszerkezeti állandóra a következő összefüggés érvényes ($\alpha(z=0,2)/\alpha(\text{labor}) = 1,001 \pm 0,002$, vagyis az elmúlt kb. 3 milliárd év alatt nem mutatkozik néhány ezreléket meghaladó változás. Az eredmény azonban még tovább élesíthető, ugyanis a meteoritok vizsgálatából az adódott, hogy világvonaluk mentén $\alpha 10^{-11}$ -es pontossággal állandó. A finomszerkezeti állandó a következő összefüggésben van a fénysebességgel.

$$\alpha = \frac{2\pi e^2}{hc}$$

Ezért fontos tudnunk, hogy *F. J. Dyson* ugyancsak 1967-ben az α -ban szereplő e elemi töltés változatlanóságát is nagy pontossággal igazolta: különböző izotópok gyakoriságának vizsgálatával kimutatta, hogy a földtörténet néhány milliárd éve alatt az elemi töltés maximális lehetséges relatív változása $\frac{\Delta e}{e}$

kisebb mint $\frac{1}{1600}$. A mérési adatsorozat utolsó logikai láncszeme lehet *D. H. Wilkinson* 1958-ban közzétett eredménye, amely szerint a h Planck-állandó évente legfeljebb egybilliomod résszel változhat. Ezek szerint c univerzális változására — úgy látszik — nincs lehetőség.

Ha figyelembe vesszük, hogy egy foton hc/λ energiája hosszú út befutása

után észrevehetően csökkenhet, akkor ez — a fentiek alapján — már csak λ növekedése útján érhető el. *E. A. Milne* és *G. J. Whitrow* adtak polgárjogot ennek a lehetőségnek, amikor megmutatták, hogy egyszerűen meg lehet magyarázni a hullámhosszak növekedését oly módon, hogy a gravitációs és atomi időskála között eltérést engedünk meg.* *Milne*-ék szerint az atomok rezgéseivel megadott ún. t időskála a gravitációs és dinamikus jelenségeken alapuló ún. τ időtalonnal az alábbi relációban van:

$$\tau = t_0 g \left(\frac{t}{t_0} \right) + t_w$$

Így ha a fény rezgése a t idő szerint történik (atomi időskála), akkor az egy-mást követő periódusok nem jelölnek ki egyforma időközöket a τ skálán (gravitációs időskála). Ezért a frekvencia fokozatos növekedése, vagy — ami ugyanaz — a hullámhossz fokozatos csökkenése következik be τ időben mérve. Következésképpen bármely távoli galaxisról érkező fény vörösebb lesz, mint a laboratóriumi, hiszen amikor elindult, természetes hullámhossza még nagyobb volt. *Milne* elmélete szerint tehát laboratóriumainkban is minden spektrumvonal hullámhossza automatikusan az idő csökkenő függvénye. Ez adja tulajdonképpen a τ időskálához fűződő megfontolások lényegét, és az atomi, valamint molekulaórák rohamosan fejlődő technikája reményt nyújt arra, hogy a hipotézis nem a túl távoli jövőben közvetlenül ellenőrizhetővé válik. (Érdemes megjegyezni, hogy miután *Milne* elképzelése nem tételezi fel a fotonok energiájának szóródását, az energiamegmaradás alapelve csak úgy tartható fenn, ha feltételezi, hogy a Planck-állandó — gravitációs időben nézve — változik. Ilyen értelemben a számítások szerint *Milne* elméletének ellentmond *D. H. Wilkinson* korábban említett mérési eredménye.)

Milne most vázolt elképzelésén kívül, a fotonok kumulatív energiavesztésén alapuló hipotézisek csak lazán kapcsolódnak a kozmológiai elméletekhez, és tulajdonképpen szinte mindegyik valódi expanziót feltételező modellt kiegészíthetnénk velük. Hogy ez mégsem vált „divatossá”, annak eleinte részben az volt az oka, hogy a kozmológusoknak már így is több meghatározásra szoruló paraméterük volt, mint amennyit megnyugtató módon kiértékelhettek. Másrészt plauzibilis is volt egységes jelenséghez egységes magyarázatot keresni. Manapság azonban már egyre sokasodnak a nem konvencionális interpretációk ellen felhozható immár nemcsak elvi-elméleti, hanem kísérleti, megfigyelési érvek is. Mégsem mondhatjuk azonban el, hogy minden ellenhipotézis lehetőségét „végérvényesen” kizártuk volna.

Milyen további független módszerekkel ítéldhetjük meg a felmerült alterna-

* Lásd még Balázs Béla „A Világegyetem szerkezete” c. cikkét az 1961-es Csillagászati Évkönyvben.

tívák értékét? Miképpen lehetne „dönteni” a kérdésben? Természetesen továbbra is azon általános alapelvre támaszkodunk, hogy minden elmélet próbaköve a tapasztalat. Egyszerűség kedvéért jelöljük a fotonok sztatikus Univerzumban fellépő *kumulatív* vörösödését feltételező „elméleteket” C -vel, a vörösödést *Doppler*-hatásként felfogó, azaz a Metagalaxis expanzióján alapuló elképzeléseket D -vel.

Hubble és Tolman 1935-ben megvizsgálták az elméleti (m, N) és $(m, \Theta)^*$ relációkat mind a C , mind a D hipotézis alapján. Sajnos a döntés meghozatalához észleléseik nem voltak elegendőek pontosak. Ebben nincsen semmi meglepő, ha meggondoljuk, hogy egy ködszerű, kiterjedt, inhomogén fényforrás látszólagos fotografikus és még inkább bolometrikus magnitúdóját igen körülményes meghatározni, és a felületi fényesség kifelé való (egyedről-egyedre változó) csökkenése miatt Θ mérése igen pontatlan. A galaxis szám-lálások azért is hasznosak, mert a különböző látszólagos magnitúdójú csillagrendszerek átlagos száma megadja, hogy a megfelelő távolságokban milyen sűrűn helyezkednek el a térben, ez pedig a Metagalaxis átlagos anyagsűrűsége és felépítése szempontjából igen fontos adat. Sajnos a fényesség-mérések pontatlansága, a galaxisok abszolút fényességének nagy szórása és esetleges időfüggése, valamint a galaxishalmazok létezése igen megnehezíti torzítatlan statisztikai felmérések készítését. *Hubble és Tolman* a látószögeket, ill. a (m, Θ) relációt nem tudták ténylegesen meghatározni, csupán azt állapították meg, hogy a ködök felületi fényességének vizsgálata elvileg alkalmas lenne a

„döntésre”, mivel az $\frac{l}{\Theta^2}$ felületi fényesség az $(1+z)$ mennyiség -1 -es, ill.

-4 -es hatványával változik a C , ill. a D hipotézisek szerint.** Az (m, N) és (m, z) relációk kiértékelését azonban már megkísérelték. Ebből arra a következtetésre jutottak, hogy a megfigyelések a C hipotézissel mindenképpen összhangban vannak, míg a D -vel csak akkor, ha a tér görbületi sugara kb. $4,7 \times 10^9$ fényév, aminek viszonylag kicsiny volta arra enged következtetni, hogy távcsöveinkkel már szinte a teljes Univerzumot belátjuk.

Eddigton és McVittie kritikai elemzés alá vették *Hubble*-ék fent említett munkáját, melyben a szerzők a galaxisok számának a látszólagos magnitúdótól való függésére az alábbi empirikus relációt kapták:

$$\log N = 0,501 m - 7,371.$$

Ha az extragalaxisok egyenletesen töltenének ki egy euklideszi teret, akkor m együtthatója 0,6 lenne. A különbséget az objektumok távolodó mozgásával

* Itt m a galaxisok látszólagos fényessége a csillagászati magnitúdó skálán kifejezve, Θ a látszólagos szög nagysága és N a galaxisok száma.

** l a galaxisok látszólagos fényessége laboratóriumi egységekben kifejezve.

próbálták először magyarázni, de a — korábban említett — Hubble-reláció alapján sem kaptak kielégítő korrekciót, így arra a végkövetkeztetésre jutottak, hogy a D hipotézist el kell vetni. (A pontos konklúzió még Hubble-ék adatai alapján is valójában csak az, hogy a kapott eredmények egyedül expanziós úton nem magyarázhatók.)

Az (m, N) relációban m -et természetesen korrigálni kell a spektrális eltolódásra (hiszen adott színképi sávban fotometrálnunk). A vöröseltolódás mértékét Z -vel jelölve, Hubble-ék a korrekcióra $2,94 Z$ -t kaptak, míg a C hipotézisből $3,0 Z$, a D -ből pedig $4,0 Z$ következik, így a C elképzelés látszik jobbnak.

Eddington azonban hamarosan kimutatta, hogy Hubble-ék nem vették figyelembe az extragalaxisok abszolút fényességének szórását, ami nemcsak jelentős bizonytalanságot, hanem még szisztematikus eltérést is okoz.

McVittie először azt észrevételezte, hogy Hubble-ék az akkor csak 17^m -ig ismert empirikus (m, Z) relációt 21^m -ig extrapolálták, majd azt is kimutatta, hogy — még az előbbi extrapolációs formulát használva is — az általános relativitáselmélet alapján hiperbolikus — tehát nyílt — teret kapott, és rámutatott arra, hogy a Hubble-ék által javasolt erősen zárt Univerzum csak úgy nem vezetne ellentmondáshoz, ha a galaxisok átlagos tömege a Tejútrendszerénél tízszer nagyobb lenne.

A kialakult vitából világosan körvonalazódott az a helyzet, hogy csak az elmélet és empiria együttes alkalmazása viheti előbbre a kozmológiai megismerést. Maga Hubble, felismerve, hogy a modell-Univerzum túl kis görbületi sugarát és túl nagy anyagsűrűségét úgy lehet elkerülni, hogy a látszólagos magnitudo korrekciós formulájában a vöröseltolódás az első és nem a második hatványon szerepel, helyesbítéseit olyan alapon végezte, mely elfogadható ugyan a newtoni mechanikára épülő ún. kinematikai kozmológiai modellekben, de nem egyeztethető össze az általános relativitáselmélettel. Ez a példa is jól illusztrálja a korabeli megfigyelő csillagászok dilemmáját, akik olyan elméletek széles skálájával találták szembe magukat, amelyek mindegyikében eltérő módon kellett redukálni és értelmezni az észleléseket. Az elméletektől való ilyen nagymértékű függőség a többi természettudományokban sem volt éppen nyilvánvaló, a csillagászok számára pedig egyenesen szokatlannak, idegenszerűnek tűnt, hiszen korábban elsősorban új égi jelenségek felfedezésével, ill. a régiek nyomonkövetésével foglalkoztak, és megfigyelési anyagaikat olyan elméleti háttér alapján dolgozták fel, mely általánosan elfogadottnak számított, és legtöbbjük számára csak félig-meddig tudatosult.

A galaxiskozmogóniai ismeretek fontosságának gondolata szintén viszonylag későn merült fel a kozmológiában. Igaz, hogy Hubble és Tolman a már említett — 1935-ben megjelent — munkájukban futólag kitértek arra is, hogy a galaxisfejlődési effektusok befolyásolhatják az empirikus teszteket, de az ilyen hatások első érdembeli tárgyalása 1947-ből, *E. Schatzmantól* származik, aki rámutatott arra, hogy — egy bizonyos idő eltelte után — a galaxisok lumino-

zitása a nagy tömegű, fényes csillagok gyorsabb „életritmusa” következtében valószínűleg az idő csökkenő függvénye.

A *C* és a *D* hipotézis közötti döntés szempontjából alapvető jelentőségű volt *W. H. McCrea* 1935-ből származó észrevétele, mely szerint, ha a vöröseltolódás valóban Doppler-hatás következménye, akkor a

$$\Delta t_{\text{obs}} = (1 + V_r/c) \Delta t_{\text{int}}$$

összefüggés (ahol Δt_{int} valamely jelenség karakterisztikus ideje egy távoli extragalaxisban, Δt_{obs} a megfelelő megfigyelt időintervallum és V_r formálisan a Hubble-relációból számított „szimbolikus” sebesség) nemcsak a fény rezgési periódusára, hanem bármely olyan folyamatra érvényes, mely az idő ismert vagy meghatározható függvénye. *McCrea* észrevételére támaszkodva *S. N. Milford* 1955-ben azt javasolta, hogy a szupernóvák fénygörbéjének a le szálló ágát használják fel a vöröseltolódás kumulatív vagy Doppler jellegének eldöntésére. Sajnos a megfigyelt szupernóvákban rendelkezésre álló minta akkor még túl kicsiny volt az érdembeli analízis elvégzéséhez. Az észlelések azonban egyre sokasodtak, és 1974-ben *B. W. Rust*nak sikerült 36 I. típusú extragalaktikus szupernóva fénygörbéinek kozmológiai szempontból való interpretálása. *Rust* a Δt_{obs} mennyiséget azzal az időintervallummal definiálta, amely eltelik azok között a pillanatok között, amikor a szupernóva fényessége a maximumnál $0,5^m$, ill. $2,5^m$ -al halványabbá válik. A legkisebb négyzetek módszerével meghatározott lineáris empirikus (Δt_{obs} , V_r) reláció 91%-os szignifikancia szinten ellentmondásban van a klasszikus expanziós elméletekkel, és még erősebben (93%-os szignifikancia szinten) eltér a *C* hipotézisnek megfelelő követelményektől is. Figyelemreméltó, hogy *Rust* eredménye az eddig kidolgozott kozmológiai modellek közül elsősorban *I. Segal* 1972-ben publikált ún. kronogeometriai elképzelésével egyeztethető össze. (Az igen bonyolult matematikai apparátust igénylő sztatikus modell a relativitás objektív fizikai tényének újszerű elméleti megközelítésén alapul, és cikkünk keretein belül nem tárgyalható.) A kronogeometria valamint a *C*, ill. *D* hipotézisek közötti „végsőleges döntés” *Rust* szerint néhány éven belül meghozható, ha a távoli extragalaktikus szupernóvák felfedezése és megfigyelése legalább a jelenlegi szinten folytatódik.*

Számos szaktekinetly hangoztat egészen más természetű — indirekt — evidenciákat a *C* és *D* hipotézis közötti döntés ügyében. A relativ hullámhossznövekedés szigorúan Doppler-szerű jellegén és az alternatív interpretációk fent említett súlyos nehézségein túl főként a következő tényekre hivatkoznak.

1. A gravitáció korábban megalkotott elmélete szerint az univerzum nem

* *Rust* itt figyelmen kívül hagyja azt a lehetőséget, hogy a szupernóvák karakterisztikus időadatok elvileg az univerzális világidő függvényei lehetnek. Kellően nagy szimultán fejlődési hatások meggengedése esetén a „döntés” azonnal illuzórikussá válik.

lehet sztatikus, a Doppler-eltolódás tehát lényegileg előre látott, elméletileg megjósolt jelenség, amelyet a természet törvényei megkívánnak.

2. Ugyanakkor a *D* hipotézis alapján a vöröseltolódáson túl számos, tapasztalatilag később beigazolódott összefüggést előre meg lehetett jósolni, és csak ezen hipotézis keretében sikerült értelmes rendszerbe foglalni. Az addig összefüggéstelen sporadikus ismeretanyag példátlanul nagy része spontán módon egységes képbe rendeződött: pl. a kozmikus elemgyakoriság adatai, a kozmikus háttérsugárzás léte és spektruma, forró hidrogénfelhők jelenléte a galaxishalmazokban, és különösen a legöregebb csillagok és a kémiai elemek korára vonatkozó adatok. Mindez véletlen volna? A logikai konzisztencia „belső érvet” szolgáltat. Feltűnő termékenysége és spontán sikerei, az expandáló univerzum elmélet valóság tartalma, hitelessége mellett szólnak. Ezzel szemben a felsorolt jelenségeket csak erőltetett ad hoc hipotézisek egész sorával lehet külön-külön „kibeszélni” a *C* hipotézis keretében, amely ráadásu — mint láttuk — a lokális fizika legáltalánosabb alapelveinek önkényes félreállítását is megkívánja valamilyen formában. — Azt a figyelemreméltó megjegyzést tehetjük tehát, hogy a Hubble-jelenség ténye valami alapvető forradalmat mindenképpen kikényszerít a naiv *sztatikus* világképben alkalmazott közismert lokális fizikához képest: a vöröseltolódásnak nincs „naiv természetes” magyarázata.

3. Súlyos érvek hozhatók fel a Hubble-jelenség kinematikai jellege és ezen keresztül a *D* hipotézis helyessége mellett is, mivel a *C* hipotézis megfosztja a Hubble-jelenséget kinematikai tartalmától.

a) Az expanziós kép keretében a megfigyelhető univerzumnak van egy „karakterisztikus tágulási ideje”: $T = H^{-1}$ (ahol H a Hubble-állandó). A *C* hipotézis keretében viszont ez az adat fizikailag teljesen tartalmatlan fikció, amely csupán egy „téves értelmezés” következményének tekintendő. Ez esetben értelmetlen vakvéletlenek sora lenne, hogy különféle tapasztalati adatok és az elmélet szerint is a megfigyelhető világmindenség anyagállaga *fejlődik*, éspedig éppen úgy, hogy ezen változásában kb. $T = H^{-1}$ idővel ezelőtt kitüntetett időpontot találunk! Erre utal

a) a csillagok fejlettségi állapota, ill. az annak kifejlődéséhez szükséges idő,

β) a kozmikus rádióforrások statisztikája,

γ) a galaxishalmazok szinkron fejlődése.

Az univerzum megfigyelhető részének tehát — úgy látszik — van egy nagyságrendileg definiált „karakterisztikus ideje” és ez éppen egybeesik H^{-1} -gyel. — Véletlen ez? Ha semmi logikai kapcsolat nem volna közöttük (mint ahogyan ezt a *C* hipotézis megköveteli), akkor akár egy 10^6 -os, vagy még nagyobb faktorban is eltérhetnének egymástól ezek az adatok. — Ezt a koincidenciát *A. Sandage*, *G. Burbidge* és más szakemberek az extrém állapotból kiinduló „Big Bang” világmodellek helyessége mellett szóló legerősebb érvek tekintik.

b) *P. Peebles*, *S. Weinberg* és mások nyomán további érveket is gyűjthetünk

a Hubble-jelenség kinematikai értelmezése mellett. Hivatkozhatunk pl. arra a megfigyelési tényre is, hogy a megfigyelhető világmindenségnek láthatóan van egy „karakterisztikus sűrűsége” is és ez (maximum egy nagyságrend hibával) megegyezik a D hipotézisnek megfelelő „karakterisztikus sűrűséggel”:

$$\varrho_{kar} = \frac{3H^2}{8\pi G} \quad \text{*}$$

ami annak a helyzetnek felel meg, amelyben az *expanzióból*

adódó kinetikus energiatartalom (a megfigyelhető univerzum minden kellően nagy mintájára nézve) megegyezik a gravitációs potenciális energiatartalommal. *S. Hawking* vizsgálatai szerint a kinetikus energia számottevő túlsúlya olyan széttrpítő tendenciát jelentene, amely mellett gravitációs kontrakció útján gyakorlatilag nem keletkezhetnének lokális anyagsomósodások a gravitációs instabilitás következtében, míg a potenciális energia jelentős túlsúlya esetén az univerzum tágulási ideje túl rövid lenne az ilyenkor különben valóban meginduló lokális kontrakció kifejlődéséhez. A kétféle energia kiegyensúlyozott megoszlása nélkül nem lehetnének kozmikus anyagsűrűsödések: galaxisok, csillagok, bolygók — és emberek (akik e kérdéseket vizsgálják). „Létünkkel tanúszkodunk a Hubble-effektus kinetikai jellege mellett — és még nekünk kell bizonyíték?” — kérdezik a kozmológusok. És valóban a C hipotézis elfogadása esetén szisztematikus mozgásból adódó kinetikus energia egyáltalán nem lenne, elesnék az egyezés és az értelmi összefüggés, a sűrűség megfigyelt értéke az elmélet szempontjából merő véletlen lenne.

c) *I. D. Karacsencev* és *V. A. Ambarcumjan* eredményeit és gondolatait kihasználva megfigyelési adatok alapján folytonossági megfontolásokkal is alátámaszthatjuk a Hubble effektus kinematikai értelmezését.** A kinetikus és potenciális energia hányadosának átlagos értékét külön-külön meghatározhatjuk a galaxisokra, galaxispárokra, hármas galaxisrendszerekre, galaxis-csoportokra, kis galaxishalmazokra, nagy galaxishalmazokra és a megfigyelhető univerzum bármely kellően nagy tartományára is. E hányadosok megfigyelt értékei monoton sorozatot alkotnak, amelynek „határértéke” éppen az utolsó adat, az univerzumra értelmezett hányados, ha elfogadjuk a D hipotézist, vagyis ha a Hubble-effektust táguló mozgásként értelmezzük és belőle kinetikus energiát számítunk. Ezzel szemben a C hipotézis keretében a sorozat végén több nagyságrendes ugrás adódik, mint „helyes eredmény”, és a helytelen elvi alapokon kiadódott folytonos csatlakozást ismét csak egy „hamis elmélet” véletlen produktumának kellene tekintenünk.

4. A 2,7 °K-os kozmikus háttérsugárzás egyensúlyi jellege feltételez olyan anyagot, amellyel ez a sugárzás egyensúlyt tarthat vagy tarthatott. Minden józan asztrofizikai elképzelés szerint *ma* nincs ilyen anyag a világmindenségben. A sugárzás létét csak úgy tudjuk kielégítően megmagyarázni, ha az egyensúly

* Itt G a gravitációs állandó.

** Az említett szerzők ezen megfontolásokat más célra használták, így ez az érv tudomásunk szerint eddig még nem szerepelt a szakirodalomban.

az univerzum régmúlt, komprimált állapotában állt fenn (termodinamikai okokból akkor sokkal magasabb hőmérsékleten), amikor még igen erős volt a kölcsönhatás a sugárzás és a zérustól különböző nyugalmi tömegű „atomos” anyag között. Ez az univerzum előéletében minőségileg más, sűrű állapot fennálltára utal.

Mindezek után az érvelés teljessége érdekében föl kell vetnünk a kérdést, hogy mi szól a *C* hipotézis mellett? — Voltaképpen semmi! — A gyakorlatilag merev Földön, változatlan csillagképek alatt kialakult kultúránk pszichikailag természetessé teszi a sztatikus képhez való ragaszkodásunkat, de nyilván hamis a problémamegközelítésünk, ha magunkról merítünk eféle „belső evidenciákat” az univerzumra vonatkozóan.

Mindezek után is jogosnak tűnik azonban az a (kissé naiv) igény, hogy a csillagászat „közvetlen bizonyítékot” szolgáltatson a tágulás „tényére”. Azt hihetnénk például, hogy a feladatot közvetlenül megoldhatnánk, ha nem volnának térben és időben elenyészően parányiak ahhoz a tartományhoz képest, amelyben a vizsgált jelenségek már markánsan mutatkoznak: ha a távoli galaxisokig elérő mérőrudakat alkalmazhatnánk, vagy ha távolságméréseinket néhány milliárd éves időközökben megismételhetnénk és az adatokat összehasonlíthatnánk. Pedig valójában a Földhöz rögzített végű „ kozmikus mérő-rúd” túlsó végén már kifelé haladó galaxisfelhő csak azt bizonyíthatná, hogy vagy az univerzum megfigyelt mintája tágul, vagy a „mérő-rúd” húzódik össze. Még pontosabban fogalmazva csak egyetlen *relációt* állapíthatnánk meg két dolog: a „mérő-rúd” és az univerzum között. Önmagában nem értelmes azt kérdezni, hogy melyik változik igazán. Nincs abszolút vonatkoztatási rendszerünk. Amink igazán „van”, ami fizikailag „abszolút”, az maga a reláció és ami fizikailag relatív, azok az elemek, amelyek a reláció révén kapcsolatban állnak. Igazában nem kérdezhetjük, hogy változnak-e az elemek „önmagukban”; a galaxisok szeparációja is csak valamely mérő-rúdhoz, vagy jelenség-körhöz való viszonyában vizsgálható. Így viszont valóban megejthető a vizsgálát, és ez néhány igen fontos esetben már meg is történt. Csak a felületes gondolkodás számára meglepő, hogy ennél minőségileg többet „eddig még” nem bizonyítottunk az univerzum tágulásával kapcsolatban. Ezt a tényállást már Eddington és Lemaitre felismerte, és a természeti konstansok változtatásával próbálkozó interpretációkat azon egyetlen találó megjegyzéssel tették félre, hogy az univerzum expanziója bizonyos értelemben valóban „relatív”, éspedig relatív azon természeti törvényekre és a bennük foglalt konstansokra vonatkozóan, amelyeket változatlan vonatkoztatási alapnak tekintünk. — Ez természetesen nem csökkenti azon vizsgálatok jelentőségét, amelyek a természeti törvények szerteágazó rendszerében fellépő különböző konstansok viszonyának változatlanóságát hivatottak demonstrálni. Ma sokkal többet tudunk ezen vonatkoztatási rendszer belső konzisztenciájáról, mint Eddington idejében.

Az univerzum tágulása azonban nemcsak egy vagy több fizikai törvény-

rendszerre vonatkoztatva vizsgálható, hanem közvetlenül egyes csillagászati objektumokra, „természetadta mérőrudakra” vonatkoztatva is. Ez a felismerés fogalmazódott programmá hazánkban a MTA Csillagvizsgáló Intézetében Hubble és Tolman korábban említett, de meg nem valósított expanzió-tesztjének megfelelő módosítása és továbbfejlesztése révén. Az alapgondolat ma így fogalmazható: Köztudott, hogy távolságmérő paraméterként a csillagászatban azonos kiterjedésű objektumok látószögét, vagy azonos abszolút fényességű fényforrások látszó fényességét szokás használni. (Kisebb látószögek, ill. kisebb látszó fényességnek nagyobb távolságnak felelnek meg.) Kimutatható azonban, hogy míg a látószögek a fény kibocsátásának pillanatában fennállt geometriai helyzetet rögzítik („a régi távolságokat mérjük”), addig a látszó fényességekből a szokásos módon a megfigyelés pillanatában érvényes távolságok olvashatók ki. A kettő összehasonlításából tehát megállapítható, hogy megnöttek-e az extragalaktikus távolságok a fény terjedési ideje alatt az etalonként használt objektumokhoz — természetadta mérőrudakhoz — viszonyítva. Így a távolságmegváltozás detektálásához nem kell milliárd évekig várnunk és a megfigyelhető univerzumot kitöltő „galaxis-gáz” — az ún. kozmológiai szubsztrátum — méretváltozásait közvetlenül viszonyíthatjuk a szubsztrátumban megkülönböztethető bármely ismert objektumhoz, mint mértékegységhez. Belátható, hogy a vöröseltolódás akkor jelent valódi expanziót, ha a hullámhosszak ugyanolyan arányban nyúlnak meg, mint a távolságok a fényforrások és a megfigyelő között. (Szigorúan véve ez a D hipotézis kellően általános és pontos jelentése, mert igazi Doppler-effektusról csak a speciális relativitáselmélet görbületlen téridejében beszélhetünk.) A MTA Csillagvizsgáló Intézetében ezen vizsgálatokhoz a galaxishalmazok fényes magjainak látószögeit használták, amelyek e célra kellően pontosan mérhetőnek bizonyultak, fényesség adatokként pedig e halmazok legfényesebb elemeinek fényességét. A mérési eredmények az univerzum átvizsgált részének szignifikáns relatív expanzióját mutatják: ellentmondanak az állóképszerű változatlan, sztatikus világmodelleknek. A távoli halmazok megfelelő méretei 2-szer akkora, mint ahogyan azt a C hipotézis (fejlődésmentes halmazok esetén) megkövetelné. Ez azt mutatja, hogy a halmazok — saját méreteikkel mérve — régen még sokkal „közelebb” voltak hozzánk! Az univerzum változik saját természetadta „mérőrudjaihoz” viszonyítva. A mérhető változás karakterisztikus ideje nagyságrendileg megegyezik a $T = H^{-1}$ Hubble idővel, ami a Hubble-jelenség kinematikai jelentése mellett szól. Erre utaltunk a fenti 3a/7 pontban.

A fentiek értelmében természetesen ez az eredmény sem jelenti (és nem is jelentheti) a D hipotézis „bizonyítását”. (Elvileg még lehetséges volna például, hogy a galaxishalmazok magjai erősen zsugorodnak egy sztatikus univerzumban, amelynek így csak az anyagállaga mutat fejlődést éppen kb. 10^{10} éves időskálán.) Sikertült viszont növelni a relációk számát, amelyek az univerzum nagy tartományait valami egyébhez kapcsolják és így annak relatív expanzióját mutatják. E relációk számának további növelése gyakorlatilag soha véget nem

erő program ugyan, de nincs közvetlenebb empirikus út a Hubble-effektus mibenlétének minél teljesebb tisztázása felé.

A kutatás nem áll meg. Általános dinamikai és kozmogóniai feltevések mellett pl. számítógépekkel szimulálható a galaxishalmazok fejlődése. Az eredmények azt valószínűsítik, hogy a halmazmagok zsugorodnak ugyan, de nem annyit, mint amennyit a fejlődéssel kiegészített *C* hipotézis megkívánna. Ugyanakkor a *D* hipotézis életképes a galaxisok tömegére és keletkezésére vonatkozó megfelelő feltevések mellett. Így ezen a ponton összefonódnak az univerzum expanziójára vonatkozó kozmológiai és a galaxisok fejlődésére vonatkozó galaxiskozmogóniai vizsgálatok. Most a galaxishalmazokat kell relációba hoznunk más elméleti, ill. megfigyelési adatokkal. Ilymódon az univerzum méretváltozásai egyre biztosabban leírhatókká válnak akár egyes laboratóriumi, vagy atomi standardokhoz viszonyítva.*

A Hubble-effektus értelmezése körüli viták krónikájának összefoglalása-
képpen elmondhatjuk, hogy — mint minden tudományos elképzelést — az univerzum megfigyelhető része tágulásának elméletét is fenyegetik ugyan a jövő ma még nem belátható tudományos forradalmai, mégis egyre inkább elmondható, hogy csillagászati és fizikai világképünk alappillérei között kevés megalapozottabb *posztulátumot* találunk, mint a „*D* hipotézis”. Egyre megalapozottabbnak tűnik továbbá az az állítás, hogy néhány egzotikus objektumfajtát leszámítva az extragalaktikus sugárforrások vöröseltolódása döntően a „távolságuktól” függ.

A vöröseltolódás és a kvazárok

Bár a kutatók többsége általában ma is a kozmológiai vöröseltolódás expanziós magyarázatát részesíti előnyben, létezik egy olyan különleges objektumcsoport, melynél a Doppler-hatástól eltérő elképzelések teljes mértékig „polgárjogot nyertek”, és ezek a 60-as évek elején felfedezett kvazárok. Ezek a különös objektumok az optikai hullámhossz-tartományban csillagszerűnek mutatkoznak, színképük azonban a csillagokétól gyökeresen eltér, szokatlan emissziós vonalakat és nagy vöröseltolódást mutatnak.

Az első kvazár-vöröseltolódást *M. Schmidt* mérte meg 1963-ban. Azóta több mint 200 ilyen objektum Z-jét határozták meg. Az általában igen erős vörösödés magyarázatára három jelentősebb elképzelés született:

- a) A vonalak eltolódása gravitációs eredetű
- b) Az eltolódást Doppler-hatás okozza
- c) Valamilyen ismeretlen „X-folyamat” idézi elő.

Az a) hipotézis sokáig nagyon népszerű volt, amíg ki nem mutatták, hogy

* A hazai kutatási program leírása Paál György idevágó cikkeinek és kandidátusi disszertációjának gondolataiból merít.

komoly nehézségekhez vezet. Pl. olyan sűrűségek mellett, amelyek a kvazárok 1/100 pc körüli átmérőjénél képesek az észlelt vöröseltolódás gravitációs előidézésére, nem jelenhetnének meg bizonyos emissziós vonalak.

A b) elképzelés hívei már kezdetben két „frakcióra” szakadtak. Az egyik csoport szerint a kvazárok távolságát vöröseltolódásuk alapján egyszerűen a Hubble-relációból számíthatjuk ki, azaz kozmológiai távolságokra vannak tőlünk. A második csoport viszont a kvazárokat „lokális” objektumoknak tartotta, amelyek a Tejútrendszer és más galaxisok magjából dobódtak ki. A „lokális” elméletet súlyos kritika érte azért, mert viola-elterést nem tapasztaltak, és a sajátmozgás meghatározása sem sikerült egyetlen esetben sem.

Ellentétben a közönséges galaxisok esetével, a kvazárok vöröseltolódásának értelmezésénél mind a Doppler-, mind pedig „nem-Doppler”-hipotézis mellett egyaránt lehet súlyos érveket felhozni. Néhány példa:

A Doppler”-hipotézis mellett szólnak pl.

1. *Bizonyos folytonossági megfontolások;*

Ma a vöröseltolódás alapján a Hubble-képlet segítségével látszó fényességekből abszolút fényességeket, ill. látszó méretekből valódi lineáris méreteket származtatunk akkor

a) a rádiógalaxisok felületi fényesség—abszolút fényesség relációja folytonosan átmegy a kvazárokéba,

b) a rádió átmérők (kettős források szögszeparációi) is folytonosan csatlakoznak egymáshoz.

2. *Vöröseltolódás koincidenciák;*

a) 7 távoli galaxishalmazban találtak kvazárt, ezek közül 5 esetben a kvazár vöröseltolódása megegyezik a galaxisokéval, 2 esetben nincs eredmény,

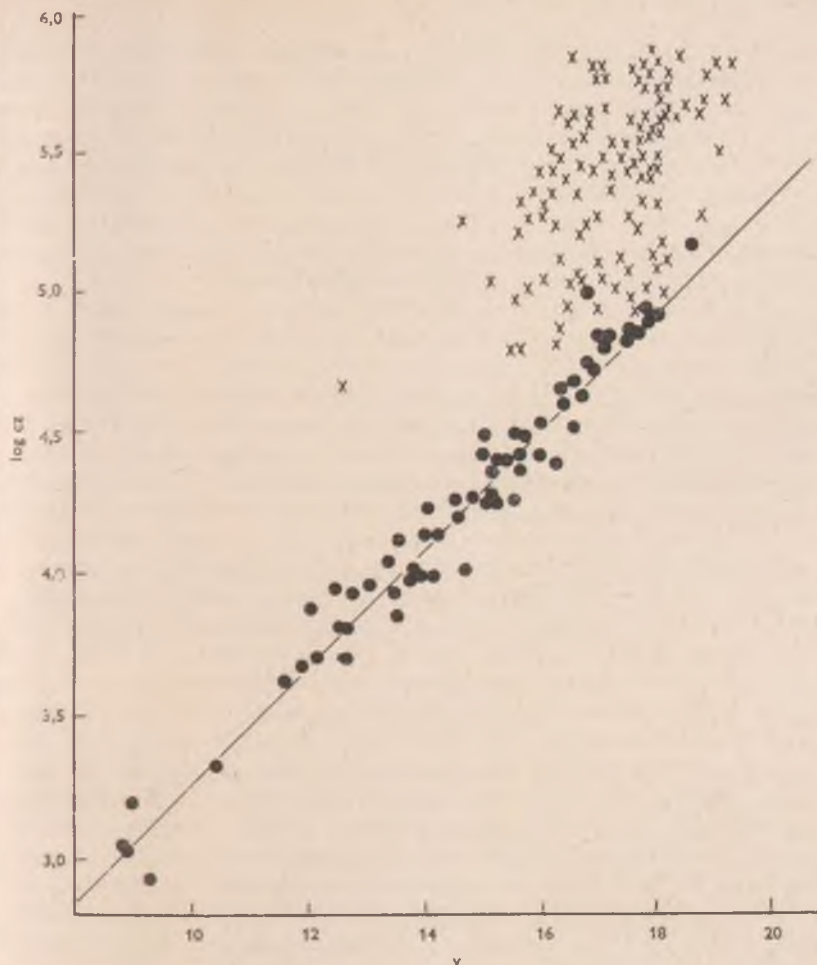
b) több kvazár vöröseltolódása egy-két tizedes jegyre megegyezik a hozzá feltűnően közeli „csatlakozó” galaxisokéval,

3. A mini-kvazároknak tekintett *N*-típusú galaxisok a szükséges korrekciók után szigorúan kielégítik a Hubble-relációt.

4. A kvazárokat különlegesen aktív stádiumban levő „galaxismagoknak” is szokás tekinteni; és mindazon kvazárok körül, amelyeknek a Hubble-képletből a vöröseltolódás segítségével számított (!) távolsága alapján ez várható volt, valóban megtalálták a kvazárt körülvevő ködfoltot.

Súlyosak azonban a nehézségek is. A Hubble-reláció kiterjesztése közben *F. Hoyle* és *G. Burbidge* kimutatták, hogy szinte egyáltalán nincs korreláció a kvázisztelláris rádióforrások látszólagos fényessége és vöröseltolódása között (39. ábra), sőt a helyzet még tovább romlik a rádiófényességek használata mellett. A helyzetet úgy próbálják menteni, hogy feltételezik a kvazárok abszolút fényességének nagy szórását. Ez csak azt jelentené, hogy bár kozmológiai távolságokra vannak, de — legalábbis finomabb osztályozás nélkül — „mércföldkövekként” nem használhatók.

Hátrányos volt a kozmológiai hipotézis számára az a tény is, hogy nem sikerült semmiféle korrelációt találni a kis *Z*-jú kvazárok és a hasonló mérvű



39. ábra. Vöröseltolódás — látszólagos fényesség diagram a rádiógalaxisok (●) és a kvázárok (x) számára. Bár a rádiógalaxisok a $V=5 \log cz - 6,5$ egyenletű vonal mentén helyezkednek el, a kvázárok ettől általában jelentősen balra esnek.

vöröseltolódást mutató galaxishalmazok között. (H. C. Arp szerint a $Z \leq 0,2$ feltételnek eleget tevő kvázárok egyike sem esik a hasonló vöröseltolódási tartományban fekvő 2712 galaxishalmaz közül valamelyikbe!) Miután a galaxisok több, mint 50%-a valamelyik galaxishalmaz tagja, igen nehéz megmagyarázni, hogy a kvázárok miért „kerülik el” ezeket a legnagyobb kozmikus tömegkoncentrációkat.

A legújabb megfigyelések másrésről azt mutatják, hogy jó néhány kvazár közeli galaxisokhoz kapcsolódik. Pl. az NGC 520 körül, amely egy igen fényes galaxis, feltehetően belőle származó rádióforrások egész sorát találjuk. Ezek közül négy a kvazárok tulajdonságait mutatja, és olyan egyenes szakasz mentén helyezkedik el, amelynek egyik végpontja a galaxisban van. Mégis a kvazárok vöröseltolódása rendre $Z=0,67$; $0,73$; $0,77$; ill. $2,11$ értékű, míg a galaxisoké csupán $Z=0,007$. A különbség tehát szembeötlő, pedig minden jel arra mutat, hogy az említett objektumok között tényleges fizikai kapcsolat van, és nem egyszerű vetítési effektusról van szó.

A fizikai kapcsolat még szembeötlőbb azokban az esetekben, amikor élesen különböző vöröseltolódású normális galaxis és kvazár között fényhíd figyelhető meg. Eddig két ilyen esetről tudunk. Az elsőnél a *Markarjan* 205 jelű kvazár és az NGC 4319 jelű galaxis között észlelhető fényhíd, pedig a kvazár vöröseltolódása $0,070$, a galaxisé pedig csak $0,006$. A másodiknál PHL 1226 jelű kvázisztelleris objektum — melynek vöröseltolódása $0,404$ — mutat filamentáris kapcsolatot a $Z=0,26$ -al rendelkező IC 1746-os galaxissal.

Tovább növeli a gyanút Arp közelmúltban tett felfedezése, mely szerint a 3C 455-ös rádióforrás valójában kvazár, pedig csak $23''$ -re fekszik a viszonylag fényes NGC 7413-tól. Az optikai vizsgálatok azt mutatták, hogy a vizuálisan 19-ed rendű kvázisztelláris rádióforrás vöröseltolódása $0,543$ azaz több, mint tízszerese a szorosan mellette elhelyezkedő galaxisénak ($Z=0,03321$).

Miután *R. Lynds*, *F. Zwicky*, *B. A. Voroncov-Veljaminov* és mások megfigyelései szerint láthatólag egységes rendszert alkotó galaxiscsoportok tagjai között is előfordulhatnak igen tetemes vöröseltolódási különbségek*, a kvazárok viselkedése kapcsán felmerült kételyek, melyek a vöröseltolódás *kizárólagosan* Doppler-jellegére vonatkoztak, a normális galaxisoknál sem hagyhatók figyelmen kívül. Így összefoglalásképpen elmondható, hogy bár a vöröseltolódás tradicionális magyarázatának a hívei jelentős többségben vannak, az ellentmondások hatására népes azoknak a táborra is, akik a csillagászat e fontos és rendkívül nehéz kérdés komplexumát gyökeresen új alapokról kiindulva próbálják megfejteni, és azzal számolnak, hogy további kutatásaink során már a közeljövőben eddig ismeretlen fizikai folyamatok nyomára bukkanunk majd.

* A rekordot valószínűleg a Voroncov-Veljaminov galaxiskatalógusában VV 172-vel jelölt öttagú galaxislánc tartja, melynek egyedei haloikkal szinte egybeérnek, és egyikük mégis a többiekétől $21\,000$ km/s-al eltérő látszólagos „radiális sebességgel” rendelkezik.

PLANETÁRIUMOK

*„Erős a hitünk, hogy minálunk is mielőbb lehozhatjuk
a csillagokat a Földre.”*

*Tass Antal
1926*

Az ember figyelmét már az ősidőkben felkeltette és elméjét azóta is foglalkoztatja az égitestek mozgása és e mozgások sokfélesége. Figyelte szabályosságukat és szabálytalanságukat, számon tartotta a periódusokat. De ha megérteni nem tudta is e mozgások lényegét és létrehozó okát, igyekezett síkban és térben megjeleníteni, mintegy kézzelfoghatóbbá tenni e mozgó testeket és pályáikat.

Az égi jelenségeket megjelenítő szerkezetek két csoportra különültek. A csillagos égboltot a csillaggömbök, a Nap, Hold és a bolygók látszó mozgásait a szűkebb értelemben vett planetáriumok mutatták be.

A mai planetáriumok ősei

Az első planetáriumok fogaskerékrendszerek segítségével mozgatott modellekkel mutatták be a bolygók mozgásait. A bolygók sziderikus és szinodikus keringéseinek időtartamai inkommenzurábilis mennyiségek, a relatív keringésidők a természetesen véges és egész számú fogaskerekeket tartalmazó áttételrendszerekkel csak közelítőleg valósíthatók meg.

Az ókor egyik legkiemelkedőbb természettudósa, Arkhimédész (i. e. 3. sz.) készített ilyen bonyolult mechanizmust, amelyet Cicero úgy írt le, mint amely minden égitest mozgását utánozza. Hogy milyen lehetett ez a szerkezet, és hogy ezek tervezése és kialakítása terén milyen jártasságra tettek szert a régi görögök, arra az i. e. I. sz. elejéről származó ún. antikythérai lelet a tanú. Ennek az e század elején szivacsshalászok által a tengerfenékről felhozott, összeoxidálódott szerkezetnek a célja kétségtelenül a Nap, Hold és a bolygók geocentrikus helyzetének előre beállítása volt, talán asztrológiai használatra. Az ebben talált egyik keréknek 191 foga volt, közös tengelyre szerelve egy 54 fogúval, amely egy 64 fogút hajtott. Ilyen bonyolult áttételi arányokkal meglehetősen pontosan sikerülhetett megvalósítani a bolygók relatív szinodikus keringésidőit.

A régi armilláris szférákhoz hasonló, fából vagy fémből készült éggömbök

egy részében már az ókorban megjelennek az égitest-modellek, amelyek helyzetét az ekliptika, illetve a holdpálya abroncsán állítani vagy mozgatni lehetett. Egy-egy ilyen éggömb mérete akkorára nőtt, hogy a rajta ábrázolt égitesteket belülről is szemlélteni lehetett.

Az első ismert óriás éggömböt, amely már planetáriumnak volt nevezhető, a 17. sz. közepén *Adam Olearius* holsteini matematikus és *Andreas Busch* mechanikus készítette. A gottorpi kastélyban kiállított, csaknem 4 méter átmérőjű rézgömb külső felülete a Föld felszínét, belső fele a ráfestett csillagokat és csillagképeket mutatta be. A vízi erővel forgatott gömb belsejében vízszintes padlózatán néhány néző szemlélhette a mesterséges égbolt forgását.

A 17. sz. végén *Erhard Weigel* jénai matematika professzor épített éggömböt, amely ugyan kisebb volt a gottorpinál, de alkotója benne még meteorológiai jelenségeket, északi fényt is be tudott mutatni. A XVIII. sz. közepén Robert Long 7 méter átmérőjű csillaggömbjében már 20 látogató fért el és nézhette a hajtókarral lassan forgatható gömb felületére fűrt, különböző átmérőjű lyukakkal megjelölt csillagokat.

A mi századunk elején készült a chicagói Tudományos Akadémia igazgatójának, Wallace Atwoodnak 4,5 méter átmérőjű, mechanikus éggömbje, amelyen mintegy 700 lyuk jelképezte a csillagokat. Az ekliptika mentén nyitható-zárható lyuksor segítségével a bolygók látszó mozgása is érzékeltethető volt. A Napot mozgó villamos izzó képviselte.

Közben a mechanikus planetáriumok is fejlődtek. Az 1680-as években épült *Johannes van Ceulen* kézzel hajtható szerkezete, amelynek áttétel-számításait Christian Huyghens végezte — az e célra kidolgozott láncgörbék segítségével. Olaf Römer ebben a korban készített mechanikus planetáriuma a Jupiter és a Szaturnusz akkor ismert holdjait és ezek keringését is bemutatta.

Hasonló szerkezetet épített a XVIII. sz. elején a két híres angol órás: Thomas Tompion és Georg Graham. Ilyen asztali planetáriumot készített John Rowley órásmester is Charles Boyle-nak, *Orrery* grófjának. Erről kapta a nevét minden későbbi hasonló mechanikus planetárium. (Lásd a XXI. képet.)

Az első „*orrery*” bemutatta a Föld—Hold rendszer és a bolygók mozgásait — elődeihez hasonlóan már a heliocentrikus világkép szerint. A bolygópályák excentrikus körök voltak ebben a kézi forgattyúval működtethető szerkezetben.

Megemlítendő még az *orrery* egy különleges fajtája: a mennyezet-*orrery*. Az első ilyen szerkezetet Eise Eisinga nyugat-friziai mechanikus készítette 1774 és 1783 között. Ezt már ingás óraszerkezet működtette egy terem mennyezetén, amelyen az állatövi csillagképek is láthatók voltak.

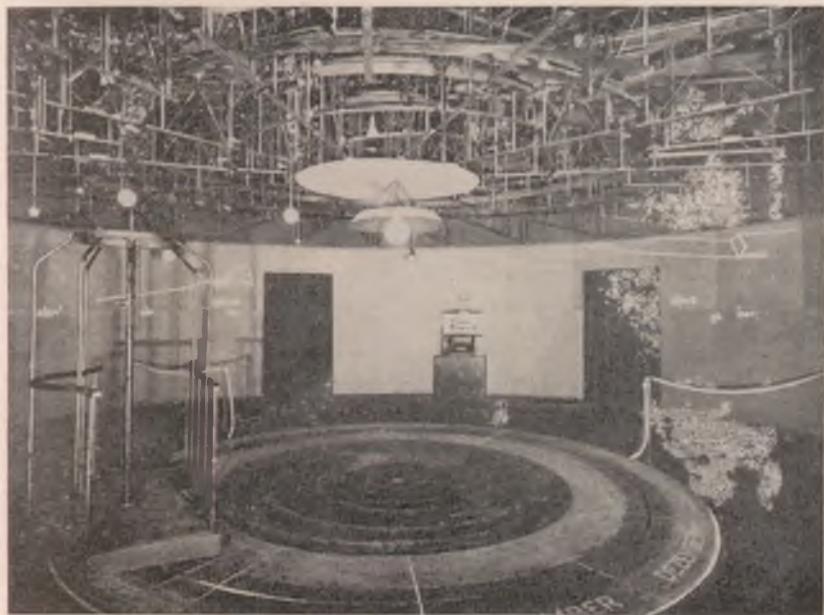
1923-ban helyezték üzembe Münchenben Franz Meyernek, a Jenai Zeiss Művek egyik vezető mérnökének tervezésében készült mennyezet-*orrery*t — vagy másik nevén Kopernikusz-planetáriumot. Ebben a II. világháború folyamán elpusztult, nagy méretű készülékben a bolygókat kis gömbök jelképezték, amelyek arányos sebességgel — de egymástól természetesen a nem

nagyságukkal méretarányos távolságban — végezték keringésüket. A Föld 10 perc alatt tett meg egy teljes keringést. A Szaturnusz pályaátmérője 11,25 méter volt. A 180 legfényesebb csillagot apró villanyégők reprezentálták.

Az első Zeiss-planetárium

Még ugyanabban az évben, tehát 1923-ban mutatta be Walter *Bauersfeld*, a Jenai Zeiss művek főmérnöke azt a berendezést, amely összefoglalta az óriás éggömbök, mechanikus planetáriumok és mennyezet-orreryk minden előnyét: megszületett a mindmáig legtökéletesebb és legelterjedtebb planetárium-féleség, a projekciós planetárium.

A müncheni Deutsches Museum számára az igazgató, Oscar Miller kérésére Max Wolf 1913-ban tett javaslatot egy nagy mechanikus mennyezet-orrery építésére. Ő eredetileg egy 5 méter átmérőjű kupola belső falán mozgó, korongokból, karokból és csuklókból álló szerkezetre gondolt, amely minden fontosabb égi mozgást bemutatott volna. Elképzelései szerint az izzólámpákkal, mint csillagokkal ellátott kupolát a földtengellyel párhuzamos tengely körül motor forgatja. Minthogy a csillagászati obszervatóriumok kupolájá-



40. ábra. A müncheni Deutsches Museumban felszerelt mennyezet-orrery (1913)

nak készítésével a Jénai Zeiss Művek foglalkozott, Miller ehhez a céghez fordult azzal a megbízással, hogy az elképzelt szerkezete számára készítsen megfelelő kupolát.

Az I. világháború félbeszakította a tervezést. Ezután Bauersfeld belátta, hogy az eredeti elgondolás szerinti mechanikus szerkezet semmiképpen nem keltene a valódi csillagos égbolt látványát, és a hozzá tartozó mechanikus szerkezet szinte kivihetetlenül bonyolult lenne. Ekkor forradalmi, új gondolat ötlött fel benne: a kupola belső, fehérre festett falára egy vetítőberendezéssel lehetne kialakítani az égitestek képét, amelyek mozgását a kupola központjában elhelyezett vetítőberendezés mechanizmusa biztosítaná.

Az új konstrukció 1923-ra készült el. Addig a gyár egyik szárnyépületének tetején 16 méter átmérőjű, kísérleti kupolát építettek. A bemutatót Bauersfeld az év augusztusában tartotta a gyár és a müncheni Deutsches Museum munkatársai előtt. Az első benyomás a meglepetés, az ámulat volt — és tegyük hozzá, mindmáig az is maradt. Az első projekciós Zeiss-planetárium 1925-ben került végleges helyére Münchenben, ahol több mint három évtizedig működött. Ma a múzeumban látható.

A projekciós planetárium műszere két főrészből áll: az 50 cm átmérőjű gömb a csillagok, a henger alakú rész a Nap, a Hold és a bolygók kivetítője. Ezeken kívül a figurális csillagképeknek, a fényesebb csillagok nevének és a Tejútnak kivetítésére külön projektorok szolgálnak.

A csillaggömböt öt- és hatszögekből alakították ki (mint a mai futballabdákat). A 32 felületegység közül egyet a forgató és tartó tengely foglalt el. A 31 szektorban 31 diaképről egyetlen, 200 W-os izzó megvilágításával 4500 csillagot, vagyis kisebb-nagyobb átmérőjű fényfoltot lehetett kivetíteni megfelelő optikák közbeiktatásával. A tengely helye miatt a déli pólus környékén levő csillagok nem voltak szemléltethetők.

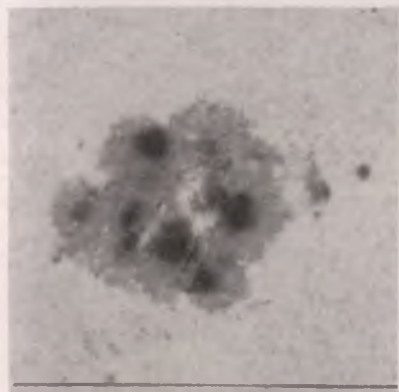
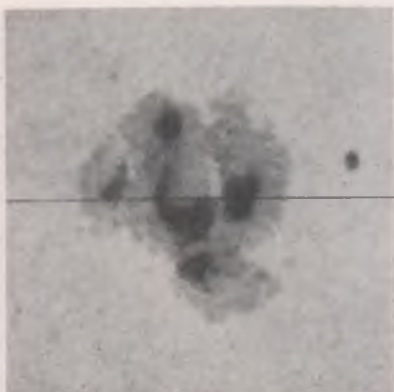
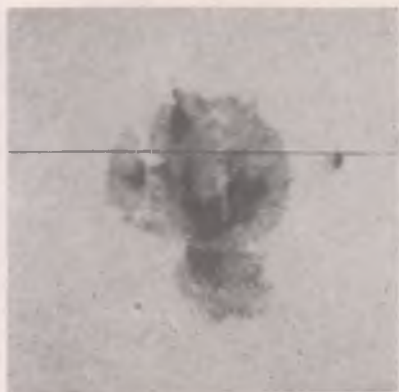
Az első Zeiss-planetárium segítségével a Föld háromféle mozgásának megfelelő jelenségeket lehetett megjeleníteni a kupola falán:

1. Napi mozgás. Ennek következménye a csillagos égbolt naponkénti megfordulása. Egy körülfordulást 4, 2 perc, illetve 50 másodperc alatt lehetett megvalósítani a készülékkel.

2. Évi mozgás. Következménye a Nap látszó elmozdulása a csillagok között. Sebességét a készülékkel három fokozatban lehetett beállítani: 4, 1 perc, ill. 7 másodperc/1 ford. A legnagyobb sebesség alkalmazásával 1 Szaturnusz-év ideje csupán 3,5 perc.

3. Precessziós mozgás. Minthogy 1 precesszió-ciklus ideje a valóságban közel 26 000 év, mintegy 50 óráig tartana egy teljes planetáriumi platói év a leggyorsabb évi mozgás beállítása esetén. Így ezt külön motormeghajtással, az előzőktől független mozgással lehet bemutatni a planetáriumban 4 perc/ciklus sebességgel.

A Nap és a Hold látszó átmérője kb. $1/2^\circ$. Különös, hogy ilyen szögátmérő

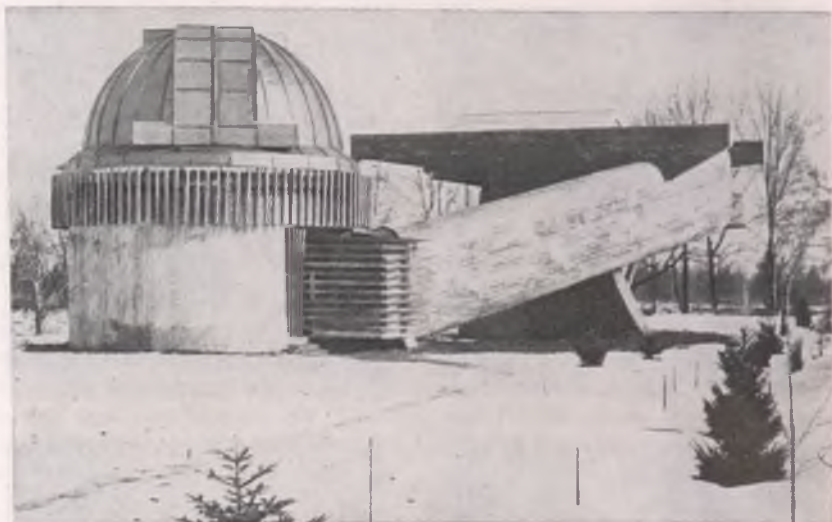


I. kép. Az 1972 augusztusi nagy, „szabálytalan” napfoltcsoport változásai. A képek irányítása: fent észak, baloldalt kelet, tehát a felvételeken látható fekete vonal közelítőleg párhuzamos a Nap egyenlítőjével. A képek hosszúsága és szélessége a napkorong átmérőjének kb. egy tizedét érzékelteti.

A felvételek dátumai, valamint az órára és percre megadott észlelési időpontok (fentről és balról jobbra haladólag) a következők: 11^h 40^m; aug. 2, 10^h 38^m; aug. 4, 11^h 26^m; aug. 8, 10^h 36^m.

(Az MTA Napfizikai Observatórium Gyulai Megfigyelő Állomásának fotografikus észlelési anyagából.)

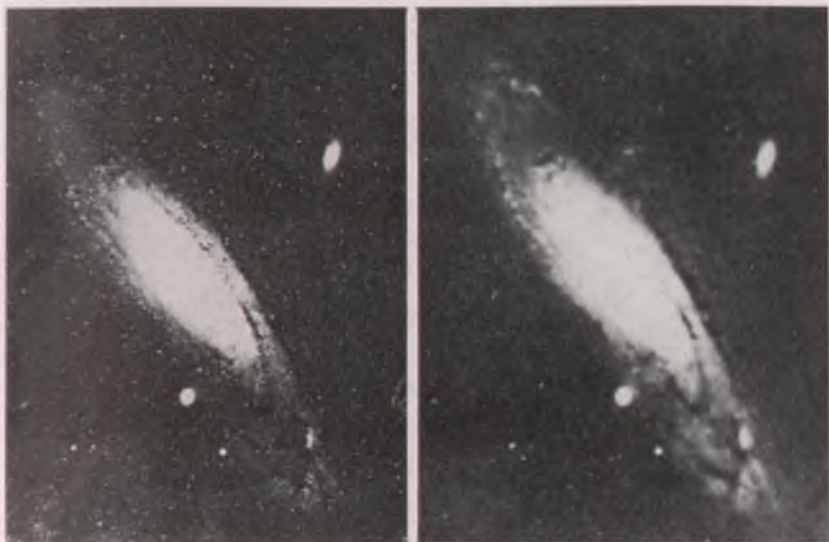
N. V. Puskov írása (lásd a. 146. oldalt) ezen foltcsoporttal kapcsolatos napkitörésekkel és azok geofizikai hatásaival foglalkozik. Az augusztus 7-i nagy flert „fehér” flerként is észlelték (lásd a XIV. táblázatot).



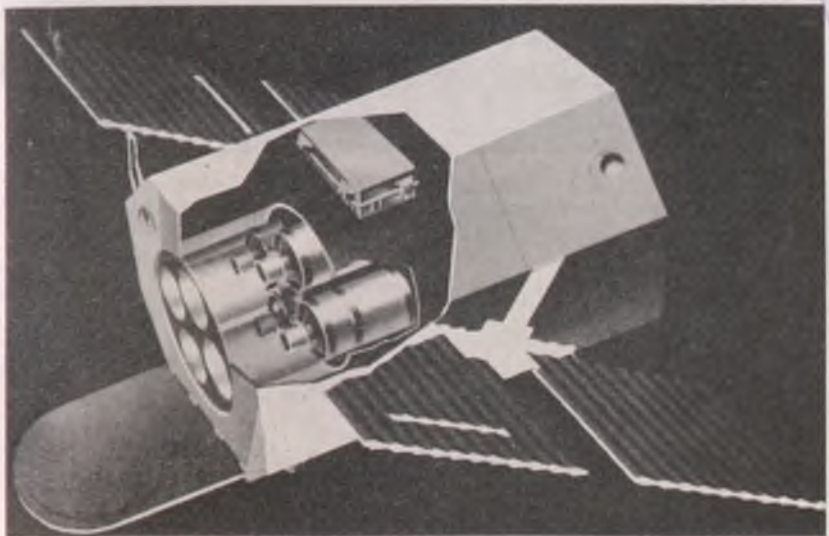
II. kép. A szombathelyi Gothard Obszervatórium kupolája és megfigyelő épületének együttese



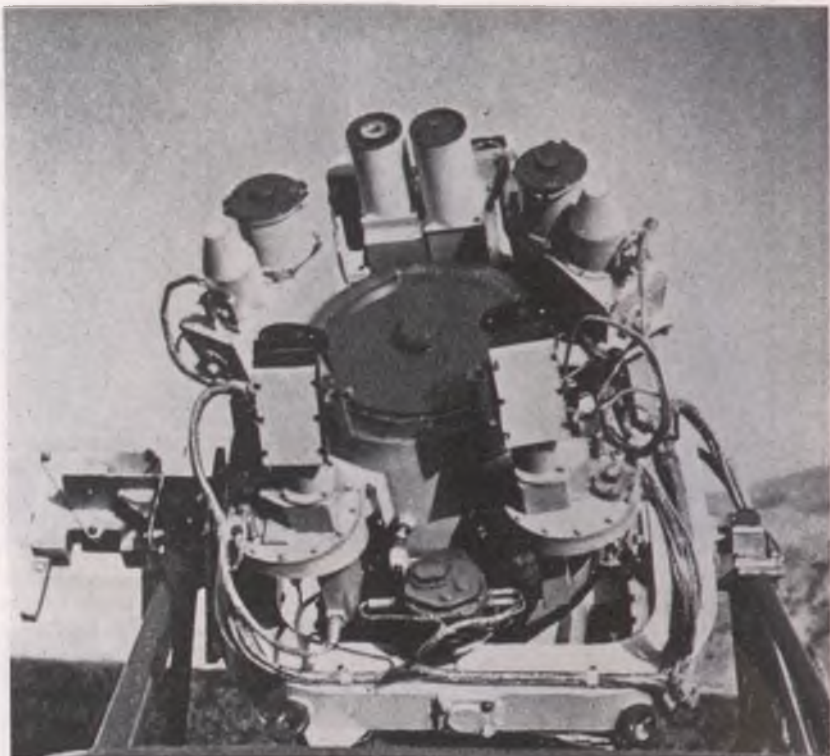
III. kép. A Gothard Jenő csillagászati és tudománytörténeti állandó kiállítás egy része



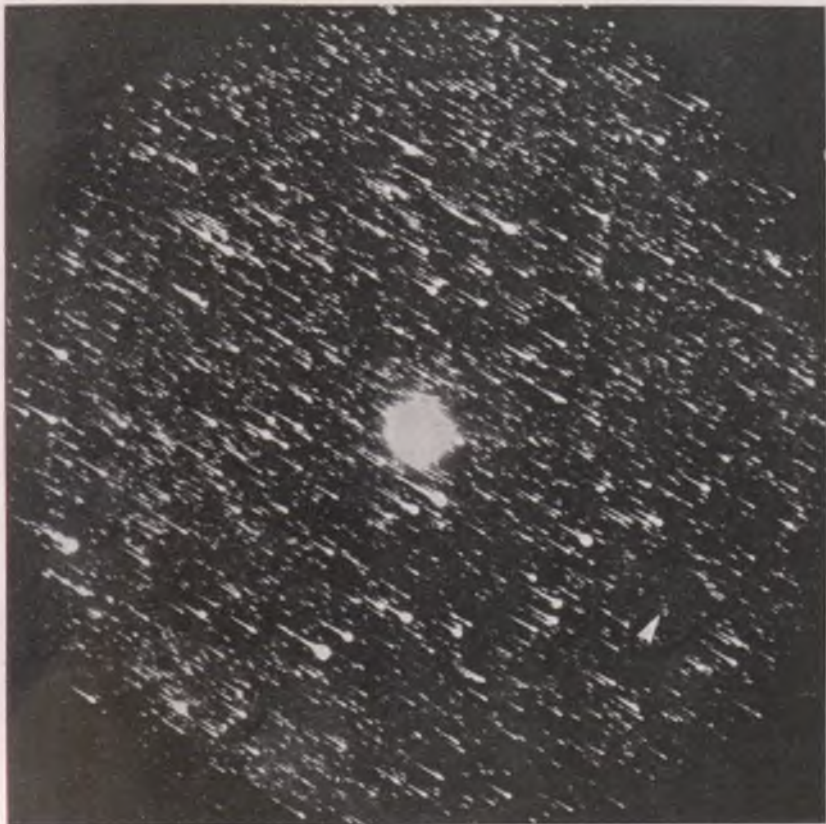
IV. kép. Az M 31-ről készült felvételek közül a jobboldali kép felbontását mesterségesen csökkentették ötödére. A baloldali kép mutatja tehát a légkörön kívüli felvétel minőségjavulását az ugyanazzal az optikával készült földfelszíni felvételhez képest.



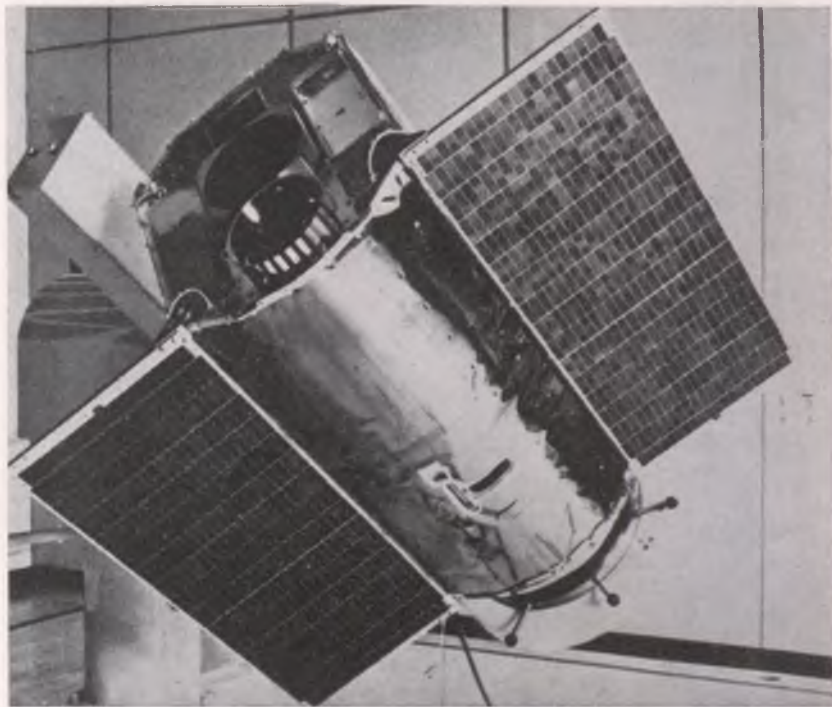
V. kép. A CELESCOPE elhelyezkedése az OAO-2 holdon. A hold túlsó végén van a Wisconsin Egyetem műszerblokkja.



VI. kép. Az Orion-2 obszervatórium összeszerelése közben



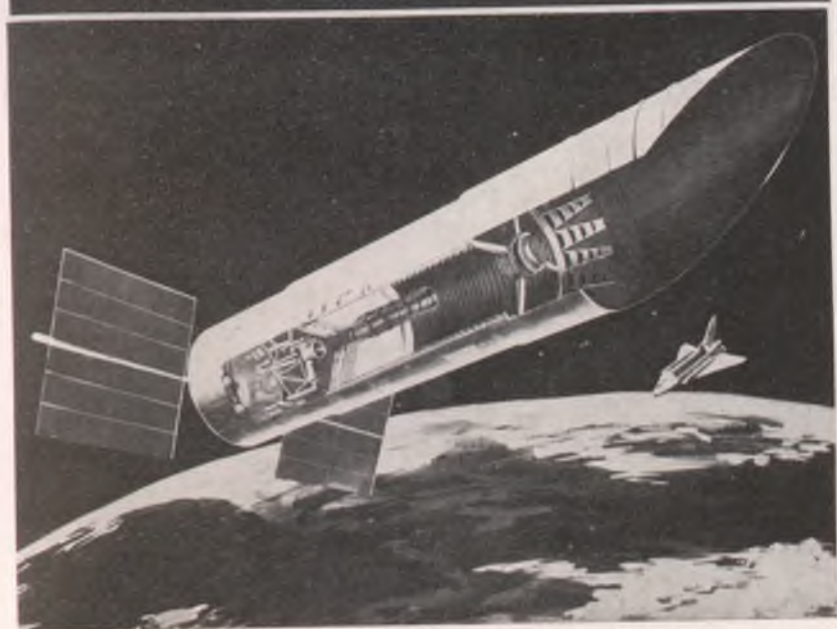
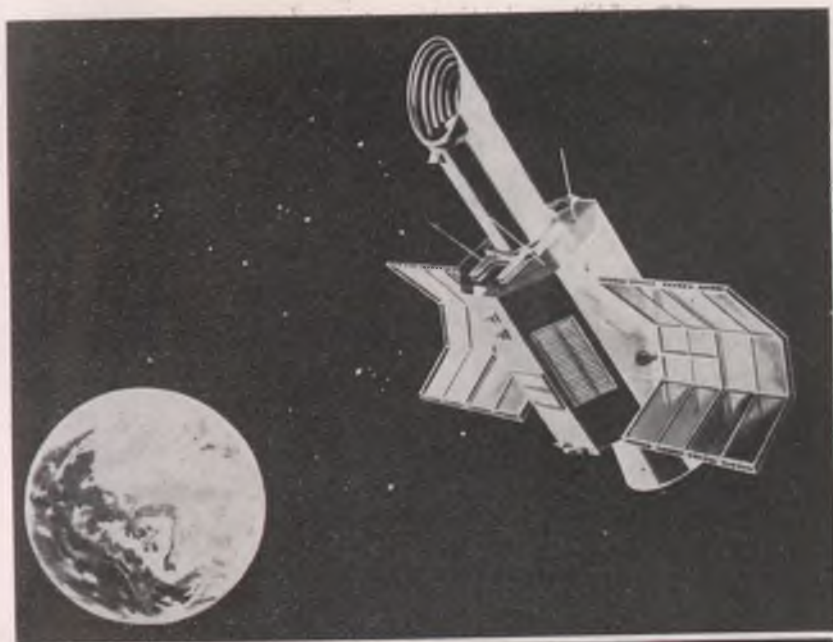
VII. kép. Az Orion-2 obszervatórium által készített objektívprizmás felvétel. A központi csillag a Capella, a leghalványabb csillagok csaknem 13 magnitúdósak. Megfelelő kinagyítás után a csillagok spektrumai külön-külön tanulmányozhatók.

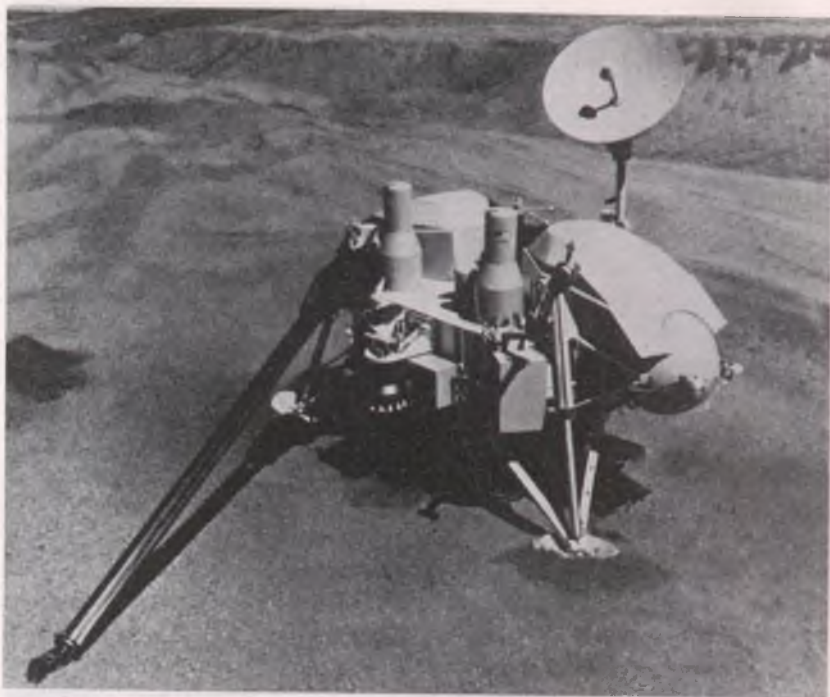


VIII. kép. A holland csillagászati hold (ANS)

IX. kép. Az IUE súlya 670 kg lesz, a nyolcszögletű test átmérője 1,3 m, a teljes hossza 4,2 m.

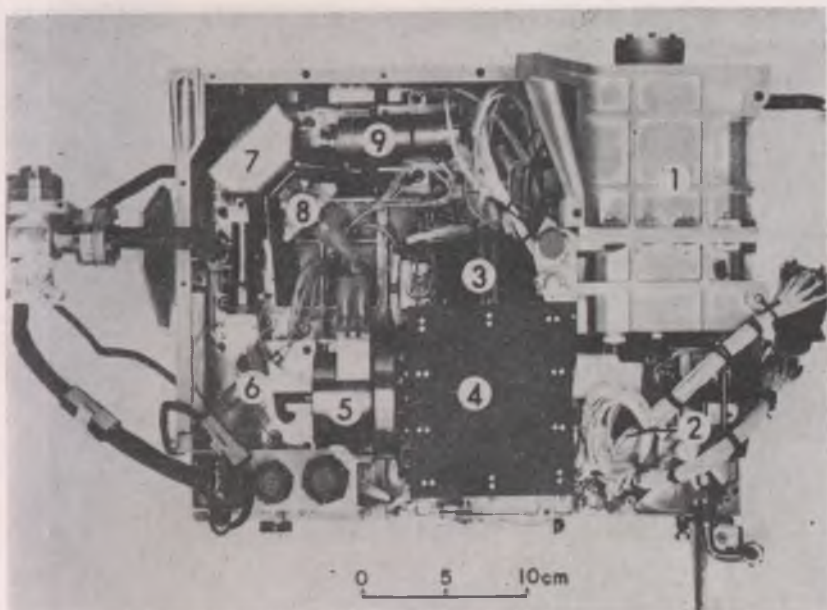
X. kép. Az LST-program 3 méteres űrtávcsöve





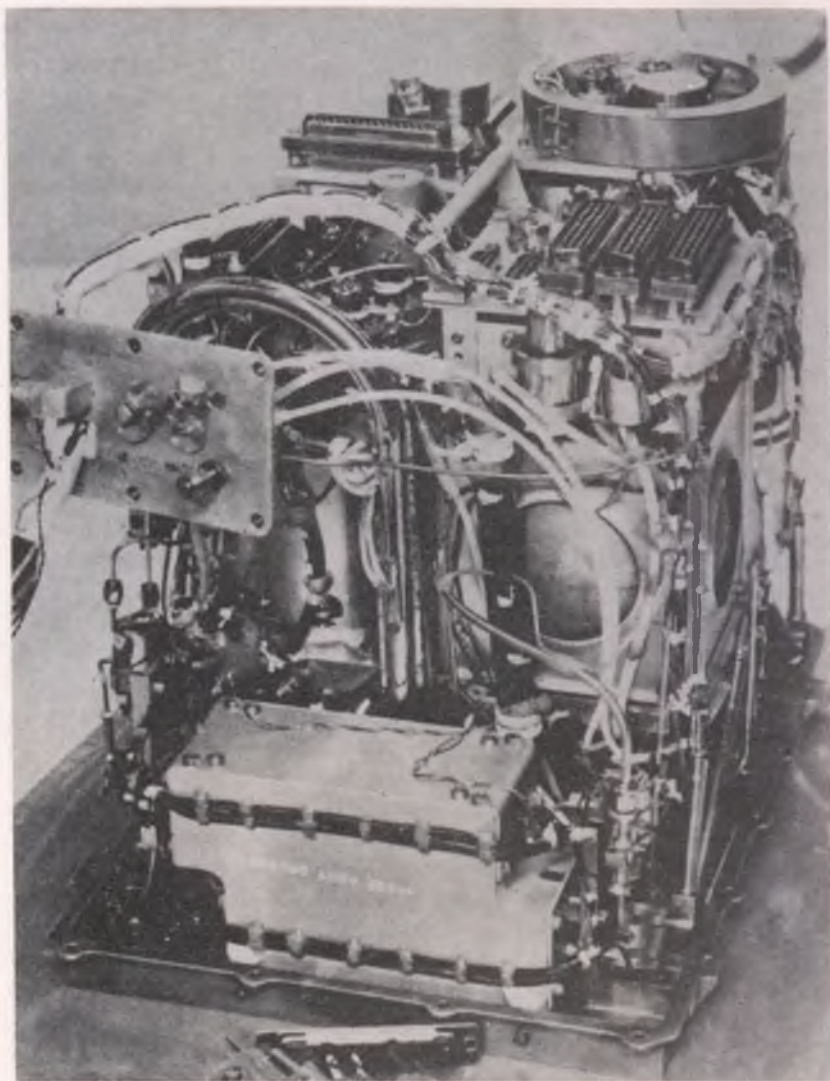
XI. kép. A VIKING '75 űrszonda marsfelszínre leszálló egysége.





XII. kép. A VIKING tömegspektrométer — gázkromatográf egység. Méretei: $27,5 \times 33 \times 25$ cm;

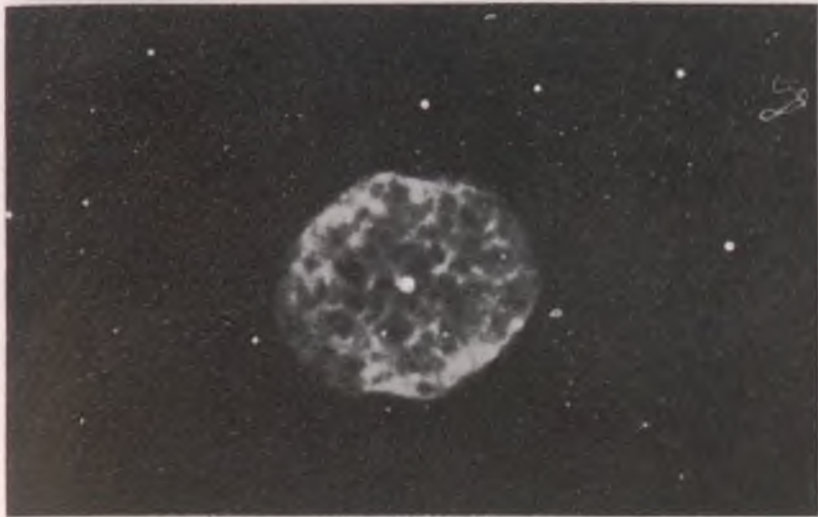
1 — mintaégető; 2 — hidrogén tank; 3 — gázkromatográfiás oszlop; 4 — szelepek, elosztók, szeparátor; 5 — ionforrás; 6 — elektromos szektor; 7 — mágnes; 8 — ionpumpa; 9 — elektronsokszorozó.



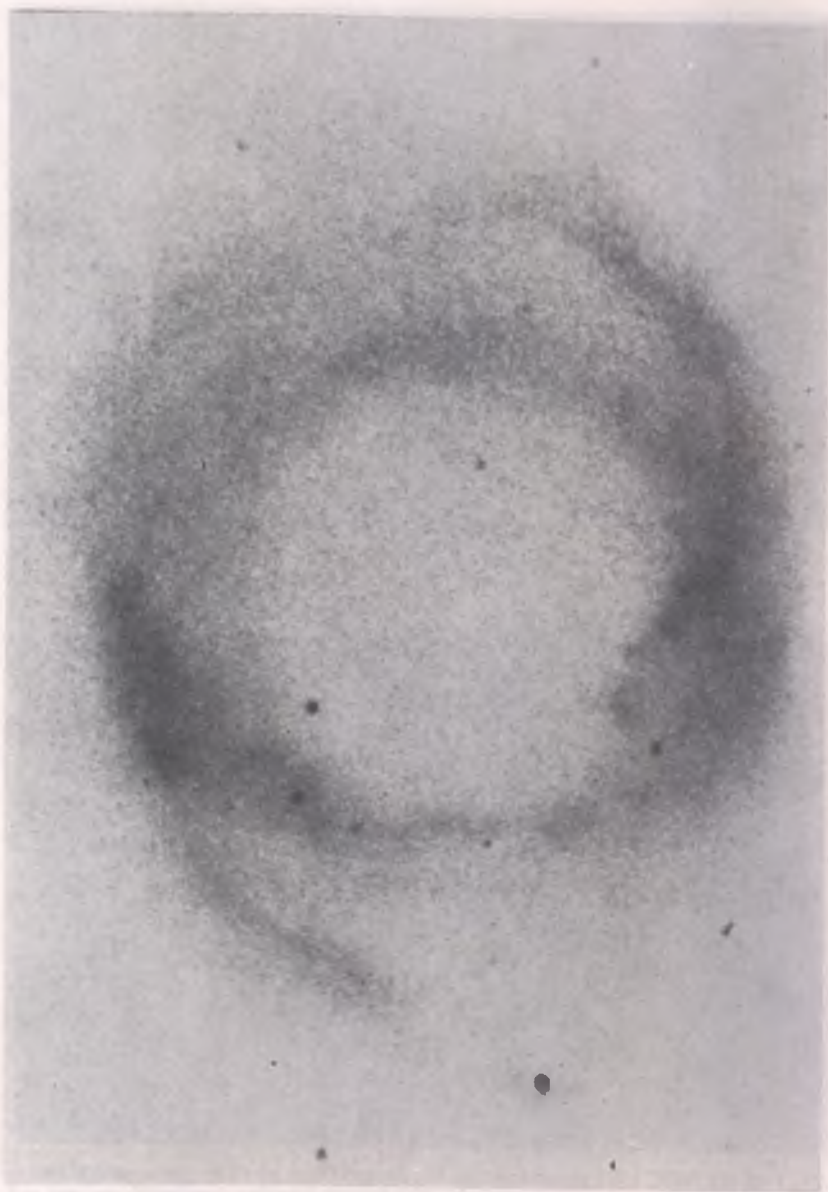
XIII. kép. A Viking Biológiai Műszeregység. Funkcionálisan négy részre tagozódik, három műszerrendszer az életjelenségek eltérő alapon történő kimutatására szolgál, mindegyik külön-külön vezérelhető és saját tenyésztőedénnyel van ellátva. A negyedik a kiszolgáló egység.



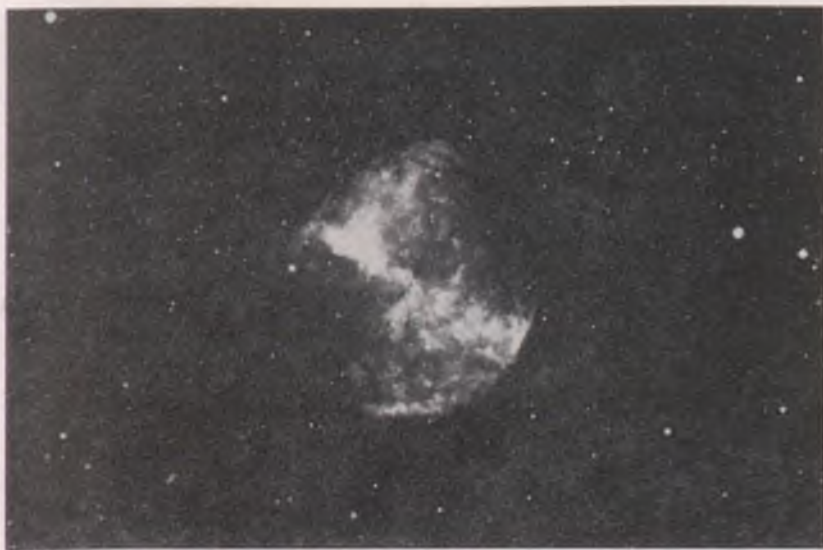
XIV. kép. Gothard Jenő, magyar csillagász fotografikus felvétele (1887) a Lyra gyűrűs (planetáris) ködről. E felvételen vált első ízben láthatóvá a köd központi csillaga.



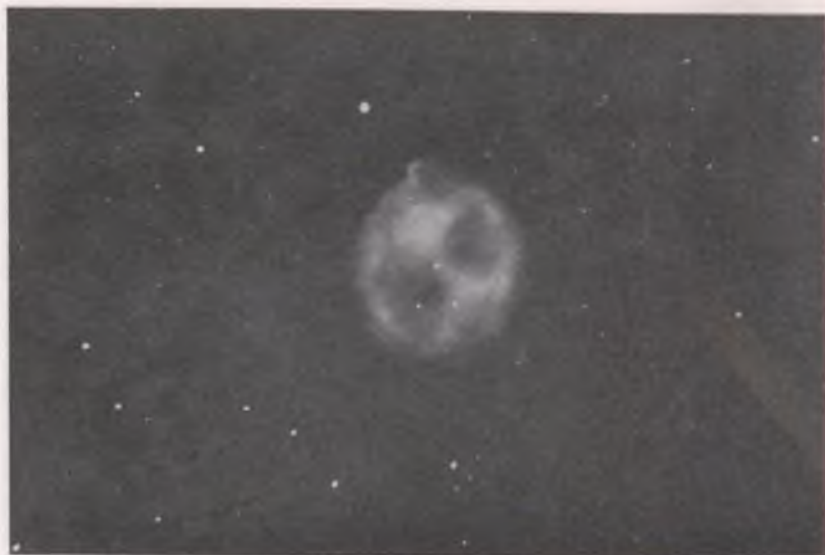
XV. kép. Az NGC 1501 planetáris köd H α fotografikus felvétele az 5 m-es teleszkóppal. Jól kivehető a szimmetria tengely, éles kontúr vonalak határolják és igen sok kondenzáció látszik.



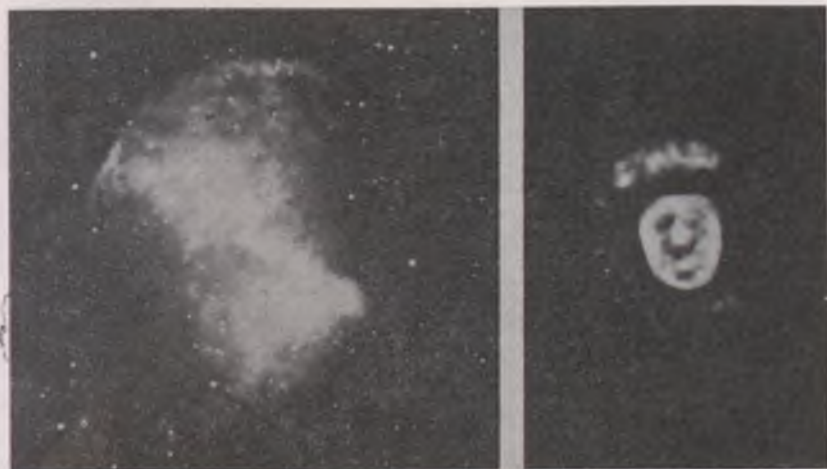
XVI. kép. A Lyra gyűrűs köd Fabry-Perof interferometrikus, [NII] 4584Å vonalon történt felvétele (Haute Provence Obszervatórium).



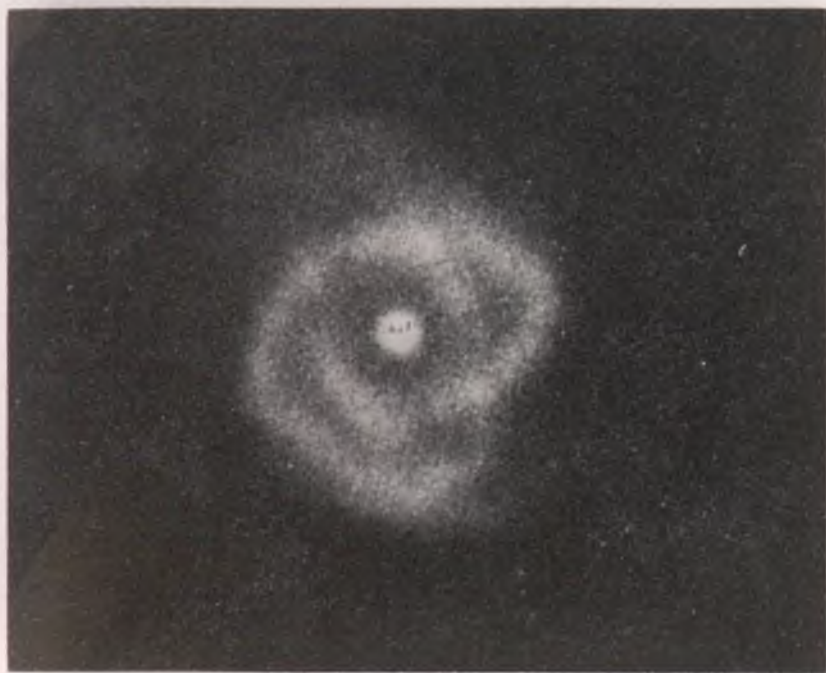
XVII. kép. a) NGC 6853 [OIII] spektrumvonalban fotografálva, b) Ugyanaz $H\alpha$ és [NII] vonalakban fotografálva.



XVIII. kép. a) NGC 3587 [OIII] spektrumvonalban fotografálva, b) Ugyanaz $H\alpha$ és [NII] vonalakban fotografálva.



XIX. kép. Néma-harang köd; NGC 4853, Eszkimó köd; NGC 2312 Palomár felvételek.



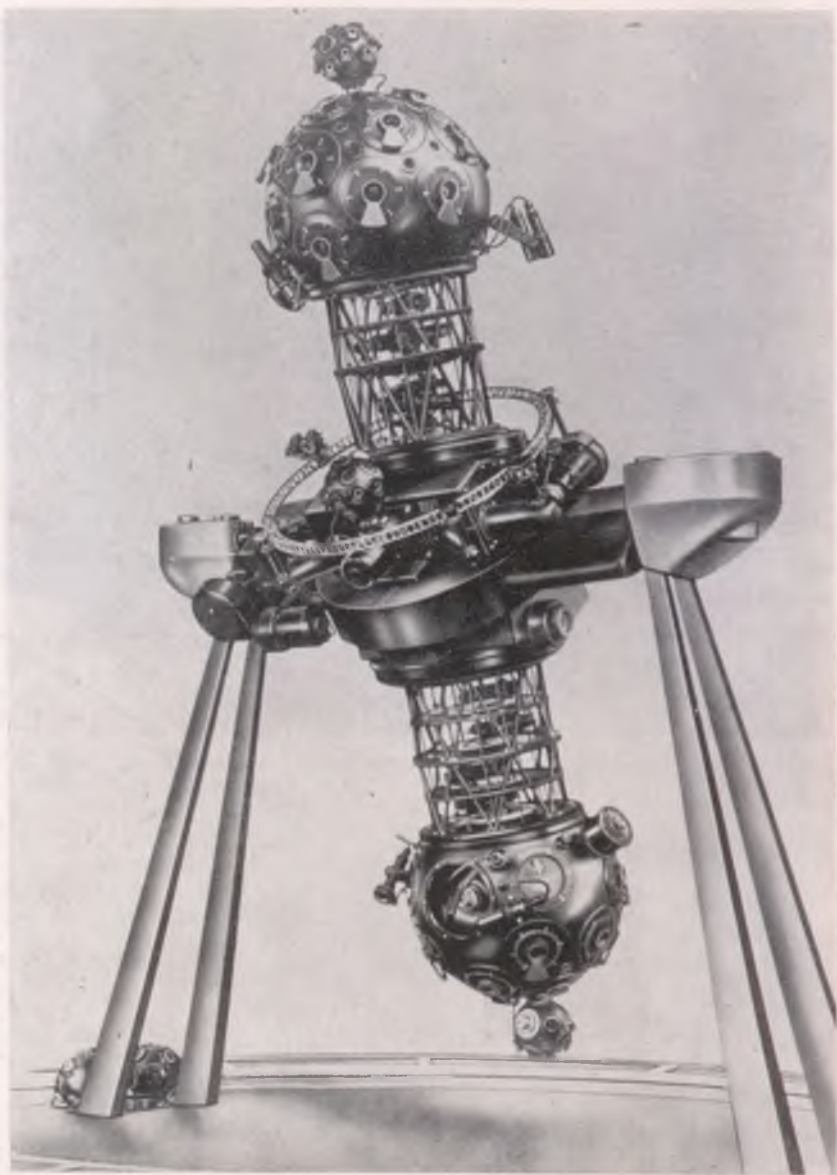
XX. kép. NGC 4543 képe az [OIII] N_1 és N_2 vonalak sugárzási tartományában.



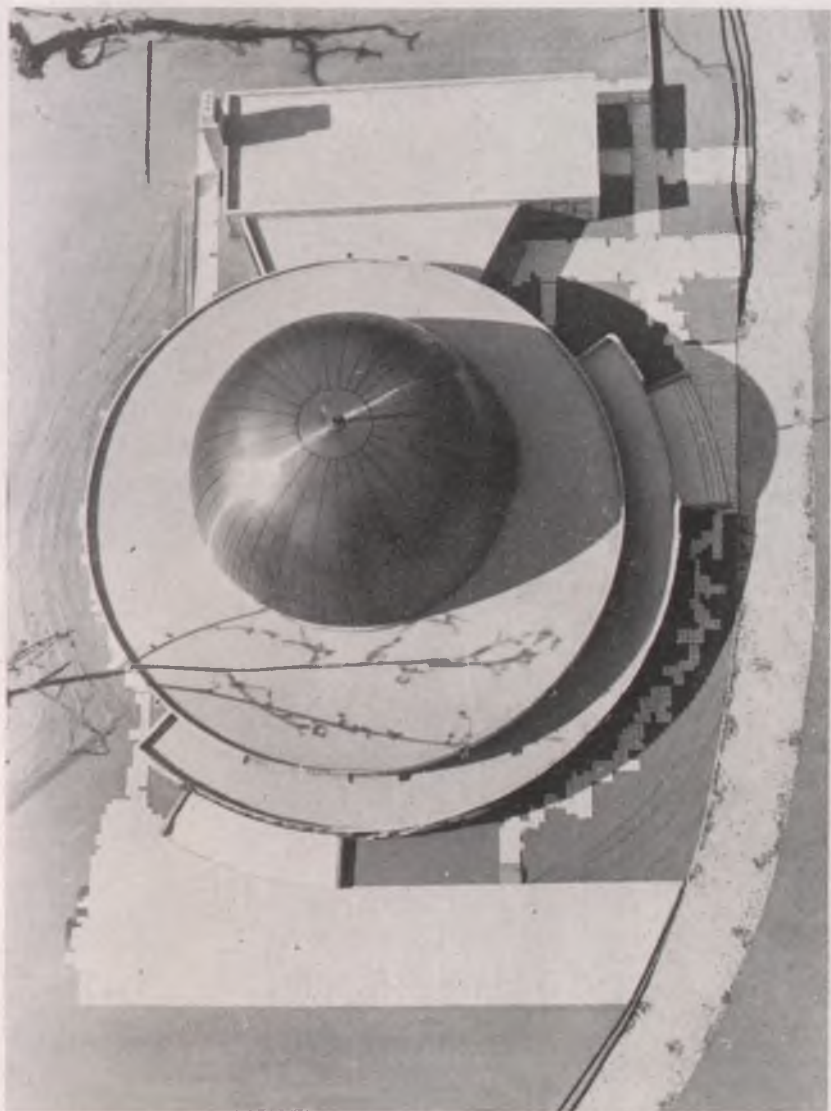
XXI. kép. John Rowley mechanikus asztali planetárium, amelyet Orrery grófjának készített (18. sz. eleje)



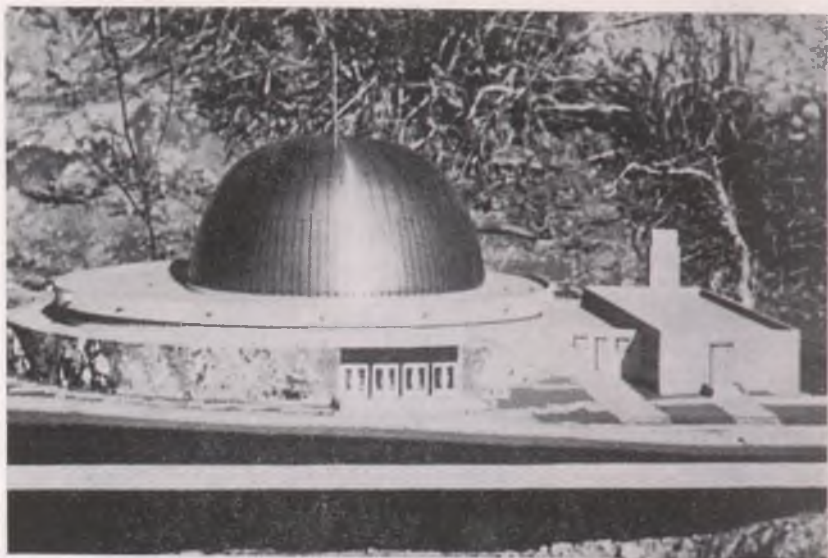
XXII. kép. A londoni planetárium (1958)



XXIII. kép. Az új Zeiss Universal nagyplanetárium főműszere



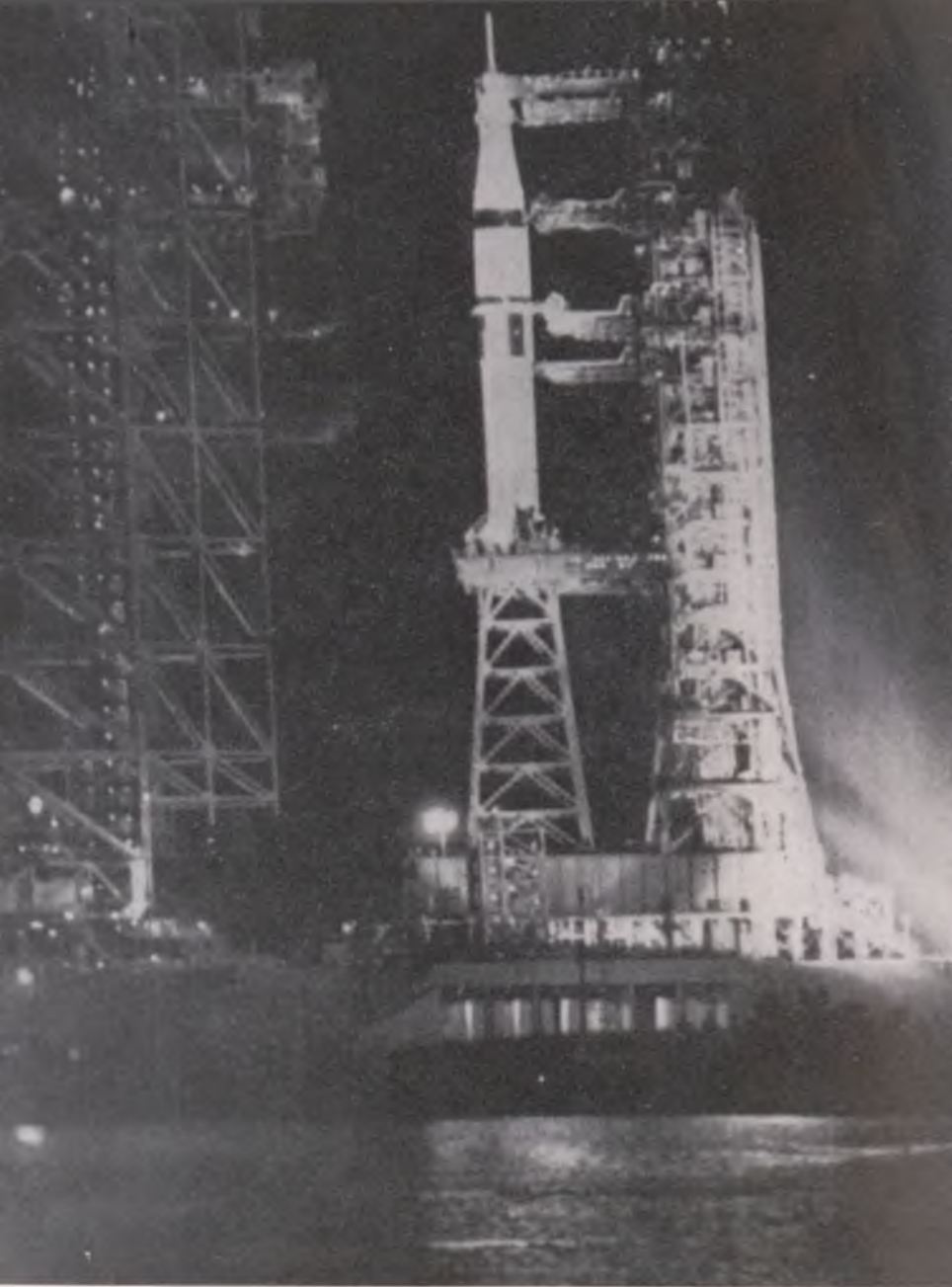
XXIV. kép. A budapesti planetárium (makettje) felülnézetben



XXV. kép. A budapesti planetárium oldalnézeti képe



XXVI. kép. Történelmi pillanat: 1975. július 15-én 12 óra 20 perckor (KözEI) elindul a *Szozuz-19* űrhajó, fedélzetén A. Leonov parancsnokkal és V. Kubaszov fedélzeti-mérnökkel, hogy résztvegyenek a közös szovjet—amerikai Szozuz—Apolló Űrrepülés-ben



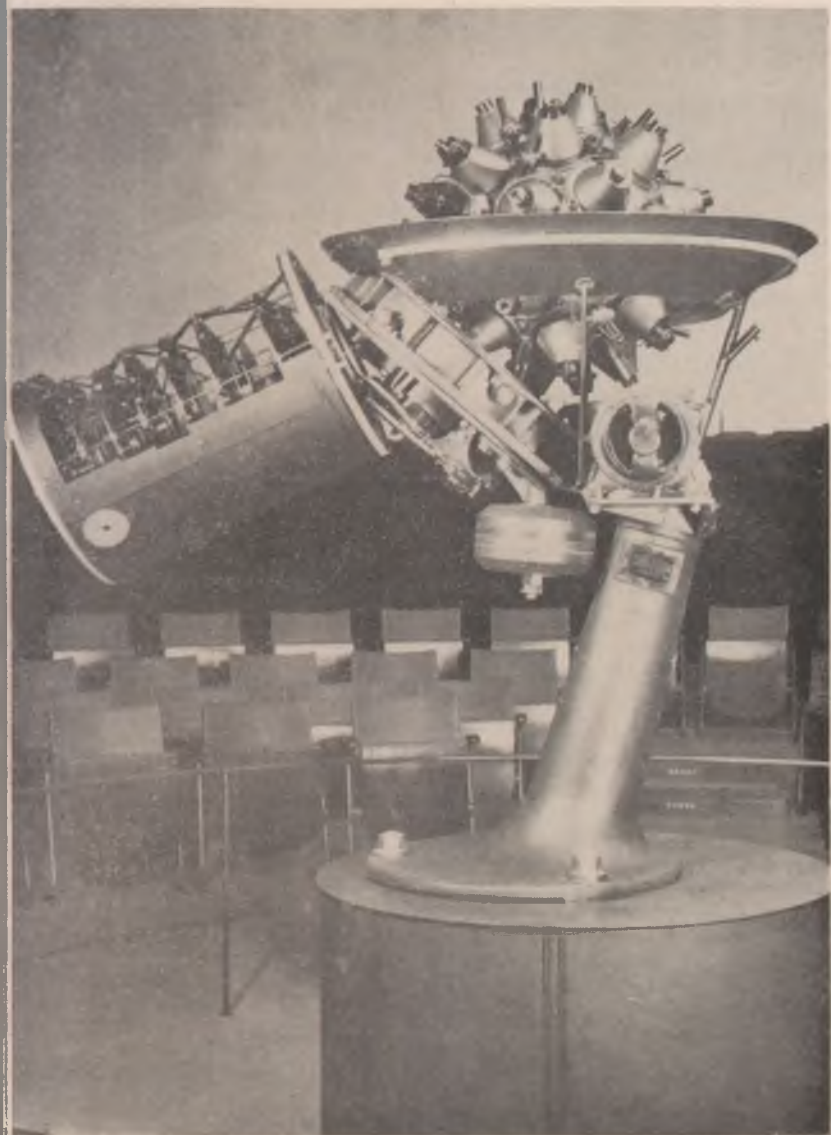
XXVII. kép. A Szojuz—Apolló Űrrepülés amerikai legénysége T. Stafford, V. Brand és D. Slayton egy Saturn-IB típusú hordozórakétával pályára juttatott *Apollo* űrhajóban repült az űrtalálkozóra



XXVIII. A Szozuz-19 és az Apollo űrhajó 1975. július 17-én űrrandevút hajtott végre, majd szilárdan összekapcsolódott. Az űrhajók legénysége majdnem két napos közös kutatási programot hajtott végre. A. Leonov (alul) és T. Stafford találkozás az átszálló-alagútban



XXIX. kép. A jó együttműködést és barátságot szimbolizálja ez a kép: egy szovjet (A. Leonov) és egy amerikai (D. Slayton) űrhajós együtt repül a Szojuz—Apollo kísérleti nemzetközi űrállomás fedélzetén



41. ábra. Walter Bauersfeld alkotása, az első projekciós planetárium (1923).

utánzásával a planetáriumban ezek az égitestek kisebbnek látszanak, mint a valóságban, így e fénykorongok átmérőjét meg kellett növelni.

A műszernek a henger alakú része tartalmazta — és tartalmazza — a legbonyolultabb áttételi mechanizmusokat. A bolygók és a Föld keringésidejének, illetve ezek pontos arányainak megfelelő sebességgel forgó korongok egy-egy pontját minden bolygóprojektorban változtatható hosszúságú rudrendszerek kötik össze. E rudazatok végén található a projektor izzója, amely a bolygónak megfelelő, túlzott méretű, így felismerhető bolygóképet vetít a kupola falára. A két korong körmozgásának eredőjeként a bolygópályák hurokképzése is igen szépen látható, mert az egyes bolygókorongok a berendezésben a valóságosnak megfelelő szöggel hajlanak a földpályát megvalósító mesterséges ekliptika korongjához.

A holdfázisokat megfelelő diafragmarendszer hozza létre a vetített holdkorongon.

A Zeiss Universal műszer

Már az első porprojekciós planetárium bemutatása idején azon gondolkodtak a Zeiss Művek szakemberei, hogy miképp tökéletesítsék ezt a műszertípust. A konstrukció már 1924-ben elkészült, és azóta több mint fél évszázadon át ez volt a mintája az univerzális projekciós planetáriumoknak. Akkor született a kétcsillaggömbös — Universal — planetárium, a maga óriási súlyzóhoz hasonló alakjával. Ebben gömbönként 16 projektor vetíti ki az északi és a déli égbolt minden, 6,5 mg-nál fényesebb csillagát — összesen 8900-at, vagyis többet, mint amennyit az átlagos emberi szem a legkedvezőbb körülmények között láthat a két félgömbön.

A két projekciós csillaggömb átmérője 75 cm. Bennük már nem a csillagos ég egy-egy tájáról készült fénykép-diapozitív adja a csillagokat, hanem vékony rézlemezbe fúrt, különböző átmérőjű lyukakon át kivetített fényfolt. Mint-hogy a csillagok fényrendjét a műszer 0,1 mg-s fokozatokban mutatja, elképzelhető, hogy milyen finom fokozatokban kell perforálni a rézlemez 0,023 és 0,452 mm közötti átmérőjű furatokkal (XXIII. kép).

Néhány jellegzetes, fényes csillag színét színszűrők adják meg a mesterséges égbolton.

A kivetítő izzó eredetileg 1000 W-os volt — ma már 1500 W-os halogén izzókat használnak az Universal műszerekben.

Sikerült megoldani a csillagok eltűnését is a horizont közelében. A berendezésben az alvóbabák szemzárására emlékeztető, egyszerű gravitációs szerkezet valósítja meg a csillagprojektoroknál a horizont vízszintes vonalát. Minthogy ez az él nem a kilyuggatott csillaglemezek távolságában van a leképező optikától, a horizonthoz közeledő csillag fénye nem hirtelenül, hanem fokozatosan halványul el. Ez igen jól utánozza az extinkció jelenségét.

Új mozgásként járult a műszer lehetőségeihez a pólusmagasság-mozgás, amelynek segítségével bármely földrajzi szélességű hely égboltja beállítható — vagyis megvalósítható az észak—dél irányú utazás.

Az első kétsillaggömbös műszer 19 halmazt, ködöt és extragalaxist is kivetített. A Nap-projektor a Nap-haló és az ellenfény jelenségét is előállította. A holdprojektor arra is ügyelt, hogy a telehold felületegységre eső fényességét a negyedekéhez képest növelje — a valóságos helyzetnek megfelelően.

A projekciós planetáriumban természetesen nem lehet visszaadni a Nap valódi látszó fényességét — de nincs is erre szükség. A cél ugyanis éppen az, hogy a Nap útját a csillagok között lehessen bemutatni. A vetített napkorong látni engedi a közelében levő, 3 mg-nál fényesebb csillagokat — és természetesen a bolygókat is.

A csillagok fényességkülönbségét a kupolára vetített átmérő-különbség adja. A legfényesebb csillagok esetén azonban már illúziórontó módon nagyra kellene választani az átmérőt. Ezért az Universal műszerekkel a 21 legfényesebb csillagot külön fényforrás segítségével nagyobb fény­sűrűségű, kisebb átmérőjű foltként vetítik a mesterséges égboltra.

Az újabb építésű Universal műszerekben egy berendezés a csillagok szcintillációját is utánozza.

Ezekben a műszerekben még egy mozgásfajta járul az előzőkhöz: a függőleges tengely körüli forgás lehetősége. Ennek segítségével bármely, a zenitbe állított égi pont pólussá tehető, vagyis bemutatható a bolygók és a Hold csillagos ege, vagy az a látvány, amely az űrhajósok szeme elé tárul egy keringő-forgó űrhajóból. Az Universal műszereknél a kábelek két teljes fordulatot engednek meg — az ún. Raumflug-Planetáriumnál nincs ilyen megkötöttség.

A Naprendszer csillagok közötti útja, az apex és antapex (vagy vertex) égi helye is érzékeltethető a műszerrel. A régebbi Universal berendezések vízszintes irányban, sínen elmozdíthatók voltak. A horizont közelébe, a sínek irányába állított antapex pont felé közeledő műszer a csillagokat e ponthoz közelítőknak vetíti — egyszerű geometriai okból. Ez a jelenség a nézőkben azt a benyomást kelti, mintha e ponttól távolodnának. A vetített apextől távolodva a csillagok széttartó mozgást végeznek a kupolán, mintha efelé közelednének.

Az új Universal műszereknél nincs ilyen oldalirányú mozgás. Az új planetáriumokban viszont lehetőleg sülyesztetőre tervezik a műszert, és a terem szintje alatt rendezik be a javítóműhelyt. Ennél a megoldásnál a zenitbe állított apex, illetve antapex ponttal és vetítés közben sülyesztéssel-emeléssel érhető el a Naprendszer mozgásának élményhatása.

Az Universal műszerek egész sor tartozék- és kiegészítő projektora teszi gazdagabbá, tanulságosabbá, emlékezetesebbé a műsorokat.

A tartozékok között első helyen kell megemlíteni a meridiánt, az ekliptikát és az ekvatoriális koordináta-rendszer köreit vetítő berendezéseket. Ezek segítségével percek alatt nagyobb sikerrel lehet megjegyeztetni az égi koordináta-rendszert.

nátarendszerek lényegét, jelentőségét, mint az elkerülhetetlenül száraz, hosszú, tábla melletti élőszavas fejtegetésekkel. A meridián, a vertikális kör és az órákör által alkotott ún. navigációs háromszög bemutatási lehetősége a navigációt oktató előadásokban kaphat elsőrendű szerepet.

Külön projektorok vetítik a csillagképek neveit és a figurális csillagkép-alakzatokat.

Igen hatásos a vetített Naprendszer-orrery berendezés, amely a Naprendszer tagjait „űrhajótávlathél” szemlélve mutatja. A bolygók fényesség-aránya megfelel a Szaturnusz távolságából látható fokozatoknak, és a 9 cm átmérőjű „Nap” körül sziderikus keringésidejükkel arányos sebességgel, arányos naptávolságban, forgó tükrök és prizmak segítségével keringenek. Ezen a vetített orreryn a Föld keringésideje 5 másodperc. A megtett keringések, „évek” számát a berendezés kivetíti a kupolára.

A Jupiter-projektor hasonlóképp mutatja be a Jupitert és Galilei-holdjait.

Az asztronautikai objektumokat, továbbá a növőkat és szupernóvákat külön projektorral lehet kivetíteni.

Az időmérés terén alapfogalom a közép-Nap: ennek is van projektora a berendezésen. A nap- és holdfogyatkozások jelenségét is bemutatja egy projektor. A teljes napfogyatkozásor mutatkozó napkoronát megfelelő diavetítő jeleníti meg a kupolán.

A változók — így maga a δ Cephei — fényváltozása is bemutatható az Universal műszerrel — természetesen erősen lerövidített periódussal.



42. ábra. A katowicei planetárium (1955)



43. ábra. A colombói planetárium (1965)

Mindig nagy hatást kelt a vetített hullócsillagraj látványa a planetárium-ban. Segítségével azonnal szemléletessé válik a radiánspon t fogalma.

Korabeli — 1858-as — rajzokról készített diasorozat eleveníti fel a Donati-üstökös megjelenését és haladását a csillagképek között.

Egy legújabb projektor a Szíriusz-nak és törpe kísérőjének egymás körüli — erősen felnagyított — keringését is bemutatja.

Több más tartozék között találjuk a napi dátumot felvetítő projektort.

Rendkívül hatásos a körpanoráma 8 db 45°-os szögű vetítőberendezése. Ezekben a jól összehangolt működésű vetítőkben levő diasorozatok 360°-os földi vagy más panorámaképet jelenítenek meg körben a terem-ben a hori-zont vonalától felfelé. A néző valósággal úgy érzi, mintha egy sivatag, egy jégmező, egy holdkráter közepén, a Barringer-kráterben, a Grand Canyonban vagy akár a Mars felszínén lenne. Szinte félelmetesen magasodnak a nézők fölé a Stonehenge nyers sziklaoszlopai, méltó szintérül szolgálva a csillagászat ősi korait idéző műsoroknak. Némelyik újabb planetárium-ban a város sziluett-képét is ez a projektorendszer vetíti körbe a terem-ben.

A világ nagyplanetáriumainak arculatát kétségtelenül azok műsorpolitikája adja: a témaválasztáson felül a témák feldolgozási módja. Ehhez az egyéni feldolgozásmódhoz minden korszerű planetárium létrehozza a maga kiegészítő projektor-parkját. Ezeket a többé-kevésbé egyszerű berendezéseket a planetárium tudományos és műszaki kollektívája tervezi és a házi műhely állítja elő. A kiegészítő projektorok többnyire különféle álló vagy mozgó és változó képeket kör, egyenes, elliptikus pályán vagy ezekből összetett mozgá-saikkal vetítenek a kupola belső falára. Így lehet például űrállomásokat, mesterséges holdakat megjeleníteni vagy tűzgömbjelenséget előidézni a mes-terséges égbolton. De így vetíthető különféle alakú és színű, mozgó sarki fény, vagy olyan meteorológiai jelenség, mint a Nap-gyűrű, a szivárvány, a felhőzet — vagy akár a távoli és közeli villámlás.

Kupola és kupolaterem

A mesterséges égbolt a planetárium belső kupolájának félgömb alakú felü-lete. Ennek mérete alapján is osztályozhatók a planetáriumok: 3—10 méter átmérőjű kupolájúak a kis, 10—15 m-esek a közepes és 16—25 m-esek a nagy planetáriumok.

Az első Zeiss-nagyplanetárium kupolája 16 m átmérőjű volt. A tapasztalat szerint 8 méter az az alsó határ, amelyről a sötétben levő mező szeme mar megállapíthatatlannak, „végtelennek” érzi a vetített fényfoltok — a plane-táriumi csillagok — távolságát. A legideálisabb belső kupolaméret 23 m körül mozog.

Az első kupolak belső fala acélhuzal hálózattal merevített, fehérre festett

betonhéj volt. Képzeltető, milyen kellemetlenül visszhangos volt az ilyen félgömb boltozat. Ezért a későbbi kupolák belső falára fémhálózatra feszített lenvászon borítást készítettek. Ekkor meg a vászonfelületen áthalad hanghullámok a külső kupola belső faláról visszaverődve okoztak akusztikai zavarokat. Ezért azokban a planetáriumokban, ahol a külső és a belső kupola koncentrikus elhelyezésű volt, a 20-as évek végétől a két kupola közé több száz, egyenként kb. 2 m² felületű, különböző irányokba rendszertelenül elhelyezett fémlemezeket építettek. Ezek a hanghullámokat a legkülönbözőbb irányokba verték vissza, és ezzel jelentősen javították a terem akusztikai tulajdonságait.

Ezt a megoldást az utóbbi két évtizedben már nem alkalmazták. A vászonfelületet ugyanis nehéz volt tisztítani, a porosodást lakkozással igyekeztek meggátolni vagy csökkenteni, ekkor pedig ismét fokozódott a terem visszhangossága.

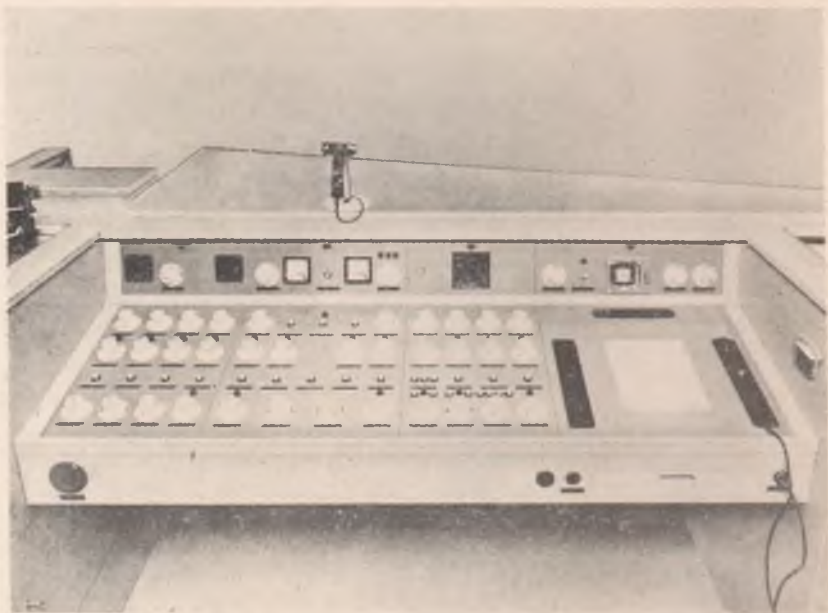
A végleges megoldást a perforált alumíniumlemez-borítás hozta. A vékony, eloxált és fehér lakkfestékkel védett lemezekben 1,3 mm átmérőjű, egymástól 4,2 mm-re levő lyukakból álló perforációt alkalmaznak. A lyukak az egész felületnek csak 8–9%-át veszik el — de szinte tökéletesen megoldják az akusztikai problémákat. A lyukakon áthaladó hanghullámok ugyanis a lemezborítás mögött elhelyezett fekete szöveten és vastag üveggyapot rétegen elnyelődnek. A lyukak mérete kisebb a leghalványabb planetáriumi csillag fényfoltjánál, így nem okoznak zavart a vetítésnél.

A külső kupola alakja tetszőleges lehet — ezen a téren szinte teljesen szabadon csaponghat a tervezők alkotói fantáziája. Több planetáriumnak nincs is külső kupolája, mert egy már meglevő épület tetőzetét védi a belső kupolát a fénytől, az időjárás viszonyosságaitól és a külső zajoktól. Római fürdő, pravoszláv templom, víztorony, csarnoképület egyaránt adhat — és adott is — otthont a nagy planetáriumok belső kupolájának — amennyiben mérete erre a célra megfelelő.

A terem közepén magasodik a műszer. A Zeiss Universal planetáriumokat magas, dobogószerű emelvény veszi körül, amelyek felső, körgyűrű alakú lapját színes üveg szegmensek borítják. Ezek segítségével a teremben hangulatot kék, zöld, sárga és vörös háttérvilágítás adható.

A műszer körül koncentrikusan elhelyezett széksorokban a nagy planetáriumokban 250–600 néző számára van hely. A teremben körben a horizont képelt vonalának magasságában rendszerint annak a városnak sziluettképe látható, amelyben a műszert felállították. Ezt többnyire fekete festékkel vagy fémlemez kivágatból alakították ki. Ezeknek a megoldásoknak hátránya a navigációs előadásoknál mutatkozik meg, amelyek során a horizont körének vonalát kivetítik — és ez a fekete felületen nem látszik. Néhány helyen a lemez kivágatot ilyenkor lesüllyesztik — de újabban inkább a körpanoráma-vetítővel oldják meg a városkép megjelenítését is.

A műszer igen sokféle mozgását és projektorait a kezelőasztaltól lehet irányítani.



44. ábra. Az Universal műszer kapcsolóasztala

nyítani. A pulton csaknem száz forgató- és nyomógomb kezelését kell megtanulnia és begyakorolnia annak, aki a planetáriumi műsorokat vezeti! Több mérőműszer is segíti őt a helyes működés feltételeinek ellenőrzésében.

A terem „északi” oldalára helyezett kezelőasztal voltaképpen nem magával a műszerrel, hanem a kupolatermen kívül nem nagy távolságban felszerelt elektromos kezelőszoba kapcsolószekrényével áll közvetlen összeköttetésben. Ebben a bonyolult elektromos berendezésben találhatók a műszert vezérlő impulzusok kapcsolói, reléi, motorjai és más elektromos egységei. A tekintélyes mennyiségű kábel a kapcsolóasztaltól a szekrény helyiségéig és innen a planetárium műszeréig a padlózat alatt haladó kábelcsatornában halad.

Itt térhetünk ki röviden a planetáriumoknak a kiszolgáló helyiségeket magában foglaló épületrészére. Ez ugyancsak igen változatos formákat ölthet. Benne kell helyet kapnia a már említett elektromos kapcsolószobának, a filmvetítőnek és javítóműhelynek (ezek többnyire közvetlenül a kupolaterem falához épülnek), de itt vannak a vezetésségi és munkatársi szobák, a fotolaboratóriumok és hangvágó szobák, optikai és elektromos műhelyek, a könyvtár és a dia- és hangszalagtárak, kiállítási csarnokok stb. Ahol mód nyílik rá, előadóterem is járul a planetáriumhoz.

A kiállítási csarnokban csillagászati és űrkutatási kiállítás látható. Ahol az épület adottságai megengedik, ott Foucault-inga szemlélteti a Föld forgását a látogatóknak. A kiállítási és más demonstrációs anyag tág teret nyit a planetárium tudományos és műszaki gárdája leleményességének.

Helyi adottságoktól függően a planetáriumokat bemutató csillagvizsgáló egészíti ki.

A planetáriumi műsorok

A planetáriumi előadások ma már inkább tudományos show-műsorok, mint hagyományos előadások: olyan maradandó hatású audio-vizuális programok, amelyek a korszerű technika minden felhasználható lehetőségét alkalmazzák. A modern nagyplanetáriumok a természettudományos ismeretterjesztés és világnézeti felvilágosítás munkáját a humán szellemi kultúra, a művészetek alkalmazásával egybefogva igyekeznek végezni. Ezért a korszerű planetáriumi műsorok lényeges kellékei a kísérőszövegen, az „előadáson” kívül a vizuális és az akusztikai élmények. A nagyközönségnek szánt műsorok egyre inkább távolodnak a régebbiektől, amelyek lényegében a főműszer által vetített csillagászati jelenségekhez fűzött magyarázatokból álltak.

A mai műsorokhoz már elmaradhatatlan a hosszú és sokoldalú, előzetes tervezőmunka eredménye: a forgatókönyv, amelyben az égi látnivaló, a szöveg, a kísérőzene és más hanganyag, irodalmi betét stb. időrendi sorrendben, másodpercre ütemezve található. Ennek alapján részben vagy egészben hangszalagokra rögzítik, majd összemontírozzák a műsor hanganyagát — teljes összhangban a műszerrel kivetített, meghatározott, begyakorolt vezérlésszerű jelenségsorozattal.

A planetáriumi programokat többnyire egyetlen bemutató vezeti le, de sok esetben elkerülhetetlen két személy összehangolt, együttműködése: az egyik a műszer működéséhez szükséges kapcsolásokat végzi, a másik a kísérőszöveget mondja és a planetáriumi mutatópalcát, a nyílprojektort használja. Egy-egy kb. 50 perces műsor levezetése közben több száz, néha közel 1000 kapcsolást is szükséges végezni, így az előadó maga nem is lenne képes közben a szövegre fordítani a figyelmét.

Rendszerint csak a legáltalánosabb témájú műsorokat rögzítik hangszalagra teljes terjedelmükben. Ezek szövege természetesen bármilyen nyelvű lehet. Több európai, sőt tengeren túli planetáriumban hallhatók magyar nyelvű programok is.

A teljes automatizálás megoldása kézenfekvő: A teljes műsor programját lyukszalagra vinni és komputerrel vezérelni a főműszer kapcsolásait, az álló- és mozgóképek projektorait, teljes szinkronban a zenével, fény-, szín- és hanghatásokkal. Ez a megoldás azonban még rendkívül költséges, így csak néhány planetáriumban valósították meg.

A planetáriumi programok lehetnek oktató és oktató szórakoztató típusúak. Az előbbiekre tartoznak az alap- és középfokú iskolák csillagászati tananyagaihoz kapcsolódó előadások, az egyetemi csillagászati, csillagászati-földrajzi, geodéziai, továbbá a katonai és civil navigációs oktatáshoz adott szakanyagok. A nagyközönségnek általában havonként változtatott, a csillagászat egy-egy általánosabb vagy érdekesebb témakörét feldolgozó, teátrális hatásokat felhasználó műsorokat adnak a világ nagyplanetáriumai. Ezeknek a műsoroknak felkészítése hónapokig ad munkát a planetárium tudományos és műszaki munkatársainak.

Az első feladat a téma felkutatása. Sok esetben az aktuális vagy az azzá váló csillagászati jelenség vagy űrkutatási esemény, évszakos jelenség adja a kézenfekvő témát. A nagyplanetáriumok műsorait nemcsak azért nem vehetik át a többiek, mert szerzői jog védi őket, hanem mert ezeknek sok helyi előállítású segédberendezés, kép- és filmanyag stb. is alkotóeleme, amelyekkel a többi planetáriumok nem rendelkeznek.

A témák között a Naprendszer és tagjainak megismertetése szerepel első helyen a Föld mozgásait bemutatók mellett. Külön kiemelhetők a Holddal, az üstökösökkel és a fogyatkozásokkal foglalkozó műsorok. Kedveltek a pólusmagasság változtatása révén létrehozható utazások az Északi-sarktól a Déligig. Elgondolható, mennyi körpanoráma és zenei aláfestés lehetőségét kínálja egy ilyen utazás. Szinte elmaradhatatlan például egy rövid pihenő a 30. szélességi foknál — a Nagy Piramis közelében.

Gyakori témát adnak az északi és a déli égbolt csillagképei és ezek mitológiai vonatkozásai. De a műszer precessziós mozgási lehetőségének felhasználásával utazhatunk a távoli múltba vagy jövőbe. Találkozunk a Föld geológiai múltját vagy a „világ végét” feldolgozó témákkal is.

Az évszakok váltakozásának okát és különféle kihatásait, a csillagos égen látható változásokat felejthetetlené teheti Haydn vagy Vivaldi zenéje. De egyetlen nap csillagászati történetét is meg lehet jeleníteni a planetáriumban mozgalmasan, érdekesen — és a szó szoros értelmében színesen. Az éjszaka csendjében, a hajnalkor és alkonyatkor szinte elmaradhatatlan a távoli vonat-síp, tücsökciripelés, békakuruttyolás, fülemiledal vagy a kakaskukorékolás.

Karácsony táján kedvelt téma az ún. betlehemi csillag jelenségének planetáriumi bemutatása: a Jupiter, Szaturnusz és a Mars együttállása i. e. 7—6-ban. A pólus precessziótól függő helyzetváltoztatása a csillagok között az ókori épületek asztrális tájolása a régészet és a csillagászati kronológia sok érdekes kérdésének feldolgozását teszi lehetővé. A Zeiss Universal és az ehhez hasonló, más — Spitz, Adler, Goto stb. — nagyplanetárium főműszere és a sok kiegészítő, ill. segédberendezés szinte kimeríthetetlen lehetőséget ad a planetárium képzett és megfelelő érzékkel, képzelőerővel rendelkező gárdájának a témák kiválasztásához és változatos feldolgozásához.

Külön figyelmet érdemelnek azok a kísérletek, amelyeket az óvodás korú, 3—6 éves gyermekek planetáriumi foglalkoztatásával kapcsolatban végeztek.

A nagy pedagógiai és gyermekpszichológiai érzékkel összeállított, rövid műsorokkal meglepő sikereket értek el. Kiderült, hogy a gyermekek érdeklődése és felfogóképessége az őket körülvevő, tágabb világról sokkal nagyobb, mint azt általában gondolják.

Itt említhető meg az alapfokú és középiskolák számára is beszerezhető Baader-iskolaplanetárium (NSZK). Ennek lényege egy átlátszó plexigömbhéj, amelynek belsejében pontszerű izzó képezi le a 2—4 m átmérőjű, akár vászonból, házilag is elkészíthető kupolára a gömb külső felére festett csillagokat, csillagképeket, égi köröket és bolygópályákat. A gömb belsejében kis lunárium — Föld—Hold rendszer — hozható működésbe a kis izzó, mint Nap körül. Hazánkban több tanintézetben található ilyen, az alap- és középfokú iskolai oktatás céljaira igen jól használható Baader-planetárium.

A TIT budapesti planetárium

A tervek szerint 1976 végén elkészülő első nagyplanetáriumunk nem az első planetárium Magyarországon. Már a II. világháború éveiben megrendeltek egy Zeiss Universal műszert, amely 1944-ben érkezett hazánk területére — de ismeretlen helyen elpusztult a szerelvénnel együtt.

A következő, ezúttal kisplanetáriumot jó másfél évtizeddel ezután a Művelődésügyi Minisztérium rendelte meg. Ez a Medium típusú Zeiss műszer 1962 és 1968 között működött a budapesti Vidám Parkban, az egykori panoptikum épületében, egy 6 m átmérőjű kupola alatt. Ez a műszer jelenleg a TIT Mecsek Stúdió és Planetárium épületében, Pécsen üzemel.

Hasonló Zeiss Medium műszer érkezett Kecskemétre is a 60-as évek közepén — de csak most kerülhet sor arra, hogy helyet kapjon egy számára készülő épületben.

A budapesti nagyplanetáriumot 1966-ban rendelte meg a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat. A Zeiss Universal műszer maga már 1969-ben megérkezett, és napjainkig egy raktárban várta méltó elhelyezését. A Műszaki Egyetem Magasépítési Tanszékének kollektívája, Lux László professzor és Tömöry Tamás adjunktus vezetésével elkészítette az épület terveit a Gellérthegy oldalán, a Bérc utca feletti, a Várhegyre néző, lejtős telekre. Miután ide, az Uránia Csillagvizsgáló közelébe nem volt megszerezhető az építési engedély, a Népligetben való elhelyezésre kellett módosítani a terveket.

Az Üllői út és a Könyves Kálmán körút népligeti sarkától nem messze épülő intézményt több irányból is könnyű megközelíteni. 1976 végére megépül az észak—déli Metró egy része, és ez a Nagyvárad térig szállíthatja a központi városrészekből a látogatókat. A következő években ennek a Kispestig meghosszabbított metróvonalnak már a planetárium közelében is lesz megállója.

Az első építési fázisban felépült kupola- és körfolyosórész, az irodaépület és a kettőt összekötő nyaktag korszerű, szép és célszerű, imponáló megjelenésű,

a környezetbe illő egészet alkot. A külső, hatalmas, félgömb alakú kupola vörösréz borítású. A belső kupola alatti terem átmérője 23 méter, befogadóképessége 500 fő. Az ezt körülvevő, excentrikus körgyűrű alakú, nagy méretű folyosórész vitrinjeiben állandó csillagásztörténeti kiállítást tervezünk. Végre megnyugtató, méltó elhelyezést kapnak az eddig az Uraniában őrzött, a nagyközönség számára hozzáférhetetlen, értékes csillagászati műszaki emlékek közül legalább a kisebb méretűek. (XXIV. és XXV. kép.)

Az épület további részeiben, a korlátozott méretek ellenére minden olyan helyiség megtalálható, amely a korszerű nagyplanetáriumok működésének kiszolgálásához szükséges.

Az impozáns megjelenésű épületben az égitestek napi állására és a műsorra vonatkozó tablók, csillagászati és űrkutatási vonatkozású makettek, kiállítási és más demonstrációs tárgyakon kívül a képző- és iparművészet ide illő, sőt ide tervezett alkotásait is szeretnénk elhelyezni.

Élni fogunk az épületen kívül elhelyezhető csillagászati és űrkutatási makettek, modellek és különféle típusú, működő napórák elhelyezési lehetőségeivel is.

A délelőtti programokat a tanuló ifjúságnak szánjuk. Kíváncsok, hogy a tananyagban csillagászat szempontjából érintett korosztályok — az általános iskolák 8., a középiskolák 4. osztályainak tanulói — évenként legalább egy alkalommal részt vegyenek a planetáriumban tananyag-kiegészítő előadáson — és ez nem csupán a budapestiekre, hanem az ország minden iskolájára vonatkozik.

A planetáriumban az iskolai és szakoktatás, továbbá a nagyközönségi műsorok adása mellett, kihasználva a terem kiváló akusztikai adottságait, rögzített programú hangversenyeket, esetleg élő kamarazenei és irodalmi műsorokat is rendezhetünk.

A világ nagyplanetáriumainak statisztikai adatai szerint az évenkénti látogatók száma 200—300 ezer. Nagy gond, nagy felelősség, de nagy öröm is ilyen létszámú közönség szakmailag és ideológiailag helyes természettudományos világnézetét megalapozni, illetve megerősíteni. És kihasználva a Zeiss Universal műszer sokoldalúságát és a planetárium tőzsgárdája kollektív alkotóképességét, ezt a célt olyan komplex, emlékezetes élményeket adó műsorok útján igyekszünk elérni, amelyek újra és újra visszahúzzák a látogatókat ebbe a hazánk legújabb, legkorszerűbb ismeretterjesztő intézményébe. Azt szeretnénk, hogy a népligeti planetárium a kultúra egyik hazai fellegvára legyen, amely a szigorúan tudományos szakmai szempontok érvényesítése mellett élvezetes műsorok, látványos kiállítások útján az egységes emberi kultúra humán alkotásait felhasználva magas szintű műveltséget árásszon és állandó művelődésre készítessen.

Tass Antal, a budapesti állami csillagvizsgáló egykori igazgatója éppen fél évszázaddal ezelőtt írta le a bizakodó sorait egy nagy, hazai planetárium megvalósulásáról. A TIT budapesti nagyplanetáriumában most ölt testet ez a régi óhaj.

TARTALOM

Táblázatok, grafikonok

A Nap és a Hold kelte és pontosabb adatai	4
A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának heliografikus koordinátái	28
A holdkorong sugara	29
A szabad szemmel látható bolygók adatai	30
Az Uránusz és Neptunusz adatai	37
A bolygók heliocentrikus ekliptikai koordinátái	38
A Jupiter-holdak helyzetei és jelenségei	40
A Mars és a Jupiter centrálmeridiánjának planetografikus hosszúsága és adatok a Szaturnusz gyűrűjére vonatkozólag	48
Bolygókorongok megvilágítási adatai	50
Holdfogyatkozások 1976 és 2000 között	51
Napfogyatkozások 1976 és 1999 között	52
Galaktikus ködök	54
A fényesebb csillagok	55
A fényesebb változócsillagok	58
Nagy „fehér” napkitörések (fehér flerek)	62
Nagy napkitörések (H_{α} -flerek)	63
A nappal és a szürkület tartama Magyarországon	64
Középidőnek csillagidőre való átszámítása	66
Csillagidőnek középidőre való átszámítása	67
Tudnivalók és kiegészítések a táblázatokhoz	68
A csillagászati szférikus koordináták	71
A csillagos ég 1976-ban	78

Beszámolók

Szeidl Béla: A Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézetének működése	95
Marik Miklós: Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Csillagászati Tanszékének működése	104

Almár Iván: A MTESZ Központi Asztronautikai Szakosztályának története és jelenlegi működése	109
Kulin György: A TIT Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályainak 1974. évi működéséről	115
Kulin György: A TIT Uránia bemutató csillagvizsgálóinak működéséről	123

Cikkek

Barlai Katalin—Marik Miklós: Regiomontanus	133
Szeidl Béla: A csillagászat legújabb eredményei	140
N. V. Puskov: Napkitörések és geofizikai hatásaik	146
Ill Márton: Távcsovek a világűrben	156
Gánti Tibor—Horváth András: A Viking '75 program	173
Balázs Lajos: A csillagok kinematikája és kora	198
Kanyó Sándor: Planetáris ködök	216
Balázs Béla—Paál György: A kozmológiai vöröseltolódásról	231
Ponori Thewrewk Aurél: Planetáriumok	249

Kiadja a Gondolat, a TIT kiadója
Felelős kiadó a Gondolat Kiadó igazgatója
Felelős szerkesztő: Barlai Katalin
Műszaki vezető: Kálmán Emil
Műszaki szerkesztő: Radó Péter
A fedélterv Radó Péter munkája
Megjelent 7000 példányban
16,75 (A/5) ív + 24 oldal melléklet terjedelemben
Készült az MSZ 5601—59 és 5602—55 szabványok szerint
74-2340 Pécsi Szikra Nyomda F. v.: Melles Rezső

