

60/100
Károlyi

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

1977





CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

az 1977. 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 1976

MTA Gondolat Könyvtára
TÖRÖLVE
Könyvtára
15.936.119.76

© Gondolat, 1976

**CSILLAGÁSZATI ADATOK
AZ 1977. ÉVRE**

Az adatokat összeállították
az MTA Napfizikai Obszervatórium kutatói

I. JANUÁR

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

Hold: 16-án 11^h-kor földközélen
28-án 07^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	° ′
... 144,5	6 42 07,683	18 45,5	-23 02	16 18	3 13,1	+16 13
145,5	6 46 04,241	18 49,9	22 57	16 18	4 02,3	18 02
146,5	6 50 00,801	18 54,3	22 51	16 18	4 52,8	19 04
147,5	6 53 57,362	18 58,7	22 45	16 18	5 44,4	19 14
148,5	6 57 53,923	19 03,1	22 39	16 18	6 36,5	18 30
149,5	7 01 50,483	19 07,5	22 32	16 18	7 28,8	16 52
150,5	7 05 47,042	19 11,9	22 25	16 18	8 20,9	14 22
151,5	7 09 43,599	19 16,3	22 17	16 17	9 12,4	11 08
152,5	7 13 40,154	19 20,6	22 09	16 17	10 03,5	7 18
153,5	7 17 36,707	19 25,0	22 00	16 17	10 54,4	+ 3 04
154,5	7 21 33,260	19 29,3	21 51	16 17	11 45,7	- 1 23
155,5	7 25 29,812	19 33,7	21 42	16 17	12 37,9	5 50
156,5	7 29 26,365	19 38,0	21 32	16 17	13 31,6	10 01
157,5	7 33 22,920	19 42,3	21 22	16 17	14 27,4	13 42
158,5	7 37 19,478	19 46,6	21 11	16 17	15 25,5	16 37
159,5	7 41 16,038	19 50,9	21 00	16 17	16 25,5	18 31
160,5	7 45 12,601	19 55,2	20 48	16 17	17 26,7	19 13
161,5	7 49 09,163	19 59,5	20 36	16 17	18 27,8	18 39
162,5	7 53 05,725	20 03,7	20 24	16 17	19 27,6	16 54
163,5	7 57 02,284	20 08,0	20 11	16 17	20 25,1	14 09
164,5	8 00 58,840	20 12,2	19 58	16 17	21 19,8	10 39
165,5	8 04 55,394	20 16,4	19 45	16 17	22 11,8	6 42
166,5	8 08 51,946	20 20,6	19 31	16 16	23 01,6	- 2 32
167,5	8 12 48,497	20 24,8	19 17	16 16	23 49,6	+ 1 37
168,5	8 16 45,048	20 29,0	19 02	16 16	0 36,6	5 36
169,5	8 20 41,599	20 33,2	18 47	16 16	1 23,3	9 16
170,5	8 24 38,152	20 37,3	18 32	16 16	2 10,1	12 31
171,5	8 28 34,707	20 41,5	18 17	16 16	2 57,6	15 13
172,5	8 32 31,263	20 45,6	18 01	16 16	3 46,2	17 17
173,5	8 36 27,820	20 49,7	17 45	16 16	4 36,0	18 37
174,5	8 40 24,379	20 53,8	-17 28	16 16	5 26,9	+19 07

Föld: 3-án 10^h 43^m-kor napközelben (KözEI)

I. FEBRUÁR

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözE1)					
				Budapesten					A HOLD fény- váltásai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	K	(6)	32	7 11	11 58	16 46	14 22	4 52	
2	Sz		33	7 09	11 58	16 47	15 22	5 34	
3	Cs		34	7 08	11 58	16 49	16 27	6 12	
4	P		35	7 07	11 58	16 50	17 35	6 46	○ 04 57
5	Sz		36	7 06	11 58	16 52	18 44	7 18	
6	V	7	37	7 04	11 58	16 53	19 55	7 48	
7	H		38	7 03	11 58	16 55	21 08	8 17	
8	K		39	7 01	11 58	16 56	22 20	8 48	
9	Sz		40	7 00	11 58	16 58	23 33	9 20	
10	Cs		41	6 58	11 58	16 59	—	9 55	
11	P	8	42	6 57	11 58	17 01	0 44	10 37	☾ 05 08
12	Sz		43	6 55	11 58	17 03	1 53	11 25	
13	V		44	6 53	11 58	17 04	2 56	12 19	
14	H		45	6 52	11 58	17 06	3 52	13 21	
15	K		46	6 50	11 58	17 07	4 41	14 27	
16	Sz	9	47	6 49	11 58	17 09	5 22	15 35	
17	Cs		48	6 47	11 58	17 10	5 58	16 45	
18	P		49	6 45	11 58	17 12	6 29	17 54	● 04 38
19	Sz		50	6 43	11 58	17 14	6 57	19 00	
20	V		51	6 42	11 58	17 15	7 24	20 05	
21	H	10	52	6 40	11 58	17 17	7 51	21 08	
22	K		53	6 38	11 58	17 18	8 18	22 10	
23	Sz		54	6 36	11 58	17 20	8 47	23 10	
24	Cs		55	6 35	11 57	17 21	9 19	—	
25	P		56	6 33	11 57	17 23	9 54	0 08	
26	Sz	10	57	6 31	11 57	17 24	10 34	1 03	☽ 03 51
27	V		58	6 29	11 57	17 26	11 19	1 55	
28	H		59	6 27	11 57	17 27	12 10	2 43	

Hold: 11-én 05^h-kor földközélen
25-én 04^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	° ′
175,5	8 44 20,937	20 57,9	-17 11	16 15	6 18,8	+18 45
176,5	8 48 17,496	21 02,0	16 54	16 15	7 11,2	17 27
177,5	8 52 14,053	21 06,1	16 37	16 15	8 03,9	15 16
178,5	8 56 10,609	21 10,1	16 19	16 15	8 56,4	12 16
179,5	9 00 07,162	21 14,1	16 01	16 15	9 48,7	8 35
180,5	9 04 03,713	21 18,1	15 43	16 15	10 40,8	+ 4 23
181,5	9 08 00,263	21 22,2	15 24	16 15	11 33,1	- 0 05
182,5	9 11 56,813	21 26,1	15 06	16 14	12 26,0	4 35
183,5	9 15 53,363	21 30,1	14 47	16 14	13 19,8	8 53
184,5	9 19 49,915	21 34,1	14 27	16 14	14 15,1	12 41
185,5	9 23 46,470	21 38,0	14 08	16 14	15 12,0	15 46
186,5	9 27 43,027	21 42,0	13 48	16 14	16 10,5	17 54
187,5	9 31 39,586	21 45,9	13 28	16 13	17 09,8	18 56
188,5	9 35 36,145	21 49,8	13 08	16 13	18 09,3	18 47
189,5	9 39 32,704	21 53,7	12 47	16 13	19 07,9	17 30
190,5	9 43 29,261	21 57,6	12 27	16 13	20 04,8	15 10
191,5	9 47 25,816	22 01,5	12 06	16 13	20 59,7	12 02
192,5	9 51 22,368	22 05,4	11 45	16 12	21 52,2	8 19
193,5	9 55 18,918	22 09,2	11 23	16 12	22 42,8	4 16
194,5	9 59 15,466	22 13,1	11 02	16 12	23 31,7	- 0 06
195,5	10 03 12,014	22 16,9	10 40	16 12	0 19,5	+ 3 58
196,5	10 07 08,563	22 20,7	10 19	16 12	1 06,8	7 47
197,5	10 11 05,113	22 24,6	9 57	16 11	1 54,0	11 12
198,5	10 15 01,664	22 28,4	9 35	16 11	2 41,5	14 07
199,5	10 18 58,217	22 32,2	9 13	16 11	3 29,8	16 25
200,5	10 22 54,771	22 35,9	8 50	16 11	4 18,9	18 00
201,5	10 26 51,327	22 39,7	8 28	16 10	5 08,9	18 49
202,5	10 30 47,883	22 43,5	- 8 05	16 10	5 59,9	+18 47

I. MÁRCIUS

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	
1	K	(10)	60	6 25	11 57	17 29	13 07	3 27	
2	Sz		61	6 24	11 56	17 30	14 09	4 07	
3	Cs		62	6 22	11 56	17 32	15 15	4 43	
4	P		63	6 20	11 56	17 33	16 25	5 16	
5	Sz		64	6 18	11 56	17 34	17 37	5 47	○ 18 14
6	V		65	6 16	11 55	17 36	18 50	6 18	
7	H	11	66	6 14	11 55	17 37	20 05	6 48	
8	K		67	6 12	11 55	17 39	21 19	7 21	
9	Sz		68	6 10	11 55	17 40	22 34	7 57	
10	Cs		69	6 08	11 54	17 42	23 44	8 37	
11	P		70	6 06	11 54	17 43	—	9 23	
12	Sz		71	6 04	11 54	17 45	0 50	10 16	⊂ 12 35
13	V		72	6 02	11 54	17 46	1 48	11 14	
14	H	12	73	6 00	11 53	17 48	2 37	12 18	
15	K		74	5 58	11 53	17 49	3 21	13 25	
16	Sz		75	5 56	11 53	17 50	3 57	14 32	
17	Cs		76	5 54	11 53	17 52	4 30	15 39	
18	P		77	5 52	11 52	17 53	4 59	16 46	
19	Sz		78	5 50	11 52	17 55	5 26	17 51	● 19 33
20	V		79	5 48	11 52	17 56	5 52	18 55	
21	H	13	80	5 46	11 51	17 58	6 20	19 56	
22	K		81	5 44	11 51	17 59	6 48	20 57	
23	Sz		82	5 42	11 51	18 01	7 18	21 57	
24	Cs		83	5 40	11 50	18 02	7 52	22 53	
25	P		84	5 38	11 50	18 04	8 31	23 46	
26	Sz		85	5 36	11 50	18 05	9 13	—	
27	V		86	5 34	11 50	18 06	10 01	0 35	⊃ 23 27
28	H	14	87	5 32	11 49	18 08	10 54	1 20	
29	K		88	5 30	11 49	18 09	11 53	2 01	
30	Sz		89	5 28	11 49	18 11	12 56	2 37	
31	Cs		90	5 26	11 48	18 12	14 02	3 12	

Hold: 9-én 00^h-kor földközélen
24-én 23^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^h világitőkor						
Julián dátum 2443...	Csillagidő (λ=0 ^h -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...203,5	10 34 44,439	22 47,2	— 7 43	16 10	6 51,5	+17 52
204,5	10 38 40,995	22 51,0	7 20	16 10	7 43,7	16 04
205,5	10 42 37,549	22 54,7	6 57	16 10	8 36,1	13 25
206,5	10 46 34,100	22 58,4	6 34	16 09	9 28,7	10 01
207,5	10 50 30,650	23 02,2	6 11	16 09	10 21,5	6 00
208,5	10 54 27,198	23 05,9	5 48	16 09	11 14,8	+ 1 34
209,5	10 58 23,746	23 09,6	5 24	16 09	12 08,8	— 3 02
210,5	11 02 20,293	23 13,3	5 01	16 08	13 03,9	7 30
211,5	11 06 16,843	23 17,0	4 38	16 08	14 00,3	11 33
212,5	11 10 13,395	23 20,7	4 14	16 08	14 58,2	14 54
213,5	11 14 09,950	23 24,3	3 51	16 08	15 57,1	17 18
214,5	11 18 06,507	23 28,0	3 27	16 07	16 56,7	18 36
215,5	11 22 03,064	23 31,7	3 03	16 07	17 55,9	18 44
216,5	11 25 59,621	23 35,4	2 40	16 07	18 54,0	17 44
217,5	11 29 56,177	23 39,0	2 16	16 06	19 50,4	15 43
218,5	11 33 52,731	23 42,7	1 52	16 06	20 44,6	12 52
219,5	11 37 49,282	23 46,4	1 29	16 06	21 36,8	9 24
220,5	11 41 45,831	23 50,0	1 05	16 06	22 27,0	5 32
221,5	11 45 42,378	23 53,7	0 41	16 05	23 15,8	— 1 28
222,5	11 49 38,925	23 57,3	— 0 18	16 05	0 03,7	+ 2 35
223,5	11 53 35,472	0 01,0	+ 0 06	16 05	0 51,0	6 28
224,5	11 57 32,021	0 04,6	0 30	16 05	1 38,3	10 01
225,5	12 01 28,570	0 08,2	0 54	16 04	2 25,9	13 06
226,5	12 05 25,122	0 11,9	1 17	16 04	3 14,1	15 36
227,5	12 09 21,675	0 15,5	1 41	16 04	4 02,9	17 25
228,5	12 13 18,229	0 19,2	2 04	16 03	4 52,4	18 29
229,5	12 17 14,784	0 22,8	2 28	16 03	5 42,6	18 45
230,5	12 21 11,340	0 26,4	2 51	16 03	6 33,2	18 09
231,5	12 25 07,895	0 30,1	3 15	16 03	7 24,2	16 43
232,5	12 29 04,448	0 33,7	3 38	16 02	8 15,5	14 27
233,5	12 33 01,001	0 37,4	+ 4 01	16 02	9 07,1	+ 11 24

Föld: 20-án 18^h 43^m-kor tavasz kezdete (KözEI)

I. ÁPRILIS

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	
1	P	(14)	91	5 24	11 48	18 14	15 13	3 43	
2	Sz		92	5 22	11 48	18 15	16 25	4 14	
3	V		93	5 20	11 47	18 16	17 40	4 45	
4	H	15	94	5 18	11 47	18 18	18 57	5 17	○ 05 10
5	K		95	5 16	11 47	18 19	20 15	5 52	
6	Sz		96	5 14	11 47	18 21	21 29	6 32	
7	Cs		97	5 12	11 46	18 22	22 38	7 17	
8	P		98	5 10	11 46	18 23	23 42	8 09	
9	Sz		99	5 08	11 46	18 25	—	9 08	
10	V		100	5 06	11 45	18 26	0 35	10 12	☾ 20 15
11	H	16	101	5 04	11 45	18 28	1 21	11 17	
12	K		102	5 02	11 45	18 29	1 59	12 25	
13	Sz		103	5 00	11 45	18 30	2 32	13 31	
14	Cs		104	4 58	11 44	18 32	3 02	14 38	
15	P		105	4 56	11 44	18 33	3 29	15 42	
16	Sz		106	4 54	11 44	18 35	3 56	16 45	
17	V		107	4 52	11 44	18 36	4 22	17 47	
18	H	17	108	4 51	11 43	18 37	4 49	18 48	● 11 36
19	K		109	4 49	11 43	18 39	5 19	19 48	
20	Sz		110	4 47	11 43	18 40	5 53	20 45	
21	Cs		111	4 45	11 43	18 42	6 28	21 39	
22	P		112	4 43	11 43	18 43	7 09	22 30	
23	Sz		113	4 42	11 42	18 44	7 55	23 16	
24	V		114	4 40	11 42	18 46	8 46	23 57	
25	H	18	115	4 38	11 42	18 47	9 41	—	
26	K		116	4 36	11 42	18 49	10 41	0 35	☽ 15 43
27	Sz		117	4 35	11 42	18 50	11 44	1 09	
28	Cs		118	4 33	11 42	18 51	12 51	1 41	
29	P		119	4 31	11 41	18 53	14 01	2 12	
30	Sz		120	4 29	11 41	18 54	15 13	2 41	

Hold: 5-én 22^h-kor földközlelben
21-én 13^h-kor földtávolban

H Ó N A P

0 ^b világidőkor						
Julián dátum 2443...	Csillagidő ($\lambda=0^b$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...234,5	12 36 57,551	0 41,0	+ 4 25	16 02	9 59,2	+ 7 41
235,5	12 40 54,100	0 44,6	4 48	16 02	10 52,0	+ 3 27
236,5	12 44 50,647	0 48,3	5 11	16 01	11 45,9	- 1 06
237,5	12 48 47,194	0 51,9	5 34	16 01	12 41,3	5 42
238,5	12 52 43,743	0 55,6	5 57	16 01	13 38,6	10 02
239,5	12 56 40,295	0 59,2	6 19	16 00	14 37,7	13 46
240,5	13 00 36,849	1 02,9	6 42	16 00	15 38,3	16 35
241,5	13 04 33,406	1 06,6	7 05	16 00	16 39,7	18 16
242,5	13 08 29,964	1 10,2	7 27	16 00	17 40,7	18 44
243,5	13 12 26,523	1 13,9	7 49	15 59	18 40,3	17 59
244,5	13 16 23,080	1 17,6	8 11	15 59	19 37,7	16 10
245,5	13 20 19,634	1 21,2	8 33	15 59	20 32,5	13 30
246,5	13 24 16,187	1 24,9	8 55	15 59	21 24,8	10 11
247,5	13 28 12,737	1 28,6	9 17	15 58	22 15,0	6 27
248,5	13 32 09,285	1 32,3	9 39	15 58	23 03,4	- 2 29
249,5	13 36 05,833	1 36,0	10 00	15 58	23 50,9	+ 1 32
250,5	13 40 02,381	1 39,7	10 21	15 57	0 37,8	5 25
251,5	13 43 58,930	1 43,4	10 42	15 57	1 24,8	9 03
252,5	13 47 55,481	1 47,1	11 03	15 57	2 12,1	12 15
253,5	13 51 52,033	1 50,9	11 24	15 57	3 00,0	14 56
254,5	13 55 48,587	1 54,6	11 45	15 56	3 48,6	16 57
255,5	13 59 45,142	1 58,3	12 05	15 56	4 38,0	18 15
256,5	14 03 41,699	2 02,1	12 25	15 56	5 27,8	18 44
257,5	14 07 38,255	2 05,8	12 45	15 56	6 17,9	18 24
258,5	14 11 34,812	2 09,6	13 05	15 55	7 08,2	17 15
259,5	14 15 31,368	2 13,4	13 24	15 55	7 58,4	15 17
260,5	14 19 27,922	2 17,2	13 44	15 55	8 48,7	12 34
261,5	14 23 24,475	2 20,9	14 03	15 55	9 39,2	9 11
262,5	14 27 21,026	2 24,7	14 21	15 54	10 30,3	5 14
263,5	14 31 17,575	2 28,5	+ 14 40	15 54	11 22,6	+ 0 53

I. MÁJUS

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	
1	V	(18)	121	4 28	11 41	18 56	16 28	3 12	
2	H	19	122	4 26	11 41	18 57	17 46	3 45	
3	K		123	4 25	11 41	18 58	19 03	4 23	○ 14 04
4	Sz		124	4 23	11 41	19 00	20 18	5 06	
5	Cs		125	4 22	11 41	19 01	21 26	5 56	
6	P		126	4 20	11 41	19 02	22 27	6 53	
7	Sz		127	4 19	11 41	19 04	23 17	7 58	
8	V		128	4 17	11 41	19 05	23 59	9 05	
9	H	20	129	4 16	11 41	19 06	—	10 15	
10	K		130	4 14	11 40	19 08	0 35	11 23	☾ 05 09
11	Sz		131	4 13	11 40	19 09	1 06	12 30	
12	Cs		132	4 12	11 40	19 10	1 34	13 35	
13	P		133	4 10	11 40	19 12	2 01	14 38	
14	Sz		134	4 09	11 40	19 13	2 26	15 40	
15	V		135	4 08	11 40	19 14	2 54	16 40	
16	H	21	136	4 06	11 40	19 15	3 23	17 41	
17	K		137	4 05	11 40	19 17	3 53	18 38	
18	Sz		138	4 04	11 40	19 18	4 28	19 34	● 03 52
19	Cs		139	4 03	11 41	19 19	5 07	20 26	
20	P		140	4 02	11 41	19 20	5 51	21 14	
21	Sz		141	4 00	11 41	19 21	6 40	21 58	
22	V		142	3 59	11 41	19 23	7 34	22 36	
23	H	22	143	3 58	11 41	19 24	8 32	23 11	
24	K		144	3 57	11 41	19 25	9 33	23 43	
25	Sz		145	3 57	11 41	19 26	10 37	—	
26	Cs		146	3 56	11 41	19 27	11 43	0 13	☽ 04 21
27	P		147	3 55	11 41	19 28	12 52	0 42	
28	Sz		148	3 54	11 41	19 29	14 04	1 10	
29	V		149	3 53	11 41	19 30	15 18	1 41	
30	H	23	150	3 53	11 42	19 31	16 35	2 15	
31	K		151	3 52	11 42	19 32	17 51	2 54	

Hold: 4-én 06^h-kor földközélen
18-án 19^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^h viláigidőkor						
Julian dátum 2443...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...264,5	14 35 14,124	2 32,4	+14 58	15 54	12 16,5	- 3 40
265,5	14 39 10,674	2 36,2	15 17	15 54	13 12,6	8 08
266,5	14 43 07,226	2 40,0	15 34	15 53	14 11,2	12 12
267,5	14 47 03,782	2 43,8	15 52	15 53	15 12,3	15 31
268,5	14 51 00,340	2 47,7	16 09	15 53	16 15,1	17 45
269,5	14 54 56,901	2 51,5	16 26	15 53	17 18,4	18 44
270,5	14 58 53,462	2 55,4	16 43	15 53	18 20,8	18 23
271,5	15 02 50,022	2 59,3	17 00	15 52	19 21,0	16 51
272,5	15 06 46,580	3 03,2	17 16	15 52	20 18,1	14 20
273,5	15 10 43,135	3 07,1	17 32	15 52	21 12,1	11 06
274,5	15 14 39,688	3 11,0	17 47	15 52	22 03,4	7 24
275,5	15 18 36,239	3 14,9	18 03	15 51	22 52,4	- 3 27
276,5	15 22 32,789	3 18,8	18 18	15 51	23 40,0	+ 0 34
277,5	15 26 29,340	3 22,8	18 33	15 51	0 26,7	4 29
278,5	15 30 25,891	3 26,7	18 47	15 51	1 13,2	8 10
279,5	15 34 22,443	3 30,7	19 01	15 51	2 00,1	11 29
280,5	15 38 18,997	3 34,6	19 15	15 50	2 47,6	14 18
281,5	15 42 15,552	3 38,6	19 28	15 50	3 35,9	16 31
282,5	15 46 12,110	3 42,6	19 42	15 50	4 25,1	18 02
283,5	15 50 08,668	3 46,6	19 54	15 50	5 14,9	18 45
284,5	15 54 05,227	3 50,6	20 07	15 50	6 05,0	18 39
285,5	15 58 01,786	3 54,6	20 19	15 49	6 55,2	17 43
286,5	16 01 58,344	3 58,6	20 31	15 49	7 45,1	15 59
287,5	16 05 54,901	4 02,6	20 42	15 49	8 34,7	13 31
288,5	16 09 51,456	4 06,7	20 53	15 49	9 24,2	10 23
289,5	16 13 48,010	4 10,7	21 04	15 49	10 13,8	6 41
290,5	16 17 44,562	4 14,7	21 14	15 49	11 04,1	+ 2 34
291,5	16 21 41,113	4 18,8	21 24	15 48	11 55,6	- 1 49
292,5	16 25 37,665	4 22,9	21 34	15 48	12 49,2	6 14
293,5	16 29 34,218	4 26,9	21 43	15 48	13 45,4	10 26
294,5	16 33 30,774	4 31,0	+21 52	15 48	14 44,5	-14 06

I. JÚNIUS

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (Közét)					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	(23)	152	3 51	11 42	19 33	19 04	3 40	○ 21 32
2	Cs		153	3 51	11 42	19 34	20 10	4 34	
3	P		154	3 50	11 42	19 35	21 07	5 37	
4	Sz		155	3 50	11 42	19 36	21 55	6 45	
5	V		156	3 49	11 43	19 37	22 35	7 56	
6	H	24	157	3 49	11 43	19 37	23 08	9 07	
7	K		158	3 48	11 43	19 38	23 38	10 17	
8	Sz		159	3 48	11 43	19 39	—	11 24	☾ 16 08
9	Cs		160	3 47	11 43	19 39	0 05	12 30	
10	P		161	3 47	11 43	19 40	0 32	13 32	
11	Sz		162	3 47	11 44	19 41	0 58	14 34	
12	V		163	3 47	11 44	19 41	1 25	15 34	
13	H	25	164	3 46	11 44	19 42	1 56	16 32	
14	K		165	3 46	11 44	19 43	2 29	17 29	
15	Sz		166	3 46	11 45	19 43	3 07	18 22	
16	Cs		167	3 46	11 45	19 43	3 49	19 12	● 19 24
17	P		168	3 46	11 45	19 43	4 36	19 58	
18	Sz		169	3 46	11 45	19 44	5 28	20 38	
19	V		170	3 46	11 45	19 44	6 26	21 15	
20	H	26	171	3 46	11 46	19 44	7 25	21 47	
21	K		172	3 46	11 46	19 44	8 29	22 17	
22	Sz		173	3 47	11 46	19 45	9 33	22 45	
23	Cs		174	3 47	11 46	19 45	10 40	23 13	
24	P		175	3 47	11 46	19 45	11 49	23 42	☽ 13 45
25	Sz		176	3 48	11 47	19 45	12 59	—	
26	V		177	3 48	11 47	19 46	14 11	0 14	
27	H	27	178	3 49	11 47	19 46	15 26	0 49	
28	K		179	3 49	11 47	19 46	16 39	1 30	
29	Sz		180	3 50	11 48	19 45	17 48	2 18	
30	Cs		181	3 50	11 48	19 45	18 50	3 16	

Hold: 1-én 16^h-kor földközélen
 14-én 22^h-kor földtávolban
 30-án 01^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	° ' "
...295,5	16 37 27,333	4 35,1	+22 00	15 48	15 46,3	-16 53
296,5	16 41 23,895	4 39,2	22 08	15 48	16 50,1	18 30
297,5	16 45 20,458	4 43,3	22 16	15 48	17 54,3	18 46
298,5	16 49 17,021	4 47,4	22 23	15 47	18 57,3	17 42
299,5	16 53 13,582	4 51,5	22 30	15 47	19 57,6	15 30
300,5	16 57 10,141	4 55,6	22 37	15 47	20 54,6	12 24
301,5	17 01 06,696	4 59,8	22 43	15 47	21 48,3	8 43
302,5	17 05 03,250	5 03,9	22 49	15 47	22 39,2	4 43
303,5	17 08 59,802	5 08,0	22 54	15 47	23 27,9	- 0 38
304,5	17 12 56,354	5 12,2	22 59	15 47	0 15,3	+ 3 23
305,5	17 16 52,906	5 16,3	23 04	15 47	1 02,0	7 10
306,5	17 20 49,460	5 20,5	23 08	15 47	1 48,7	10 37
307,5	17 24 46,015	5 24,6	23 11	15 46	2 35,9	13 35
308,5	17 28 42,572	5 28,8	23 15	15 46	3 23,9	15 59
309,5	17 32 39,130	5 32,9	23 18	15 46	4 12,8	17 42
310,5	17 36 35,689	5 37,1	23 20	15 46	5 02,4	18 40
311,5	17 40 32,249	5 41,2	23 22	15 46	5 52,7	18 49
312,5	17 44 28,810	5 45,4	23 24	15 46	6 43,1	18 07
313,5	17 48 25,369	5 49,6	23 25	15 46	7 33,3	16 36
314,5	17 52 21,928	5 53,7	23 26	15 46	8 23,2	14 19
315,5	17 56 18,484	5 57,9	23 26	15 46	9 12,6	11 21
316,5	18 00 15,039	6 02,0	23 26	15 46	10 01,7	7 50
317,5	18 04 11,593	6 06,2	23 26	15 46	10 51,0	+ 3 53
318,5	18 08 08,145	6 10,4	23 25	15 46	11 41,0	- 0 20
319,5	18 12 04,697	6 14,5	23 24	15 46	12 32,3	4 39
320,5	18 16 01,250	6 18,7	23 22	15 46	13 25,7	8 50
321,5	18 19 57,805	6 22,8	23 20	15 46	14 21,8	12 39
322,5	18 23 54,363	6 27,0	23 18	15 46	15 20,8	15 46
323,5	18 27 50,924	6 31,1	23 15	15 46	16 22,5	17 54
324,5	18 31 47,487	6 35,3	+23 12	15 45	17 25,9	-18 49

Föld: 21-én 13^h 14^m-kor nyár kezdete (KözEI)

I. JÚLIUS

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	P	(27)	182	3 51	11 48	19 45	19 44	4 20	○ 04 25
2	Sz		183	3 51	11 48	19 45	20 28	5 31	
3	V		184	3 52	11 48	19 44	21 06	6 45	
4	H	28	185	3 53	11 48	19 44	21 38	7 57	
5	K		186	3 53	11 49	19 44	22 07	9 07	
6	Sz		187	3 54	11 49	19 43	22 35	10 15	
7	Cs		188	3 55	11 49	19 42	23 02	11 21	
8	P		189	3 55	11 49	19 42	23 30	12 23	☾ 05 39
9	Sz		190	3 56	11 49	19 41	23 59	13 25	
10	V		191	3 57	11 49	19 41	—	14 24	
11	H	29	192	3 58	11 50	19 40	0 31	15 22	
12	K		193	3 59	11 50	19 39	1 06	16 16	
13	Sz		194	4 00	11 50	19 39	1 47	17 08	
14	Cs		195	4 01	11 50	19 38	2 32	17 55	
15	P		196	4 02	11 50	19 38	3 24	18 38	
16	Sz		197	4 03	11 50	19 37	4 19	19 16	● 09 37
17	V		198	4 04	11 50	19 36	5 18	19 50	
18	H	30	199	4 05	11 50	19 35	6 21	20 22	
19	K		200	4 06	11 50	19 34	7 26	20 51	
20	Sz		201	4 07	11 50	19 33	8 31	21 18	
21	Cs		202	4 08	11 50	19 32	9 39	21 48	
22	P		203	4 10	11 51	19 31	10 48	22 17	
23	Sz		204	4 11	11 51	19 30	11 58	22 50	☽ 20 39
24	V		205	4 12	11 51	19 29	13 10	23 28	
25	H	31	206	4 13	11 51	19 27	14 21	—	
26	K		207	4 14	11 51	19 26	15 30	0 10	
27	Sz		208	4 16	11 51	19 25	16 35	1 02	
28	Cs		209	4 17	11 51	19 24	17 30	2 02	
29	P		210	4 18	11 51	19 22	18 20	3 08	
30	Sz		211	4 19	11 51	19 21	19 00	4 19	○ 11 53
31	V		212	4 20	11 50	19 20	19 36	5 32	

Hold: 12-én 09^h-kor földtávolban
29-án 03^h-kor földközelen

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2443...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...325,5	18 35 44,051	6 39,4	+23 08	15 45	18 29,6	-18 23
326,5	18 39 40,614	6 43,5	23 04	15 45	19 31,8	16 41
327,5	18 43 37,174	6 47,7	22 59	15 45	20 31,5	13 55
328,5	18 47 33,731	6 51,8	22 54	15 45	21 28,0	10 23
329,5	18 51 30,285	6 55,9	22 49	15 45	22 21,4	6 24
330,5	18 55 26,838	7 00,0	22 43	15 45	23 12,2	- 2 13
331,5	18 59 23,389	7 04,1	22 37	15 45	0 01,1	+ 1 56
332,5	19 03 19,941	7 08,2	22 31	15 45	0 48,8	5 53
333,5	19 07 16,494	7 12,3	22 24	15 45	1 36,0	9 29
334,5	19 11 13,048	7 16,4	22 17	15 45	2 23,3	12 38
335,5	19 15 09,604	7 20,5	22 09	15 45	3 11,1	15 14
336,5	19 19 06,162	7 24,6	22 01	15 46	3 59,7	17 11
337,5	19 23 02,720	7 28,6	21 53	15 46	4 49,2	18 23
338,5	19 26 59,280	7 32,7	21 44	15 46	5 39,3	18 48
339,5	19 30 55,839	7 36,8	21 35	15 46	6 29,9	18 22
340,5	19 34 52,399	7 40,8	21 25	15 46	7 20,5	17 06
341,5	19 38 48,957	7 44,8	21 15	15 46	8 11,0	15 02
342,5	19 42 45,513	7 48,9	21 05	15 46	9 01,0	12 15
343,5	19 46 42,067	7 52,9	20 54	15 46	9 50,7	8 51
344,5	19 50 38,620	7 56,9	20 43	15 46	10 40,1	5 00
345,5	19 54 35,171	8 00,9	20 32	15 46	11 29,9	+ 0 51
346,5	19 58 31,722	8 04,9	20 21	15 46	12 20,4	- 3 24
347,5	20 02 28,274	8 08,9	20 09	15 46	13 12,3	7 34
348,5	20 06 24,827	8 12,8	19 56	15 46	14 06,2	11 25
349,5	20 10 21,382	8 16,8	19 44	15 46	15 02,6	14 41
350,5	20 14 17,941	8 20,8	19 31	15 46	16 01,5	17 07
351,5	20 18 14,501	8 24,7	19 17	15 47	17 02,5	18 29
352,5	20 22 11,063	8 28,6	19 04	15 47	18 04,5	18 38
353,5	20 26 07,624	8 32,6	18 50	15 47	19 06,3	17 30
354,5	20 30 04,184	8 36,5	18 36	15 47	20 06,7	15 14
355,5	20 34 00,740	8 40,4	+18 21	15 47	21 04,6	-12 02

Föld: 5-én 21^h 40^m-kor naptávolban (KözEI)



I. AUGUSZTUS

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	
1	H	32	213	4 22	11 50	19 19	20 08	6 45	
2	K		214	4 23	11 50	19 17	20 36	7 55	
3	Sz		215	4 24	11 50	19 16	21 05	9 03	
4	Cs		216	4 25	11 50	19 14	21 32	10 09	
5	P		217	4 27	11 50	19 13	22 01	11 12	
6	Sz		218	4 28	11 50	19 11	22 32	12 13	(21 41
7	V		219	4 29	11 50	19 10	23 06	13 12	
8	H	33	220	4 31	11 50	19 08	23 45	14 08	
9	K		221	4 32	11 50	19 07	—	15 00	
10	Sz		222	4 33	11 49	19 05	0 28	15 49	
11	Cs		223	4 34	11 49	19 03	1 17	16 34	
12	P		224	4 36	11 49	19 02	2 10	17 14	
13	Sz		225	4 37	11 49	19 00	3 09	17 50	
14	V		226	4 38	11 49	18 58	4 11	18 23	● 22 32
15	H	34	227	4 40	11 49	18 57	5 15	18 54	
16	K		228	4 41	11 48	18 55	6 22	19 23	
17	Sz		229	4 42	11 48	18 53	7 30	19 52	
18	Cs		230	4 44	11 48	18 51	8 39	20 22	
19	P		231	4 45	11 48	18 50	9 50	20 54	
20	Sz		232	4 46	11 48	18 48	11 01	21 29	
21	V		233	4 48	11 47	18 46	12 11	22 10	
22	H	35	234	4 49	11 47	18 44	13 19	22 57	D 02 05
23	K		235	4 50	11 47	18 42	14 23	23 52	
24	Sz		236	4 52	11 47	18 40	15 21	—	
25	Cs		237	4 53	11 46	18 39	16 11	0 54	
26	P		238	4 54	11 46	18 37	16 54	2 01	
27	Sz		239	4 56	11 46	18 35	17 32	3 13	
28	V		240	4 57	11 45	18 33	18 05	4 24	
29	H	36	241	4 58	11 45	18 31	18 35	5 34	○ 21 11
30	K		242	4 59	11 45	18 29	19 04	6 43	
31	Sz		243	5 01	11 44	18 27	19 32	7 50	

Hold: 9-én 01^h-kor földtávolban
24-én 10^h-kor földközelen

HÓNAP

0 ^h világitókor						
Julián dátum 2443...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...356,5	20 37 57,294	8 44,3	+18 06	15 47	21 59,9	- 8 13
357,5	20 41 53,845	8 48,1	17 51	15 47	22 52,6	- 4 03
358,5	20 45 50,396	8 52,0	17 36	15 47	23 43,3	+ 0 12
359,5	20 49 46,946	8 55,9	17 20	15 47	0 32,4	4 18
360,5	20 53 43,496	8 59,7	17 04	15 48	1 20,7	8 06
361,5	20 57 40,048	9 03,6	16 48	15 48	2 08,6	11 27
362,5	21 01 36,601	9 07,4	16 31	15 48	2 56,6	14 16
363,5	21 05 33,156	9 11,2	16 14	15 48	3 45,2	16 27
364,5	21 09 29,713	9 15,0	15 57	15 48	4 34,3	17 55
365,5	21 13 26,270	9 18,8	15 40	15 48	5 24,2	18 36
366,5	21 17 22,827	9 22,6	15 22	15 48	6 14,6	18 28
367,5	21 21 19,385	9 26,4	15 04	15 49	7 05,3	17 29
368,5	21 25 15,941	9 30,2	14 46	15 49	7 56,0	15 41
369,5	21 29 12,496	9 33,9	14 28	15 49	8 46,8	13 07
370,5	21 33 09,048	9 37,7	14 09	15 49	9 37,0	9 54
371,5	21 37 05,599	9 41,4	13 51	15 49	10 27,3	6 08
372,5	21 41 02,149	9 45,2	13 32	15 49	11 17,8	+ 2 02
373,5	21 44 58,698	9 48,9	13 12	15 50	12 08,8	- 2 15
374,5	21 48 55,247	9 52,6	12 53	15 50	13 00,8	6 28
375,5	21 52 51,797	9 56,3	12 33	15 50	13 54,3	10 23
376,5	21 56 48,350	10 00,0	12 14	15 50	14 49,7	13 47
377,5	22 00 44,905	10 03,7	11 54	15 50	15 47,0	16 24
378,5	22 04 41,462	10 07,4	11 33	15 51	16 46,0	18 02
379,5	22 08 38,021	10 11,1	11 13	15 51	17 46,1	18 33
380,5	22 12 34,580	10 14,8	10 53	15 51	18 46,3	17 52
381,5	22 16 31,137	10 18,5	10 32	15 51	19 45,7	16 04
382,5	22 20 27,693	10 22,1	10 11	15 51	20 43,3	13 17
383,5	22 24 24,245	10 25,8	9 50	15 52	21 38,8	9 45
384,5	22 28 20,795	10 29,4	9 29	15 52	22 32,3	5 46
385,5	22 32 17,344	10 33,1	9 07	15 52	23 23,8	- 1 33
386,5	22 36 13,891	10 36,7	+ 8 46	15 52	0 13,9	+ 2 38

I. SZEPTEMBER

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	
1	Cs	(36)	244	5 02	11 44	18 25	20 01	8 56	
2	P		245	5 03	11 44	18 23	20 32	9 58	
3	Sz		246	5 05	11 44	18 21	21 05	10 59	
4	V		247	5 06	11 43	18 19	21 42	11 57	
5	H	37	248	5 08	11 43	18 17	22 23	12 51	☾ 15 34
6	K		249	5 09	11 43	18 15	23 09	13 42	
7	Sz		250	5 10	11 42	18 13	—	14 28	
8	Cs		251	5 12	11 42	18 11	0 00	15 09	
9	P		252	5 13	11 41	18 09	0 57	15 47	
10	Sz		253	5 14	11 41	18 07	1 56	16 22	
11	V		254	5 16	11 41	18 05	3 00	16 53	
12	H	38	255	5 17	11 40	18 03	4 07	17 23	
13	K		256	5 18	11 40	18 01	5 14	17 53	● 10 24
14	Sz		257	5 20	11 40	17 59	6 25	18 23	
15	Cs		258	5 21	11 39	17 57	7 37	18 55	
16	P		259	5 22	11 39	17 55	8 49	19 31	
17	Sz		260	5 24	11 39	17 53	10 02	20 10	
18	V		261	5 25	11 38	17 51	11 11	20 56	
19	H	39	262	5 26	11 38	17 49	12 17	21 48	
20	K		263	5 28	11 38	17 47	13 16	22 47	☾ 07 19
21	Sz		264	5 29	11 37	17 45	14 08	23 52	
22	Cs		265	5 30	11 37	17 43	14 52	—	
23	P		266	5 32	11 37	17 41	15 31	1 00	
24	Sz		267	5 33	11 36	17 38	16 05	2 09	
25	V		268	5 34	11 36	17 36	16 36	3 18	
26	H	40	269	5 36	11 36	17 34	17 04	4 27	
27	K		270	5 37	11 35	17 32	17 32	5 34	○ 09 18
28	Sz		271	5 39	11 35	17 30	18 01	6 40	
29	Cs		272	5 40	11 35	17 28	18 32	7 44	
30	P		273	5 41	11 34	17 26	19 04	8 45	

Hold: 5-én 19^h-kor földtávolban
18-án 11^h-kor földközélen

HÓNAP

0 ⁿ világitidőkor						
Julián dátum 2443...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...387,5	22 40 10,440	10 40,3	+ 8 24	15 52	1 03,1	+ 6 35
388,5	22 44 06,989	10 43,9	8 02	15 53	1 51,7	10 09
389,5	22 48 03,539	10 47,6	7 40	15 53	2 40,3	13 11
390,5	22 52 00,092	10 51,2	7 18	15 53	3 29,0	15 36
391,5	22 55 56,646	10 54,8	6 56	15 53	4 18,2	17 19
392,5	22 59 53,201	10 58,4	6 34	15 54	5 07,8	18 17
393,5	23 03 49,756	11 02,0	6 12	15 54	5 57,8	18 26
394,5	23 07 46,311	11 05,6	5 49	15 54	6 48,1	17 46
395,5	23 11 42,866	11 09,2	5 27	15 54	7 38,5	16 16
396,5	23 15 39,420	11 12,8	5 04	15 55	8 29,1	14 00
397,5	23 19 35,972	11 16,4	4 41	15 55	9 19,6	11 01
398,5	23 23 32,521	11 20,0	4 18	15 55	10 10,3	7 26
399,5	23 27 29,070	11 23,6	3 55	15 55	11 01,4	+ 3 24
400,5	23 31 25,617	11 27,2	3 32	15 56	11 53,1	- 0 53
401,5	23 35 22,164	11 30,8	3 09	15 56	12 46,0	5 12
402,5	23 39 18,713	11 34,4	2 46	15 56	13 40,3	9 18
403,5	23 43 15,263	11 37,9	2 23	15 56	14 36,2	12 54
404,5	23 47 11,816	11 41,5	2 00	15 57	15 33,8	15 45
405,5	23 51 08,372	11 45,1	1 37	15 57	16 32,8	17 38
406,5	23 55 04,929	11 48,7	1 13	15 57	17 32,5	18 24
407,5	23 59 01,487	11 52,3	0 50	15 57	18 31,9	18 01
408,5	0 02 58,043	11 55,9	0 27	15 58	19 30,4	16 31
409,5	0 06 54,598	11 59,5	+ 0 03	15 58	20 27,2	14 04
410,5	0 10 51,150	12 03,1	- 0 20	15 58	21 22,1	10 50
411,5	0 14 47,700	12 06,7	0 43	15 58	22 15,0	7 04
412,5	0 18 44,248	12 10,3	1 07	15 59	23 06,3	- 3 00
413,5	0 22 40,795	12 13,9	1 30	15 59	23 56,4	+ 1 09
414,5	0 26 37,342	12 17,5	1 53	15 59	0 45,6	5 10
415,5	0 30 33,890	12 21,1	2 17	16 00	1 34,5	8 53
416,5	0 34 30,440	12 24,7	- 2 40	16 00	2 23,3	+12 07

Föld: 23-án 4^h 30^m-kor ősz kezdete (KÖZEI)

I. OKTÓBER

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	(40)	274	5 43	11 34	17 24	19 39	9 45	
2	V		275	5 44	11 34	17 22	20 18	10 41	
3	H	41	276	5 45	11 33	17 20	21 02	11 33	
4	K		277	5 47	11 33	17 18	21 51	12 21	
5	Sz		278	5 48	11 33	17 16	22 44	13 04	(10 21
6	Cs		279	5 49	11 32	17 14	23 42	13 43	
7	P		280	5 51	11 32	17 12	—	14 18	
8	Sz		281	5 52	11 32	17 11	0 43	14 51	
9	V		282	5 54	11 31	17 09	1 47	15 21	
10	H	42	283	5 55	11 31	17 07	2 54	15 51	
11	K		284	5 56	11 31	17 05	4 05	16 21	
12	Sz		285	5 58	11 31	17 03	5 16	16 53	● 21 32
13	Cs		286	5 59	11 30	17 01	6 31	17 27	
14	P		287	6 01	11 30	16 59	7 44	18 07	
15	Sz		288	6 02	11 30	16 57	8 58	18 51	
16	V		289	6 04	11 30	16 55	10 07	19 42	
17	H	43	290	6 05	11 30	16 53	11 10	20 40	
18	K		291	6 07	11 29	16 51	12 05	21 44	
19	Sz		292	6 08	11 29	16 50	12 53	22 52) 13 46
20	Cs		293	6 10	11 29	16 48	13 32	—	
21	P		294	6 11	11 29	16 46	14 06	0 01	
22	Sz		295	6 13	11 29	16 44	14 38	1 09	
23	V		296	6 14	11 29	16 42	15 07	2 17	
24	H	44	297	6 16	11 28	16 41	15 35	3 23	
25	K		298	6 17	11 28	16 39	16 02	4 28	
26	Sz		299	6 19	11 28	16 37	16 31	5 32	
27	Cs		300	6 20	11 28	16 36	17 03	6 35	○ 00 36
28	P		301	6 22	11 28	16 34	17 37	7 34	
29	Sz		302	6 23	11 28	16 32	18 14	8 32	
30	V		303	6 25	11 28	16 30	18 57	9 26	
31	H	45	304	6 26	11 28	16 29	19 44	10 16	

Hold: 3-án 15^h-kor földtávolban
 15-én 10^h-kor földközelen
 31-én 09^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^h világitőkor						
Julián dátum 2443...	Csillagidő ($\lambda=0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
417,5	0 38 26,991	12 28,3	— 3 03	16 00	3 12,3	-14 46
418,5	0 42 23,544	12 31,9	3 27	16 00	4 01,6	16 45
419,5	0 46 20,098	12 35,5	3 50	16 01	4 51,2	17 58
420,5	0 50 16,653	12 39,2	4 13	16 01	5 41,0	18 23
421,5	0 54 13,208	12 42,8	4 36	16 01	6 30,8	18 00
422,5	0 58 09,763	12 46,5	4 59	16 01	7 20,7	16 49
423,5	1 02 06,317	12 50,1	5 22	16 02	8 10,5	14 52
424,5	1 06 02,870	12 53,8	5 45	16 02	9 00,4	12 11
425,5	1 09 59,420	12 57,4	6 08	16 02	9 50,5	8 52
426,5	1 13 55,969	13 01,1	6 31	16 03	10 41,1	5 01
427,5	1 17 52,517	13 04,8	6 54	16 03	11 32,6	+ 0 49
428,5	1 21 49,065	13 08,5	7 16	16 03	12 25,5	- 3 34
429,5	1 25 45,613	13 12,2	7 39	16 03	13 20,3	7 51
430,5	1 29 42,163	13 15,9	8 01	16 04	14 17,0	11 44
431,5	1 33 38,717	13 19,6	8 24	16 04	15 15,8	14 56
432,5	1 37 35,273	13 23,3	8 46	16 04	16 16,2	17 11
433,5	1 41 31,831	13 27,0	9 08	16 04	17 17,2	18 17
434,5	1 45 28,389	13 30,8	9 30	16 05	18 18,0	18 11
435,5	1 49 24,947	13 34,5	9 52	16 05	19 17,3	16 56
436,5	1 53 21,503	13 38,3	10 13	16 05	20 14,5	14 41
437,5	1 57 18,057	13 42,1	10 35	16 06	21 09,4	11 38
438,5	2 01 14,609	13 45,8	10 56	16 06	22 02,1	8 02
439,5	2 05 11,158	13 49,6	11 17	16 06	22 52,9	4 05
440,5	2 09 07,707	13 53,4	11 38	16 06	23 42,3	- 0 00
441,5	2 13 04,255	13 57,3	11 59	16 07	0 31,0	+ 4 01
442,5	2 17 00,804	14 01,1	12 20	16 07	1 19,4	7 47
443,5	2 20 57,355	14 04,9	12 40	16 07	2 07,9	11 10
444,5	2 24 53,907	14 08,8	13 00	16 07	2 56,8	14 01
445,5	2 28 50,462	14 12,6	13 20	16 08	3 46,0	16 13
446,5	2 32 47,017	14 16,5	13 40	16 08	4 35,6	17 42
447,5	2 36 43,574	14 20,4	-14 00	16 08	5 25,4	+18 23

I. NOVEMBER

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)					
				Budapesten					A HOLD fény-változásai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
h m		h m		h m		h m		h m	
1	K	(45)	305	6 28	11 28	16 27	20 35	11 01	
2	Sz		306	6 29	11 28	16 26	21 30	11 40	
3	Cs		307	6 31	11 28	16 24	22 28	12 17	
4	P		308	6 32	11 28	16 23	23 30	12 50	(04 59
5	Sz		309	6 34	11 28	16 21	—	13 20	
6	V		310	6 35	11 28	16 20	0 34	13 49	
7	H	46	311	6 37	11 28	16 19	1 41	14 18	
8	K		312	6 38	11 28	16 17	2 51	14 48	
9	Sz		313	6 40	11 28	16 16	4 03	15 21	
10	Cs		314	6 41	11 28	16 15	5 19	15 57	
11	P		315	6 43	11 28	16 14	6 34	16 40	● 08 10
12	Sz		316	6 44	11 28	16 13	7 48	17 29	
13	V		317	6 46	11 28	16 11	8 57	18 27	
14	H	47	318	6 47	11 29	16 10	9 57	19 32	
15	K		319	6 49	11 29	16 09	10 49	20 40	
16	Sz		320	6 50	11 29	16 08	11 33	21 51	
17	Cs		321	6 52	11 29	16 07	12 10	23 00) 22 53
18	P		322	6 53	11 29	16 05	12 42	—	
19	Sz		323	6 55	11 30	16 04	13 11	0 09	
20	V		324	6 56	11 30	16 03	13 39	1 15	
21	H	48	325	6 57	11 30	16 03	14 06	2 20	
22	K		326	6 59	11 30	16 02	14 34	3 24	
23	Sz		327	7 00	11 31	16 01	15 04	4 26	
24	Cs		328	7 01	11 31	16 00	15 37	5 27	
25	P		329	7 03	11 31	16 00	16 13	6 25	○ 18 32
26	Sz		330	7 04	11 31	15 59	16 54	7 20	
27	V		331	7 06	11 32	15 58	17 39	8 12	
28	H	49	332	7 07	11 32	15 57	18 28	8 59	
29	K		333	7 08	11 32	15 57	19 22	9 40	
30	Sz		334	7 10	11 33	15 56	20 19	10 18	

Hold: 12-én 13^h-kor földközélen
27-én 21^h-kor földtávolban

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	° ' "
... 448,5	2 40 40,131	14 24,3	-14 19	16 08	6 15,2	+18 16
449,5	2 44 36,688	14 28,2	14 39	19 09	7 04,7	17 20
450,5	2 48 33,244	14 32,2	14 57	16 09	7 53,9	15 39
451,5	2 52 29,799	14 36,1	15 16	16 09	8 42,9	13 16
452,5	2 56 26,352	14 40,1	15 35	16 09	9 31,8	10 14
453,5	3 00 22,904	14 44,0	15 53	16 10	10 21,0	6 39
454,5	3 04 19,454	14 48,0	16 11	16 10	11 11,1	+ 2 39
455,5	3 08 16,004	14 52,0	16 28	16 10	12 02,5	- 1 38
456,5	3 12 12,554	14 56,0	16 46	16 10	12 55,9	5 58
457,5	3 16 09,106	15 00,1	17 03	16 11	13 51,9	10 05
458,5	3 20 05,661	15 04,1	17 20	16 11	14 50,6	13 42
459,5	3 24 02,218	15 08,2	17 36	16 11	15 51,8	16 27
460,5	3 27 58,778	15 12,2	17 52	16 11	16 54,6	18 05
461,5	3 31 55,340	15 16,3	18 08	16 12	17 57,8	18 26
462,5	3 35 51,901	15 20,4	18 24	16 12	18 59,8	17 31
463,5	3 39 48,461	15 24,5	18 39	16 12	19 59,5	15 29
464,5	3 43 45,018	15 28,7	18 54	16 12	20 56,3	12 34
465,5	3 47 41,573	15 32,8	19 09	16 12	21 50,2	9 01
466,5	3 51 38,126	15 37,0	19 23	16 13	22 41,6	5 06
467,5	3 55 34,677	15 41,1	19 37	16 13	23 31,1	- 1 02
468,5	3 59 31,228	15 45,3	19 50	16 13	0 19,5	+ 2 59
469,5	4 03 27,779	15 49,5	20 04	16 13	1 07,4	6 49
470,5	4 07 24,332	15 53,7	20 16	16 13	1 55,3	10 18
471,5	4 11 20,887	15 57,9	20 29	16 14	2 43,5	13 18
472,5	4 15 17,443	16 02,2	20 41	16 14	3 32,3	15 42
473,5	4 19 14,001	16 06,4	20 53	16 14	4 21,7	17 25
474,5	4 23 10,559	16 10,7	21 04	16 14	5 11,5	18 21
475,5	4 27 07,119	16 14,9	21 15	16 14	6 01,4	18 29
476,5	4 31 03,679	16 19,2	21 25	16 14	6 51,0	17 49
477,5	4 35 00,237	16 23,5	-21 35	16 15	7 40,3	+16 22

I. DECEMBER

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	(49)	335	7 11	11 33	15 55	21 18	10 51	
2	P		336	7 12	11 34	15 55	22 19	11 22	
3	Sz		337	7 13	11 34	15 54	23 24	11 51	☾ 22 17
4	V		338	7 14	11 34	15 54	—	12 18	
5	H	50	339	7 15	11 35	15 54	0 30	12 47	
6	K		340	7 17	11 35	15 53	1 39	13 17	
7	Sz		341	7 18	11 36	15 53	2 51	13 50	
8	Cs		342	7 19	11 36	15 53	4 05	14 28	
9	P		343	7 20	11 36	15 53	5 19	15 13	
10	Sz		344	7 21	11 37	15 53	6 32	16 06	● 18 33
11	V		345	7 22	11 37	15 53	7 39	17 09	
12	H	51	346	7 22	11 38	15 53	8 38	18 17	
13	K		347	7 23	11 38	15 53	9 27	19 31	
14	Sz		348	7 24	11 39	15 53	10 09	20 44	
15	Cs		349	7 25	11 39	15 53	10 44	21 56	
16	P		350	7 26	11 40	15 54	11 15	23 05	
17	Sz		351	7 27	11 40	15 54	11 44	—	☾ 11 38
18	V		352	7 27	11 41	15 54	12 12	0 12	
19	H	52	353	7 28	11 41	15 55	12 39	1 16	
20	K		354	7 28	11 42	15 55	13 08	2 19	
21	Sz		355	7 28	11 42	15 56	13 39	3 20	
22	Cs		356	7 29	11 43	15 56	14 14	4 19	
23	P		357	7 29	11 43	15 57	14 53	5 15	
24	Sz		358	7 30	11 44	15 57	15 36	6 08	
25	V		359	7 30	11 44	15 58	16 24	6 56	○ 13 50
26	H	53	360	7 31	11 45	15 58	17 16	7 40	
27	K		361	7 31	11 45	15 59	18 12	8 20	
28	Sz		362	7 32	11 46	16 00	19 10	8 54	
29	Cs		363	7 32	11 46	16 01	20 11	9 26	
30	P		364	7 32	11 47	16 01	21 13	9 55	
31	Sz		365	7 32	11 47	16 02	22 18	10 23	

Hold: 11-én 00^h-kor földközélen
24-én 22^h-kor földtávolban

H Ó N A P

0 ⁿ viláigidőkor						
Julián dátum 2443...	Csillagidő (λ=0 -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' ' "		h m	° ' ' "
...478,5	4 38 56,795	16 27,8	-21 45	16 15	8 28,9	+14 12
479,5	4 42 53,351	16 32,1	21 54	16 15	9 17,1	11 24
480,5	4 46 49,906	16 36,5	22 03	16 15	10 05,2	8 03
481,5	4 50 46,459	16 40,8	22 12	16 15	10 53,5	4 17
482,5	4 54 43,011	16 45,1	22 19	16 15	11 42,8	+ 0 12
483,5	4 58 39,564	16 49,5	22 27	16 16	12 33,8	- 4 02
484,5	5 02 36,117	16 53,9	22 34	16 16	13 27,0	8 12
485,5	5 06 32,672	16 58,2	22 41	16 16	14 23,3	12 02
486,5	5 10 29,230	17 02,6	22 47	16 16	15 22,7	15 14
487,5	5 14 25,792	17 07,0	22 53	16 16	16 25,0	17 29
488,5	5 18 22,355	17 11,4	22 58	16 16	17 29,2	18 31
489,5	5 22 18,919	17 15,8	23 03	16 16	18 33,6	18 11
490,5	5 26 15,482	17 20,2	23 07	16 16	19 36,5	16 34
491,5	5 30 12,043	17 24,7	23 11	16 16	20 36,7	13 52
492,5	5 34 08,601	17 29,1	23 15	16 17	21 33,6	10 24
493,5	5 38 05,156	17 33,5	23 18	16 17	22 27,5	6 28
494,5	5 42 01,709	17 37,9	23 21	16 17	23 18,7	- 2 19
495,5	5 45 58,261	17 42,4	23 23	16 17	0 08,0	+ 1 48
496,5	5 49 54,814	17 46,8	23 24	16 17	0 56,3	5 44
497,5	5 53 51,368	17 51,2	23 25	16 17	1 44,1	9 21
498,5	5 57 47,923	17 55,7	23 26	16 17	2 31,9	12 29
499,5	6 01 44,480	18 00,1	23 26	16 17	3 20,2	15 05
500,5	6 05 41,039	18 04,5	23 26	16 17	4 09,2	17 00
501,5	6 09 37,599	18 09,0	23 25	16 17	4 58,7	18 11
502,5	6 13 34,159	18 13,4	23 24	16 17	5 48,5	18 34
503,5	6 17 30,720	18 17,9	23 23	16 17	6 38,4	18 09
504,5	6 21 27,280	18 22,3	23 20	16 17	7 28,0	16 56
505,5	6 25 23,839	18 26,7	23 18	16 17	8 17,0	14 58
506,5	6 29 20,396	18 31,2	23 15	16 17	9 05,4	12 21
507,5	6 33 16,952	18 35,6	23 11	16 17	9 53,3	9 10
508,5	6 37 13,506	18 40,0	-23 07	16 17	10 41,0	+ 5 34

Föld: 22-én 00^h 24^m-kor tél kezdete (KözEI)

**II. A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának
héliografikus koordinátái 0^h világidőkor**

Dátum	P	B ₀	L ₀	Dátum	P	B ₀	L _c
	o	o	o		o	o	o
I. 5	+ 0,1	-3,5	305,2	VII. 4	- 1,4	+3,2	89,4
10	- 2,3	4,1	239,4	9	+ 0,9	3,8	23,2
15	4,7	4,6	173,5	14	3,1	4,3	317,1
20	7,0	5,1	107,7	19	5,3	4,7	250,9
25	9,2	5,5	41,9	24	7,5	5,2	184,7
30	11,4	5,9	336,0	29	9,6	5,6	118,6
II. 4	13,4	6,3	270,2	VIII. 3	11,6	5,9	52,5
9	15,3	6,6	204,4	8	13,5	6,3	346,4
14	17,1	6,8	138,5	13	15,3	6,6	280,3
19	18,7	7,0	72,7	18	17,0	6,8	214,2
24	20,2	7,1	6,8	23	18,6	7,0	148,1
III. 1	21,6	7,2	301,0	28	20,0	7,1	82,0
6	22,7	7,3	235,1	IX. 2	21,3	7,2	16,0
11	23,8	7,2	169,2	7	22,5	7,3	309,9
16	24,6	7,1	103,3	12	23,5	7,2	243,9
21	25,3	7,0	37,4	17	24,4	7,2	177,9
26	25,8	6,8	331,5	22	25,1	7,1	111,9
31	26,2	6,6	265,5	27	25,7	6,9	45,9
IV. 5	26,3	6,3	199,6	X. 2	26,1	6,7	339,9
10	26,3	6,0	133,6	7	26,3	6,4	274,0
15	26,1	5,6	67,6	12	26,3	6,1	208,0
20	25,7	5,2	1,5	17	26,2	5,7	142,0
25	25,1	4,7	295,5	22	25,8	5,3	76,1
30	24,4	4,2	229,4	27	25,3	4,8	10,1
V. 5	23,4	3,7	163,3	XI. 1	24,6	4,4	304,2
10	22,3	3,2	97,2	6	23,6	3,8	238,3
15	21,0	2,6	31,1	11	22,5	3,3	172,4
20	19,6	2,1	325,0	16	21,2	2,7	106,5
25	18,0	1,5	258,8	21	19,7	2,1	40,5
30	16,2	0,9	192,7	26	18,0	1,5	334,6
VI. 4	14,4	-0,3	126,5	XII. 1	16,2	0,9	268,7
9	12,4	+0,3	60,3	6	14,2	+0,2	202,8
14	10,3	0,9	354,1	11	12,0	-0,4	137,0
19	8,1	1,5	287,9	16	9,8	1,1	71,1
24	5,9	2,1	221,8	21	7,5	1,7	5,2
29	-3,7	+2,7	155,6	26	5,1	2,3	299,4
				31	+ 2,7	-2,9	233,5

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

III. A HOLDKORONG sugara
0^h világidőkor

Dátum	' "	Dátum	' "	Dátum	' "
I. 1	14 45	V. 1	16 17	IX. 1	15 16
4	14 58	4	16 42	4	14 51
7	15 20	7	16 23	7	14 49
10	15 44	10	15 42	10	15 10
13	16 05	13	15 07	13	15 42
16	16 18	16	14 47	16	16 06
19	16 08	19	14 42	19	16 11
22	15 35	22	14 50	22	16 02
25	15 01	25	15 16	25	15 43
28	14 47	28	15 58	28	15 18
31	14 57	31	16 37	X. 1	14 54
II. 3	15 23	VI. 3	16 39	4	14 46
6	15 50	6	16 01	7	15 02
9	16 05	9	15 17	10	15 38
12	16 08	12	14 50	13	16 14
15	15 59	15	14 42	16	16 24
18	15 36	18	14 49	19	16 06
21	15 07	21	15 09	22	15 40
24	14 48	24	15 41	25	15 15
27	14 52	27	16 19	28	14 54
III. 2	15 19	VII. 30	16 38	31	14 44
5	15 55	3	16 17	XI. 3	14 53
8	16 17	6	15 33	6	15 25
11	16 13	9	14 57	9	16 10
14	15 54	12	14 44	12	16 37
17	15 31	15	14 51	15	16 24
20	15 07	18	15 09	18	15 47
23	14 49	21	15 34	21	15 14
26	14 46	24	16 03	24	14 53
29	15 07	27	16 24	27	14 43
IV. 1	15 48	VIII. 30	16 19	30	14 46
4	16 25	2	15 46	XII. 3	15 09
7	16 30	5	15 08	6	15 51
10	16 04	8	14 47	9	16 34
13	15 31	11	14 51	12	16 42
16	15 05	14	15 12	15	16 07
19	14 48	17	15 37	18	15 23
22	14 43	20	15 58	21	14 54
25	14 56	23	16 11	24	14 42
28	15 31	26	16 10	27	14 45
		29	15 49	30	15 01

IV. A szabad szemmel.

Merkur

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapestén				
	RA		D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyug-szik	
	h	m	°	'	''	cs. e.	magn.	h	m	h
I.	1	19 33,9	—20 27	4,60	0,73		+1,4	8 04	12 32	17 00
	6	19 09,6	19 46	4,98	0,67		2,3	7 15	11 47	16 19
	11	18 43,2	19 42	4,83	0,69		1,6	6 30	11 02	15 34
	16	18 30,8	20 09	4,39	0,76		0,8	6 02	10 32	15 01
	21	18 34,0	20 50	3,91	0,85		0,3	5 50	10 16	14 42
II.	26	18 48,5	21 27	3,53	0,94		0,1	5 49	10 12	14 34
	31	19 09,8	21 47	3,23	1,03		+0,1	5 53	10 14	14 35
	5	19 35,4	21 43	3,00	1,11		0,0	5 59	10 20	14 41
	10	20 03,7	21 11	2,83	1,18		0,0	6 05	10 29	14 53
	15	20 33,6	20 07	2,70	1,24		—0,1	6 09	10 39	15 09
III.	20	21 04,8	18 31	2,60	1,29		0,2	6 13	10 51	15 29
	25	21 36,7	16 23	2,52	1,32		0,4	6 14	11 03	15 52
	2	22 09,2	13 42	2,47	1,35		0,5	6 14	11 16	16 18
	7	22 42,5	10 28	2,44	1,37		0,9	6 13	11 30	16 47
	12	23 16,5	6 42	2,44	1,37		1,2	6 10	11 44	17 18
IV.	17	23 51,3	— 2 27	2,48	1,35		1,5	6 06	11 59	17 52
	22	0 26,9	+ 2 09	2,56	1,30		1,5	6 02	12 15	18 28
	27	1 02,5	6 51	2,72	1,23		1,2	5 57	12 31	19 05
	1	1 36,3	11 17	2,97	1,12		0,9	5 51	12 45	19 39
	6	2 05,6	14 56	3,35	1,00		—0,3	5 42	12 54	20 05
V.	11	2 27,8	17 30	3,85	0,87		+0,3	5 31	12 55	20 20
	16	2 41,0	18 49	4,45	0,75		1,0	5 17	12 48	20 19
	21	2 44,6	18 49	5,08	0,66		1,7	4 59	12 31	20 02
	26	2 39,6	17 35	5,62	0,59		2,6	4 41	12 05	19 30
	1	2 29,6	15 27	5,93	0,56		3,3	4 21	11 35	18 49
VI.	6	2 19,5	13 07	5,92	0,56		2,7	4 03	11 06	18 09
	11	2 13,7	11 17	5,64	0,59		2,0	3 47	10 41	17 35
	16	2 14,4	10 22	5,20	0,64		1,5	3 33	10 23	17 12
	21	2 21,8	10 28	4,72	0,71		1,2	3 21	10 11	17 01
	26	2 35,2	11 27	4,25	0,79		0,8	3 11	10 05	17 00
	31	2 54,1	13 07	3,83	0,87		0,5	3 02	10 05	17 08
	5	3 18,1	15 16	3,46	0,97		+0,2	2 57	10 10	17 23
	10	3 47,4	17 43	3,15	1,06		—0,2	2 54	10 20	17 45
	15	4 22,1	20 12	2,89	1,16		0,6	2 57	10 35	18 14
	20	5 02,5	22 24	2,70	1,24		1,1	3 05	10 56	18 48
25	5 47,7	23 56	2,57	1,30		1,6	3 22	11 22	19 23	
30	6 35,5	+ 24 27	2,52	1,33		—1,8	3 47	11 51	19 54	

látható bolygók adatai

Merkur

Dátum	0 ^h világitókor					KözEI-ben Budapestén		
	RA	D	látzó sugár	r	m	kef	delef	nyug- szik
	h m	° ′	″	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
VII. 5	7 22,6	+23 49	2,53	1,32	-1,4	4 18	12 18	20 17
10	8 06,3	22 10	2,60	1,29	1,0	4 52	12 42	20 31
15	8 45,5	19 48	2,71	1,23	0,5	5 24	13 01	20 37
20	9 20,1	16 58	2,85	1,17	0,3	5 53	13 15	20 37
25	9 50,4	13 54	3,02	1,10	-0,1	6 19	13 25	20 31
30	10 16,6	10 45	3,23	1,03	+0,3	6 40	13 31	20 23
VIII. 4	10 38,9	7 42	3,48	0,96	0,4	6 56	13 33	20 11
9	10 57,1	4 52	3,76	0,89	0,6	7 07	13 31	19 56
14	11 10,7	2 27	4,09	0,82	0,8	7 10	13 25	19 39
19	11 18,5	± 0 40	4,47	0,75	1,0	7 06	13 12	19 18
24	11 19,1	- 0 11	4,87	0,69	1,3	6 49	12 52	18 55
29	11 11,7	+ 0 16	5,20	0,64	1,9	6 19	12 24	18 29
IX. 3	10 57,2	2 09	5,32	0,63	2,6	5 37	11 50	18 03
8	10 41,5	4 57	5,09	0,66	2,5	4 50	11 15	17 40
13	10 33,2	7 28	4,54	0,74	1,4	4 11	10 48	17 24
18	10 38,1	8 38	3,91	0,86	+0,3	3 53	10 34	17 16
23	10 56,0	8 02	3,36	0,99	-0,4	3 55	10 34	17 13
28	11 23,0	5 53	2,96	1,13	0,8	4 12	10 41	17 11
X. 3	11 54,1	+ 2 43	2,69	1,24	1,0	4 38	10 53	17 08
8	12 26,3	- 0 56	2,52	1,32	1,1	5 06	11 06	17 05
13	12 56,2	4 53	2,42	1,38	1,1	5 36	11 18	17 00
18	13 29,6	8 24	2,36	1,42	1,1	6 03	11 29	16 56
23	14 00,5	11 53	2,33	1,43	0,9	6 30	11 41	16 51
28	14 31,2	15 05	2,33	1,43	0,7	6 56	11 52	16 47
XI. 2	15 01,9	17 57	2,35	1,42	0,6	7 22	12 03	16 44
7	15 32,9	20 27	2,40	1,39	0,4	7 46	12 14	16 42
12	16 04,1	22 32	2,47	1,35	0,4	8 09	12 25	16 42
17	16 35,5	24 10	2,57	1,30	0,3	8 30	12 37	16 44
22	17 06,7	25 16	2,71	1,23	0,3	8 48	12 49	16 49
27	17 36,6	25 48	2,92	1,15	0,3	9 01	12 59	16 56
XII. 2	18 03,6	25 46	3,20	1,04	-0,2	9 08	13 05	17 03
7	18 24,2	25 09	3,60	0,93	0,0	9 04	13 05	17 06
12	18 32,6	24 04	4,13	0,81	+0,5	8 45	12 52	17 00
17	18 22,5	22 40	4,68	0,71	1,5	8 05	12 20	16 36
22	17 55,9	21 12	4,94	0,68	2,8	7 10	11 33	15 57
27	17 30,9	20 13	4,68	0,71	1,4	6 21	10 50	15 19
I. 1	17 22,3	-20 10	4,17	0,80	-0,5	5 54	10 24	14 53

IV. A szabad szemmel

Vénusz

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten						
	RA		D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyug-szik			
	h	m	°	'	''	cs. e.	magn.	h	m	h	m	h
I.	1	21 55,3	-14 21	9,77	0,86	-3,8	9 59	14 58	19 56			
	6	22 16,5	12 07	10,19	0,82	3,9	9 49	14 59	20 08			
	11	22 36,9	9 48	10,67	0,79	3,9	9 39	14 59	20 20			
	16	22 56,5	7 23	11,19	0,75	4,0	9 28	14 59	20 30			
	21	23 15,3	4 56	11,76	0,71	4,0	9 16	14 58	20 40			
26	23 33,4	2 28	12,41	0,68	4,0	9 04	14 57	20 49				
	31	23 50,7	- 0 00	13,13	0,64	4,1	8 51	14 54	20 57			
II.	5	0 07,0	+ 2 25	13,93	0,60	4,2	8 37	14 51	21 05			
	10	0 22,3	4 46	14,84	0,57	4,2	8 22	14 46	21 10			
	15	0 36,5	7 02	15,86	0,53	4,2	8 06	14 40	21 15			
20	0 49,3	9 10	17,01	0,49	4,3	7 49	14 33	21 17				
	25	1 00,4	11 08	18,30	0,46	4,3	7 31	14 24	21 18			
	III.	2	1 09,5	12 53	19,76	0,43	4,3	7 12	14 14	21 15		
7		1 16,1	14 22	21,37	0,39	4,3	6 51	14 00	21 09			
12	1 19,7	15 31	23,11	0,36	4,2	6 29	13 44	20 58				
17	1 19,9	16 14	24,92	0,34	4,1	6 06	13 24	20 42				
	22	1 16,4	16 26	26,69	0,32	4,0	5 41	13 00	20 19			
	27	1 09,5	16 02	28,24	0,30	3,7	5 16	12 33	19 50			
IV.	1	0 59,9	15 01	29,32	0,29	3,4	4 52	12 04	19 16			
	6	0 49,0	13 27	29,72	0,28	3,1	4 29	11 33	18 38			
11	0 38,7	11 34	29,34	0,29	3,2	4 08	11 04	17 59				
	16	0 30,7	9 36	28,27	0,30	3,6	3 50	10 36	17 22			
	21	0 26,0	7 51	26,70	0,31	3,8	3 34	10 12	16 50			
	26	0 24,9	6 28	24,89	0,34	4,0	3 20	9 52	16 24			
V.	1	0 27,5	5 32	23,02	0,37	4,1	3 07	9 35	16 03			
	6	0 33,2	5 03	21,22	0,40	4,2	2 56	9 21	15 47			
11	0 41,7	4 59	19,55	0,43	4,2	2 45	9 10	15 36				
	16	0 52,4	5 16	18,05	0,47	4,2	2 35	9 02	15 28			
	21	1 04,9	5 52	16,72	0,50	4,2	2 25	8 54	15 24			
	26	1 19,0	6 43	15,53	0,54	4,1	2 16	8 49	15 22			
	31	1 34,3	7 45	14,49	0,58	4,1	2 07	8 45	15 22			
VI.	5	1 50,7	8 57	13,56	0,62	4,0	1 58	8 41	15 25			
	10	2 08,1	10 14	12,74	0,66	4,0	1 50	8 39	15 28			
	15	2 26,3	11 36	12,01	0,70	3,9	1 42	8 38	15 33			
	20	2 45,4	12 59	11,35	0,74	3,9	1 35	8 37	15 39			
	25	3 05,1	14 22	10,77	0,78	3,9	1 29	8 37	15 46			
30	3 25,6	+15 43	10,25	0,82	-3,8	1 23	8 38	15 53				

látható bolygók adatai

Vénusz

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látzó sugár	r	m	ke	delel	nyug-szik
	h m	o ' "	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
VII. 5	3 46,7	+17 00	9,78	0,86	-3,7	1 18	8 40	16 01
10	4 08,5	18 11	9,35	0,90	3,7	1 14	8 42	16 10
15	4 31,0	19 14	8,97	0,94	3,7	1 11	8 44	16 18
20	4 54,0	20 08	8,62	0,98	3,7	1 09	8 48	16 26
25	5 17,5	20 51	8,30	1,01	3,6	1 09	8 52	16 34
30	5 41,5	21 23	8,01	1,05	3,6	1 11	8 56	16 41
VIII. 4	6 05,8	21 42	7,74	1,09	3,6	1 13	9 01	16 48
9	6 30,5	21 47	7,50	1,12	3,5	1 18	9 06	16 53
14	6 55,4	21 38	7,28	1,16	3,5	1 24	9 11	16 57
19	7 20,4	21 15	7,07	1,19	3,5	1 31	9 16	17 01
24	7 45,4	20 37	6,88	1,22	3,5	1 40	9 21	17 02
29	8 10,2	19 44	6,71	1,25	3,4	1 50	9 26	17 03
IX. 3	8 35,0	18 38	6,55	1,28	3,4	2 01	9 31	17 02
8	8 59,5	17 18	6,40	1,31	3,4	2 13	9 36	17 00
13	9 23,7	15 46	6,26	1,34	3,4	2 25	9 41	16 56
18	9 47,7	14 02	6,14	1,37	3,4	2 38	9 45	16 52
23	10 11,4	12 09	6,02	1,40	3,4	2 51	9 49	16 47
28	10 34,8	10 07	5,91	1,42	3,4	3 04	9 53	16 41
X. 3	10 58,0	7 57	5,81	1,45	3,4	3 17	9 56	16 35
8	11 21,0	5 41	5,72	1,47	3,4	3 31	9 59	16 28
13	11 43,7	3 20	5,63	1,49	3,4	3 44	10 02	16 21
18	12 06,7	+ 0 56	5,55	1,51	3,4	3 58	10 06	16 13
23	12 29,5	- 1 29	5,48	1,53	3,4	4 12	10 09	16 06
28	12 52,4	3 55	5,41	1,55	3,4	4 26	10 12	15 58
XI. 2	13 15,5	6 19	5,35	1,57	3,4	4 40	10 15	15 51
7	13 38,8	8 40	5,30	1,59	3,4	4 54	10 19	15 44
12	14 02,5	10 57	5,24	1,60	3,4	5 08	10 23	15 38
17	14 26,5	13 07	5,20	1,62	3,4	5 23	10 27	15 32
22	14 50,9	15 09	5,15	1,63	3,4	5 37	10 32	15 27
27	15 15,8	17 02	5,12	1,64	3,4	5 52	10 37	15 23
XII. 2	15 41,3	18 44	5,08	1,66	3,4	6 06	10 43	15 20
7	16 07,2	20 12	5,05	1,67	3,4	6 20	10 49	15 19
12	16 33,6	21 27	5,02	1,67	3,4	6 34	10 56	15 19
17	17 00,4	22 26	5,00	1,68	3,4	6 46	11 03	15 20
22	17 27,6	23 08	4,98	1,69	3,4	6 58	11 11	15 24
27	17 54,9	23 32	4,96	1,70	3,4	7 08	11 18	15 29
I. 1	18 22,4	-23 38	4,94	1,70	-3,4	7 16	11 26	15 36

IV. A szabad szemmel

Mars

Dátum	0 ^h viláigidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látzó sugár	r	m	kel	delel	nyug-szik
	h m	° ′	″	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	17 59,9	−24 04	1,93	2,43	+1,6	6 54	11 02	15 09
11	18 32,8	23 56	1,95	2,40	1,5	6 47	10 55	15 03
21	19 05,8	23 23	1,98	2,37	1,5	6 37	10 49	15 00
31	19 38,7	22 24	2,00	2,34	1,5	6 25	10 42	14 59
II. 10	20 11,2	21 00	2,03	2,30	1,5	6 10	10 35	15 00
20	20 43,3	19 14	2,06	2,27	1,5	5 53	10 28	15 02
III. 2	21 14,7	17 07	2,09	2,24	1,5	5 35	10 20	15 05
12	21 45,6	14 42	2,13	2,20	1,4	5 14	10 11	15 08
22	22 15,7	12 03	2,16	2,17	1,4	4 52	10 02	15 12
IV. 1	22 45,3	9 12	2,20	2,13	1,4	4 29	9 52	15 15
11	23 14,4	6 13	2,23	2,10	1,4	4 06	9 42	15 18
21	23 43,0	3 10	2,27	2,06	1,4	3 41	9 31	15 21
V. 1	0 11,4	− 0 05	2,31	2,03	1,3	3 17	9 20	15 23
11	0 39,6	+ 2 59	2,35	2,00	1,3	2 52	9 09	15 25
21	1 07,7	5 58	2,39	1,96	1,3	2 28	8 57	15 27
31	1 35,8	8 49	2,43	1,93	1,3	2 04	8 46	15 29
VI. 10	2 04,1	11 31	2,48	1,89	1,3	1 40	8 35	15 30
20	2 32,5	14 00	2,53	1,85	1,3	1 17	8 24	15 31
30	3 01,1	16 15	2,58	1,81	1,2	0 55	8 13	15 31
VII. 10	3 29,9	18 13	2,64	1,77	1,2	0 34	8 02	15 31
20	3 58,7	19 53	2,71	1,73	1,2	24 11	7 52	15 29
30	4 27,4	21 15	2,78	1,68	1,2	23 52	7 41	15 26
VIII. 9	4 56,0	22 17	2,87	1,63	1,1	23 36	7 30	15 21
19	5 24,2	23 00	2,96	1,58	1,1	23 20	7 19	15 14
29	5 51,8	23 24	3,07	1,52	1,0	23 06	7 07	15 04
IX. 8	6 18,6	23 32	3,19	1,47	1,0	22 53	6 55	14 52
18	6 44,4	23 24	3,34	1,40	0,9	22 40	6 41	14 38
28	7 08,9	23 04	3,50	1,34	0,8	22 27	6 26	14 21
X. 8	7 31,9	22 34	3,69	1,27	0,7	22 13	6 09	14 02
18	7 53,0	21 58	3,92	1,20	0,6	21 58	5 51	13 40
28	8 12,1	21 20	4,18	1,12	0,5	21 42	5 31	13 16
XI. 7	8 28,7	20 45	4,48	1,04	0,3	21 22	5 08	12 50
17	8 42,4	20 16	4,83	0,97	+0,2	20 59	4 42	12 21
27	8 52,5	20 01	5,23	0,89	0,0	20 31	4 13	11 51
XII. 7	8 58,5	20 03	5,68	0,82	−0,2	19 57	3 39	11 17
17	8 59,4	20 27	6,15	0,76	0,4	19 17	3 01	10 41
27	8 54,8	−21 13	6,60	0,71	−0,7	18 28	2 17	10 01

látható bolygók adatai

Jupiter

Dátum	0 ^h világitókor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látászó sugár	r	m	kel	delel	nyug- szik
	h m	° ' "	"	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	3 17,5	+17 12	21,27	4,32	-2,2	12 53	20 16	3 43
11	3 16,1	17 10	20,64	4,45	2,2	12 13	19 35	3 03
21	3 16,2	17 13	19,98	4,60	2,1	11 33	18 56	2 23
31	3 17,6	17 21	19,33	4,76	2,0	10 55	18 18	1 46
II. 10	3 20,3	17 34	18,69	4,92	2,0	10 17	17 42	1 11
20	3 24,2	17 51	18,10	5,08	1,9	9 40	17 07	0 37
III. 2	3 29,2	18 12	17,55	5,24	1,8	9 04	16 32	0 05
12	3 35,2	18 35	17,06	5,39	1,8	8 29	15 59	23 29
22	3 42,1	19 00	16,63	5,53	1,7	7 54	15 27	22 59
IV. 1	3 49,7	19 26	16,25	5,66	1,7	7 20	14 55	22 29
11	3 57,9	19 52	15,93	5,77	1,6	6 47	14 24	22 01
21	4 06,7	20 18	15,66	5,87	1,6	6 14	15 53	21 32
V. 1	4 15,8	20 44	15,45	5,95	1,5	5 41	13 23	21 05
11	4 25,3	21 07	15,29	6,01	1,5	5 09	12 53	20 37
21	4 35,1	21 29	15,18	6,05	1,5	4 38	12 24	20 09
31	4 44,9	21 49	15,12	6,08	1,5	4 06	11 54	19 42
VI. 10	4 54,9	22 07	15,11	6,08	1,5	3 35	11 25	19 14
20	5 04,8	22 22	15,15	6,06	1,5	3 04	10 55	18 46
30	5 14,6	22 34	15,25	6,03	1,5	2 34	10 26	18 18
VII. 10	5 24,3	22 45	15,39	5,97	1,5	2 03	9 56	17 49
20	5 33,6	22 52	15,58	5,90	1,5	1 32	9 26	17 20
30	5 42,5	22 57	15,82	5,81	1,6	1 01	8 55	16 50
VIII. 9	5 51,0	23 01	16,11	5,71	1,6	0 30	8 25	16 19
19	5 58,9	23 02	16,46	5,59	1,7	23 54	7 53	15 48
29	6 06,0	23 02	16,85	5,45	1,7	23 22	7 21	15 16
IX. 8	6 12,3	23 01	17,30	5,31	1,8	22 49	6 48	14 42
18	6 17,6	23 00	17,80	5,16	1,8	22 15	6 14	14 08
28	6 21,8	22 58	18,34	5,01	1,9	21 40	5 38	13 33
X. 8	6 24,8	22 57	18,92	4,86	2,0	21 03	5 02	12 56
18	6 26,4	22 56	19,52	4,71	2,0	20 26	4 24	12 19
28	6 26,6	22 57	20,12	4,57	2,1	19 47	3 45	11 40
XI. 7	6 25,4	22 58	20,69	4,44	2,1	19 06	3 05	10 59
17	6 22,7	23 01	21,22	4,33	2,2	18 24	2 23	10 17
27	6 18,8	23 03	21,65	4,25	2,2	17 40	1 39	9 34
XII. 7	6 13,8	23 07	21,96	4,19	2,3	16 56	0 55	8 50
17	6 08,2	23 09	22,12	4,15	2,3	16 11	0 10	8 06
27	6 02,3	+23 11	22,12	4,16	-2,3	15 25	23 21	7 20

IV. A szabad szemmel látható bolygók adatai
Szaturnusz

Datum	0 ^h világitókor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyug-szik
	h m	° ′	″	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	9 14,2	+16 56	8,97	8,31	+0,3	18 50	2 16	9 37
11	9 11,7	17 09	9,06	8,23	0,2	18 07	1 34	8 57
21	9 08,7	17 23	9,12	8,17	+0,1	17 24	0 52	8 15
31	9 05,5	17 38	9,15	8,15	0,0	16 40	0 09	7 34
II. 10	9 02,3	17 53	9,14	8,16	+0,1	15 56	23 22	6 53
20	8 59,2	18 07	9,09	8,20	0,1	15 12	22 40	6 12
III. 2	8 56,3	18 19	9,02	8,27	0,2	14 29	21 58	5 31
12	8 54,0	18 29	8,91	8,37	0,2	13 47	21 16	4 50
22	8 52,2	18 37	8,79	8,49	0,3	13 05	20 35	4 10
IV. 1	8 51,1	18 41	8,65	8,62	0,4	12 24	19 55	3 30
11	8 50,7	18 42	8,50	8,78	0,4	11 45	19 15	2 50
21	8 51,1	18 41	8,34	8,94	0,5	11 06	18 36	2 11
V. 1	8 52,1	18 36	8,19	9,10	0,5	10 28	17 58	1 32
11	8 53,9	18 29	8,04	9,27	0,5	9 51	17 21	0 54
21	8 56,3	18 19	7,91	9,43	0,6	9 15	16 44	0 17
31	8 59,3	18 07	7,78	9,58	0,6	8 40	16 07	23 35
VI. 10	9 02,8	17 52	7,67	9,73	0,6	8 05	15 32	22 58
20	9 06,7	17 35	7,57	9,85	0,6	7 31	14 56	22 21
30	9 11,0	17 17	7,49	9,96	0,7	6 58	14 21	21 44
VII. 10	9 15,6	16 57	7,42	10,05	0,7	6 25	13 46	21 08
20	9 20,4	16 35	7,37	10,12	0,7	5 52	13 12	20 32
30	9 25,3	16 12	7,33	10,17	0,6	5 20	12 38	19 55
VIII. 9	9 30,4	15 49	7,32	10,19	0,6	4 47	12 03	19 19
19	9 35,4	15 25	7,32	10,19	0,7	4 15	11 29	18 43
29	9 40,4	15 02	7,34	10,16	0,7	3 43	10 55	18 07
IX. 8	9 45,3	14 38	7,37	10,11	0,7	3 10	10 20	17 30
18	9 50,0	14 15	7,43	10,04	0,8	2 37	9 45	16 54
28	9 54,4	13 54	7,50	9,95	0,8	2 20	9 27	16 33
X. 8	9 58,5	13 34	7,58	9,84	0,8	1 30	8 35	15 40
18	10 02,2	13 16	7,68	9,71	0,8	0 56	8 00	15 03
28	10 05,4	13 00	7,80	9,56	0,8	0 21	7 23	14 26
XI. 7	10 08,1	12 48	7,93	9,41	0,8	23 42	6 47	13 48
17	10 10,1	12 39	8,07	9,24	0,8	23 05	6 10	13 10
27	10 11,6	12 33	8,21	9,08	0,8	22 28	5 32	12 32
XII. 7	10 12,3	12 32	8,36	8,92	0,7	21 49	4 53	11 53
17	10 12,3	12 34	8,51	8,76	0,7	21 10	4 14	11 14
27	10 11,6	+12 40	8,66	8,62	+0,6	20 29	3 34	10 34

IV a. Az Uránusz és Neptunusz adatai

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten					
	RA		D	látszó sugár	r	m	kel	delel	nyug-szik		
	h	m	°	'	"	cs. e.	magn.	h	m	h	m
<i>Uránusz</i>											
I. 1	14 34,4	—14 40	1,80	19,03	+5,9	2 38	7 35	12 33			
31	14 37,6	14 55	1,85	18,54	5,8	0 44	5 40	10 36			
III. 2	14 37,6	14 54	1,90	18,05	5,8	22 42	3 42	8 39			
IV. 1	14 34,6	14 40	1,94	17,69	5,7	20 40	1 41	6 39			
V. 1	14 29,9	14 18	1,95	17,56	5,7	18 36	23 35	4 38			
31	14 25,3	13 55	1,94	17,70	5,7	16 31	21 32	2 37			
VI. 30	14 22,3	13 42	1,90	18,06	5,8	14 29	19 31	0 38			
VII. 30	14 22,2	13 42	1,85	18,54	5,8	12 31	17 33	22 35			
VIII. 29	14 25,0	13 57	1,80	19,03	5,9	10 38	15 38	20 39			
IX. 28	14 30,4	14 24	1,77	19,40	5,9	8 47	13 46	18 44			
X. 28	14 37,3	14 57	1,75	19,58	6,0	6 59	11 55	16 51			
XI. 27	14 44,6	15 31	1,76	19,52	5,9	5 11	10 04	14 57			
XII. 27	14 51,0	—16 00	1,78	19,22	+5,9	3 21	8 12	13 03			
<i>Neptunusz</i>											
I. 1	16 54,1	—21 07	1,17	31,17	+7,8	5 30	9 55	14 19			
31	16 58,0	21 12	1,19	30,84	7,8	3 36	8 00	12 24			
III. 2	17 00,2	21 14	1,20	30,36	7,8	1 41	6 05	10 28			
IV. 1	17 00,3	21 13	1,22	29,85	7,7	23 39	4 07	8 31			
V. 1	16 58,4	21 09	1,24	29,46	7,7	21 39	2 07	6 31			
31	16 55,3	21 04	1,25	29,28	7,7	19 37	0 06	4 30			
VI. 30	16 51,9	20 59	1,25	29,36	7,7	17 35	22 01	2 30			
VII. 30	16 49,5	20 56	1,23	29,67	7,7	15 35	20 00	0 30			
VIII. 29	16 48,7	20 56	1,21	30,13	7,8	13 36	18 01	22 27			
IX. 28	16 49,9	21 00	1,19	30,63	7,8	11 40	16 05	20 30			
X. 28	16 53,1	21 06	1,18	31,04	7,8	9 46	14 10	18 34			
XI. 27	16 57,5	21 14	1,17	31,26	7,8	7 53	12 16	16 40			
XII. 27	17 02,2	—21 21	1,17	31,22	+7,8	6 00	10 23	14 46			

V. Bolygók héliocentrikus

DÁTUM	MERKUR		VÉNUSZ		FÖLD	
	λ	β	λ	β	λ	β
	°	°	°	°	°	0,001°-ban
I. 7	109,6	+6,2	51,5	-1,4	106,2	-3
17	162,6	+6,4	67,5	-0,5	116,4	-3
27	201,6	+3,1	83,7	+0,4	126,6	-3
II. 6	232,4	-0,6	99,8	+1,4	136,7	-2
16	260,2	-3,8	116,0	+2,2	146,8	-2
26	288,5	-6,1	132,3	+2,8	156,9	-1
III. 8	321,3	-7,0	148,5	+3,2	166,9	0
18	3,6	-4,9	164,8	+3,4	176,9	0
28	59,8	+1,5	181,0	+3,3	186,8	+1
IV. 7	121,5	+6,7	197,1	+2,9	196,7	+1
17	171,5	+5,8	213,2	+2,3	206,5	+2
27	208,3	+2,3	229,2	+1,5	216,2	+2
V. 7	238,2	-1,3	245,2	+0,6	225,9	+3
17	265,8	-4,3	261,1	-0,3	235,6	+3
27	294,7	-6,5	276,9	-1,2	245,2	+4
VI. 6	329,0	-6,9	292,7	-2,0	254,8	+4
16	13,9	-3,9	308,5	-2,7	264,4	+4
26	72,5	+3,0	324,3	-3,2	273,9	+4
VII. 6	132,9	+7,0	340,2	-3,4	283,4	+4
16	179,8	+5,2	356,1	-3,3	293,0	+3
26	214,7	+1,6	12,0	-3,1	302,5	+3
VIII. 5	243,8	-2,0	27,9	-2,5	312,1	+3
15	271,4	-4,9	43,9	-1,8	321,7	+2
25	301,1	-6,7	60,0	-0,9	331,3	+2
IX. 4	337,0	-6,6	76,1	-0,0	341,0	+1
14	24,8	-2,7	92,2	+0,9	350,7	0
24	85,3	+4,3	108,4	+1,8	0,5	0
X. 4	143,7	+7,0	124,6	+2,5	10,3	-1
14	187,6	+4,5	140,9	+3,1	20,2	-2
24	220,9	+0,8	157,1	+3,4	30,1	-2
XI. 3	249,4	-2,6	173,4	+3,4	40,1	-3
13	277,2	-5,3	189,6	+3,1	50,1	-3
23	307,7	-6,9	205,7	+2,6	60,2	-3
XII. 3	345,6	-6,2	221,7	+1,9	70,3	-4
13	36,2	-1,4	237,7	+1,1	80,5	-4
23	98,1	+5,4	253,6	+0,2	90,7	-4

λ : ekliptikai hosszúság;

β : ekliptikai szélesség

ekliptikai koordinátái (0^h világidőkor)

DÁTUM	MARS		JUPITER		SZATURNUSZ	
	λ	β	λ	β	λ	β
	°	°	°	°	°	°
I. 7	266,0	-1,1	60,2	-0,8	132,1	+0,8
17	271,7	-1,3	61,1	-0,8	132,5	+0,8
27	277,5	-1,4	62,0	-0,8	132,8	+0,8
II. 6	283,4	-1,5	62,8	-0,8	133,2	+0,9
16	289,4	-1,6	63,7	-0,8	133,6	+0,9
26	295,5	-1,7	64,6	-0,8	133,9	+0,9
III. 8	301,6	-1,8	65,5	-0,7	134,3	+0,9
18	307,8	-1,8	66,4	-0,7	134,6	+0,9
28	314,1	-1,8	67,3	-0,7	135,0	+0,9
IV. 7	320,3	-1,8	68,1	-0,7	135,4	+0,9
17	326,7	-1,8	69,0	-0,7	135,7	+1,0
27	333,0	-1,8	69,9	-0,7	136,1	+1,0
V. 7	339,4	-1,7	70,8	-0,6	136,5	+1,0
17	345,7	-1,7	71,7	-0,6	136,8	+1,0
27	352,0	-1,6	72,5	-0,6	137,2	+1,0
VI. 6	358,3	-1,4	73,4	-0,6	137,5	+1,0
16	4,5	-1,3	74,3	-0,6	137,9	+1,0
26	10,7	-1,1	75,2	-0,5	138,3	+1,1
VII. 6	16,8	-1,0	76,0	-0,5	138,6	+1,1
16	22,9	-0,8	76,9	-0,5	139,0	+1,1
26	28,8	-0,6	77,8	-0,5	139,4	+1,1
VIII. 5	34,7	-0,5	78,6	-0,5	139,7	+1,1
15	40,5	-0,3	79,5	-0,5	140,1	+1,1
25	46,1	-0,1	80,4	-0,4	140,4	+1,1
IX. 4	51,7	+0,1	81,2	-0,4	140,8	+1,2
14	57,2	+0,3	82,1	-0,4	141,2	+1,2
24	62,6	+0,4	83,0	-0,4	141,5	+1,2
X. 4	67,9	+0,6	83,8	-0,4	141,9	+1,2
14	73,2	+0,8	84,7	-0,3	142,2	+1,2
24	78,3	+0,9	85,5	-0,3	142,6	+1,2
XI. 3	83,3	+1,0	86,4	-0,3	143,0	+1,2
13	88,3	+1,2	87,3	-0,3	143,3	+1,3
23	93,2	+1,3	88,1	-0,3	143,7	+1,3
XII. 3	98,0	+1,4	89,0	-0,2	144,0	+1,3
13	102,8	+1,5	89,8	-0,2	144,4	+1,3
23	107,5	+1,6	90,7	-0,2	144,8	+1,3

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	3..2	4. 3. .2		
2	.4	3.	2.	4. .3	.2	
3	.43. 2.		.1	4. .1.	2.	
4	.3.41..2			.4 .2.	.1 .3	
5		.3	.41. .2	.4 .1..2	3.	
6		.1	.4.3	.4	31.. .2	
7		.2	1. 3. .4	3. ..41		
8		.1	.23. .4	.3 .2	1..4	
9		3.	1. 2. .4	.3	.2 .4	
10	3. 2.		4.	1.	.32. .4	
11	.3 1..2		4.	2.	.1 .3 .4	
12	.3		.1 .24.	1..2	3. .4.	
13	1.		2.4. .3		1.3.2. 4.	
14	2.4.		1. .3	3..1	2. 4.	
15	4. .1		3.	3. 2.	1.4.	
16	4. 3.		1. 2.	.3 4..1	.2	
17	4. 3. 2.			4. .3	2.	
18	.4 .3 .21.			4. 2.	.1 .3	
19	.4 .3		.1 .2	4. 1..2	3.	
20	.4 1.		2. .3	.4	.1.23.	
21	2..4		1. 3.	.4 .13.	2.	
22	.1		.4 3.	.43. .2	1.	
23			3.1.2. .4	.3 .4 .1		
24	3.2..1		.4	.3.4	1. 2.	
25	.3 .2		.4	2.	..43	
26	.3		.1 .2 4.	.21.	3..4	
27	1.		2..3 4.		.1.23. .4	
28	2.		.1 .34.	1.3.	2. .4	
29	.1.2		4.3.			
30	4.		3.1.2.			
31	4.3.2..1					

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

Dátum	h	m		Hold	Jelenség	Dátum	h	m		Hold	Jelenség		
I. 1	19	46	k	1	m	II. 1	18	48	k	1	e		
	22	57	v	1			f	20	06	k		1	a
2	19	03	v	1	e	2	20	58	v	1	e		
	23	29	v	3			22	16	v	1		a	
5	21	17	k	3	m	3	19	36	v	1	f		
	23	29	v	3			17	43	k	3		f	
6	19	26	k	2	e	5	20	01	v	3	f		
	19	46	v	2			21	24	k	2		m	
	21	56	v	2			6	0	00	v		2	m
8	21	35	k	1	m	7	19	03	v	2	e		
	9	17	44	v			3	19	11	k		2	a
18		43	k	1	21	40	v	2	a				
19		50	k	1	20	42	k	1	e				
20		53	v	1		22	02	k		1	a		
22	00	v	1	22	53	v	1	e					
13	19	42	k		2	9	0		12	v	1	a	
	22	03	k	2	18		02	k	1	m			
	22	13	v	2	21		32	v	1	f			
15	18	47	v	2	f	10	18	41	v	3	m		
16	19	32	k	3	11		21	44	k	3		f	
	20	34	k	1		14	0	03	v	3	f		
	21	46	k	1			19	08	k	2	e		
	21	46	v	3				21	40	v		2	e
	22	44	v	1				21	47	k		2	a
23	56	v	1	17	0		16	v	2	a			
17	17	53	k		1	15	18	40	v		2	f	
	21	17	v	1	19		57	k	1	m			
20	22	10	k	2	20	18	27	k	1	e			
21	0	42	v	2		17	19	18	v		1	a	
23	18	25	k	3	23		20	19	k	3	m		
	20	42	v	3		22	45	v	3	m			
	22	26	k	1		21	21	46	k	2		e	
	23	33	k	3			23	18	39	v			2
24	19	45	k	1	18	43		k	2	f			
	25	18	10	k	1	21		18	v	2	f		
29	18	49	k	2	24	19	04	k	1	e			
	21	25	v	2		20	23	k	1		a		
	21	29	k	2		21	15	v	1		e		
30	22	15	k	3	31	22	33	v	1	a			
	31	0	34	v		3	25	19	51		v	1	f
19		03	v	2	28	19		41	k	3	a		
21		39	k	1		21		59	v	3		a	

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

Nap	Március		Augusztus	
	A holdak a bolygó			
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán
	20 ^h		2 ^h	
1	3.2.	1. 4.	.3	1. 4.
2	.3 .1	4.	.2.1	4.
3	.3	1.2. 4.		1..24. .3
4	2.	4. .3	4.	2. 3.
5	4..21.	.3	4.2.1.	3.
6	4.	.1.23.	4. 3..2	.1
7	4. 1.	2.	4. 3. .1	.2
8	4. 3.2.	1.	4. .3	2.1.
9	.4 .3 .1.2		.4 .2.1	
10	.4 .3	1. 2.	.4	1..2.3
11	.4 2..1	.3	.4 .1	2. 3.
12	..241.	.3	2. .4	3.
13		.4..123.	.23.	.1 .4
14	1.	3.2. .4	3. 1.	.2 .4
15	3.2.	1. .4	.3	2..1 .4
16	.3 .1.2	.4	.2.1.3	.4
17	.3	1.2. .4		1. .3 4.
18	.1	4.	.1	2. .34.
19	.2	.3 4.	2.	1. 3.4.
20		.2 4.3.	.2	4.
21	1.	4.3.2.	3. 14..	
22	3.42..	.1	.34.	2..1
23	4..3 ..12		4. 2..31	
24	4. .3	1. .2	4.	1..3
25	4. .1	.32.	4. .1	2. .3
26	.4 .2	1. .3	.4 2.	1. 3.
27	.4	3.	.4 .2	3.
28	.4 1.	3.2.	3..41.	.2
29	3..42.	.1	.3	.42..1
30	3. .21.	.4	2..3.1	.4
31	.3	1..2 .4	.2	.31. .4

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

Dátum	h m		Hold	Jelenség	Dátum	h m		Hold	Jelenség
III. 2	18 44	k	2	m	VIII. 1	3 05	v	2	e
3	21 02	k	1	e	3	3 32	k	1	a
	22 18	k	1	a	5	1 09	v	1	e
	23 13	v	1	e	8	1 16	k	2	a
4	18 46	v	2	a		3 15	k	2	e
	21 47	v	1	f	9	1 51	k	3	f
5	18 58	v	1	a	10	1 02	v	2	m
7	18 38	k	3	e	11	2 33	k	1	f
	21 03	v	3	e	12	0 56	k	1	e
9	21 28	k	2	m		2 06	v	1	a
10	23 01	k	1	e		3 08	v	1	e
11	18 53	k	2	a	17	3 47	v	2	m
	19 00	v	2		19	1 49	k	1	a
	20 19	k	1	m		2 55	k	1	e
	21 22	v	2	a	20	0 20	k	3	e
12	18 43	k	1	a		2 17	v	1	m
	19 42	v	1	e		3 06	v	3	e
	20 54	v	1	a	24	1 35	k	2	f
18	19 12	k	2	e	26	0 46	v	2	e
	20 12	v	3	f		3 42	k	1	a
	21 29	k	2	a	27	0 49	k	1	f
	21 44	v	2	e		2 28	v	3	a
	22 18	k	1	m	28	0 22	v	1	a
19	19 30	k	1	e		1 33	v	1	e
	20 39	k	1	a					
	21 42	v	1	e					
20	20 06	v	1	f					
25	19 56	v	3	m					
	21 51	k	3	f					
	21 57	k	2	e					
26	21 31	k	1	e					
27	21 12	v	2	f					
	22 01	v	1	f					
28	19 15	v	1	a					

k vagy *v* betű azt mutatja, hogy a szomszédos oszlop időadata a jelenség kezdetére, ill. végére vonatkozik-e. A többi betű: *f* = fogyatkozás van (a Jupiter-hold fogyatkozásban van, tehát a Jupiter árnyékkúpjába került), *m* = a hold a Jupiter korongja mögött (Földünkről nem látszik), *e* = a hold a Jupiter korongja előtt (a hold látszólagosan a bolygó korongján van), *a* = a hold „fekete” árnyéka vetítődik a Jupiter korongjára (a Jupiteren teljes napfogyatkozás van).

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

	Szeptember		Október	
	A holdak a bolygó		A holdak a bolygó	
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán
	0 ^h		22 ^h	
1	.1	.2 .3 .4	.2	3..4
2		2.1. 3. .4	3. .1	.2 .4
3	.2 .1	3. .4	.3	2.1. .4
4	3.	1..2 .4	2..3.1	.4
5	3.	2. 4.		.3 .4
6	.32.1.	4.		.1 2. .3 4.
7	.24.	.1	21..	3. 4.
8	4. .1	.2 .3	.2	3..14.
9	4.	2.1. 3.	3. .1	4. .2
10	4. .2.1	3.	3. 4.	21..
11	.4 3.	1.	4. .32. .1	
12	.4 3.	2.	4.	.31.
13	.4.32.1.		4.	2. .3
14	.4.2	.1	.4 2.1.	3.
15	1.	.4.2 .3	.4 .2	.13.
16		2.1..4 3.	.43.1.	.2
17	2. .1	3. .4	3. .4	2.1.
18	3.	1. .4	.32. .1	.4
19	3. .1	2. .4	.2.3	1. .4
20	.3 2.	.4		2. .3 .4
21	.2.3	.1 .4	2.	3. .4
22	1.	.2.34.	.2	.1 3. .4
23		4..12. .3	13..	.2 .4
24	2.4..1	3.	3.	.12.4.
25	4. .23.	1.	.32. .1	4.
26	4. 3. .1	.2	.24.	1.
27	4. .3	1.	4. .1	.2.3
28	.4 .2.3		4.	3.
29	.4 1.	.2.3	4. .2	.13.
30	.4	.12. .3	4. 1.3.	.2
31			.4 3.	.12.

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

Dátum	h m		Hold	Jelenség	Dátum	h m		Hold	Jelenség	
IX. 2	0 52	k	2	e	X. 1	22 28	v	3	a	
	0 58	v	2	a		2	1 02	k	3	e
	3 29	v	2	e			3 43	k	2	f
3	2 43	k	1	f	3 52		v	3	e	
	3 47	k	3	a	3	22 04	k	2	a	
4	0 05	k	1	a		4	0 42	v	2	a
	1 18	k	1	e			0 45	k	2	e
	2 15	v	1	a	2 07		k	1	a	
	3 29	v	1	e	3 23		v	2	e	
7	1 45	v	3	m	3 24	k	1	e		
9	0 58	k	2	a	5	22 11	v	2	m	
	3 33	k	2	e		22 46	v	1	a	
	3 34	v	2	a	8	23 41	k	3	a	
11	1 10	v	2	m		9	2 27	v	3	a
	1 58	k	1	a	11		0 41	k	2	a
	3 14	k	1	e			3 18	k	2	e
4 09	v	1	a	3 18		v	2	a		
12	2 38	v	1	m	12	21 49	v	3	m	
14	0 31	v	3	f		22 28	k	1	a	
	3 03	k	3	m		23 44	k	1	e	
16	3 34	k	2	a	13	0 39	v	1	a	
18	1 09	v	2	f		16	3 40	k	3	a
	1 12	k	2	m	19		22 07	k	2	f
	3 47	v	2	m		22 43	k	3	m	
	3 52	k	1	a	20	0 22	k	1	a	
19	0 59	k	1	f		1 34	k	1	e	
	23 38	k	1	e		1 36	v	3	m	
20	0 31	v	1	a		2 33	v	1	a	
	1 49	v	1	e		3 09	v	2	m	
21	1 46	k	3	f		3 45	v	1	e	
24	23 54	v	3	e	21 32	k	1	f		
25	1 09	k	2	f	21	21 01	v	1	a	
	3 43	v	2	f		21 44	v	2	e	
	3 48	k	2	m		22 13	v	1	e	
26	2 53	k	1	f	26	21 41	k	3	f	
27	0 13	k	1	a	27	0 31	v	3	f	
	0 48	v	2	e		0 41	k	2	f	
	1 32	k	1	e		2 15	k	1	a	
	2 24	v	1	a		2 25	k	3	m	
	3 43	v	1	e		3 23	k	1	e	
28	0 57	v	1	m	28	21 32	k	2	e	
	22 11	v	1	e		21 51	k	1	e	

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	
	20 ^h			18 ^h		
1	.4 .3 2..1			4.	1.	.2
2	.4 ..23	1.		4.		1.2. .3
3	.1.4	..32		.4	2..1	3.
4		21.. .4.3		.4	.2	1.3.
5	2.	3. .4		.4	3..1	.2
6			.4	3.	.4	12..
7	3.	.1 2.	.4	.3 2.		.4
8	.3 1.2.		4.		1..3	.4
9	..23	1.	4.			.12..3 .4
10	.1	..32 4.		.12.		3. .4
11		12..4. .3		.2		1. 3. 4.
12	2.4..1	3.		.13.		.2 4.
13	4.	3.		3.		1.2. 4.
14	4. 3.	.1 2.		.3 2.		4.
15	4. .3 1.2.			.31.		4.
16	.4 ..23	.1		4.		.1 .32.
17	.4 .1	.3.2		4.	1.2.	.3
18	.4	12.. .3		4.	.2	1. 3.
19	2..4.1	3.		4.	.1	.2
20	.2	.413..		.4 3.		1.2.
21	3.	2..4		.4 .3 2. .1		
22	.3 1.		.4	.4 .3.2		
23	.3.2	.1	.4	.4		.1.3.2
24	1.	.3.2	.4	1.		.4 .3
25		1.2. .3 4.		.2		.1 3. 4
26	2. .1	3. 4.		.1		.2 .4
27	.2	1.3. 4.		3.		1.2. .4
28	3.	4. .2		.3 2. .1		4.
29	3. 4. 1.	2.		.3.2		
30	4. .3.2	.1				.1.3.2.4.
31				1.		4. .3

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

Dátum	h m		Hold	Jelenség	Dátum	h m		Hold	Jelenség	
XI. 4	21 49	k	2	a	XII. 5	21 54	k	1	f	
	22 36	k	1	a		6	19 07	k	1	a
	23 38	k	1	e			19 32	k	1	e
23 57	k	2	e	21 20	v		1	a		
5	0 28	v	2	a	21 34		k	2	a	
	6	20 17	v	1	e		21 44	v	1	e
21 08		v	2	m	22 24		k	2	e	
22 36		v	3	e	7	19 01	v	1	m	
12	0 25	k	2	a		8	19 23	v	2	m
	0 30	k	1	a	21 38	k	3	f		
	1 25	k	1	e	13	21 01	k	1	a	
	2 20	k	2	e		21 15	k	1	e	
	2 41	v	1	a	14	18 17	k	1	f	
	3 05	v	2	a		20 45	v	1	m	
	3 37	v	1	e	15	18 38	k	2	f	
	21 42	k	1	f		21 37	v	2	m	
13	0 53	v	1	m	19	18 25	v	3	a	
	19 52	k	1	e		18 45	v	3	e	
	21 10	v	1	a	20	22 55	k	1	a	
	22 03	v	1	e		22 58	k	1	e	
	22 26	v	3	a	21	20 12	k	1	f	
23 14	k	3	e	22 29		v	1	m		
19	2 23	k	1	a	22	19 36	v	1	a	
	3 02	k	2	a		19 37	v	1	e	
	3 11	k	1	e		21 13	k	2	f	
20	20 51	k	1	a		23 49	v	2	m	
	21 37	k	1	e	24	18 42	v	2	e	
	21 39	k	2	f		18 48	v	2	a	
	23 03	v	1	a	26	19 06	k	3	c	
	23 33	k	3	a		19 28	k	3	a	
23 49	v	1	e	22 00		v	3	e		
21	21 06	v	1	m		22 26	v	3	a	
22	20 30	v	2	e	28	21 58	k	1	m	
27	22 45	k	1	a		29	0 22	v	1	f
	23 22	k	1	e	19 07		k	1	e	
28	19 59	k	1	f	19 18		k	1	a	
	22 51	v	1	m	21 20		v	1	e	
29	19 26	v	1	a	21 31		v	1	a	
	20 00	v	1	e	31	18 17	k	2	e	
	20 08	k	2	e		18 44	k	2	a	
	21 37	v	2	a		20 57	v	2	e	
22 48	v	2	e	21 25		v	2	a		

VII. A MARS és a JUPITER centrálmeridiánjának planetografikus

0 ^h világidőkor		MARS	JUPITER		SZATURNUSZ	
			I. °	II. °	<i>a</i>	<i>b</i>
Január	4	107	87	56	45,31	12,40
	8	67	358	297	45,50	12,54
	12	28	270	178	45,65	12,67
	16	349	181	59	45,79	12,81
	20	310	92	300	45,89	12,94
	24	271	3	180	45,97	13,06
Február	28	231	275	61	46,02	13,18
	1	192	186	301	46,05	13,29
	5	153	97	182	46,04	13,40
	9	113	8	62	46,01	13,49
	13	74	279	303	45,94	13,57
	17	35	190	183	45,85	13,65
Március	21	355	100	64	45,74	13,70
	25	316	11	304	45,59	13,75
	1	276	282	184	45,43	13,78
	5	236	193	64	45,24	13,80
	9	179	103	304	45,03	13,81
	13	157	14	185	44,80	13,80
Április	17	117	285	65	44,56	13,78
	21	78	195	305	44,30	13,74
	25	38	106	185	44,02	13,70
	29	358	17	65	43,74	13,64
	2	318	287	305	43,45	13,57
	6	279	198	185	43,15	13,49
Május	10	239	108	65	42,84	13,40
	14	199	19	305	42,54	13,30
	18	159	289	185	42,23	13,20
	22	119	200	65	41,92	13,08
	26	79	110	305	41,61	12,96
	30	40	21	185	41,31	12,83
Június	4	0	292	65	41,01	12,70
	8	320	202	306	40,71	12,56
	12	280	113	186	40,42	12,42
	16	241	23	66	40,14	12,28
	20	201	294	306	39,87	12,13
	24	161	205	186	39,60	11,98
Július	28	122	115	66	39,35	11,83
	1	82	26	306	39,11	11,67
	5	43	296	186	38,87	11,52
	9	3	207	66	38,65	11,36
	13	324	118	306	38,44	11,20
	17	285	29	187	38,24	11,04
Augusztus	21	245	299	67	38,05	10,89
	25	206	210	307	37,88	10,73
	29	167	121	187	37,72	10,57

A megadott planetografikus hosszúságok a bolygó 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. °	II. °	a	b
Július	3	128	32	68	37,57	10,42
	7	89	302	308	37,43	10,27
	11	50	213	188	37,31	10,11
	15	11	124	69	37,20	9,96
	19	332	35	309	37,11	9,81
	23	293	306	189	37,03	9,67
	27	254	217	70	36,96	9,52
	31	215	128	310	36,91	9,38
Augusztus	4	176	39	191	36,87	9,24
	8	137	310	71	36,84	9,10
	12	98	221	312	36,83	8,96
	16	60	132	192	36,83	8,83
	20	21	43	73	36,85	8,70
	24	342	315	314	36,88	8,58
	28	303	226	194	36,92	8,45
	1	265	137	75	36,98	8,33
Szeptember	5	226	48	316	37,05	8,22
	9	188	320	197	37,13	8,11
	13	149	231	78	37,23	8,00
	17	110	143	319	37,35	7,90
	21	72	54	200	37,47	7,80
	25	33	326	81	37,61	7,71
	29	355	237	322	37,77	7,62
	3	317	149	203	37,93	7,54
Október	7	278	60	84	38,11	7,46
	11	240	332	325	38,30	7,39
	15	202	244	206	38,51	7,32
	19	163	156	88	38,73	7,26
	23	125	67	329	38,95	7,21
	27	87	339	210	39,19	7,17
	31	49	251	92	39,44	7,13
	4	11	163	333	39,70	7,10
November	8	333	75	215	39,97	7,08
	12	296	347	96	40,25	7,07
	16	258	259	338	40,54	7,07
	20	221	172	219	40,83	7,07
	24	183	84	101	41,12	7,09
	28	146	356	343	41,42	7,11
	2	109	268	224	41,72	7,15
	6	72	180	106	42,03	7,19
December	10	35	92	347	42,33	7,24
	14	359	5	229	42,63	7,30
	18	323	277	111	42,93	7,38
	22	287	189	352	43,22	7,46
	26	251	101	234	43,50	7,55
	30	215	13	116	43,77	7,65

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

VIII. Bolygókorongok megvilágításának adatai

Dátum		MERKUR		VÉNUSZ		MARS	
		K	I	K	I	K	I
		%	°	%	°	%	°
I.	1	12	140	62	76	100	7
	11	9	146	58	81	99	9
	21	43	98	53	87	99	11
	31	66	71	48	93	99	12
II.	10	79	55	42	100	98	14
	20	87	42	35	108	98	16
III.	2	94	28	27	118	98	18
	12	99	11	18	130	97	19
	22	97	18	9	146	97	21
IV.	1	76	59	2	164	96	22
	11	39	103	2	166	96	24
V.	21	10	143	7	148	95	25
	1	0	175	16	132	95	27
	11	9	145	25	120	94	28
	21	26	119	33	109	94	29
VI.	31	44	97	40	101	93	31
	10	65	73	47	94	93	32
	20	88	40	52	88	92	33
	30	100	7	57	82	91	34
VII.	10	91	35	62	77	91	35
	20	77	58	66	72	90	36
VIII.	30	63	75	70	67	90	37
	9	49	92	73	62	89	38
	19	31	113	77	58	89	39
	29	10	144	80	54	89	39
IX.	8	3	161	83	49	88	40
	18	33	110	85	45	88	40
	28	76	59	88	41	88	41
X.	8	96	24	90	37	88	41
	18	100	3	92	33	88	40
XI.	28	99	13	94	30	88	40
	7	95	25	95	26	89	39
	17	89	39	96	22	90	37
	27	77	57	97	19	91	34
XII.	7	51	89	98	15	93	31
	17	10	146	99	12	95	26
	27	12	140	99	8	97	21

K: a bolygó korongjának a Nap által megvilágított hányada

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

IX. A nappal tartama
különböző északi földrajzi szélességű (φ) helyeken

Dátum		φ						
		10°	20°	30°	40°	50°	60°	65°
		h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
I.	1	11 33	10 57	10 15	9 23	8 10	6 03	3 54
	11	11 36	11 01	10 22	9 33	8 25	6 29	4 39
	21	11 39	11 07	10 33	9 49	8 48	7 08	5 39
II.	1	11 42	11 16	10 46	10 10	9 20	8 00	6 52
	11	11 47	11 25	11 01	10 33	9 53	8 50	8 00
	21	11 52	11 36	11 18	10 58	10 28	9 44	9 09
III.	1	11 56	11 45	11 33	11 18	10 58	10 28	10 04
	11	12 01	11 56	11 51	11 43	11 35	11 22	11 12
	21	12 07	12 07	12 09	12 11	12 13	12 18	12 20
IV.	1	12 14	12 20	12 29	12 39	12 55	13 17	13 35
	11	12 18	12 31	12 47	13 05	13 31	14 12	14 44
	21	12 24	12 42	13 04	13 30	14 07	15 05	15 52
V.	1	12 29	12 52	13 20	13 54	14 41	15 58	17 03
	11	12 33	13 01	13 35	14 15	15 13	16 49	18 14
	21	12 37	13 09	13 47	14 34	15 40	17 35	19 26
VI.	1	12 40	13 16	13 57	14 49	16 04	18 17	20 40
	11	12 42	13 19	14 03	14 59	16 18	18 43	21 37
	21	12 43	13 21	14 05	15 01	16 23	18 53	22 03
VII.	1	12 42	13 19	14 03	14 58	16 18	18 43	21 38
	11	12 41	13 16	13 57	14 50	16 04	18 18	20 42
	21	12 37	13 10	13 48	14 36	15 44	17 41	19 34
VIII.	1	12 33	13 02	13 34	14 16	15 14	16 51	18 17
	11	12 29	12 53	13 20	13 55	14 43	16 01	17 06
	21	12 24	12 42	13 04	13 32	14 09	15 09	15 56
IX.	1	12 18	12 32	12 46	13 05	13 31	14 10	14 42
	11	12 13	12 21	12 29	12 39	12 54	13 16	13 34
	21	12 08	12 08	12 10	12 13	12 17	12 23	12 27
X.	1	12 02	11 57	11 53	11 47	11 39	11 28	11 20
	11	11 57	11 47	11 35	11 21	11 03	10 35	10 14
	21	11 51	11 35	11 17	10 55	10 26	9 41	9 06
XI.	1	11 47	11 25	10 59	10 29	9 48	8 43	7 51
	11	11 42	11 16	10 44	10 08	9 16	7 53	6 43
	21	11 38	11 07	10 32	9 48	8 47	7 07	5 37
XII.	1	11 36	11 00	10 22	9 33	8 24	6 28	4 38
	11	11 33	10 57	10 15	9 23	8 10	6 02	3 54
	21	11 32	10 55	10 12	9 20	8 04	5 52	3 34

0° földrajzi szélességnél a nappal tartama az egész év folyamán 12^h 07^m.

A nappal tartama = napkelétől napnyugtáig eltelt idő, szabad horizontnál.

(A napkelte, ill. napnyugta a napkorong felső peremére és tengerszint magasságra vonatkozik.)

X. Csillag-

Elnevezés		3		Terület	Csillagok száma	
latin	magyar	3	4		4 ^m -ig	6 ^m -ig
		betűs				
				□°		
Andromeda	Androméda	And	Andr	721	14	100
Antlia	Légszivattyú	Ant	Antl	239	1	20
Apus	Paradicsommadár	Aps	Apus	206	3	20
Aquarius	Vízöntő	Aqr	Aqar	980	16	90
Aquila	Sas	Aql	Aqil	653	11	70
Ara	Oltár	Ara	Arae	238	8	30
Aries	Kos	Ari	Arie	441	4	50
Auriga	Szekeres	Aur	Auri	657	9	90
Bootes	Ökörhajcsár	Boo	Boot	905	15	90
Caelum	Véső	Cae	Cael	125	2	10
Camelopardalis	Zsiráf	Cam	Caml	756	3	50
Cancer	Rák	Cnc	Canc	506	4	60
Canes Venatici	Vadászebek	CVn	CVen	467	2	30
Canis Major	Nagy Kutya	CMa	CMaj	380	19	80
Canis Minor	Kis Kutya	CMi	CMin	183	2	20
Capricornus	Bak	Cap	Capr	414	9	50
Carina	Hajógerinc	Car	Cari	494	12	110
Cassiopeia	Kassziopéia	Cas	Cass	599	10	90
Centaurus	Kentaur	Cen	Cent	1060	25	150
Cepheus	Cefeusz	Cep	Ceph	588	11	60
Cetus	Cethal	Cet	Ceti	1231	14	100
Chamaeleon	Kaméleon	Cha	Cham	131	3	20
Circinus	Körző	Cir	Circ	93	2	20
Columba	Galamb	Col	Colm	270	6	40
Coma Berenices	Bereniké Hajja	Com	Coma	386	2	50
Cor. Australis	Déli Korona	CrA	CorA	128	2	25
Cor. Borealis	Északi Korona	CrB	CorB	179	6	20
Corvus	Holló	Crv	Corv	184	6	15
Crater	Serleg	Crt	Crat	282	3	20
Crux	Dél Keresztje	Cru	Cruc	68	6	30
Cygnus	Hattyú	Cyg	Cygn	805	23	150
Delphinus	Delfin	Del	Delf	189	4	30
Dorado	Aranyhal	Dor	Dora	179	4	20
Draco	Sárkány	Dra	Drac	1083	15	80
Equuleus	Csikó	Equ	Equl	72	2	10

XI. Nagy radiális sebességű csillagok

Név	Típus	Sebesség	RA		D		Galaktikus koordináták	
			1900				l	b
		km/s	h	m	°	'	°	°
HD 134439	sdK	+294	15	04,8	-15	53	345	+35
HD 134440	sdK	+308	15	04,8	-15	59	345	+35
S Lib	Me	+285	15	15,7	-20	02	344	+30
AR Her	RR	-335	15	57,5	+47	12	74	+48
FU 45	sdG	-301	16	25,2	+44	55	70	+44
HT Her	Me	-293	16	25,4	+34	27	56	+43
VX Her	RR	-381	16	26,2	+18	35	35	+39
AF Her	RR	-270	16	36,3	+41	18	65	+42
+2° 3375	sdG	-394	17	34,8	+02	27	27	+17
TY Pav	RR	+255	17	39,3	-62	34	331	-17
HD 161817	A0	-363	17	42,6	+25	48	50	+25
LTT 7182	SD	+364	17	59,2	-36	36	356	-7
QT CrA	SRd	-362	18	02,2	-40	13	353	-10
NT Tel	Se	+325	19	15,1	-50	35	347	-25
HDE 232078	K5	-390	19	33,6	+16	35	53	-2
KK Aql	SRd	-252	19	43,2	+14	19	52	-5
AC +25° 67928	sdF	-319	20	20,5	+24	44	66	-7
20 C 1263	sdM	-260	21	05,6	+59	21	98	+8
V 360 Cyg	RV	-250	21	06,4	+30	16	77	-12
+20° 5071	R3	-383	21	59,7	+20	34	79	-27
+17° 4708	F6	-296	22	06,7	+17	36	78	-30
HD 214539	B9p	+333	22	33,7	-68	12	320	-45
BH Peg	RR	-276	22	48,1	+15	15	86	-38
AT And	RR	-252	23	37,6	+42	28	110	-18

XII. A legfényesebb galaxisok

Név ill. katalógusszám M NGC	Távolság	Kiterjedés	Fényesség	RA		D	Típus
				1980		° ' "	
	millió fényév		m_r	h m			
	55	30×5	7,9	00 14,0	-39 20		Sc vagy Ir
	205	12×6	8,9	00 39,2	+41 35		E6p
32	221	3×3	9,1	00 41,6	+40 46		E2
31	224	163×42	4,3	00 41,6	-41 10		Sb I—II
	247	21×8	9,5	00 46,1	-20 51		S IV
	253	22×5	7,0	00 46,6	-25 24		Sep
Kis Magellán	0,2	216×216	2,9	00 52,0	-72 56		Ir IV vagy IV—V
	300	7,5 22×17	8,7	00 54,0	-37 48		Sc III—IV
33	598	2,4 61×42	6,2	01 32,8	+30 33		Sc II—III
Fornax	0,4	50×35	9,1	02 38,7	-34 36		dE
Nagy Magellán	0,2	432×432	0,9	05 23,7	-69 46		Ir vagy Sc III—IV
	2403	6,5 22×12	8,8	07 34,9	+65 39		Sc III
	2903	19,0 16×7	9,5	09 31,0	+21 36		Sb I—II
81	3031	6,5 25×12	7,9	09 53,9	+69 09		Sb I—II
82	3034	6,5 10×2	9,2	09 54,4	+69 47		Scp
	4258	14,0 19×7	8,9	12 18,0	+47 25		Sbp
49	4472	37,0 10×7	9,3	12 28,8	+08 06		E4
104	4594	37,0 8×5	9,2	12 38,8	-11 31		Sb
94	4736	14,0 13×12	8,9	12 50,0	+41 13		Sbp II
64	4826	12,0 10×4	9,3	12 55,8	+21 48		?
	4945	? 20×4	8,0	13 04,1	-49 22		Sb III
63	5055	14,0 8×3	9,3	13 14,8	+42 08		Sb II
	5128	? 23×20	7,9	13 24,2	-42 54		E0p
51	5194	14,0 11×7	8,9	13 29,0	+47 18		Sc I
83	5236	8,0 13×12	7,0	13 36,0	-29 46		Sc I—II
101	5457	14,0 23×21	8,2	14 02,4	+54 26		Sc I
	6822	1,7 20×10	9,2	19 43,8	-14 49		Ir IV—V

A „Típus” oszlopban szereplő rövidítések: E: elliptikus, I: irreguláris, Sa, Sb, Sc: spirális galaxisokat jelentenek, ahol a-tól c felé haladva a karok egyre nyitottabbak. A római számok I-től V-ig a méreteket jelzik csökkenő sorrendben szuperóriástól törpéig. A p rendhagyó (peculiar), a d törpe (dwarf) galaxist jelent.

XIII. Magnitúdókülönbségek átszámítása intenzitásviszonyokra

$m-m_0$	I_0/I	$m-m_0$	I_0/I	$m-m_0$	I_0/I
0,0	1,000	3,0	15,85	6,0	251,2
0,1	1,097	3,1	17,38	6,1	275,4
0,2	1,202	3,2	19,05	6,2	302,0
0,3	1,318	3,3	20,89	6,3	331,1
0,4	1,445	3,4	22,91	6,4	363,1
0,5	1,585	3,5	25,12	6,5	398,1
0,6	1,738	3,6	27,54	6,6	436,5
0,7	1,906	3,7	30,20	6,7	478,6
0,8	2,089	3,8	33,11	6,8	524,8
0,9	2,291	3,9	36,31	6,9	575,4
1,0	2,512	4,0	39,81	7,0	631,0
1,1	2,754	4,1	43,65	7,1	691,8
1,2	3,020	4,2	47,86	7,2	758,6
1,3	3,311	4,3	52,48	7,3	831,8
1,4	3,631	4,4	57,54	7,4	912,0
1,5	3,981	4,5	63,10	7,5	1 000,0
1,6	4,365	4,6	69,18	7,6	1 096,5
1,7	4,786	4,7	75,86	7,7	1 202,3
1,8	5,248	4,8	83,18	7,8	1 318,3
1,9	5,754	4,9	91,20	7,9	1 445,4
2,0	6,310	5,0	100,00	8,0	1 584,9
2,1	6,918	5,1	109,65	8,2	1 905,5
2,2	7,586	5,2	120,23	8,4	2 290,9
2,3	8,318	5,3	131,83	8,6	2 754,2
2,4	9,120	5,4	144,54	8,8	3 311,3
2,5	10,000	5,5	158,49	9,0	3 981,1
2,6	10,965	5,6	173,78	9,2	4 786,3
2,7	12,023	5,7	190,55	9,4	5 754,4
2,8	13,183	5,8	208,93	9,6	6 918,3
2,9	14,454	5,9	229,09	9,8	8 317,6
3,0	15,849	6,0	251,19	10,0	10 000,0

Kiegészítő tudnivalók a táblázatokhoz

[a táblázatokban nem közölt jelölések magyarázatai]

„RA” és „D”: az I., IV., IVa., X. XI. és XII. táblázatokban rektaaszenciót, ill. deklinációt jelent. A koordináták a fejlécben megadott időre, vagy 1977-re érvényesek.

, m”: a IV., IVa. és X. táblázatokban magnitúdókban megadott vizuális, látszólagos fényességek; míg a XII. táblázatban m_r fotografikus látszólagos fényesség.

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

XI. táblázat: Az 1. oszlopban általában változócsillagok esetében a csillagképekre is utaló szokásos elnevezések, míg más esetekben valamely katalógusra vonatkozó betűrövidítés és a katalógusbeli sorszám van megadva.

Míg a „Típus” oszlopban általában változócsillag esetén a fényváltozás típusára utaló betűk, vagy más esetben a spektráltípus jele áll.

A CSILLAGOS ÉG 1977-BEN

(Időpontok KözEI-ben)

Január

Bolygók

Merkur 17-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A hó közepén egy, a végén másfél órával kel a Nap előtt. A hó második felében figyelhető meg a hajnali szürkületben a keleti égbolton. 6-án alsó együttállásban a Nappal. 29-én legnagyobb nyugati kitérésben 25° távolságra a Naptól. 16-án fázisa 0,26, fényessége $+0,8$ magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 2-ig a Bak, 2-től 23-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. A hó folyamán négy órával nyugszik a Nap után. A kora esti órákban mint alkonycsillag látható a délnyugati égbolton. 24-én legnagyobb keleti kitérésben 47° távolságra a Naptól. 16-án fázisa 0,55, csökkenő, fényessége $-4,0$ magnitúdó, növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* 15-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Kos csillagképben. Hajnalban nyugszik, és az egész éjszaka folyamán látható. — *Szaturnusz* hátráló mozgást végez a Rák csillagképben. Napnyugta után kel és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Mérleg 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	
1	03	Jupiter $0,8^\circ$ -kal északra a Holdtól
3	—	Quadrantidák meteorraj gyakorisági maximuma. Kékes fényűek, kis fényességűek gyakoribbak.
8	01	Szaturnusz 6° -kal északra a Holdtól
9	03	Vesta szembenállásban a Nappal 1° -kal a δ Geminorum felett. Fényessége $+6,6$ magnitúdó.
12	02,8	Algol minimumban
12	13	Merkur 4° -kal északra a Marstól

Nap	Óra	
14	05	Uránusz 0,7°-kal délre a Holdtól
14	23,6	Algol minimumban
16	13	Neptunusz 2°-kal délre a Holdtól
17	20,5	Algol minimumban
18	02	Merkur 2°-kal délre a Holdtól
18	13	Mars 6°-kal délre a Holdtól
23	12	Vénusz 3°-kal délre a Holdtól
28	11	Jupiter 1°-kal északra a Holdtól

Február

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 10-ig a Nyilas, 10-től 27-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. A hó első harmadában még egy órával kel a Nap előtt, és napkelte előtt figyelhető meg a délkeleti égbolton. 5-én fázisa 0,73, fényessége 0,0 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. E hó folyamán négy órával nyugszik a Nap után. Mint alkonycsillag látható a kora esti, délnyugati égbolton. 13-án fázisa 0,40, csökkenő, fényessége $-4,2$ magnitúdó, növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez 8-ig a Nyilas, utána a Bak csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez 13-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. Éjfél után nyugszik, és az éjszaka első felében látható. — *Szturnusz* hátráló mozgást végez a Rák csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 2-án szembenállásban a Nappal. — *Uránusz* 14-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Mérleg 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	04,5	Algol minimumban
4	01,4	Algol minimumban
4	05	Szturnusz 6°-kal északra a Holdtól
6	22,2	Algol minimumban
10	11	Uránusz 1°-kal délre a Holdtól
10	13	Pallas szembenállásban a Nappal a Pyxis csillagkép északi határán. Fényessége $+6,7$ magnitúdó.

Nap	Óra	
12	20	Merkur $0,1^{\circ}$ -kal délre a Holdtól
12	21	Naptunusz 2° -kal délre a Holdtól
16	13	Mars 6° -kal délre a Holdtól
16	18	Merkur 7° -kal délre a Holdtól
21	18	Vénusz 3° -kal északra a Holdtól
24	03,1	Algol minimumban
24	23	Jupiter 2° -kal északra a Holdtól
26	23,9	Algol minimumban

Március

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 15-ig a Bak, utána a Halak csillagképben. A hó utolsó napjaiban egy órával nyugszik a Nap után, és újra megfigyelhető napnyugta után a délnyugati égbolton. 16-án felső együttállásban a Nappal. 29-én fázisa 0,85, fényessége $-1,1$ magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* 14-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Halak csillagképben. A hó elején három és háromnegyed, a közepén három, a végén már csak egy órával nyugszik a Nap után. A hó első felében a kora esti órákban, a hó végén az esti szürkületben figyelhető meg mint alkonyicsillag a nyugati égbolton. Legnagyobb fényességét ($-4,3$ magnitúdó) 1-én éri el, fázisa ugyanakkor 0,28, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez 16-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Éjfél előtt nyugszik, és az esti órákban látható a nyugati égbolton. — *Szturnusz* hátráló mozgást végez a Rák csillagképben. A hajnali órákban nyugszik, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Az esti órákban kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg. — *Neptunusz* 18-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Kígyó-tartó csillagképben. Éjfélkor kel, és a hajnali órákban újra megfigyelhető.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
3	10	Szturnusz 6° -kal északra a Holdtól
9	16	Uránusz 1° -kal délre a Holdtól
12	03	Neptunusz 3° -kal délre a Holdtól
17	13	Mars 6° -kal délre a Holdtól
19	01,6	Algol minimumban
20	06	Merkur 3° -kal délre a Holdtól

Nap	Óra	
21	14	Vénusz 8°-kal északra a Holdtól
24	16	Jupiter 2°-kal északra a Holdtól
24	21	Ceres szembenállában a Nappal a ϱ Virginis felett 3°-kal. Fényessége +6,5 magnitúdó.
25	—	Hydridák meteorraj (március 12-től április 4-ig) gyakorisági maximuma.
27	20	Merkur 8° kal délre a Vénusztól
30	18	Szaturnusz 6°-kal északra a Holdtól

Április

Bolygók

Merkur 20-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. 2-ig a Halak, utána a Kos csillagképben tartózkodik. Helyzete e hó folyamán megfigyelésére kedvező. A hó elején másfél, a közepén egy és háromnegyed órával nyugszik a Nap után. A hó utolsó hetét kivéve, az egész hó folyamán megfigyelhető az esti szürkületben a nyugati égbolton. 10-én a legnagyobb keleti kitérésben, 19° távolságra a Naptól. 30-án alsó együttállásban a Nappal. 10-én fázisa, 0,42, fényessége +0,2 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* 24-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. 1-én még egy órával nyugszik a Nap után, és még látható mint alkonyecsillag az esti szürkületben a nyugati égbolton. Utána a Nap közelsége miatt már nem figyelhető meg és 6-án már alsó együttállásba kerül a Nappal. A hó második felében már egy órával kel a Nap előtt, és újra látható mint hajnalcsillag a hajnali szürkületben a keleti égbolton. 2-án fázisa 0,16, fényessége —3,0 magnitúdó, mindkettő csökkenő. 26-án fázisa 0,12, fényessége —4,0 magnitúdó, mindkettő, növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez 10-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és a kora esti órákban figyelhető meg a nyugati égbolton. — *Szaturnusz* 11-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Rák csillagképben. Éjfél után nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Napnyugta után kel, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 30-án szembenállásban a Nappal az α Librae és λ Virginis összekötő egyenes felezőpontjától 4°-kal délre. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfél előtt kel, és a hajnali órákban figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
2	17	Plutó szembenállásban a Nappal az ε Virginistől 2° -kal keletre. Fényessége $+14$ magnitúdó.
3	—	Virginidák meteorraj (március 21-től május 10-ig) gyakorisági maximuma.
4	—	Részleges holdfogyatkozás a teljes árnyékban. Tőlünk részben megfigyelhető. Belépés a félárnyékba 3 ó 5,1 p-kor, belépés a teljes árnyékba 4 ó 30,0 p-kor, legnagyobb fázis 5 ó 18,2 p-kor. Napkelte 5 ó 18 p-kor. A legnagyobb fázis holdátmérőben kifejezve 0,20.
5	23	Uránusz 1° -kal délre a Holdtól
8	03,3	Algol minimumban
8	09	Neptunusz 3° -kal délre a Holdtól
15	13	Mars 4° -kal délre a Holdtól
16	21	Vénusz 5° -kal északra a Holdtól
18	11	Gyűrűs napfogyatkozás, tőlünk nem látható. A gyűrűs fogyatkozás vonala az Atlanti-óceán déli részén, Afrika déli részén és az Indiai-óceán felett halad át.
19	17	Merkur 5° -kal északra a Holdtól
21	—	Lyridák meteorraj (április 19-től 24-ig) gyakorisági maximuma. Fényesek.
21	10	Jupiter 3° -kal északra a Holdtól
27	02	Szaturnusz 6° -kal északra a Holdtól

Május

Bolygók

Merkur 12-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Kos csillagképben. A hó közepén fél órával, a végén háromnegyed órával kel a Nap előtt. Megfigyelése a hó második felében kísérhető meg, napkelte előtt a keleti égbolton. 27-én legnagyobb nyugati kitérésben 25° távolságra a Naptól. 24-én fázisa 0,31, fényessége $+0,1$ magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. A hó elején egy, a végén egy és háromnegyed órával kel a Nap előtt és mint hajnalcsillag látható a hajnali szürkületben a keleti égbolton. Legnagyobb fényességét ($-4,2$ magnitúdó) 11-én éri el. Fázisa ugyanekkor 0,26 növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. A hó elején egy, a végén két órával kel a Nap előtt, és újra megfigyelhető a hajnali szürkületben a keleti égbolton. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben.

A hó elején két órával, középen egy órával nyugszik a Nap után. A hó első felében még megfigyelhető az esti szürkületben a nyugati égbolton. — *Szatur-nusz* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben. Éjjélkor nyugszik, és az esti órákban figyelhető meg. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. A hajnali órákban nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Az esti órákban kel és az éjszaka második felében figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
3	08	Uránusz 1°-kal délre a Holdtól
4	—	η Aquaridák meteorraj (április 22-től május 12-ig) gyakorisági maximuma. Maradandó nyommal.
5	17	Neptunusz 3°-kal délre a Holdtól
6	19,5	Algol minimumban
13	05	Juno szembenállásban a Nappal, a Serpens csillagkép déli határán. Fényessége +10,1 magnitúdó.
13	19	Vénusz 1°-kal északra a Marstól
14	13	Vénusz 1°-kal délre, Mars 2°-kal délre a Holdtól
16	08	Merkur 2°-kal délre a Holdtól
20	14	Jupiter 5°-kal északra az Aldebarantól
24	12	Szatur-nusz 6°-kal északra a Holdtól
26	21,2	Algol minimumban
30	17	Uránusz 1°-kal délre a Holdtól

Június

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 5-ig a Kos, 5-től 25-ig a Bika, utána az Ikrek csillagképben. A hó első felében háromnegyed órával kel a Nap előtt. Megfigyelése még megkísérülhet napkelte előtt a keleti égbolton. 30-án felső együttállásban a Nappal. 5-én fázisa 0,54, fényessége +0,2 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 1-től 28-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. A hó elején egy és háromnegyed, a közepén két, a végén két és fél órával kel a Nap előtt. Mint hajnalszürkületben a keleti égbolton. 15-én legnagyobb nyugati kitérésben 40° távolságra a Naptól. 17-én fázisa 0,50, növekedő, fényessége -3,9 magnitúdó, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez 5-ig a Halak, utána a Kos csillagképben. A hó elején két, a végén egy órával kel éjjél után és a hajnali keleti égbolton figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez

a Bika csillagképben. 4-én együttállásban a Nappal. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Szaturusz* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben. A késő esti órákban nyugszik, és a kora esti órákban még megfigyelhető a nyugati égbol on. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfél után nyugszik, és a kora esti órákban még megfigyelhető. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Kígyóartó csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 5-én szembenállásban a Nappal az Antarest és η Ophiucit összekötő egyenes felezőpontjában.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
2	03	Neptunusz 2°-kal délre a Holdtól
3	14	Vénusz 1°-kal délre a Marstól
12	12	Mars 0,1°-kal északra a Holdtól
12	16	Vénusz 2°-kal délre a Holdtól
14	—	Scorpius-Sagittaridák meteorraj (április 20-tól július 30-ig) gyakorisági maximuma.
15	06	Merkur 2°-kal északra a Holdtól
15	22,9	Algol minimumban
16	—	Lyridák meteorraj (június 10-től 21-ig) gyakorisági maximuma. Kékes meteorok, halvány nyommal.
18	19,7	Algol minimumban
20	08	Merkur 0,1°-kal északra a Jupitertől
20	22	Szaturusz 6°-kal északra a Holdtól
27	01	Uránusz 1°-kal délre a Holdtól
29	12	Neptunusz 2°-kal délre a Holdtól

Július

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 8-ig az Ikrek, 8-tól 18-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. A hó elején fél órával, a hó második felében egy órával nyugszik a Nap után. A hó második és harmadik harmadában figyelhető meg az esti szürkületben a nyugati égbolton. 20-án a Szaturusz felett, 28-án e Regulus alatt látható. 23-án fázisa 0,72, fényessége —0,3 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. A hó elején két és fél, a végén három órával kel a Nap előtt. Mint hajnalsillag látható a hajnali órákban a keleti égbolton. 15-én fázisa 0,64, növekedő, fényessége —3,7 magnitúdó, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez 7-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. Éjféltkor

kel, és a hajnali keleti égbolton figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. A hó elején egy, a végén három órával kel a Nap előtt. A hó elején a hajnali szürkületben, a végén a hajnali órákban figyelhető meg a keleti égbolton. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez 18-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. A hó elején két, a közepén egy órával nyugszik a Nap után. A hó első felében az esti szürkületben még megkereshető a nyugati látóhatár felett. — *Uránusz* 16-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfélkor nyugszik és az esti szürkület után még megfigyelhető. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfél után nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
8	21,4	Algol minimumban
11	12	Mars 2°-kal északra a Holdtól
12	10	Vénusz 1°-kal északra a Holdtól
13	20	Jupiter 4°-kal északra a Holdtól
15	20	Vénusz 3°-kal északra az Aldebarantól
18	04	Merkur 6°-kal északra a Holdtól
18	10	Szaturnusz 6°-kal északra a Holdtól
20	02	Merkur 0,4°-kal északra a Szaturnusztól
24	08	Uránusz 1°-kal délre a Holdtól
26	20	Neptunusz 3°-kal délre a Holdtól
28	—	δ Aquaridák meteorraj (július 15-től augusztus 15-ig) gyakorisági maximuma. Kettős radiánssal.
28	03	Merkur 0,1°-kal délre a Regulustól
28	23,1	Algol minimumban
30	07	Vénusz 1,6°-kal délre a Jupitertől

Augusztus

Bolygók

Merkur: 21-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hó első harmadában még háromnegyed órával nyugszik a Nap után, és megfigyelése még megkísérelhető napnyugta után a nyugati égbolton. 8-án legnagyobb keleti kitérésben 27 távolságra a naptól. 4-én fázisa 0,56, fényessége +0,4 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 1-től 6-ig az Oroszlán, 6-tól 26-ig az Ikrek, utána a Rák csillagképben. Három órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcsillag látható a

hajnali órákban a keleti égbolton. 16-án fázisa 0,76, növekedő, fényessége —3,5 magnitúdó, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Éjfél előtt kel, és a hajnali órákban figyelhető meg a keleti égbolton. — *Jupiter* előretartó mozgást végez 18-ig a Bika, utána az Ikrek csillagképben. Éjfélkor kel, és a hajnali órákban figyelhető meg a keleti égbolton. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. 13-án együttállásban a Nappal. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Neptunusz* 25-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfél előtt nyugszik, és az esti szürkület után még megfigyelhető.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	—	Capricornidák meteorraj (július 15-től augusztus 20-ig) gyakorisági maximuma. Sárga tűzgömbök.
1	13	Mars 5°-kal északra az Aldebarantól.
6	—	ι Aquaridák meteorraj (július 15-től augusztus 25-ig) gyakorisági maximuma. Kettős radiánssal.
9	12	Mars 4°-kal északra a Holdtól
10	14	Jupiter 4°-kal északra a Holdtól
11	15	Vénusz 4°-kal északra a Holdtól
12	—	Perseidák meteorraj (július 25-től augusztus 18-ig) gyakorisági maximuma. Fényes, széttöredező meteorok, halvány nyommal.
17	00	Merkur 1°-kal délre a Holdtól
17	00,8	Algol minimumban
20	—	κ Cygnidák meteorraj (augusztus 11-től 21-ig) gyakorisági maximuma. Robbanó tűzgömbökkel.
20	14	Uránusz 2°-kal délre a Holdtól
20	21,6	Algol minimumban
23	02	Neptunusz 3°-kal délre a Holdtól
23	18	Vénusz 7°-kal délre a Polluxtól.

Szeptember

Bolygók

Merkur 13-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben, amelyből 30-án a Szűz csillagképbe lép át. A hó közepén egy, a végén másfél órával kel a Nap előtt. A hó második felében a hajnali szürkület-

ben figyelhető meg a délkeleti égbolton. 5-én alsó együttállásban a Nappal. 21-én legnagyobb nyugati kitérésben 18° -ra a Naptól. 25-én fázisa 0,65, fényessége $-0,6$ magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 12-ik a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. A hó elején három, a végén két és fél órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcsillag látható a hajnali órákban a keleti égbolton. 17-én fázisa 0,85, növekedő, fényessége $-3,4$ magnitúdó, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez 1-től az Ikrek csillagképben. A kora esti órákban kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg a keleti égbolton. — *Jupiter* előretartó mozgást végez az Ikrek csillagképben. Az esti órákban kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hó elején egy, a végén három órával kel a Nap előtt. Újra figyelhető, a hó elején a hajnali szürkületben, a hó végén a hajnali órákban, a keleti égbolton. — *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	
4	23	Mars $0,5^\circ$ -kal északra a Jupitertől
7	02,5	Algol minimumban
7	08	Jupiter 5° -kal északra a Holdtól
7	10	Mars 5° -kal északra a Holdtól
9	23,4	Algol minimumban
10	22	Vénusz 5° -kal északra a Holdtól
11	14	Szaturnusz 5° -kal északra a Holdtól
12	—	Piscidák meteorraj (augusztus 16-tól október 8-ig) gyakorisági maximuma,
12	20,2	Algol minimumban
16	21	Uránusz 2° -kal délre a Holdtól
18	14	Vénusz $0,4^\circ$ -kal délre a Szaturnusztól
19	08	Neptunusz 3° -kal délre a Holdtól
22	04	Vénusz $0,4^\circ$ -kal északra a Regulustól.
27	04,3	Algol minimumban
27	10	Részleges holdfogyatkozás a félárnyékban. Tőlünk nem látható.
30	01,1	Algol minimumban

Október

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 24-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. A hó első napjaiban még egy órával kel a Nap előtt, és napkelte előtt figyelhető meg a délkeleti égbolton. 18-án felső együttállásban a Nappal. 3-án fázisa 0,89, fényessége $-1,0$ magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 11-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. Két órával kel a Nap előtt, és mint hajnalcillag látható a hajnali szürkületben a keleti égbolton. 15-én fázisa 0,91, növekedő, fényessége $-3,4$ magnitúdó, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez 19-ig az Ikrek, utána a Rák csillagképben. Az esti órákban kel és késő esti óráktól kezdve figyelhető meg. — *Jupiter* 24-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez az Ikrek csillagképben. Az esti órákban kel és a késő esti óráktól kezdve már megfigyelhető. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfél után kel, és a hajnali órákban figyelhető meg a keleti égbolton. — *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.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
2	21,9	Algol minimumban
4	22	Jupiter 5° -kal északra a Holdtól
5	18,7	Algol minimumban
6	04	Mars 6° -kal északra a Holdtól
9	05	Szaturnusz 5° -kal északra a Holdtól
11	02	Vénusz 4° -kal északra a Holdtól
12	21	Teljes napfogyatkozás. Tőlünk nem látható. A teljes fogyatkozás vonala a Csendes-óceán északi részén, Kolumbián és Venezuela nyugati részén halad át.
13	15	Mars 6° -kal délre a Polluxtól
14	08	Uránusz 2° -kal délre a Holdtól
16	15	Neptunusz 3° -kal délre a Holdtól
20	02,8	Algol minimumban
21	—	Orionidák meteorraj (október 16-tól 27-ig) gyakorisági maximuma. Többszörös rádiánssal, maradandó nyommal.
22	23,6	Algol minimumban
25	20,4	Algol minimumban
28	17,2	Algol minimumban

November

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 11-ig a Mérleg, 11-től 20-ig a Skorpió, 20-tól 29-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A hó végén egy órával nyugszik a Nap után, és napnyugta után figyelhető meg a délnyugati égbolton. 28-án fázisa 0,75, fényessége $-0,3$ magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 15-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. A hó elején két, a végén egy órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcsillag látható a hajnali szürkületben a keleti égbolton. 16-án fázisa 0,96, növekedő, fényessége $-3,4$ magnitúdó, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben. A kora esti órákban kel, és az esti óráktól kezdve figyelhető meg. — *Jupiter* hátráló mozgást végez az Ikrek csillagképben. Napnyugta után kel, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfél előtt kel és az éjszaka második felében figyelhető meg. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. 4-én együttállásban a Nap-pal. E hó folyamán 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	06	Jupiter 5° -kal északra a Holdtól
3	13	Szaturnusz $0,8^{\circ}$ -kal északra a Regulustól
3	15	Mars 7° -kal északra a Holdtól
3	20	Vénusz 4° -kal északra a Spicától
5	19	Szaturnusz 5° -kal északra a Holdtól
9	—	Tauridák meteorraj (október 18-tól november 30-ig) gyakorisági maximuma. Kettős rádiással, gyakori tűzgömbökkel.
9	04,5	Algol minimumban
10	01	Vénusz $0,1^{\circ}$ -kal északra a Holdtól
12	01,3	Algol minimumban
13	01	Neptunusz 3° -kal délre a Holdtól
15	—	Mira Ceti maximumban
15	22,1	Algol minimumban
17	—	Leonidák meteorraj (november 15-től 19-ig) gyakorisági maximuma. Fényesek, maradandó nyommal.
18	18,9	Algol minimumban

Nap	Óra	
20	09	Merkur 4° -kal délre a Neptunusztól
20	11	Vénusz $0,9^{\circ}$ -kal északra az Uránusztól
28	09	Jupiter 5° -kal északra a Holdtól

December

B. 'ygó:

Merkur 13-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. 24-ig a Nyilas, utána a Kígyó tartó csillagképben tartózkodik. A hó első felében egy órával nyugszik a Nap után, és napnyugta után figyelhető meg a délnyugati égbolton. A hó utolsó napjaiban másfél órával kel a Nap előtt, és újra megfigyelhető a hajnali szürkületben a délkeleti égbolton. 3-án legnagyobb keleti távolságban 21° távolságra a Naptól. 21-én alsó együttállásban a Nappal. 6-án fázisa 0,55, fényessége $-0,1$ magnitúdó, mindkettő csökkenő. 30-án fázisa 0,24, fényessége $+0,8$ magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 2-ig a Mérleg, 2-től 10-ig a Skorpió, 10-től 23-ig a Kígyó tartó, utána a Nyilas csillagképben. A hó első felében egy, a közepén háromnegyed órával kel a Nap előtt. A hó első felében még látható mint hajnalcsillag napkelte előtt a keleti égbolton. 6-án fázisa 0,98, növekedő, fényessége $-3,4$ magnitúdó, januári felső együttállása előtti fordulópontban. — *Mars* 14-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Rák csillagképben. Napnyugta után kel, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. Januári szembenállásához közeledve, a hó végére átmérője $13,6''$ -re, fényessége $-0,8$ magnitúdóra növekszik felületének vizsgálatára is alkalmat nyújtva. — *Jupiter* hátráló mozgást végez az Ikrek csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 23-án szembenállásban a Nappal. — *Szaturnusz* 12-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A kora 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 Kígyó tartó csillagképben. 8-án együttállásban a Nappal. E hó folyamán nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	14	Mars 7° -kal északra a Holdtól
2	03,0	Algol minimumban
3	04	Szaturnusz 5° -kal északra a Holdtól
4	23,8	Algol minimumban
7	20,7	Algol minimumban

Nap	Óra	
8	11	Uránusz 2°-kal délre a Holdtól
10	17,5	Algol minimumban
10	23	Vénusz 5°-kal északra az Antarestő!
12	01	Merkur 6°-kal délre a Holdtól
14	—	Geminidák meteorraj (december 7-től 15-ig) gyakorisági maximuma. Gyakran tűzgömbökkel, sok teleszkopikus meteorral.
22	—	Ursidák meteorraj (december 17-től 24-ig) gyakorisági maximuma
25	01,5	Algol minimumban
25	08	Jupiter 5°-kal északra a Holdtól
27	22,4	Algol minimumban
28	19	Mars 8°-kal északra a Holdtól
30	19,2	Algol minimumban
30	10	Szaturnusz 5°-kal északra a Holdtól

G. I.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
CSILLAGVIZSGÁLÓ INTÉZETÉNEK MŰKÖDÉSE

(1975. március 1-től 1976. január 31-ig)

1975. június végén végleg birtokunkba vettük a jénai Zeiss-Művek által készített 1 m-es Ritchey—Chretien-rendszerű teleszkópot. Ezután került sor a teleszkóp finombeszabályozására. Ezt nagymértékben megkönnyítette, hogy gyorsan sikerült megvalósítani a pozíció-kijelzés számítógépes megoldását. A Központi Fizikai Kutatóintézet munkatársainak segítségével intézetünk TPai számítógépét és annak perifériáit az új kupola középső szintjére (a Coude-tér szomszédságába) kitelepítettük és üzembeállítottuk. A KFKI munkatársai a pozíciómérésekhez, a CAMAC interface-rendszer működtetéséhez speciális BASIC nyelvet dolgoztak ki (CAMAC—BASIC—ASTRO). Ezen a nyelven rendszeresen készítünk programokat a teljes mérésadatgyűjtő rendszer vezérlésére. Pl. elkészült egy program, amely vezérli az időjclek és az abszolút kódadók BCD kódolt jeleinek közeli egyidejű kiolvasását, és számítja a csillagok látszó pozícióját, valamint a mért és számított értékeket összehasonlítja, az eltéréseket kiírja. A program a távcső finombeszabályozásán túl lehetőséget nyújtott a távcső deformációinak vizsgálatára is.

Az új távcsőhöz augusztus végére elkészült egy, a nemzetközi UBV rendszerben működő, integráló rendszerű fotométer. Ennek a fotométernek a CAMAC egységekhez való csatlakoztatásához vezetékeket építettünk ki a vezérlőterem és a teleszkóp között, illetve a távcsőre a speciális csatlakozókat felszereltük. Megoldottuk a fotométer és a még 1974-ben elkészült kétesatornás polariméter on-line kapcsolatát a számítógéppel, az adatgyűjtéshez és az adatok redukálásához szükséges programok CAMAC—BASIC nyelven elkészültek.

Ezek a programok szükségessé tették az időjelek decimális megjelenítését, és a decimális értékek BCD kódolt TTL szintű jeleinek előállítását. A szükséges modul megterveztük és elkészítettük.

Elvégeztük az 50 cm-es távcső mérési adatrögzítő rendszerének automatizálását, ugyanakkor megoldottuk a műszerek temperálását is. Így kisebb távcsövünkkel a leghidegebb téli éjszakákon is végzhetjük fotoelektromos fotometriai megfigyeléseinket.

A feszített tempójú műszaki fejlesztés mellett a Műszaki és mérés-technikai csoport tagjai látták el a piszkéztetői műszerek karbantartását is.

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

Az MTA és a SZUTA között létrejött megegyezés értelmében a bajai obszervatóriumban korábban felállított AFU—75 kamera végleg átment intézetünk tulajdonába. Baja város zavaró fényei miatt azonban a fotografikus szputnyik-észlelés egyre nehezebbé, az ismert városrendezési tervek megvalósulása során pedig lehetetlenné válik a város központjában levő obszervatóriumból. E probléma megoldásának első lépését tette meg Baja város tanácsa, amikor térítésmentesen bocsátott az intézet rendelkezésére egy megfelelő nagyságú telket a városon kívül, egy rajta levő volt iskola-épülettel egyetemben. Az új észlelőhely kialakítása az épület felújításával meg is indult. Az MTA Természettudományi I. Főosztály egyik nagy problémánkon segített azzal, hogy bajai obszervatóriumunknak biztosított egy terminált a budapesti CDC számítógéphez.

A folyamatos redukálások és számítások megkönnyítésére intézetünk beszerzett egy HP—55, négy HP—25, egy HP—21, egy SR—51 és egy SR—50 kalkulátort.

A beszámolási időszakban az intézet létszámában csak kisebb változás volt. Az intézet személyzete 1976 január végén a következő volt:

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

Titkárság: Vargha Domokosné könyvtáros, Farádi Andrea titkárnő és Harsányi Klára (félállásban).

Változócsillag osztály: Osztályvezető: dr. Kanyó Sándor, a fiz. tud. kandidátusa. Kutatók: Barlai Katalin tud. munkatárs, Kovács Géza tud. gyakornok, dr. Marik Miklós, a fiz. tud. kandidátusa, külső tud. munkatárs, Oláh Katalin tud. segédmunkatárs, Patkós László, Rupp Erzsébet és dr. Szabados László tud. munkatársak. Kutatási segéderők: Furka Tamás, Márton József, Tekler Vilmos és Vad Zoltán.

Stellarstatistikai osztály: Osztályvezető: dr. Balázs Béla, a fiz. tud. kandidátusa, tanszékvezető egyetemi docens (félállásban). Kutatók: dr. Balázs Lajos, a fiz. tud. kandidátusa, Jankovics István, a fiz. tud. kandidátusa és Kun Mária tud. munkatárs, Lovas Miklós tud. ügyintéző, Papp Margit tud. segédmunkatárs, Szécsényi-Nagy Gábor külső tud. munkatárs, egy. tanársegéd. Kutatási segéderők: Kálmán Béláné és Gál Ilona.

Égimechanika és alkalmazásai osztály: Osztályvezető: dr. Ill Márton, a fiz. tud. kandidátusa (a bajai obszervatórium vezetője). Kutatók: dr. Érdi Bálint külső tud. munkatárs, egy. adjunktus, dr. Horváth András, a fiz. tud. kandidátusa, Illés Erzsébet és Veres Ferenc tud. munkatársak. Kutatási segéderők: Baján: Gilián Márta, Kapocsi Géza, Legát Mária, Miklós László, Budapest: Decsi Pál, Nagy Mária, Szabó Andrea (jelenleg gyer-

megkondozási segélyen). Karbantartók: a bajai obszervatóriumban: T. Kiss Lajos és Tölgyesi Jakab (részállásban).

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

Műszaki és mérés technikai csoport: Csoportvezető: Virághalmi Géza fizikus, műszaki vezető. Mérnökök: Bognár Attila és Torbágyi László. Műszereszek: Kálmán Béla és ifj. Kálmán Béla.

Gazdasági részleg: Gazdasági vezető: Kiss Attila. Helyettese: Nyireő Andor. Gazdasági ügyintézők: Gerzsány Istvánné, Nádas Andorné, Tóth Endréné és Bagóczy Csanád (bajai obszervatóriumban részállásban). Gondnok: Iváncsik Miklós. Gépkocsivezetők: Filó László, Küller Lajos, Szabad József (piszkéstetői obszervatóriumban). Karbantartók: Iváncsik Miklósné (ellátja a meteorológiai szolgálatot is), Kalas Barnabásné és Debacher Pál (részállásban), Gubala Sándor, Gubala Sándorné, Odler Géza és Stork Jenő (utóbbi négy a piszkéstetői obszervatóriumban). Raktáros: Elter János (részállásban).

A beszámolási idő: szakban kutatásainkat a következő tudományos témákban folytattuk:

I. Változócsillagok

A változócsillagok megfigyelését továbbra is a szabadsághegyi 60 cm-es és a piszkéstetői 50 cm-es távcsövekkel, ill. az év közepétől az 1 m-es RCC-teleszkóppal is végeztük. Fotometriai rendszerünk közeli a nemzetközi UBV rendszerhez. Virághalmi Géza rendszeresen végzett polarimetriai megfigyeléseket a kétsatornás polariméterrel.

A Szabadsághegyen 1975 folyamán a megfigyelési éjszakák száma hónapok szerint a következő volt: januárban 13, februárban 17, márciusban 6, áprilisban 10, májusban 13, júniusban 11, júliusban 14, augusztusban 10, szeptemberben 17, októberben 13, novemberben 5, decemberben 9, összesen: 138 éjszakán folyt észlelés.

1975 folyamán a következő résztémákban értünk el eredményeket:

a) Továbbra is az RR Lyrae típusú változók megfigyelését tekintettük egyik fő programunknak. E program során magáról az RR Lyrae-ról 35 éjszaka folyamán nyertünk adatokat. A 4 éves ciklussal kapcsolatos eredményeink teljes mértékben megerősítést nyertek. 1971 után 1975-ben is megfigyeltük a régi ciklus lecsengését és egy új ciklus beindulását. A 40.8 napos szekunder periódusban ismét egy 10 napos fázisugrás lépett föl, csak ellentétes irányban az 1971-es helyzethez képest.

Több más Blaskó-effektust mutató RR Lyrae csillagot is megfigyeltünk. Ezek RS Boo, TT Cnc, XZ Cyg, RW Dra, XZ Dra, RV UMa. Alaposabb vizsgálat alá vettük az AT Andromedae-t, és véglegesen megbizonyosodott, hogy nem rendelkezik fénygörbeváltozással.

Részletesen vizsgáltuk a Blaskó-effektusos RR Lyrae-k periódus zaját. Meghatároztuk 11 ilyen csillag O—C diagramjának szórásparaméterét, és vizsgáltuk ezeknek a periódusoktól való függését. A szórásértékek az alapperiódusokkal nem mutatnak korrelációt, míg a másodperiódusokkal s oros kapcsolatban vannak.

Tanulmányoztuk a Blaskó-effektusos csillagok gyakoriságát. Előfordulási arányuk gömbhalmazokban kb 30%, míg a mezőben kb. 15—20%. Eredményeink szerint az alacsony fémtartalmú RR Lyrae-k közötti gyakoriságuk nagyobb, összehasonlítva a magas fémtartalmú RR Lyrae-k közötti előfordulási arányukkal.

W. Fitch amerikai csillagással közösen feldolgoztuk az AC Andromedae-ről Budapesten nyert fotoelektromos észleléseket. Eredményeink szerint a csillagban nemcsak az alap és az első felharmonikus, hanem a második felharmonikus pulzációs fokozat is gerjesztve van, és ezek nem-lineáris módon vannak csatolva. Az eddig is ismert P_0 és P_1 periódusok mellett meghatároztuk a második felharmonikus periódust: $P_2 = 0^d.421069$. Pulzációs modellekkel összehasonlítva eredményeinket arra a következtetésre jutottunk, hogy AC And tömege 3.1 naptömeg és a δ Scuti csillagok nagyjötmegű analogonja.

Elkezdttük az AQ Leo megfigyeléseit, feltehetőleg a csillag az AC And-hoz hasonló tulajdonságú.

Korábbi programunknak megfelelően folytattuk az RR Lyrae típusú változók periódusváltozásainak vizsgálatát. Különösen intenzíven figyeltük meg a 0.6 napnál hosszabb periódusú változókat (X Ari, SU Dra, stb.) a korábbi programcsillagok (RR Leo, RR Gem, stb.) mellett.

Az 1 m-es távcsővel elkezdttük rendszeresen fotografálni a gömbhalmazokat (M3, M5 stb.). Elsődleges célunk a halmazok centrumához közeli RR Lyrae típusú változók vizsgálata.

b) További megfigyelési anyagot gyűjtöttünk a törpeccephidák periódus- és fénygörbeváltozásainak vizsgálatához. A megfigyelt változók: GP And, RV Ari, YZ Boo, AD CMi, XX Cyg, DY Her, EH Lib, SZ Lyn, V567 Oph, DY Peg, AE UMa.

c) Több mint 400 fotoelektromos UBV, ill. BV észlelést gyűjtöttünk az 5 és 10 nap közötti periódusú cepheidákra. Emellett észleltünk néhány rövidebb periódusú cepheidát is. Meghatároztuk a BD+56°2806 kisamplitúdójú cepheida periódusát: $P = 2^d.80591$. Sikerült meghatározni a BQ Ser és BC Dra beat cepheidák másodlagos periódusát. A BQ Ser esetében $P_0 = 4^d.27073$, $P_b = 10^d.22$, így $P_1 = 3^d.012$, a BC Dra esetében viszont kiderült, hogy a csillag valószínűleg első és második felharmonikusában rezeg nagy amplitúdóval: $P_1 = 3^d.351$ és $P_2 = 2^d.566033$, míg alaprezgésének amplitúdója igen kicsi.

d) Folytattuk a programba vett 14 szemireguláris változócsillag meg-

figyelését. Ugyancsak minden derült éjszaka megfigyeltük a VZ Cam és RU Cam különleges viselkedésű csillagokat.

e) A lyoni obszervatóriummal együttműködve emissziós B csillagok polarimetriai vizsgálatát végeztük. Intenzíven figyeltük meg a nagyon érdekes viselkedésű BD+18°4085 jelzésű Be csillagot.

f) A bjurakáni obszervatóriummal együttműködve feldolgoztuk az 1971 óta a kooperációs program keretében a BY Dra-ról gyűjtött megfigyelési anyagot. Vizsgáltuk a kisamplitúdójú fényváltozásában mutatkozó periodicitást.

g) A fedési változók megfigyelését célzó programunkat mintegy 100 csillagra terjesztettük ki. Különösen intenzíven figyeltük meg a következő változókat: UV Leo, U CrB, RS CVn, AB Cas, VW Cep, U Peg, RT Per, TW Cas, RT And, TX Cas, TX UMa, a periódusváltozások tanulmányozása céljából. Folytattuk a hosszúperiódusú fedési kettősök (RT Per, AB Per, AY Per) vizsgálatát is. 13 éjszaka figyeltük meg az SV Cam-ot. Az elmúlt években ezen csillagra összegyűjtött hatalmas anyag lehetővé teszi a csillag alapos vizsgálatát.

II. *Stellárstatisztika*

A megfigyeléseket főleg stellárstatisztikai alaplenszerünkkel, a piszkés-tetői 60/90/180 cm-es Schmidt-teleszkóppal végeztük. Az 1975 évi felvételek megoszlása a következő volt:

Szupernóva felvétel	256
UBV felvétel	63
5°-os prizmával	25
2°-os prizmával	7
Flér felvétel	25 (237 expozíció)
Egyéb felvétel	48
Összesen:	424 felvétel.

Ugyanakkor elkezdtek bizonyos területek fotografikus fotometriai úton szelektált csillagainak pontos fotoelektromos fotometriai vizsgálatát az 1 m-es RCC teleszkóppal.

a) Spektrálklasszifikáció és többszínfotometria stellárstatisztikai alkalmazása volt továbbra is egyik fő programunk. Ennek keretében R. White amerikai és J. Ruprecht csehszlovák csillagászok közreműködésével elkészítettük a Catalogue of Star Clusters and Associations esedékes kiegészítéseit.

Folytattuk a nyíltalmazók szerkezetének, korának, távolságának és az interszstelláris anyag extinkciós tulajdonságainak meghatározására irányuló vizsgálatainkat. A Lin-elmélet obszervációs ellenőrzése keretében további galaktikus hosszúságokra terjesztettük ki a közepes galaktikai

szélességeken fekvő területek stellárstatistikai vizsgálatát. E munkához az Asztroszovjet komoly adatszolgáltatási segítséget nyújtott. A beszámolási időszak végén a jénai egyetemi csillagvizsgáló is bekapcsolódott az együttműködésbe.

Tovább folytattuk a Cepheus OB2 — asszociáció néhány területének spektrálklasszifikációs és UBV-fotometriai feldolgozását. A spektrálklasszifikációt teljes egészében elvégeztük.

Komoly előrehaladást értünk el a galaktikus halmazok ún. koronájának vizsgálatában. Az előzetes eredményeket — összehasonlítás céljából — megküldtük a moszkvai Sternberg Intézetnek.

b) Az I. A. U. által kezdeményezett nemzetközi kooperáció keretében tovább folytattuk a szupernóvák szisztematikus felkutatását az égbolt kiválasztott, galaxisokban gazdag területein. A beszámolási időszakban 3 szupernóvát fedeztünk föl. Mindhárom névtelen galaxisban fordult elő, melyek koordinátái, és a bennük felfedezett szupernóvák fényessége:

I	$\alpha = 1^h 37^m .0$	$\delta = +32^\circ 03'$	$m_{pg} = 15$
II	$\alpha = 3^h 16^m .4$	$\delta = +41^\circ 27'$	$m_{pg} = 15.5$
III	$\alpha = 13^h 59^m .5$	$\delta = +54^\circ 40'$	$m_{pg} = 14.5$

A szupernóvák felkutatása terén továbbra is az elsők között vagyunk a világon.

Az Androméda ködről készült egyik felvételen egy 8-ad rendű gyorsan mozgó (20°/nap) objektumot (valószínűleg aszteroidát) fedeztünk föl.

c) Szorosan együttműködve a bjurakáni obszervatóriummal folytattuk a flér-csillagok fotografikus-fotometriai statisztikai vizsgálatát a Pleiadokban és a Praesepeben. A bjurakáni felvételeken 20 új flér-csillagot fedeztünk föl a Praesepeben. Igen érdekes eredményre jutottunk a vörös törpe csillagok flér-aktivitását illetően. Legfontosabb eredményünk, hogy a flér-aktivitás változik a halmaz korával. Míg pl. a Praesepeben a vörös törpéknek csupán 1/4—e flér csillag, addig a Pleiádokban ez az arány 3/4.

III. Égimechanika és alkalmazásai

A mesterséges holdak megfigyelését lényegében bajai obszervatóriumunkban végeztük. (A miskolci állomás működését április 1-ével beszüntettük és Bajára költöztettük.)

A korábbi évekhez hasonlóan résztvettünk a SZUTA által koordinált „Nagy Húrok”, „Dinamika” és „Atmoszféra” elnevezésű észlelési programokban. A sikeres fotografikus észlelések száma: 213 vonulás során 583 felvétel. Mérési adatainkat rendszeresen megküldtük az Asztroszovjetnek, ugyanakkor mi is megkaptuk az általuk mért koordinátákat. Az együttműködés tehát sikeres és különösen eredményes volt.

a) A geomágneses effektussal kapcsolatos kutatásokat már korábban megkezdtük, és 1975-ben újabb 30 ekvivalens időtartamot (D-értéket) határoztunk meg észlelési eredmények alapján. Összesen 90 db D-érték áll rendelkezésünkre, s így meg lehet kísérelni a geomágneses vihar alkalomával fellépő sűrűségváltozást leíró analitikus képlet levezetését. 1975 folyamán első lépésként megkezdtük az ismertebb formulák reprodukálását a mért D-értékekkel, hogy a pusztán formálisan megadott képletek fizikai tartalmára és fogyatékosságaira fényt derítsünk. Befejeztük a Roemer-féle formula ellenőrzését. Ennek alakja:

$$\frac{Q - Q_0}{Q_0} = \beta(a_p - a_{p0}),$$

ahol $\beta = 0.0128 =$ állandó.

Elemzésünk szerint a formula jó közelítésnek tekinthető, de a β nem állandó, hanem szisztematikus menetet mutat a perigeum h magasságának és a napszakos effektus középpontjától mért ψ_B szögtávolságának függvényében.

A többi formula vizsgálata folyamatban van.

b) Felsőlégi aszimmetriák vizsgálatát dinamikai szélszámításaink kapcsán kezdtük meg, ui. éjszakai transzekvatoriális szeleket találtunk olyan körülmények között, amikor azok egy szimmetrikus modellel nem voltak összeegyeztethetők. Vizsgálataink szerint főleg a meridionális komponens hatására egy erőteljes észak-déli aszimmetria jelentkezik a szélességek eloszlásában. Ez a kisebb szélességeken a leginkább föltűnő. Ezután megkíséreltük az aszimmetriát a felsőlégi kör semleges komponensében is kimutatni. Összehasonlítottuk a mesterséges holdak fékezéséből nyert sűrűségeket az azonos körülményekre a legjobban ismert légi modellekből (pl. a J-72-ből) számított sűrűségekkel. Az észlelt és számított adatok O-C eltérései nem random jellegűek, és szisztematikus menetet mutatnak a földrajzi szélesség függvényében: az O-C értékek a sarkok felé nagymértékben növekszenek. (A póluson az eltérés 400–500%-ot is elérhet).

Másrészről az O-C görbék menete nagymértékben eltér egymástól, ha ugyanannak az évszaknak (pl. lokális nyárnak) az adatait ábrázoltunk együtt a két féltekére vonatkozóan (tehát az egyik hemiszféra adatait a másik hemiszférának fél évvel korábbi vagy későbbi adataival hasonlítottuk össze).

Eredményeinket a Smithsonian Astrophysical Observatory fotográfikus megfigyelései alapján levezetett és publikált sűrűségadatainak felhasználásával nyertük.

c) Korábbi vizsgálataink egyértelműen mutatták, hogy 200 km alatt és 240 km felett a számított és modellből levezetett skálamagassági adatok lényegesen eltérnek. 1975-ben ezért vizsgálatainkat a kérdéses magasság-

tartományokra koncentráltuk. 4 arra alkalmas holdnál számítottunk ki további H-értékeket.

A H skálamagasság azonban nemcsak a magasság, hanem az idő függvényében is változik. A szokásos mérések időbeli felbontása nem megfelelő, ezért az időbeli függés vizsgálatához olyan holdakat használtunk, melyek perigeummagassága nem különbözik lényegesen egymástól, és pályájuk kis excentricitású. A H fizikai jelentése alapján akkor a két különböző magasságú hold fékeződéséből kapott sűrűségkülönbségből kiszámítható volt a H értéke. Módszerünkkel mód nyílt a H napszakos változásának vizsgálatára is. Eredményeink szerint a H változása a nap folyamán jelentékenyen eltér a $J-72$ modellből általunk levezetett menettől. A napi változás szélső értékei ui. mind amplitúdóban, mind fázisban a modelltől eltérő értékeket adnak.

d) Megindítottuk a modellek által nem magyarázott („korreláció nélküli”) sűrűségváltozások szisztematikusan keresését és vizsgálatát. Korábban King—Hele mutatott olyan esetet, amikor a légkörben jelentkezett a 27 napos periódus annak ellenére, hogy a deciméteres sugárzásban az nem volt kimutatható. Részletes analízisünk során 20 mesterséges holdnak 5 hónapra terjedő észlelési anyagában kaptuk ugyanezt az eredményt. Így határozottan állítható, hogy a deciméteres sugárzás nem mindig jó indikátora a naptevékenységnek.

e) A D5 B hold segítségével végzett akcelerométeres adatok (franciák adják át nekünk) felhasználásához szükséges volt bizonyos elméleti vizsgálatokat elvégezni. Ennek során levezettünk olyan képleteket, amelyek lehetővé teszik a D5 B holdra ható aerodinamikai erők pontos figyelembevételét, a hold sebességének és orientációjának, a felsőlégkör hőmérsékletének, valamint a felületéről való visszaverődés jellegének függvényében

IV. Elméleti témák

a) A fotoszférikus mágneses mezők rövidperiódusú változását periódus sorozattal sikerült megadnunk, melyek az egyenlítő körül futó dipólus— és multipólus— hullámoktól származnak. A dipólus— hullám a felületi eloszlás olyan hullámszerű terjedését jelenti, mely hasonló ahhoz, amelyet a momentumára merőleges tengely körül forgó dipólus létesít. A gömbfelületi függvények (1,0) és (1,1) tagjainak az együtthatójából a dipólus-hullám tengelyének heliografikus koordinátái meghatározhatók. A heliografikus szélesség változása 22 éves körülfutást mutat ferde főkör mentén, melyre még 4,1 éves másodlagos változás van szuperponálva. Eredményünk jól összeegyeztethető a magnetohidrodinamikai dinamóelmélettel. Nyílt kérdés maradt viszont a multipólus-hullámokat gerjesztő, szükségszerűen nem szimmetrikus sebességeloszlás létezésének kimutatása.

b) Az A-típusú csillagok légkörében a Balmer-sorozat „kihalását” a gázsűrűség plazmafizikai effektusaként sikerült értelmeznünk. Ered-

ménnyel járt a probléma egyszerű modellizálása térben rögzített hidrogénatom és elektron rendszerével. Az így felírt Schrödinger-egyenletről meghatározható volt a rendszer $n=1$ és $n=2$ állapota. A sajátértékekből plazmafizikai vöröseltolódás következik, mely a fehér törpéknél nagyságrendben egyezik a gravitációs eredetű vöröseltolódással. Az eredmény a két effektus szétválasztása végett a szinképekben észlelhető vöröseltolódás értelmezésének módosítását kívánja.

c) Sikerült kimutatnunk, hogy a gazdag galaxishalmazok eleget tesznek egy felületi fényesség-távolság relációnak és egy elemszám — látószög — vöröseltolódás összefüggésnek. E relációk segítségével bizonyítható volt, hogy az Univerzumban térbeli és időbeli szimmetriásértés van. Ezekből igen általánosan, a bizonyítás erejével következik az Univerzum anyagának fejlődése, az Univerzum relatív expanziója, a galaxishalmazok fényes magjainak kontrakciója, diszkrét eloszlású rejtett tömegek jelenléte a galaxishalmazokban, valamint az, hogy a tömegek a fényes óriásgalaxisok környezetében helyezkednek el.

Kutatóink tudományos szereplése, oktatói tevékenysége 1975-ben

Kutatóink több hazai és külföldi konferencián vettek részt. A Cospar várnai kongresszusán Horváth A., Ill M. és Illés Erzsébet képviselték intézetünket.

Az I. A. U. 3-ik regionális összejevetelén Tbilisziben Balázs B., Balázs L., Kanyó S., Paál Gy. és Szabados László vettek részt. Paál előadást tartott „A Note on the Collective Evolution of Rich Clusters of Galaxies” címmel. Paál ugyancsak részt vett az extragalaktikus kutatásokkal kapcsolatos potsdami konferencián, ahol előadást is tartott.

Barcza Sz., Barlai Katalin és Kanyó S. voltak tagjai a Bécsi Csillagvizsgáló jubileumi tudományos ülészakán részt vevő magyar küldöttségnek.

Az Interkozmosz Kozmikus Fizikai Munkabizottságának rendes évi tanácskozásán Moszkvában Horváth és Ill vettek részt. A 6. szekción belüli munkák éves beszámolóit értékelték, és elkészítették a következő évi tervet. Az Asztroszovjet által szervezett „A kozmikus geodézia új módszerei” c. szemináriumra Ill Mártont küldte ki az Akadémia Leningrádba.

„A csillagok fizikája és evolúciója” elnevezésű multilaterális akadémiai kooperáció Probléma Bizottságának belgradcsiki ülészakán intézetünk részéről Balázs Béla és Jankovics István vettek részt. Balázs Béla eleget téve egy jugoszláv meghívásnak, több előadást tartott a belgrádi obszervatóriumban. Szeidl B. a bécsi csillagdában tartott előadást a többszörös periódusú változócsillagokról.

Az akadémiai egyezményes keretek terhére Horváth és Paál Moszkvában, Oláh Katalin Bjurakánban, Patkós pedig az ondrejovi és skalnateplesoi obszervatóriumokban töltött el 2-2 hetet.

„A Föld erőtereinek és környezetének vizsgálata mesterséges holdakkal” c. akadémiai emlékülésen, ill. a hasonló témájú IV. Ionoszféra-magnetoszféra szemináriumon Horváth A., Ill M., Illés E. és Veres F. vettek részt. A konferencia színhelye Baja volt, a rendezés nehéz feladatát Ill Márton látta el. Intézetünk jelenlévő munkatársai előadásokat tartottak.

Paál résztvevője volt a Neutrínó '75 balatonfüredi konferenciának.

Intézetünk rendezte meg a Nemzetközi Csillagászati Unió 29. kollokviumát. A kollokvium témája „A többszörös periódusú változócsillagok” volt. A szervező bizottság tagjai intézetünk munkatársai voltak: Barlai Katalin, Ill M., Kanyó S., Szabados L. és Szeidl B. A kollokviumnak 80 külföldi résztvevője volt, és több mint 60 angol nyelvű előadás hangzott el. Kutatóink közül Illés Erzsébet, Kanyó, Szabados és Szeidl voltak előadók.

A kollokvium kezdetekor a résztvevők Detre László akadémikusra emlékeztek, aki e tudományos tanácskozás szervezését beindította.

Kutatóink aktív részt vállaltak az egyetemeken folyó csillagászati oktatásban. Az Eötvös Loránd Tudományegyetemen Balázs B., Balázs L., Kanyó S. és Szeidl B. vettek részt csillagász szakos hallgatók képzésében. A József Attila Tudományegyetemen Ill M. adja elő a csillagászatot.

Jankovics I. Jerevánban sikeresen megvédte „A vörös törpecsillagok flér aktivitása a Praesepeben” című kandidátusi értekezését.

Az intézet kutatóinak közleményei 1975-ben:

1. Balázs B.: The Hungarian 1 m RCC-Telescope Project. Jena Review
2. Balázs B.—Paál Gy.: A kozmológiai vöröseltolódásról. Csillagászati Évkönyv, 1976, 231. old.
3. Balázs B. (T.: Ruprecht—R. White): Catalogue of Star Clusters and Associations, Supplements. Akadémiai Kiadó.
4. Balázs L.: A csillagok kinematikája és kora. Csillagászati Évkönyv, 1976, 198. old.
5. Balázs L.: Distribution of Stars of Spectral Types F7 and Earlier in a Lyra Region. MTA Csillagvizsgáló Int. Közleményei Nr. 68.
6. Barlai K.—Marik M.: Regiomontanus. Csillagászati Évkönyv 1976, 133. old.
7. Horváth A.—Illés E.: Vlijanyie geomagnitnoj buri 7-ovo avguszta 1972 g. na dvizsenyije szputnyikov bollonov 63—53—A i 68—66—A. Nabl. ISSZ No. 14. 417—425 old.
8. Horváth A. (T.: Gánti T.): A Viking '75 program. Csillagászati Évkönyv 1976. 173. old.
9. Horváth A.: Beszélő képek — ERTS — LANDSAT mesterséges

- holdak gyakorlati használhatóságáról. Fizika '75 :
könyv.
10. Horváth A.—Illés E. (T.: Almár I.): A felsőlégkör globális viselkedése geomágneses viharok idején. *Asztronautikai Közlemények* 1975.
 11. Ill M.: Opregyelenyje odnorodnoj vizsoti atmoszferi. *Nabl. ISSZ No. 14.* 403—412 old.
 12. Ill M.: Távcsovek a világűrben. *Csillagászati Évkönyv 1976.* 156. old.
 13. Ill M.: A bolygókutatás néhány eredménye. *Csillagászati Értesítő, 1975.*
 14. Ill M.: A pályameghatározás problémái mesterséges holdak megfigyelései alapján. *Asztronautikai Közlemények, 1975.*
 15. Ill. M.: A felsőlégkörben mutatkozó aszimmetriáról. *Asztronautikai Közlemények, 1975.*
 16. Ill M.: Újabb sűrűségi skálamagasság meghatározások. *Asztronautikai Közlemények, 1975.*
 17. Illés E.: Izmenyenyie perioda troh szputnyikov v 1971 g. opregyelonnoe iz nabljugyenyije po programme Atmoszfera. *Nabl. ISSZ No. 14,* 427—437 old.
 18. Illés E. (T.: Almár I.): A geomágneses effektus vizsgálata mesterséges holdak fékeződése alapján. *Asztronautikai Közlemények, 1975.*
 19. Illés E.: A felsőlégkör sűrűsége 1971 őszén, 20 mesterséges hold fékeződése alapján. *Asztronautikai Közlemények, 1975.*
 20. Illés E.—Szabados L.: Observational Results on the Beat Period Cepheid TU Cas. *Proc. of I. A. U. Coll. No. 29.*
 21. Jankovics I.: A vörös törpe csillagok flér aktivitása a Praesepeben. (Orosz nyelvű kandidátusi disszertáció)
 22. Kanyó S.: On the Period Fluctuation of RR Lyrae Stars with Blashko—Effect. *Proc. of I. A. U. Coll. No. 29.*
 23. Kanyó S.: Planetáris ködök. *Csillagászati Évkönyv 1976.* 216. old.
 24. Lovas M.: Supernova in Anonym Galaxy. *I. A. U. Circ. 2755.*
 25. Lovas M.: Supernova in Anonym Galaxy. *I. A. U. Circ. 2789.*
 26. Lovas M.: Supernova in Anonym Galaxy. *I. A. U. Circ. 2883.*
 27. Oláh K.: AT Andromedae. *Inf. Bull. Variable Stars. No. 987.*
 28. Paál Gy.: Relaxing Clusters in the Evolving Universe. *Proc. of I. A. U. Symp. No. 63.* p. 251.
 29. Paál Gy.: A Note on the Collective Evolution of Rich Clusters of Galaxies. *Proc. of 3rd European Astronomical Meeting.*
 30. Paál Gy.: Kozmikus ciklikusság és relativisztikus kozmológia. *MTA X. Oszt. Közleményei.*

31. Paál Gy.: Evolutionary Approach to the Missing Mass Problem of Clusters of Galaxies. *Astronomische Nachrichten* (közlésre elfogadva).
32. Patkós L.: Photoelectric Minima of Eclipsing Variables. *Inf. Bull. Variable Stars*. No. 1065.
33. Szabados L.: The Beat Periods of Cepheids BQ Ser and BC Dra. *Proc. of I. A. U. Coll.* No. 29.
34. Szeidl B.: A csillagászat legújabb eredményei *Csillagászati Évkönyv*, 1976. 140. old.
35. Szeidl B.: In Memory of László Detre. *Proc. of I. A. U. Coll.* No. 29.
36. Szeidl B.: Multiple Periodic RR Lyrae Stars. *Proc. of I. A. U. Coll.* No. 29.
37. Szeidl B. (T.: W. S. Fitch): The Three Radial Modes and Evolutionary State of AC Andromedae. *Astrophysical Journal* 203, pp. 616—624.
38. Veres F.: K voproszu iszpolzovanyija szputnyikovich mikroakszelerometrov v celjach iszledovanyija verchnyej atmoszferi. *Nabl. ISSZ* No. 14. 499—508 old.
39. Veres F.: A D5 B mesterséges hold effektív keresztmetszetének orientációfüggése. *Asztronautikai Közlemények*, 1975.

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 954—1078 számait és a 10. kötet tartalomjegyzékét, név- és tárgymutatóját.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
NAPFIZIKAI OBSZERVATÓRIUMÁNAK MŰKÖDÉSE
az 1974—1975. években

Az Observatórium tényleges kutató és észlelő munkáját a beszámolási időszak alatt is — nagyjából még a régebbi keretek között — folytatta tovább; nemzetközi viszonylatban is figyelemre méltó néhány újabb kutatási eredményt ért el a napfoltokra vonatkozóan, és 7000-nél több fotoszféra észlelést végzett. Ez az újabb észlelési anyag különösen értékes, mivel kizárólag a teljes napkorongra vonatkozó héliogramokból áll. Az Observatóriumnak ma már a különféle fotoszférikus mozgások tanulmányozásához 1952-től kezdődően, tehát egy teljes mágneses napciklusra vonatkozóan, több, mint 30 000 ilyen héliogramja van, melynek mintegy negyede az utóbbi két évből származik. Ezek jelentős részét az Observatórium különböző nemzetközi kooperációs munkákhoz kapcsolódóan, multilaterális egyezményekben rögzített kötelezettségvállalás — így például az INTERKOZMOSZ és a KAPG — keretében végezte.

A megelőző években gyűjtött fotografikus fotoszféra anyag alapján néhány nagy komplex napfoltcsoporttal kapcsolatban folytatott részletes tanulmányokat az Observatórium. Főleg a foltcsoporton belüli mozgásoknak a fler-jelenséggel és a szoláris mágneses terekkel való kapcsolatát vizsgálta; általában is ez a problémakör képezi kutatásainak vezérfonalát.

Az Observatórium által beható tanulmányozásra kiválasztott egyik nagy napfoltcsoportban 1974 július 4-én különösen erős fler-jelenség volt tapasztalható. Véletlen szerencse folytán egy igen ritkán előforduló „fehér” fler, amely mindössze kb. 2—3 percig tartott, az Observatórium egyik fotohéliogramján rögzítve van, és így ennek héliografikus pozíciója nagy pontossággal volt meghatározható, amire szerfölött ritkán van lehetőség. Ilyen jelenséget egyáltalán kevésszer észleltek, az 1974 júliusi előtt a megelőzőt 1972 augusztusában, és jelen évszázadunkban teljes bizonyossággal mindössze mintegy 2 tucatot, de ezek zöméről sincs semmiféle fotografikus regisztrátum.

Az Observatórium az INTERKOZMOSZ kutatásokban történő közreműködését nemzetközi kötelezettség alapján végezte. Így 1974 folyamán a

3—IK—4 [= IK 11] szputnyik május—október között végzett napfizika¹ fedézleti méréseivel egyidőben 2000-nél több fotehéliogram készült.

„A szoláris mágneses terek gyors változásainak kutatása” program keretében, a vállalt nemzetközi kötelezettségnek megfelelően a beszámolási időszak folyamán, az észleléssorozatok mind egy-egy nagy komplex foltcsoport fejlődésére, mozgására vonatkoznak. Ezek a sok év óta rendszerezített kooperációs észlelések az 1974. évtől kezdődően a szocialista akadémiák közötti multilaterális egyezmény, a KAPG keretében folynak.

„A szoláris aktív vidékek keletkezésére vonatkozó kutatási program” ugyancsak KAPG együttműködési keretben folyt. Idevágóan 1975 június 16 és 29 között 615 észlelést végzett az Observatórium.

A felsorolt észleléssorozatok kezdő időpontjára minden esetben távirati vagy telefon előrejelzést kapott az Observatórium. A sikeres észlelési anyagok listáját megküldte a koordináló centrumoknak, és kívánatra más kooperáló obszervatóriumoknak is, hogy ezek alapján, ha szükséges, a közvetlen észlelési adatokat, vagy az észlelések kiértékelése után az eredményeket rendelkezésre bocsáthassa.

A Nemzetközi Csillagászati Unió [IAU] 10. [napaktivitás] Bizottságának égisze alatt különféle kooperációs észlelési munkákat végeznek szerte a világon a napfizikai kutatóhelyek. Ilyen együttműködési keretben az Observatórium külön észleléseket nem vállalt, de kérésre több ízben más obszervatóriumoknak is rendelkezésre bocsátott észlelési anyagaiból, így a greenwichi és meudoni obszervatóriumoknak, valamint rendszeresen küldött fotoszféra héliogramjaiból Rómába a Photographic Journal of the Sun című kiadványba való közlés végett.

A szóban forgó koordinált nemzetközi észlelési együttműködések, valamint már önmagában az észlelési adatszolgáltatás tudományos kutatási szempontokból nemcsak végtelenül hasznos, hanem elengedhetetlen is. Az Observatóriumnak a szoláris mozgások kutatási főprogramja szempontjaiból okvetlenül szükséges az ilyen együttműködés, mert ezzel szerez jogot arra, hogy habozás nélkül kérjen kutatásaihoz szükséges olyan eredeti megfigyelési anyagokat, amelyeket műszerezettségével nem nyerhet.

Az Observatórium az Űrkutatási Kormánybizottságon keresztül állami közti egyezményekben rögzített módon vesz részt az INTERKOZMOSZ és a szocialista akadémiák közötti megállapodás alapján a KAPG szervezet munkájában.

Így több szocialista állam napfizikai kutatóhelyeivel különösen szoros munkaközösségben dolgozik. Főleg a Csehszlovák Tudományos Akadémia Csillagászati Intézete Ondrejovi Observatóriumának Napfizikai Osztályával, a Szovjetunió Tudományos Akadémiája IZMIRAN néven ismert kutató intézetével, Krími Asztrofizikai Observatóriumával; a SZUTA Irkutszk székhellyel működő és SZIBIZMIRAN néven ismert intézetével, valamint a SZUTA pulkovói obszervatóriuma Napfizikai Osztályával és a Kiszlovodszk

közeliében fekvő hegyi obszervatóriummal; valamint a Német Tudományos Akadémia potsdami Napfizikai Obszervatóriumával. Az Obszervatórium szoros kapcsolatban van régóta az IAU 10. Bizottságával, valamint a Special Committee on Solar-Terrestrial Physics [SCOSTEP] ICSU-bizottsággal és ezúton, különösen az angliai Royal Greenwich Observatory Solar Department részlegével, az Observatoire de Paris Section d'Astrophysique meudoni Department Astronomie Solaire et Planétaire részlegével, az olasz Osservatorio di Roma és a boulderi National Center for Atmospheric Research High Altitude Observatory kutató intézetekkel, és a freiburgi Fraunhofer Intituttal.

Az obszervatóriumi kutatók 1974—1975 folyamán külföldi hivatalos küldetéssel, külföldi ösztöndíjjal, akadémiai egyezményes cserekeret révén, vagy egyéb lehetőségek útján többször jártak tanulmányúton, konferencián vagy munkaértekezleten, illetve kutatási kooperációk ügyében tárgyalásokon külföldön. Így a Szovjetunióban Kálmán Béla tudományos munkatárs öt ízben, Gyertyános Gyöngyi tudományos munkatárs kétszer, Gerlei Ottó tudományos munkatárs, valamint az Obszervatórium vezetője egyszer járt. Guman István és Kovács Ágnes tudományos munkatársak, valamint Márki-Zay Lajos tudományos segédmunkatárs szocialista államokban tartott nemzetközi tudományos szimpóziumokon vettek részt egy-egy alkalommal. Az Obszervatórium vezetője hat alkalommal járt még külföldön, így részt vett 1975-ben Firenzében az első európai napfizikai tanácskozáson, és az előző évben a Pic du Midi Obszervatóriumot látogatta meg meghívás nyomán. Ludmány András tudományos segédmunkatárs külföldi ösztöndíjjal részt vett Athénben, 1975 nyarán az IAU—UNESCO égisze alatt fiatal csillagászok számára rendezett „iskolán”.

1974 tavaszán, azon szovjet szakemberek között, akik a koronagráf-spektrográf debreceni üzembehelyezésén dolgoztak, az Obszervatórium vendége volt még öt héten keresztül A. K. Kisonkov, az IZMIRAN mérnök-napfizikusa is. Ezt megelőzően érkezett három hétre M. N. Sztobjanova pulkovói napfizikus az Obszervatóriumba. 1975-ben V. Makarov a kiszlovodszki obszervatóriumból, valamint H. Künzel Potsdamból keresték fel egy-egy hétre a debreceni Obszervatóriumot. Még egy külföldi csillagász látogató járt Debrecenben 1975-ben, Teleki György, Belgrádból [egy napra]. Mind-ezen hosszabb-rövidebb tanulmányutak igen hasznosnak bizonyultak.

A koronagráf-spektrográf új műszerrel az Obszervatórium próbafelvétel — a napspektrum D-vonalának környékéről — 1974 április 27-én készíthetett először. A műszer üzembe helyezésére voltaképpen ekkor kerülhetett sor. Az új műszer jusztirozási munkáinak zöme már 1974-ben megtörténhetett, de a tervezett észlelő-programokhoz a műszer segédberendezésekkel való ellátása és összehangolása 1975-re maradt.

Az Obszervatórium gyulai víztorony tetejére telepített észlelő állomásának megközelítésére csak 1974 májusában készült el a személyfelvonó, de házilag

készített külső teherfelvonó természetesen kezdettől fogva működik. Annak ellenére, hogy a [jobbára régi műszeralkatrészekből házilag gyártott] gyulai észlelő távcsővel már eddig is jó megfigyelési anyag gyűlt össze, mégis kívánatosnak mutatkozott a távcső fényképező objektívjének és parallaktikus montázsának megfelelőbbre való kicserélése az észlelések tökéletesebbé tétele érdekében. Ezért az Obszervatórium ezek helyett újat rendelt a Zeiss gyártól, amelyek valószínűleg már 1976 folyamán kerülnek leszállításra.

A csaknem kizárólag fotografikus észlelésekre profilírozott Obszervatórium észlelési anyagainak korszerű és gyors kiértékeléséhez, az 1975. év végére sikerült a megfelelő mérő-, számító- és fotoberendezéseket beszerezni. Az Obszervatórium mostantól kezdve lyukszalagra regisztrálva kaphatja meg mind Gyulán, mind Debrecenben az ASCORECORD—okon mért pozíciós adatokat, és ezeket közvetlenül betáplálhatja a különböző perifériákkal kiépített HP 9810A kalkulátorba.

A megújhodott Obszervatórium hivatalos, ünnepélyes avatása 1974. június 13-án volt, de voltaképpen csak 1975 végén állapítható meg kétségtelenül, hogy az Obszervatórium világviszonylatban is számottevő csillagászati intézetté fejlődött most már műszerezettségét tekintve is.

A PENCI KOZMIKUS GEODÉZIAI OBSZERVÁTORIUM

Bevezetés

1976-ban hosszas előkészületek után megkezdte működését a penci Kozmikus Geodéziai Obszervatórium. Távcsovekkel felszerelt, új tudományos intézet létrejötte olyan jelentős esemény a magyar csillagászatban, amelyre nem minden évtizedben kerül sor. A meglévő két csillagvizsgáló intézet fenntartása és fejlesztése is nagy terheket ró az akadémiára, miért van szükség akkor egy harmadikra? A válasz megkívánja az új létesítmény történetének, feladatainak és szervezetének teljes ismertetését.

Kezdetben a geodézia és a csillagászat egyetlen egységes tudományt alkotott, hiszen a földmérés csillagászati helymeghatározással, csillagok sorozatos megírányzásával történt. Ez volt a csillagászat fő gyakorlati alkalmazási területe, egyben fejlődésének előmozdítója is. A XIX. században az égitestek természetének, fizikájának vizsgálata vált a csillagászok fő feladatává, és a gyakorlati földmérésben dolgozókat egyre kevésbé tekintették kollegáiknak. A geodézia pedig — noha mind a mai napig alkalmazza bizonyos kitüntetett pontokon a szélesség és hosszúság csillagok segítségével történő meghatározását, vagyis a távcsoves megfigyeléseket — nagymértékben használ a csillagos égtől független, korszerű földi eljárásokat feladatainak megoldására. Ilyenek például a pörgettyűs giroteodolitok, az oldalhosszak pontos mérésére alkalmas optikai, mikrohullámú és lézeres távmérők, a légifényképeken alapuló fotogrammetria stb. Mindez tovább növelte a szakadékot a gyakorlati feladatokra specializálódott földmérő és az alapkutatókkal, főképp a világűrben lejátszódó fizikai folyamatokkal megfigyelési és elméleti szinten foglalkozó csillagász között.

Ezt a helyzetet évtizedek óta véglegesnek tekintette mindkét érdekelt fél, mégis 20 évvel ezelőtt váratlanul új helyzetet teremtett az első szputnyikok felbocsátása. Az új típusú égitestek mozgásával, előrejelzésével és csillagászati követésével kapcsolatos izgalmas problémák az egész világon foglalkoztatni kezdték a csillagászokat és újra felvirágozott az évtizedek óta elhanyagolt égi mechanika is. Kezdetből fogva nyilvánvaló volt, hogy a mesterséges holdak annyira közel keringenek a Föld felszínéhez, hogy mozgásukat észrevehetően, sőt igen jelentősen zavarják a Föld alakjának eltérései a gömbtől, tömeg-

eloszlásának belső egyenetlenségei stb. Eszerint fordítva, a mesterséges hold tényleges mozgásának megfigyeléséből következtetni lehet a perturbáló erők nagyságára, vagyis a Föld alakjára és méreteire. Ez viszont a felsőgeodézia tárgykörébe tartozó, fontos feladat, amelyet a Föld felszínéről az évszázados erőfeszítések ellenére sem lehetett kielégítően megoldani. Ez a felismerés elvezetett a mesterséges holdak megfigyelésén alapuló „ kozmikus ” vagy „ szatellitá ” geodézia dinamikai módszereihez, és a csillagászok és geodéták új-típusú együttműködéséhez mind a műholdak észlelése, mind a pályaperturbációk elemzése területén. A dinamikai módszerekkel szinte egyidőben kialakultak a geometriai módszerek is. Ennek lényege, hogy többszáz kilométeres alapvonal két végéről egyidejűleg megirányozva a néhány száz vagy ezer kilométer magasan repülő műholdat, a két állomást összekötő húr iránya kiszámítható. Ezzel távoli országok hálózatainak összekapcsolása, illetve nagy, országos hálózatok merevítése lehetségessé válik.

A hatvanas évek elejétől kezdve a szocialista országokban is teret nyertek a kozmikus geodéziai kutatások. Csillagászok és geodéták újra együtt dolgoztak egy komplex feladat megoldásán: egyrészt a megfigyelési technika kifejlesztésén, másrészt a szükséges elméleti modellek kialakításán. A munka koordinálását a Szovjetunió Csillagászati Tanácsa végezte, és a Szovjetunió gondoskodott a megfelelő távcsövek (NAFA és AFU kamerák) előállításáról és szétosztásáról is. Magyarországon a megfigyelőhálózatot az MTA Csillagvizsgáló Intézete létesítette, geodéziai célú megfigyelések bajai obszervatóriumában folytak. Ez volt akkor az egyetlen ésszerű megoldás, hiszen csak a csillagászok rendelkeztek megfelelő obszervatóriummal, valamint tapasztalatokkal a szükséges csillagászati felvételek elkészítése, kimérése és feldolgozása területén. Az észlelések gyűltek is évről évre a lelkesen de kis létszámmal dolgozó bajai obszervatóriumban, azonban hamarosan nyilvánvalóvá vált, hogy a geodéziai feladatok szempontjából ez nem tekinthető végleges megoldásnak. A kozmikus geodézia megköveteli a rendszeres, szolgálatsterű, tömeges észlelést, a szélső pontosságú kiértékelést, valamint a geodéziai hálózat kialakítási és javítási módszerek alkalmazását. Változtak maguk az észlelési módszerek is, megjelentek a világon a mesterséges hold távolságát méteres pontossággal mérő, lézeres távmérők, valamint elterjedtek a holdon elhelyezett adó frekvenciájának Doppler csúszását hasznosító földi rádió megfigyelő állomások. Ezek a módszerek már nyilvánvalóan idegenek egy csillagvizsgáló intézet profiljában, és alkalmazásuk a város közepén levő bajai obszervatóriumban nem is lenne célszerű.

Ugyanakkor nemzetközi tapasztalatok arra mutattak, hogy szinte minden európai országban állandó, jól felszerelt, országos hatáskörű kozmikus geodéziai obszervatóriumok jönnek létre csillagászok és geodéták együttműködésével. Ilyenek a CERGA Franciaországban, a wetzelli (NSZK), kootwijk (Hollandia), dionysosi (Görögország), poznani (Lengyelország) obszervatóriumok, amelyek mind a hetvenes évek elején kezdték meg működésüket.

Ezen obszervatóriumok megalapítása már új korszak kezdetét jelenti a kozmikus geodéziában. Az új módszerek bevezetése, a mérési pontosság tíz- majd százszoros növekedése elvezetett addig a pontig, amikor az állomás kozmikus geodéziai úton levezetett koordinátái már nem tekinthetők időben állandónak. A koordináták változása a földkéreg árapálya, a pólusvándorlás, a tektonikus elmozdulások következtében deciméteres nagyságrendű, és ezt a pontosságot kell elérni ahhoz, hogy az állomás mérései immár geofizikai (geodinamikai) szempontból is értékes információkat szolgáltatassanak. Az említett új obszervatóriumok mindegyike lényegében ezt tűzte ki célul, és ezért hosszabb, több évtizedes, szolgálatszerű, pontos megfigyelésekre rendezkedik be. A szisztematikus hibák csökkentése érdekében ezen „geodinamikai obszervatóriumok” mindegyike az összes (tehát optikai, lézeres és rádiós) műholdmegfigyelési módszer egy helyen történő alkalmazására törekszik, kiegészítve ezeket lokális, asztrogeodéziai, gravimetriai, meteorológiai mérésekkel. Utóbbiak szükségesek egyrészt a lokális mozgások interpretációjához, másrészt a műholdas mérések redukciójához is. Hozzávéve mindehhez a megfigyelési eredmények értékeléséhez elengedhetetlen helyszíni kiszámítógépet, nagy vonalakban előttünk áll egy korszerű kozmikus geodéziai obszervatórium feladata és műszerezettsége.

Az obszervatórium előtörténete

A fenti indokok alapján a magyar geodéziai szolgálat főhatósága, a MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatala (OFTH) 1969-ben határozatot hozott egy központi obszervatórium létesítésére valahol Budapest közelében. A helykiválasztás döntő szempontja volt, hogy az optikai és rádiós megfigyeléseket még évtizedekig semmi ne zavarja. A kiválasztott terület a Cserhát hegységben van, Budapesttől Észak-Keletre, Váctól 15 km-re, Penc községtől 3 km-re, egy hegyektől övezett, két km átmérőjű fennsíkon. A kisajátított terület 7 ha, az obszervatóriumhoz Pencről kivezető új út hossza kb. 3500 m. A fennsík mezőgazdaságilag művelt, lakatlan terület, távol a forgalomtól és ipari létesítményektől. 1971-re az Általános Épülettervező Vállalat (Liptovszki Ernő) elkészítette az épületek terveit és az út építése 1971-ben megkezdődött. A kivitelezést a Pestmegyei Állami Építőipari Vállalat, a lebonyolítást az AGROBER Pestmegyei kirendeltsége végezte.

1972-ben az OFTH elrendelte, hogy az új létesítmény a Földmérési Intézethez (FÖMI) tartozzon, mint annak egyik főosztálya. Ettől kezdve a FÖMI mint a beruházás gazdája szerepel. 1972 július 1-én igazgatóhelyettesi kinevezéssel a FÖMI-ben szervezetileg is létrejött a Kozmikus Geodéziai Obszervatórium (KGO), amelynek feladatai a FÖMI Szervezeti és Működési Szabályzatában nyertek megfogalmazást. Két és fél év alatt, 1974 végéig létre kellett hoznunk azt a kutatókból és műszakiakból álló,

15—20 főnyi csoportot, amely a felépülő obszervatóriumot üzemeltetni képes. Egyidejűleg gondoskodnunk kellett arról, hogy mind a megfigyelési, mind a feldolgozási folyamat részleteiben is kidolgozott és előkészített legyen. Ennek érdekében a KGO létszáma fokozatosan bővült, amíg 1976-ra — három osztállyá tagozódva — elérte a 23-t. A KGO munkatársai 1972—73-ban részletes Funkcionális és Rendszertervet készítettek, amelyet 1974-ben Műszaki Rendszertervvel egészítettek ki. Elkészült továbbá egész sor útmutató és számítógépi program is.

Minden kozmikus geodéziai munka alapja természetesen a megfigyelés. A Geodéziai Szolgálat által Bajára küldött szakemberek — az OFTH és az akadémia közötti megállapodás értelmében — már 1970 óta részt vettek a Szovjetuniótól kapott félautomata AFU—75 kamera üzemeltetésében. Az első, kozmikus geodéziai céllal feldolgozott megfigyelések Baján a franciák által koordinált ISAGEX program keretében készültek 1971-ben. A következő években nagyobb számmal juttattuk el a moszkvai koordinációs központba a „Nagy Húrok” program Baján végzett „szinkron” megfigyeléseit. E program elsődleges célja, mint ismeretes, az Északitól a Déli Sarkig húzódó vektorpoligon létrehozása optikai és lézermegfigyelésekkel; Baja a program egyik állomása. 1974-től kezdve a Bajai Obszervatóriumban folyó megfigyelésekben már a KGO munkatársai is résztvettek. 1974-ben pl. Baján nemzetközi geodéziai programok keretében 601 felvétel készült. A felvételek kimérését eleinte bér munkában végezték a BGTV munkatársai a Csillagvizsgáló Intézet Ascorecord monokomparátorával. 1974-től kezdve a kimérést a KGO vette át, majd 1975 tavaszától munkába állt a KGO új, számítógéppel is ellátott Ascorecordja a FÖMI székházában. Érdemes megemlíteni, hogy a kimérés pontossága ezzel átlagosan $\pm 4 \mu$ -ról $\pm 2 \mu$ -nál jobb értékre nőtt. Ez megfelel $\pm 0,55''$ -es középhibának a fényes és $\pm 2,27''$ -es középhibának a halvány holdaknál (amelyeknél a kamera „követő üzemmódban” működik).

Az 1973—74-ben kimért és feldolgozott AFU szinkronfelvételek száma 175 (a szputnyikpozícióké 4300), az 1975-ben átadott hasonló felvételek száma 100 volt. Érdemes hangsúlyozni, hogy más állomásokkal egyidejű, „szinkron” felvételekről van szó, ami az összes geodéziai célú felvételnek töredéke csupán. A geometriai módszereket alkalmazó Nagy Húrok program keretében azonban elsősorban szinkron megfigyelések kerülnek feldolgozásra.

A KGO teljes önállóságáig már csak egyetlen jelentős lépés volt hátra: 1975 májusában megérkezett a Szovjetunióból a penci obszervatórium új AFU-kamerája, amellyel szeptemberben Pencen az új megfigyelőházakban megkezdődött az átvonuló mesterséges holdak fényképezése. Előzőleg hosszadalmas munkával elkészültek azok az előrejelző programok, amelyek bármilyen módon megadott pályaelemekből kiszámítják a mesterséges hold megjelenésének várható időpontját és irányát. Készül egy olyan számítógépi

program is, amely saját megfigyelések alapján végzi a pályaelemek javítását, és egy tökéletesített komplex program a műholdfelvételek automatikus azonosítására és feldolgozására. Utóbbi felhasznál egy mágnesszalagra írt csillagkatalógust 250 ezer csillag koordinátaival és egyéb jellemző adataival.

A KGO jelentős erőfeszítéseket tett annak érdekében is, hogy előkészítse azokat a kutatásokat, amelyek majd később válnak esedékessé. Így modellszámítások folytak a fotografikus irány- és a lézeres távolságmérések együttes feldolgozásának előkészítésére, optimális megfigyelési programok kidolgozása céljából. Feladatunk a megfigyelőállomás 3 koordinátájának minél pontosabb meghatározása, illetve javítása műholdmegfigyelésekkel. Mindenekelőtt bemértük a penci megfigyelőpont közelítő földrajzi koordinátáit és magasságát az országos magassági hálózat alapján. Részletes vizsgálatok kezdődtek annak tisztázására, hogy milyen pontosságjavulás várható a kozmikus geodéziai módszerekkel kombinált földi háromszögelési hálózatoknál, illetve ha a stellárháromszögelési eljárás is alkalmazásra kerül. Ezen utóbbi módszer egy léggömbbel 20—30 km magasságba felvitt villanólámpa fényének egyidejű lefényképezésén alapul 150—200 km-es alapvonal két végéről. A felvillanásokat a csillagos égi háttér előtt fényképezve ismét egy (a kozmikusnál kisebb) háromszöget kapunk. Ezzel a módszerrel Finnországban jelentősen sikerült javítani a felsőrendű hálózat pontosságát.

Nemcsak elméleti, hanem gyakorlati előkészületek is folynak lézeres-megfigyelési technika magyarországi bevezetése érdekében. Az Interkozmosz együttműködés keretében a szocialista országok kifejlesztettek egy műholdkövető lézert, amelynek részeit a Szovjetunió, Csehszlovákia, NDK, Lengyelország és Magyarország szállítja. A szállított részek fejében a részt vevő országok sorra megkapják a berendezés egy-egy példányát. Az LSZD-nek nevezett távcső egy szovjet AFU-kamera tengelyrendszerére épül. A fényt Brewster-szöges rubinrúd generálja. A rubinrudat fleszlámpa világítja meg, az „óriás impulzusok” előállítására a szokásos módon, forgóprizmával és rezonátorral történik. A főképp a prágai egyetem munkatársai által kifejlesztett berendezés kimenő teljesítménye 100 MW, az impulzushossz 20 ns, energia 2 joule, a kimenő nyaláb széttartása 1 mrad. A holdról visszavert impulzust egy 340 mm átmérőjű, 1200 mm effektív fókuszú Cassegrain távcső fogja fel, és egy multiplier érzékeli. A külső zajok kiszűrésére egy 27 Å fél-szélességű optikai szűrő szolgál. A futási időt néhány nanosec pontossággal kell megmérni (a fény 1 nanosec alatt 30 cm-t fut be). A jelenlegi gyakorlat szerint a felfogott jel alakjának vizsgálata egy 100 MHz-es oszcilloszkóppal, a futási idő mérése speciális elektronikus digitális számlálóval (kb. 4 ns pontosság gal) történik. A mérés időpontja világidőben 0,1 ms pontossággal rögzíthető. Az impulzus ismétlési gyakorisága jobb mint 6 lövés percenként.

Itt említhető, hogy a KGO egyik munkatársa 1975-ben 2 hónapig dolgozott a kairói szovjet—egyiptomi állomáson működő LSZD lézerral.

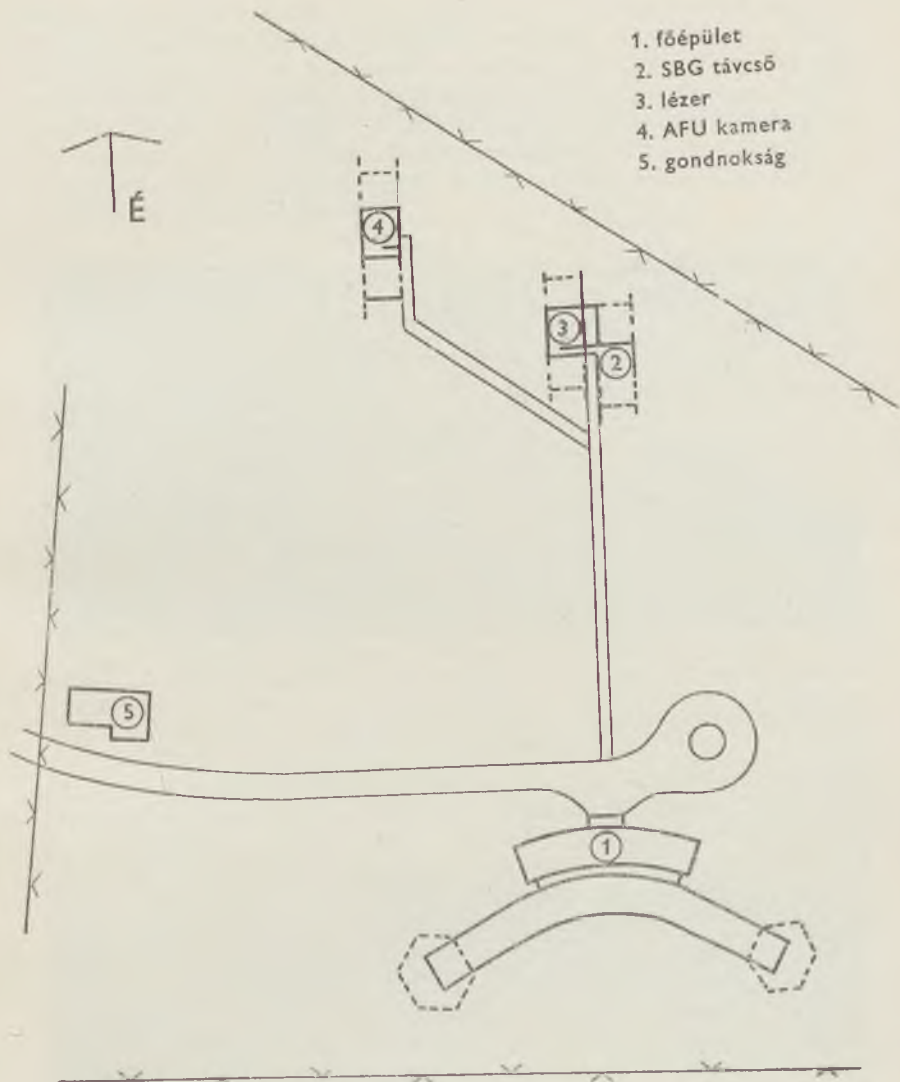
A penci obszervatórium

A penci obszervatórium épületeinek elhelyezkedése az 1. ábrán látható. Központi helyet foglal el a kétszintes, 850 m² alapterületű főépület, amely sajátos, ívelt alakját részben a terep, részben a később beindítandó rádiós mérések miatt kapta. A bejárati kaputól a földszintre lefelé, az emeletre fölfelé vezet néhány lépcső. A földszint középső részét a központilag klimatizált négy helyiség, vagyis a számítógép és időszolgálat, a fotolabor, a kimérő és a hozzá tartozó előkészítő szoba foglalja el. Ide kerültek a már korábban beszerzett kimérő, adatfeldolgozó és időszolgálati műszerek: a már említett Ascorecord—3DP monokomparátor a hozzá tartozó 4 K tároló kapacitású KSR—4100 számítógép egységgel (ennek feladata a mért koordináták elemi feldolgozása), az időszolgálatunk alapját képező, $\pm 1.10^{-11}$ /nap stabilitású szovjet rubidium atomsztandard és egy Rhode-Schwarz CAQA kiskvarcóra a megfelelő, részben NDK, részben HP gyártmányú regisztráló és elemző műszerekkel stb. Az időszolgálat ellenőrzését VLF frekvenciakalibrációval és TV-láncon közvetített szinkronjelek vétele útján kívánjuk biztosítani. A helyben elvégzendő számításokhoz zsebszámítógépeken kívül egy HP 9830 típusú kisszámítógép fog rendelkezésre állni. A nagyobb számítások jelenleg az MTA SZTAKI CDC—3300 számítógépén folynak, később terminál üzemeltetését is tervezzük.

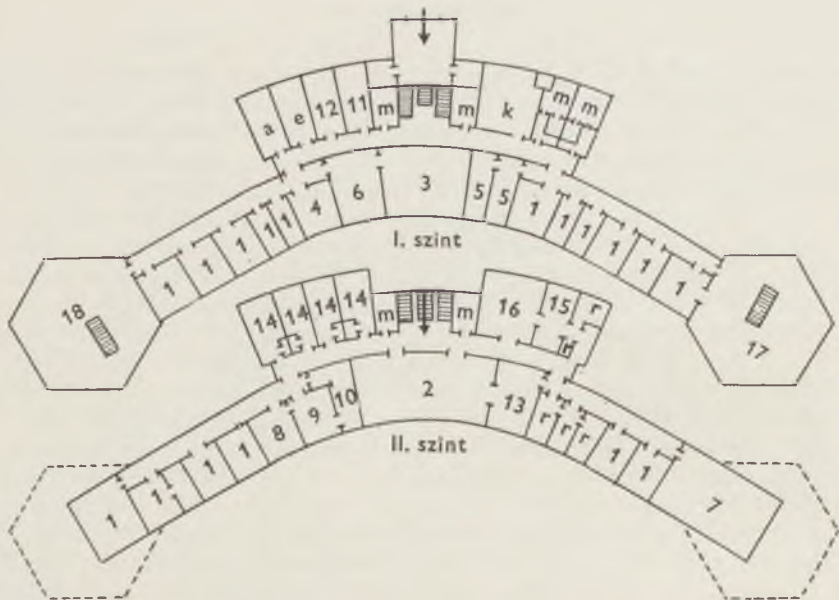
Folytatva a sétát a főépület földszintjén (2. ábra) kommunális helyiségeket és irodákat találunk. Itt van a kazánház, az agregátor, a telefonközpont, a tusoló helyiség stb. Az épület két végén kiugró, nagy hatszög alakú termekben működik a mechanikai és optikai műhely, illetve az elektronikai laboratórium. E helyiségekből közvetlen lejárás van az épület egy része alatt húzódó szerelősíntre, ahol az akkumulátor helyiség, valamint a ritkábban használt, zajosabb gépek is találhatóak. A műhely és laboratórium felszerelése folyamatosan van.

Az emeleten (2. ábra) középen 50 személyes előadóterem, mellette pedig kisebb tárgyalóterem van. Itt található az irodák többsége (minden kutatónak külön-külön), a könyvtár, az ebédlő és a 4 db fürdőszobás vendégszoba, amely elsősorban az észlelők pihenését szolgálja. A könyvtár korszerű mikrofilmző berendezéssel is el van látva. A főépület a KGO jelenlegi létszáma mellett minden dolgozónak kényelmes munkakörülményeket biztosít. A központi fűtés olajkazánokkal, a vízszolgáltatás külön vízrendszerrel történik; az épület árammal való ellátása hálózati kiesés esetére is biztosított.

A főépülettől 85—100 m távolságban helyezkednek el a megfigyelő épületek. A kettős észlelőház egy kis műszerszobát fog közre. Az észlelőterek alapterülete 28 m², a műszerpillérek magassága a föld fölött 230 cm, a földbeágyazott rész 120 cm. Az észlelőterek belmagassága 220—320 cm, ami lehetővé teszi a kényelmes munkát akkor is, ha a síneken kétoldalra letölthető tető becsukott állapotban van. A jobb oldali nagyobb észlelőtérben



1. ábra. A penci obszervatórium épületeinek elhelyezkedését bemutató vázlat



2. ábra. A főépület földszintjének és emeletének alaprajza. 1. dolgozószoba 2. előadóterem 3. kimérő és felvételtár 4. számítógép 5. fotolabor 6. időszolgálat 7. könyvtár 8. vezetői iroda 9. titkárság 10. telefonközpont 11. klímaberendezés 12. gondnok 13. tárgyaló 14. vendégszobák 15. konyha 16. ebédlő 17. műhely 18. laboratórium, m mosdó, a agregátor, e elektromos kapcsolók, k kazán, r raktár

működik főműszerünk, a Zeiss gyártmányú, 4 tengelyű, Schmidt rendszerű SBG távcső. A különálló harmadik észlelőház szolgál az AFU kamera és kisebb észlelő berendezések (teodolit, vizuális távcső) elhelyezésére.* Az észlelőtereket a főépületi időszolgálattal természetesen földkábel köti össze.

Végül megemlítem még a bejáratnál lévő gondnoki lakást. A megfigyelésben résztvevő munkatársak számára a közeli Vác városban 4 lakást biztosítottunk. Az obszervatórium telefon és telex kapcsolatban van Budapesttel. A dolgozókat naponta mikrobusz szállítja a munkahelyre.

Terveink között szerepel az obszervatórium kiépítése asztrogeodéziai bázissá. E célból kerül Pencre a hosszúsági főlappont és legalább egy korszerű asztrogeodéziai megfigyelőműszer (Danjon asztrolábium vagy circumzenitál). Kísérleti távolság- és iránymérésekre teszthálózatot telepítünk az obszervatórium közelébe. Mindez azt szolgálja, hogy egyetlen hely-

* Az SBG és AFU kamerák részletes ismertetése képekkel együtt megtalálható Horváth András: Korszerű szputnyikfényképező távcsövek c. cikkében (Csillagászati Évkönyv 1972).

ről hajtsuk végre az országos felsőrendű geodéziai hálózat további finomításához és megbízhatóságának növeléséhez szükséges méréseket. Az obszervatórium megteremtette hazánkban a kozmikus geodézia operatív műveléséhez szükséges alapokat, kezünkbe adta annak lehetőségét, hogy ezen a területen is elérjük a világszínvonalat. A hosszú, előkészítő szakasz immár befejeződött, a penci Kozmikus Geodéziai Obszervatórium — a csillagászat és geodézia újabb, magasabb szintű összekapcsolódásának jelképeként — 1976-ban megkezdte működését.



3. ábra. Az obszervatórium főépülete és megfigyelőkázai

**A TIT Uránia Bemutató Csillagvizsgálói és Planetáriuma
az 1975. évben**

TIT Budapesti Uránia

Az 1975-ös év az Uránia életében a nagy változások kora volt. Dr. Kulin György, az Uránia akkori igazgatója januárban betöltötte 70. életévét, és július 15-i határidővel nyugállományba került. Ez alkalomból megkapta eddigi munkásságának legmagasabb TIT elismerését: a Bugát Pál emlékérem arany fokozatát.

Aki ismeri az ő fiatalokat megszegyenítő munkalendületét és munkabírástát, továbbá a csillagászati ismeretterjesztés iránt érzett, több évtizedes töretlen, szinte fanatikus hivatástudatát, elképzelheti, hogy a nyugdíjazás nem jelentette számára a nyugalomba vonulást. Mint addig, azután is reggeltől estig részt vállal az Urániáknak, a Csillagászat Baráti Köre tagjainak tanácsadási, szervezési munkáiból, vállain hordja a tagság optikai eszközökkel való ellátási gondjainak nagy részét mint szerződéses. Európában, sőt a világon egyedülálló, ilyen irányú munkásságához sok sikert, töretlen testi erőt, egészséget és sok örömet hozó esztendőöt kívánunk!

Az Uránia igazgatói feladatait 1975. június 1-től Ponori Thewrewk Aurél intézi, aki 1963 és 1974 között az Uránia igazgatóhelyettese és az Urániának 1947. évi megalakulása óta aktív munkatársa volt.

Az év tavaszán kezdődtek az Uránia korszerűsítési és átalakítási munkái. A nagy földszinti szobából négy kisebb helyiség lett. A régi bejárat lezárása után az optikai műhely új, nagy helyiséget kapott. Sajnos, helyi adottságok miatt a mechanikai műhely kedvezőtlen elhelyezése továbbra is megmaradt, de korszerűsödött, elsősorban felszerelés terén. A raktár és egy nagyobb szerelőhelyiség problémáját az udvaron felállítandó alumínium garázsépülettel kívánjuk megoldani, legalábbis ideiglenesen.

Az V. ötéves népgazdasági terv első éveiben nem várható az Uránia új épületszárnyal való bővítése, és addig a nagyobb előadóterem híján továbbra is be kell érnünk a legfeljebb 80—90 fős hallgatósággal egy-egy rendezvényünk alkalmával. Ez a kényszerű állapot néha igen kínos helyzetbe hozza az Uránia munkatársait, akiknek a nagy számban érkező érdeklődők ostromát kell állniuk. Belátható, hogy ilyen körülmények között az érdeke-

sebb, fontosabb vagy aktuális témákról tervezett rendezvényeink előtt csak óvatos propagandát fejthetünk ki.

Az előadótermet és felszerelését a lehetőségekhez képest korszerűsítettük, szebbé, kulturáltabbá tettük. Az eddig korszerűtlenül és nagyrészt szakszerűtlenül tárolt könyv- és folyóiratanyag a kialakított szép könyvtár modern szekrényeibe kerülhetett.

A TIT Központja áldozatkészsége folytán az újonnan kialakított, illetve a megmaradt régi helyiségek jórészt új, izléses bútorokat és más felszerelési tárgyakat, berendezéseket kaptak, amelyek segítségével az Uránia közönségfogadó tevékenysége nemcsak korszerűbb és gazdagabb, de esztétikusabb és kulturáltabb lehet.

Felújítottuk az Uránia 200 mm-es Heyde-reflektorát, a bemutató főműszert. A felújítás során új szint kapott a kupola is.

A hosszúra nyúlt épületkorszerűsítési és felújítási munkák zöme a nyári hónapokra esett. Minthogy ekkor az Urániának a Citadellára kihelyezett részlege is tart esténként csillagászati bemutásokat, az Urániát felkeresőket oda tudtuk irányítani. Ősztől kezdve a tél elejéig az egykor a Vérmezőn üzemelt Cassegrain-tükörtlávcső és refraktor ikerműszerrel mutattunk be az Uránia tetőteraszán.

A belső munkákat úgy szerveztük meg, hogy a lehetőségekhez képest a legkevesebb legyen az időkiesés a látogatók fogadása terén. Így még rendezhettük a régi teremben a Szozuz—Apolló úrrandevű tv-közvetítéssel összekapcsolt programját július 17-én és augusztus 14-én, és október közepén már az átalakított teremben kezdhettük meg az őszi előadássorozatunkat.

A Televízió a Szozuz—Apolló úrrandevű eseménysorozatának stúdiófelvételeihez elkészítette a szovjet és amerikai űrhajók és az összekapcsoló egység makettjét. Ezt — kérésünkre — az események lezajlása után átadta az Urániának. Ez úton is köszönetet mondunk a Televízió Vezetőségének az értékes ajándékért.

Az Uránia feladatai

A Budapesti Uránia feladatait aszerint csoportosíthatjuk, hogy kikre irányul ismeretterjesztő és irányító tevékenysége. Ennek alanyai lehetnek:

1. a nagyközönség,
2. a Csillagászat Baráti Köre, ill. ennek tagjai,
3. a csillagászati szakkörök és ezek vezetői,
4. a vidéki Urániák és az amatőr megfigyelők.

A következőkben ezek szerint részletezzük az Uránia elvégzett és végzendő feladatait.

1. A nagyközönség számára az Uránia minden hétköznap nyitva áll. Az előre bejelentett, legalább 30 fős csoportoknak előadást, filmvetítést — és derült időben természetesen csillagászati bemutatót — adunk. Az Urániában az évenként megfordultak száma átlag 8000, 1975-ben az átépítési munkák miatt kevesebb látogatónk volt. Az érdeklődők széles tábora számára rendezzük meg az Uránia tavaszi és téli csütörtöki előadásorozatot — már több mint negyed százada. A beszámolás évében a tavaszi sorozat előadói és témái voltak:

Dr. Kulin György: Vulcanus, Phaeton, Hadesz, *Zombori Ottó:* Robbanó galaxisok; *Kelemen János:* Az intersztelláris anyag; *Dr. Abonyi Iván:* Napszél és magnetoszféra; *Schalk Gyula:* A hidrogénatomtól a kozmikus értelemig; *Dr. Marik Miklós:* Mágneses jelenségek az Univerzumban; *Dr. Horváth András:* Szovjet—amerikai együttműködés az űrkutatásban; *Dr. Balázs Béla:* Az Univerzum kora; *Lovas Miklós:* A szupernóva-kutatásról; *Dr. Szeidl Béla:* A kettőscsillagok.

Az őszi előadásorozat előadásai voltak:

Tihanyi László: Hogyan mér a csillagászat?; *Gazda István:* A világképek fejlődéstörténete; *Schalk Gyula:* Élet és intelligencia a Galaxisban; *Dr. Abonyi Iván:* A plazmafizika a csillagászat szolgálatában; *Dr. Marik Miklós:* A Naprendszer keletkezésének problémái; *Patkós László:* Különleges csillagok; *Dr. Fejes István:* A rádiócsillagok; *Kelemen János:* Az anyag fejlődéstörténete az Univerzumban; *Dr. Horváth András:* Űrhajózás a 70-es évek végén.

Ezeken a hagyományos sorozatokon kívül a nyári és a téli hónapokban is szoktunk előadásokat tartani a nagyközönségnek. 1975-ben jól felkészülve vártuk a nemcsak a űrkutatási-technikai, de politikai szempontból is jelentős Szozuz—Apolló űrtalálkozást. Beszereztünk egy színes — Munkácsy — tv-készüléket, hogy az űrtalálkozó részleteit és kommentálását egyenes adásban be tudjuk mutatni. Ezek a rendezvények — július 17-én és augusztus 14-én — a várt sikert hozták. Az űrtalálkozó napján a termet zsúfolásig megtöltő közönség hosszú órákig maradt a felállított tv-készülék ernyője előtt, hogy figyelje a nagy jelentőségű eseménysorozat részleteit és a stúdióban tartózkodó szakemberek kommentárait. A szünetekben Szüle Dénes tartott részletekbe menő magyarázatokat.

1976 elejétől új sorozatot szándékozunk indítani Uránia Esték címmel, amelynek keretében aktuális, érdekes és világnézetileg fontos szakkérdéseket a közönség aktív közreműködésével folytatott viták és beszélgetések formájában igyekszünk kifejteni és sokoldalúan megtárgyalni.

A Citadellán az oda kihelyezett részlegünkben nappal ollós periszkópok segítségével az onnan szinte páratlan szépségben kitaruló városi panorámát, esténként nagyobb refraktorral az égitesteket mutatjuk be de. 10-től este 10-ig. A bemutatási időszak hónapjaiban mintegy 40 ezer látogatót fogadunk ott.

Sok felvilágosítást kérő levél fut be naponta az Urániába a nagyközönség köréből. Ezek gondos és lehető azonnali megválaszolását mindenkor fontos feladatunknak tekintettük.

A levélben és személyesen érdeklődőkön kívül nap közben igen sok telefonhívás keresi fel az Urániát a legkülönbözőbb szakmai kérdésekkel, kérésekkel. Az egyetlen telefonvonalunk máris elégtelennek bizonyult.

Az Uránia egyre fontosabb feladata a napi- és hetilapok, továbbá a tömegkommunikációs eszközök felhasználásával a közönség legszélesebb rétegeinek, legnagyobb tömegeinek tájékoztatása világnézeti és szakmai szempontból fontos, aktuális kérdésekről. Az Uránia munkatársai közül különösen dr. Kulin György és Ponorí Thewrewk Aurél volt több ízben látható a tv képernyőjén vagy hallható a rádióban. Rajtuk kívül elsősorban Schalk Gyula fejtett ki jelentősebb munkásságot nem csak szakfolyóiratokban, de a napi- és hetilapokban is.

Az írásos felvilágosító tevékenységre 1975-ben különösen nagy szükség volt. Mintha újult erővel indult volna harcba ekkor a tudományosság álarcában jelentkező hamis ideológia. Az Uránia kezdetől fogva elsődrendű feladatának tekintette a tőkés államok sajtótermékeiből áradó, a helyes dialektikus materialista világnézetet rejtve fellazítani igyekvő szellemi támadás elleni küzdelmet. Áltudományos állítások jelentek meg — sajnos, hazai folyóiratokban is! — a titokzatos „bermudai háromszögről” és hasonló jelenségekről, elsősorban ismét a „repülő csészealjok”, az UFO-k létezéséről. Még le sem csillapultak a mondhatatlan sok kulturális kárt okozó, „A jövő emlékei” c. nyugatnémet film okozta szellemi-ideológiai hullámok, új fronton támadt a „fellazítás politikája”. Az Uránia munkatársai azonnal, határozottan és több ízben, a nyilvánosság előtt szóban és írásban leszögezték a helyes világnézeti és tudományos álláspontot, és tevékeny részt vállaltak a nagyközönség megfelelő tájékoztatására irányuló munkából.

2. Az Uránia a szervezője az 1963-ban megalakult Csillagászat Baráti Körének, amely a hazai amatőröket és a csillagászat iránt különösebben érdeklődőket gyűjti egy táborba. Ennek a mozgalomnak 1975 végére 11 700 beiratkozott tagját tartottuk nyilván. Ez egyedülálló credmény a világon. (A hasonló franciaországi társaság, a Société Astronomique de France nem egészen 30 ezer tagot tart nyilván — 90 év alatt!)

A mozgalom fontos alapelve az önkéntesség, fő mozgató és szervező ereje a tagok érdekeltségére. Világszerte nagy a hiány ugyanis hozzáférhető, olcsó, használható távcsövekben. Ilyen egyszerű távcsöveket és optikákat, távcsőtűkröket készít és juttat az Uránia a Baráti Kör tagjainak. A kereslet azonban túlhaladta az Uránia mechanikai és optikai műhelyének lehetőségeit és műszereinek munkakapacitását, így a gyártási folyamatokat racionálisabb alapokra kellett fektetni. Az év végétől — összeszerelt állapotban — csak

2—3, jó leképezésű, részben vagy egészben akromatikus tagokból összeállított távcsőtípus gyártunk, és a régebben készültek közül néhánynak csak az optikáját adjuk. Mindezeknek az optikáknak kedvezményes ára a Baráti Kör tagjainak kb. egy nagyságrenddel kisebb, mint más hasonló külföldi gyártmányoké. Ezt nagyrészt annak köszönhetjük, hogy a Magyar Néphadseregtől és a Magyar Optikai Művektől sok kiselejtett, de használható optikát sikerült kapnunk.

A távcsőtűkrök gyártása változatlanul a régi kapacitással folyik: átlag minden munkanapra egy kész tükör jut.

A Baráti Kör szervezése nagy adminisztrációs munkát is igényel. A tagszám növekedése már elérte azt a fokot, amelyen túl minden különösebb szervezőmunka nélkül is egyre fokozódik, vagy legalábbis azonos szinten marad az új jelentkezések üteme. Naponta 20—30, sőt olykor 50 levél is érkezik az Urániába, részben új jelentkezésekkel, részben optika-rendelésekkel.

Az Uránia ún. Tájékoztatója több mint 15 ezer példányban fogyott el, ez tartalmazza ui. egyebek között az Uránia műhelyei által gyártott optikákat. A még meglévő, több ezernyi Tájékoztatóhoz pótlap készült a módosításokkal. Időközben készül az új kiadvány is.

A Baráti Kör megyei csoportjai néhol évenként rendeznek összejöveteleket, amelyeken egy-egy összefoglaló szakelőadáson kívül szervezeti és más, a tagságot érintő kérdések kerülnek megvitatásra. Ezekre a csoportvezetők rendszerint az Uránia képviselőit is meghívják.

Az országos találkozót minden páros évben szervezi az Uránia. 1976-ban Veszprémben tartjuk a Baráti Kör IX. Találkozóját. Erről a jövő évi Évkönyv lapjain számolunk be.

3. Az Uránia az országban működő csillagászati szakkörök felügyelő szerve. Hazánkban 1975 végén mintegy 150 szakkörrel tudunk. Ezek egy része az Uránia segítségével alakult, és valamilyen módon kötődik az Urániához. Elismerésre méltó az a hatalmas erő, amellyel ezeknek a szakköröknek tagjai módszeresen és a lehetőséghez képest minél mélyebbre óhajtának behatolni a csillagászat és űrkutatás elméleti és gyakorlati ágaiba. A szakkörökben folyik a legalkalmasabb munka a képzett amatőrök és a csillagászati ismeretterjesztők felkészítésére. Ez a felkészítés több oldalú. Egyrészt a szakkör programjában többnyire a TIT Csillagászati Választmánya levelező tanfolyama kérdéseinek feldolgozása szerepel, másrészt a feldolgozás formája rendszerint a tagok kiselőadásainak meghallgatása és megvitatása. Az önként jelentkező szakköri előadó olyan gyakorlatra tehet szert, amelyet így sehol máshol meg nem szerezhet. Az Uránia Tájékoztatójának egy része a levelező tanfolyam 50 alapfokú és az ezeket kiegészítő 30 haladó fokú vizsgakérdését is tartalmazza, így ez a kiadvány kész programot adhat az alakuló szakkörök elméleti munkájához.

A levelező tanfolyamra jelentkeztek alapos felkészültségéről tanúskodni a — részben vagy egészben az Uránia munkatársai részvételével — időnként megrendezett vizsgák vidéken és Budapesten. Az 1975. év példátlanul gazdag eredményt hozott ezen a téren. Az év folyamán összesen 104 vizsgázó felelt meg a követelményeknek, közülük 63 kiváló eredménnyel. (Eddig a vizsgázók maximális száma 78 volt egy év alatt.) Az Uránia vizsgáztató gárdáját ugyancsak próbára tette a december 30-án jelentkező 83 vizsgázó. A jelentkezők többségükben vidékiek voltak, és összesen 106 vizsgát tettek, minthogy közülük 23-an az alapfokú vizsga után a haladó fokúra is jelentkeztek. Ennyi vizsgát még soha nem vezetett le az Uránia. A nap folyamán két helyen négy csoportban folyt az írásbeli vizsga. A dolgozatok azonnali kiértékelése után szükség szerint szóbeli kérdéseket is kaptak a vizsgázók. Az eredmény nemcsak számban, de minőségben is „Uránia-csúcsot” hozott: a vizsgabizottság mind a 106 vizsgát sikeresnek ítélte, és a vizsgázók 60%-a a kiváló fokozatot kapta. Érdemes megjegyezni, hogy a jelentkezettek zöme 15—20 éves fiatal volt, közülük többen szerveztek már csillagászati szakkört. Rájuk gondolva a szakkörvezető-utánpótlás jó időre biztosítottnak látszik.

Az ország szakkörvezetőinek találkozását, tapasztalatcsere-lehetőségét 1973 óta minden páratlan év nyarán összejövetel formájában intézményesítettük. 1975-ben Hajdúnánáson tartottunk ilyen találkozót.

A Csillagászati Szakkörvezetők II. Országos Tanácskozását a hajdúnánási középiskolai kollégiumban rendezték meg a helybeliek, Halmi Gyula tanár, szakkörvezető irányításával, augusztus 22. és 24. között. A megnyitót *Sebestyén Miklós* népművelési felügyelő mondta. A program az alábbi volt: *Halmi Gyula*: A hajdúnánási csillagászati szakkör helyzete, problémái; *Zombori Ottó*: A magyarországi csillagászati szakkörmozgalom helyzete; *Ponori Thewrewk Aurél*: Alapképzés a szakkörben; *Bardócz András—Tóth László*: A szakköri demonstráció lehetőségei, bemutatással; *Dr. Kulín György*: A csillagászati szakkörök szerepe a közművelődésben. (Ez a tanulmány — némi rövidítéssel — a Föld és Ég 1975. évf. 6. számában megjelent); *Szentmártoni Béla*: A szakköri észlelőmunka területei.

A tanácskozást, amelyen 62 fő vett részt, a szakkörvezetők beszámolóí és konzultációk tették teljessé.

Az Urániában már az ötvenes évek közepétől működtek szakkörök. A jelenlegi állandó szakkör 15 éve, 1962 májusában alakult, vezetője azóta is Ponori Thewrewk Aurél. Természetes, hogy a csillagászat iránt komolyabban érdeklődő fiatalok nagy része hosszabb-rövidebb ideig tagja volt ennek a szakkörnek. Eddig kb. 20 szakcsillagász vagy valamelyik rokon terület diplomás szakembere került ki a szakkör tagjai közül. Az Uránia társadalmi munkatársait is kevés kivétellel ez a szakkör adta.

Az Uránia adott szállást a Kis Csillagászok 4 szakkörének Szécsy Ilona tanárnő vezetésével, Zombori Ottó az Ifjú Csillagászok szakkörét vezette ugyanott.

Az Uránia szakmai és világnézeti szempontokon felül is rendkívül fontosságot tulajdonít a szakkörök munkájának, és ezért a jövőben is mindent megtesz az országban működő szakkörök helyes szervezése, működése és segítése érdekében.

A Népművelési Intézet és a szolnoki Ságvári Endre Művelődési Központ 1975. november 14—16. között vetélkedőt hirdetett a szakkörök számára a Bemutató Szakkör cím elnyeréséért. A vetélkedőn csillagászati, biológiai, híradástechnikai, modellező és barkács szakkörök vettek részt. A vetélkedőre 21 csillagászati szakkör jelentkezett az ország minden részéből. Közülük az első helyezést Dinga László (Tata), a másodikat Vértés Ernő (Veszprém), a harmadikat Taracsák Gábor (Cegléd), a negyediket dr. Dankó Sándor (Szolnok) szakköre nyerte el. Kimagasló teljesítményükért a Kis Csillagászok Szécsy Ilona vezette szakkörének két fiatal — 13—15 éves — tagja, Kovács Zoltán és Bartók Nagy János 500—500 Ft különdíjat kaptak. Jelentős pénzjutalomban részesültek a helyezést elért szakkörök és vezetőik is.

Érdemes megjegyezni, hogy a második napon a humán jellegű vetélkedő a csillagászati szakkörök tagjaiból összeválogatott csapat nyerte.

A vetélkedő zsűrijében az Uránia munkatársai közül dr. Kulin György és Zombori Ottó foglaltak helyet.

Személyi ügyek

Igazgató: *dr. Kulin György*, 1975. június 1-től: *Ponori Thewrewk Aurél*

Tudományos munkatársak: *Kelemen János* és *Zombori Ottó*

Gazdasági ügyintéző: *Bársony Bertalanné*

Adminisztrátor, titkárnő: *Murányi Lászlóné*

Gondnok: *Nagy Ferenc*

Mechanikai műszerészek:

Teljes állásban: *Kürti Imre* csoportvezető

Részfoglalkozásban: *Hernádi Károly* 1975 áprilisig

Orgoványi János nyugdíjas

Reindl János

Szeidl Mihály 1975 decemberétől

Félállásban: *Herbert Miklós*

Optikai műszerész: *Ulrich Ferenc* nyugdíjas

Takarító: *Guttman Lászlóné* 1975 december végi kilépéséig.

Társadalmi munkatársak, alkalmilag díjazott előadók, bemutatók: Balogh Imre, Bán András, Bardócz András, Dezső Barnabás, Dürr János, E. Kovács Zoltán, Erdős Tamás, Farkas Zsolt, Gellért András, Holl András, Keszthelyi Sándor, Kiss Kálmán, Kiszél Vilmos G., Kovács György,

Kovács Péter, Kunovits Jenő, Molnár László, Molnár Sándor, Motajcsek László, Orha Zoltán, Pásztor Emília, Peringer Miklós, Piroska György, Rigó Zoltán, Szabó Balázs, Szalma Sándor, Szécsy Ilona, Torma Tibor, Tóth László.

Vidéki Urániák és bemutató csillagvizsgálók

Az alábbiakban a jelentősebb vidéki csillagászati bemutatóhelyeket és Urániákat soroljuk fel, feltüntetve legnagyobb bemutatóműszerük típusát és objektív-, ill. tükrőrátmérőjét, fenntartó szervét, vezetőjét, továbbá a Csillagászati Évkönyv olyan évfolyamait, amelyekben a bemutató csillagvizsgálóról képek láthatók.

Baranya megye

Pécs: A TIT Mecseki Természettudományi Stúdiójáról a szakosztályi beszámolók között olvashatunk és láthatunk képeket. 1976 folyamán oda kerül az a Nasmyth-rendszerű, 40 cm átmérőjű tükrös távcső, amelynek mechanikája egykor Tiszapalkonyán (ma: Leninváros) készült. Ennek üzembeállításáig dr. Tóth László kezelésében a TIT 16 cm-es Newton-távcsőve szolgál bemutatói célokra.

Bács megye

Baja: Az MTA Csillagvizsgálójában, külön épületben 15 cm-es reflektor áll a nagyközönség szolgálatára.

Kalocsa: A volt Haynald Observatóriumban 10 cm-es refraktor működik. A gimnázium tetején az ottani szakkör kezelésében 30 cm-es reflektorral folyik a bemutató.

Békés megye

Medgyesegyháza: A Művelődési Ház tetején épült kupolában elhelyezett bemutató csillagvizsgálót 1974-ben avatták. Erről a szakosztályok beszámolójában találhatunk képes beszámolót.

Borsod-Abaúj-Zemplén megye

Leninváros: Az ottani csillagvizsgáló 30 és a most felállítás alatt álló 48 cm-es reflektorával Kelet-Magyarország legnagyobb bemutató műszerrel rendelkező Urániája. A TIT kezelésében működő intézmény létrehozója és vezetője Dalnoki János. (Képek: Cs. É. 1972, 1975. évf.)

Miskolc: az ország egyik legrégebbi Urániája a Megyei Művelődési

központ és a TIT kezelésében, egy toronyház tetején, 30 cm-es reflektorral működik dr. Szabó Gyula vezetése alatt. (Képek: Cs. É. 1964, 1971 és 1974-es évf.)

Ózd: Külön, szép épületben, a Megyei Művelődési Intézetek támogatásával, 40 cm-es reflektorral folyik a bemutatás az ózdi Urániában Elek Imre vezetésével. (képek: Cs. É. 1972 és 1975. évf.)

Fejér megye

Bicske: Az egykori Nagy Károly-féle csillagvizsgáló helyreállítása után ott létesül a bemutató csillagvizsgáló.

Dunaújváros: Az itteni, 30 cm-es reflektorral felszerelt Urániát a Munkás Művelődési Ház tartja fenn. Vezetője Tóth László, a budapesti Uránia társadalmi munkatársa.

Győr-Sopron megye

A Győri Vagon- és Gépgyár az ország egyik legrégebbi bemutató csillagvizsgálója. Műszere 30 cm-es reflektor. Megalapítója és vezetője Szitter Béla.

Heves megye

Eger: A Ho Si Minh Tanárképző Főiskola (az egykori Lyceum) tetején, a 200 éves csillagvizsgálóban jelenleg 30 cm-es reflektor szolgálja a csillagászati ismeretterjesztés ügyét. Ezt az Urániát a Megyei Művelődési Központ tartja fenn. Vezetője dr. Zétényi Endre.

Komárom megye

Tata: A szép, külön épületben működő bemutató csillagvizsgálóban 13 cm-es refraktorral mutatnak be. Fenntartója a Megyei Művelődési Központ. Vezetője Dinga László. (Kép: az 1975. évi Cs. É.-ben).

Szabolcs megye

Nyíregyháza: A Tanárképző Főiskola tetején kiképzett csillagvizsgálóban 30 cm-es reflektor működik. Vezetője dr. Gööz Lajos. (A csillagvizsgálóról és a főiskolai szakkörrel e rész végén olvasható részletesebb ismertetés.)

Szolnok megye

Szolnok: Az állomás közelében álló toronyház tetejére az egykor a szolnoki Cukorgyár területén felállított, 30 cm-es reflektor kerül. A részleg TIT-vezetés alatt áll.

A Szolnoki Tiszamenti Vegyi Művek csillagvizsgálójában 2×20 cm-es ikerreflektor a bemutatóműszer. Vezetője dr. Dankó Sándor. (Képek: Cs. É. 1975. évf.).

Tolna megye

Szekszárd: A külön épületben álló, 16 cm-es reflektorral felszerelt TIT Uránia vezetője Pesti Gyula.

Vas megye

Szombathely: Az egykori Gothard Observatóriumban jelenleg csillagászati múzeum látható. Bemutató műszerei: 19 cm-es refraktor és 25 cm-es reflektor. Az intézmény vezetője dr. Tóth György.

Veszprém megye

Fűzfőgyártelep: A Balaton fűzfői csücskében már messziről feltűnő, világos műanyag kupolás Urániában 30 cm-es reflektor a fő bemutató műszer. A Nitrokémiai Ipartelepek által fenntartott csillagvizsgáló vezetője Lendvai László. (Képek: Cs. É. 1966., 1967. és 1969. évf.).

Zala megye

(Zalaegerszeg: szervezés alatt áll a 30 cm-es reflektorral felszerelt bemutató csillagvizsgáló.)

Pótlólag felsoroljuk a fővárosnak az Uránián kívüli csillagászati bemutatóhelyeit:

Budapest

I. ker. Citadella: májustól—október végéig működik az Uránia kihelyezett részlegc 10 cm-es refraktorral mint fő műszerrel.

IV. ker. Könyves Kálmán Gimnázium; 26 cm-es reflektor.

IX. ker. Hámán Kató Úttörőház: 20 cm-es reflektor.

XII. ker. Németvölgyi úti általános iskola: 15 cm-es reflektor.

XX. ker. Vasas Művelődési Ház (Csili): 23 cm-es reflektor.

XXI. ker. Csepel Művek Munkásotthona: 50 cm-es Newton—Nasmyth rendszerű reflektor (a legnagyobb amatőr műszer az országban).

A nyíregyházi Bessenyei György Tanárképző Főiskola Csillagvizsgálója és csillagászati szakköre

A Tanárképző Főiskola csillagvizsgálóját 1975. február 26-án avattuk. Ettől kezdve az év végéig 1600 látogatót fogadtunk. A látogatók számára a csillagos égbolt látnivalóinak megtekintésén kívül általában előadásokat és filmvetítéseket is nyújtottunk. Ebben a — látogatók számára ingyenes — munkában igen nagy feladatot vállalt magára a két szakkörvezetőnk: Ujvárossy Antal és Dobány Zoltán.

A bemutató tevékenységen kívül megfigyeléseket is végeztünk. Erre elsősorban a 30 cm átmérőjű féműszerünk biztosított jó lehetőséget. Eddig főként változó csillagokat, bolygókat, mély ég objektumokat (galaxisokat, halmazokat, diffúz ködöket) figyeltünk meg, és természetesen időszakos jelenségeket is. Sajnos az 1975. május 11-i napfogyatkozás idején igen rosszak voltak az időjárási körülmények. A megfigyelésre már előzőleg jól felkészültünk: készen álltak a fényképezőgépek, a stopper, a szűrők és még három kisebb, e célra felállított távcső. Így a rövid időkre kitisztult égbolt lehetőségeit kihasználva néhány használható fényképet sikerült készítenünk.



4. ábra. A nyíregyházi Bessenyei György Tanárképző Főiskola 30 cm-es Newton-reflektora

Szép élményt adott a Kobayashi—Berger—Milon (1975 f) üstökös megfigyelése. Láthatósága idején sok esetben végeztünk fényesség- és átmérő-bebecsléseket, és nyomon követhettük a szerkezeti fejlődést is. Folyamatosan észleltük a Cynusban az agusztusi nóva-kitörést is.

A jövőben szeretnénk folytatni megkezdett programjainkat, és új témákba igyekszünk bekapcsolódni.

Aki ismeri a jelenlegi tanárképzési rendszert, könnyen fel tudja mérni egy főiskolai szakkör jelentőségét.

Minden évben több száz olyan földrajz szakos hallgató kerül a tanári pályára, akik számára a csillagászat elmélete és gyakorlata kollokviumi tárgy. Ez a gárda az ismeretterjesztésnek, az iskolai szakköröknek és a Csillagászat Baráti Körének is erős bázisa lehetne. Ebből a szemléletből kiindulva mérhetjük fel lehetőségeinket: Megtettünk-e mindent a színvonalas és gyakorlati oktatás érdekében?

A Főiskola nem hivatott csillagászok képzésére, ez nyilvánvaló. De a 2000-re tervezett, az Akadémia bizottságai által körvonalazott tantervi koncepciók már nem nélkülözhetik azokat az elemeket és integrációs lehetőségeket, amelyeket a csillagászat tantárgya nyújt, illetve nyújthat. És ez annál inkább érvényes, ha meggondoljuk: a most kibocsátott hallgatók mint végzett tanárok még 2000-ben is tanítani fognak.

A fentiek szem előtt tartásával igen jelentősnek tartjuk egy-egy főiskola csillagászati szakkörének munkáját, mert a „kötelező” kollokviumon túl és azon kívül is igen sokat tud nyújtani mindabból, amire egy jövőbeli szakkörvezetőnek szüksége lehet.

Dr. Gööz Lajos főiskolai docens

Dieter B. Herrmann, a Berlin-Treptow-i Archenhold Csillagvizsgáló csillagásztörténész kutatója Sternforscher und Sternfreunde in der VR Ungarn (Csillagászok és a csillagászat barátai a Magyar Népköztársaságban) címmel füzetet jelentetett meg (Archenhold Sternwarte Berlin-Treptow, Vertrage und Schriften Nr. 47, 1975), amelyben rövid történeti visszapillantás után a magyarországi hivatásos és amatőr csillagászatról, obszervatóriumokról és Urániákról ad áttekintő képet.

III. TIT Budapesti Planetárium

Remélhető, hogy amire e sorok megjelennek, a TIT Budapesti Planetárium, amelynek 1975. május 28-án volt ünnepélyes alapkövetétele, már készen áll, és fogadja látogatóit. Ezzel a hazai csillagászati tudomány ismeretterjesztés olyan eszközt és módszert kapott a kezébe, amely szinte nagyságrendekkel múlja felül azokat, amelyekkel eddig rendelkezett.



5. ábra. A TIT budapesti Planetáriumának lebetonozott nézőtere 1975. május 28-án, az alapkövetétel napján

A Népligetben felépült Planetárium terveiről és általában a planetáriumokról a múlt évi Évkönyv számolt be részletesebben. Itt most csak röviden vázoljuk szerepét az ismeretterjesztés terén.

Az Uránia és a Planetárium a TIT felépítésében szervezetenként egy egységet alkot, így feladatait az Uránia feladataival mérhetjük össze.

Kétségtelen, hogy a planetárium elsősorban a legszélesebb nagyközönség számára készít és ad programokat. Ezeknek célja a csillagászati szakismeret látványos, emlékezetes műsorok keretében való nyújtásán túl a helyes világnézet megalapozása és megerősítése. Szinte el sem képzelhető e kettős cél elérésére alkalmasabb hely a planetáriumnál, amelyben a csillagos égbolt teljes félgömbje teljesen körülveszi a látogatót, és az égi események középpontjába helyezi. A műsorok a szakismereten kívül erős esztétikai élményeket is adnak, felhasználva a legkülönbözőbb szín-, fény- és hangeffektusokat, továbbá a humán kultúra művészi alkotásait. Így reméljük, hogy a csillagászat iránt az érdeklődést olyanokban is fel tudjuk kelteni és élesíteni, akik eddig egyoldalúan humán beállítottságuk miatt távol tartották magukat a természettudományoktól. Már csupán a műsorok gerincét adó főműszer lehetőségeinek bemutatása is igen sokféle programot tesz lehetővé, de a

segédberendezésekkel a planetárium technikai és tudományos gárdája leleményességétől függően a lehetőségek száma szinte korlátlanul növelhető.

A csillagászati szakmai feladatok nagy része nem annyira az ismeretterjesztéssel, a közművelődéssel, hanem a közoktatással hozhatók kapcsolatba. A programok több mint felét az iskolásoknak szánjuk, akik az általános vagy a középiskolák földrajz, illetőleg fizika tantárgyai keretében kapnak kevés — bevallhatjuk: szegénytelenül kevés! — csillagászati alapismeretet. Hogy milyen érdeklődés nyilvánul meg országszerte a tanuló ifjúság részéről a csillagászat és űrkutatási témák iránt, azt részben s emélyes találkozásaink alkalmával szerzett személyes tapasztalatokból, részben az általános és középiskolákban újonnan alakult szakkörök számából és tevékenységének élénk voltából is megállapíthatjuk. Ezt az elemi erővel feltörő igényt csak kis részben képesek kielégíteni a szakkörök, az Urániák vagy a TIT-előadások. Azt reméljük, hogy nemcsak a budapesti, hanem a vidéki iskolák érdekelt osztályai is nagy számban lesznek a Planetárium látogatói, és ott minden tekintetben, az időjárástól teljesen függetlenül ismerkedhetnek az égitestekkel és ezeknek örök, univerzális törvényeket sugárzó moz-



6. ábra. Ponori Thewrewk Aurél igazgató üdvözli az alapkötleteteli ünnepségen megjelenteket. Az asztal mögött: dr. Ortutay Gyula, a TIT elnöke, mellette dr. Vonsik Gyula, a TIT főtitkára, az alapkötlet okmányának hitelesítői

gásaikkal és más tulajdonságaikkal, amelyeknek nagy része volt az ókori, sőt ősi kultúrák kialakulásában.

A planetáriumokban általában felső szintű ismeretterjesztés, szakoktatás is folyik. A térképészet, a geodézia, a tengeri (folyami) hajózás és légi navigáció csillagászati alapjainak elméleti és gyakorlati elsajátításához a Zeiss Universal műszer minden fontosabb berendezéssel (pl. navigációs háromszög projektorral) rendelkezik. A földrajz, a fizika és természetesen a csillagászat szaktárgyait oktatók és tanulók pedig természetesen fel kell hogy keressék ezt a minden másnál szakszerűbb, korszerűbb és szemléletesebb oktatási formát nyújtó intézményt. A TIT Budapesti Planetárium a tehát nemcsak a csillagászati-űrutasítási ismeretterjesztést érintő TIT-feladatokat látja el, de túl is nő ezeken, és a természettudományokat illetően közoktatásunk egyik támasza lesz.

Ponori Thewrewk Aurél és Schalk Gyula 1975. novemberében tanulmányutat tettek a Szovjetunióban a TIT testvértársulata, a Znanyije vendégeként. Útjuk során tanulmányozták a szovjet planetáriumok szervezeti, műsorpolitikai kérdéseit, munkáját és technikai felszerelését.

A tanulmányút során meglátogatták a felújítás alatt álló moszkvai nagy-



7. ábra. A kupola szerkezeti váza 1976 márciusában

planetáriumot, a harkovi közepes méretű kupolájú Zeiss Raumflug műszerrel felszerelt planetáriumot, továbbá a moszkvai úttörőváros 8 méteres kupolájú, Zeiss Medium műszerű planetáriumát.

A rendkívül szívélyes fogadtatás kedvező légkörben töltött napok sok, nem egyszer váratlan eredményt hoztak. Elsősorban planetáriumi műsorokat kiteljesítő vagy színesítő, a Zeiss-főműszer lehetőségeit kitágító segédprojektorok nagy száma, aránylag egyszerű felépítése és hatásos alkalmazása volt meglepő. Igen hasznos tanácsokat kaptak a moszkvai planetáriumban is többek között a planetáriumi ülésrend kialakítására nézve. Moszkvában hosszú időn át szerzett tapasztalatok eredményeképp kialakult ülésrend a nézőket a planetárium déli oldala felé irányítja. Itt látható ugyanis a bemutatandó csillagászati jelenségek nagy többsége, és a déli falra vetítik a planetáriumokban a dia- és mozgóképeket is. A déli rész alatti, nézőhely kialakítása szempontjából értéktelen térségen célszerűen emelvényt alakítottak ki. Ennek előnye különösen a meghívott szakemberek előadásai, továbbá a nem csillagászati rendezvények — pl. konferenciák — alkalmával mutatkozik meg. Ennek és a hasonló harkovi planetáriumi ülésrendnek megfelelően módosult a budapesti planetárium széksor-elrendezése is.

Ez úton is kifejezzük hálánkat a vendéglátó Znanyije vezetőségének, G. A. Szmotrov et-nak, a harkovi és K. A. Porcevszkij et-nak, a moszkvai planetárium igazgatójának szíves és értékes felvilágosításaiért és tanácsaiért.

A TIT CSILLAGÁSZATI ÉS ŪRKUTATÁSI
SZAKOSZTÁLYAINAK 1975. ÉVI MŪKÖDÉSE

A Szakosztály a TIT VI. Küldöttgyűlésének határozatai, az MSZMF XI. Kongresszusa ide vonatkozó útmutatásai, továbbá a TIT Országos Csillagászati és Ūrkutatási Választmánya irányelvei szerint végezte munkáját. A munkatervnek megfelelően elsősorban és súllyal a kiemelt feladatokkal foglalkoztunk. Így felszabadulásunk 30. évfordulója évében központi előadások formájában is megemlékeztünk a magyar kutató és ismeretterjesztő csillagászati munka harminc évéről. Ezek során kiemelkedik a TIT Természettudományi Stúdió 1975. december 11-én rendezett csillagászati szakmódszertani konferenciája, amelyen *dr. Szeidl Béla*, *dr. Dezső Loránt*, *Dr. Marik Miklós*, *dr. Kőhāti Attila* és *Ponori Thewrewk Aurél* vázolták és méltatták az MTA Szabadsághegyi Csillagvizsgálója, Debreceni Napfizikai Observatóriuma, az ELTE TTK Csillagászati Tanszékének kutató tevékenységét, illetve a hazánkban folyó csillagászati és ūrkutatási ismeretterjesztő munkát.

Hasonló kiemelt feladat volt a szovjet—amerikai ūrrandevú és ūrkutatási együttműködés széles körű ismertetése és méltatása is. Több központi rendezvényen, előadáson és előadói konferencián tárgyaltuk meg a Szozuz—Apollo ūrtalálkozó jelentőségét. Megállapíthatjuk, hogy szóbeli ismeretterjesztő munkánk és tömegkommunikációs eszközök hatására a téma olyan érdeklődést keltett, amelynek politikai jelentősége is nagy: elősegíti az emberek gondolkodásában a tartós nemzetközi enyhülés jelentőségének felismerését.

A beszámolás évében egészen más feladattal is szembe kellett néznie ismeretterjeszt és ūnknek. Olyan témákról van szó, amelyeknek politikai, ideológiai hatását nem nehéz felismerni, mégis — vagy talán éppen ezért — szinte erőszakolják magukat az aktuális tudományos problémák közé. Elegendő, ha csak az UFO problémát említjük, amely elsősorban az 1975-ös év őszén kezdett kibontakozni különféle sajtótermékek hasábjain.

A tudományos ismeretterjesztés nem engedheti meg, hogy olyan vitákra kényszerítsék, amelyek során az áltudományos problémák tudományos

rangúvá hitelesülnének. Az eddigiekhez híven csak a tudományosan elfogadott ismeretterjesztésre szorítkozunk.

Kérdés viszont, hogy mi legyen a teendők az általunk ellenőrizhetetlen tömegkommunikációs csatornákon szárnyra bocsátott „tudományos” szenzációs hírekkel kapcsolatban, hiszen igen tekintélyes tömegek csupán ilyen csatornák révén jutnak információkhoz. Sajnos, szembe kell néznünk azzal a ténnyel, hogy a TIT-nek a tudományos gondolkodás kialakításában és alakításában nincs monopol helyzete. Ennek az újabban kiélezett problémának megoldása szélesebb körű kulturális-tudományos feladataink közé tartozik.

A fenti probléma is jelzi, hogy munkaterületünkön hangsúlyozott feladat az ismeretterjesztés hatékonyságának és minőségének emelése. E célok megvalósítására szükséges személyi feltételek biztosítása 1975. évi munkánk homlokterében állt. E téma szerepelt plenáris és vezetőségi üléseken is, de a megyei szakosztályok (9 megyében) látogatása alkalmával is a szakosztályok összetétele és a személyi feltételek biztosítása fontos területe volt a vizsgálatoknak. Itt csak rövid ismertetésben jelezzük egyik plenáris ülésünkön is szereplő szakosztályi-összetételi felmérés főbb megállapításait.

A TIT Csillagászati és Űrkutatási Szakosztálya összetétele

1. *A szakosztályi tagok száma:* Férfi: 317 fő
Nő: 30 fő (8,6%)
Össz.: 347 fő.

Hét megyében egyetlen nő sincs, ebből 5 megyében a szakosztályi taglétszám 10-nél nagyobb. Az objektív okok mellett nyilván szubjektív megkülönböztetés is fennáll.

Átlagos megyei taglétszám: 15.

Négy megyében a taglétszám 8-nál kisebb,
hat megyében a taglétszám 20-nál nagyobb.

Főként a kis (4–8 fős) taglétszámot kell növelni a megyéknél.

2. *A szakosztályi tagok kor szerinti megoszlása:*

20–30 éves	118 fő
30–40 éves	90 fő
40–60 éves	102 fő
60 év felett	37 fő

a 20–40 év közöttiek arányát kellene növelni.

3. Lakhely szerinti megoszlás:

Város, járásszékhely	283 fő
Falu	64 fő (18,4%).

4. Iskolai végzettség:

Egyetem	137 fő	} (55,3%)
Főiskola	55 fő	
Érettségi	119 fő	
Egyéb	36 fő.	

Tudományos fokozattal 17 szakosztályi tag rendelkezik.

Szakképzettségről nincsenek részletesebb adataink, de tapasztalatunk szerint ez nem kielégítő. Növelni kell a természettudományi és műszaki szakon végzettek részarányát, ezen belül a fizikus tanárok és mérnökök arányát.

5. Foglalkozás szerinti megoszlás:

Tudományos kutató	16 fő
Pedagógus: a) egyetemi-főiskolai	16 fő
b) általános, középiskolai	69 fő
Műszaki diplomás	45 fő
Egyéb diplomás	11 fő
Egyetemi-főiskolai hallgató	56 fő
Állami stb. apparátusban dolgozó	127 fő
Egyéb	7 fő.

Anélkül hogy a statisztikai számok bővületébe jutnánk, a számok alapján, de más, konkrét helyi tapasztalatokból is leszűrhető néhány megállapítás: — Sajátos helyzete miatt Budapest a megyékkel nehezen összemérhető, így tőlük eltérően kezelendő.

— A megyei taglétszámok alakulása nagyon gyakran szubjektív feltételek függvénye. Ilyenek: a szakosztályvezetés színvonala, a megyei TIT vezetés sok esetben voluntarista álláspontja stb.

— Gyakran tapasztalható a TIT szakosztályi munka leszűkítése csak szakköri munkára, továbbá idegenkedés a széles rétegeknek szóló ismeretterjesztéstől az ezzel kapcsolatos nem kis nehézség miatt. E körülmény sokszor visszahat a szakosztályi tagok összetételére. Az ifjúsági klubszerű szakköri munkába nehezen vonhatók be a fizikatanárok, a műszakiak és általában a tapasztaltabb szakemberek. Ugyanakkor számukra nincs mindig biztosítva a szakosztályokban a megfelelő színvonalú ismeretterjesztő munka. Keresni kell azokat a formákat, amelyekkel vonzóbbá tehetjük ezen értelmiségi rétegek számára a szakosztályi munkát.

- Nagy lehetőségünk a női szakosztályi tagok arányszámának növelése. Ha a megyékben élnek a meglévő lehetőségek kihasználásával, a tagság ilyen irányú összetétele kedvezőbb alakul.
- A munkásság közötti ismeretterjesztés terén javíthatjuk a feltételeket a műszakiak és a képzett szakmunkások nagyobb mértékű bevonásával.

Csillagászati szabadegyetemek

A budapesti József Attila Szabadegyetem 1975/76. tanévi csillagászati tagozatának „Nagy felfedezések a csillagászatban” című sorozata a csillagászat történetének nagy felfedezésein keresztül mutatta be a Világegyetemben érvényes univerzális törvényeket és a bennük lejátszódó folyamatokat. A hallgatóság nemcsak a csillagászat korszakalkotó felfedezéseit ismerhette meg, hanem megláthatta ezek hatását is világképünk alakulására.

Az elhangzott előadások voltak: *Ponori Thewrewk Aurél*: Az istenek alkonya az égen. (A görögök tudományá teszik a csillagászatot); *Zombori Ottó*: Aki megállította a Napot. (A Föld is égitest); *dr. Kulin György*: És mégis mozog a Föld; *dr. Erdi Bálint*: Az égbolt első törvényei; *dr. Erdi Bálint*: A számíthatóvá tett világ; *Kelemen János*: Túllépés a Naprendszeren. (Herschel és kora); *Szécsényi-Nagy Gábor*: Megmérjük a csillagok távolságát; *Erdős Tamás*: A csillagfény titkai; *dr. Szeidl Béla*: A csillagok életútja; *Szécsényi-Nagy Gábor*: Túl a Tejútrendszeren. A táguló Világegyetem; *dr. Abonyi Iván*: Mitől csillag a csillag? *dr. Fejes István*: Feltérképezzük a láthatatlant. (Kitárul a rádióablak); *dr. Horváth András*: Kilépés az űrbe; *dr. Perjés Zoltán*: Az anyag különleges állapotai. (Pulzárak, kvazárak); *dr. Balázs Béla*: Kozmikusá válnak a tudományok.

Az előadások sorát konzultáció zárta be (*dr. Kulin György és Szécsényi-Nagy Gábor* vezetésével).

Az „Érdekes csillagászati feladatok és feladatmegoldások” című sorozat a már képzetesebb hallgatók és amatőrök számára nyújtott olyan ismereteket, amelyek a magasabb színvonalú észlelési technika elsajátításához és a mérési eredmények helyes értelmezéséhez szükségesek. Az előadók *dr. Erdi Bálint*, *dr. Marik Miklós*, *Szécsényi-Nagy Gábor* és *Tihanyi László* voltak. A sorozatban elhangzott előadások: Koordinátarendszerek és átszámítások; Időszámítás; Refrakció, parallaxis, nutáció; Égi mechanika I. (Bolygószámítás, cfemeris-számítás); Égi mechanika II. (Pályaszámítás); Asztrofizika I. (Sugárzási törvények és alkalmazásuk); Asztrofizika II. (Tömegmérés); Extragalaxisok, Optikai feladatok; csillagászati műszerek; Konzultáció. Pontverseny-kiértékelés. A helyezést elért hallgatók számára a sorozat látogatással zárult, az MTA Piskésetői Observatóriumában.

Megemlíthetők a budapesti kihelyezett szabadegyetemi sorozatok is. Az Alumíniumgyár a „Nagy felfedezések a csillagászatban” sorozat első elő-

adásait igényelte a szocialista brigádok számára. A Frankel Leó Művelődési Ház „A csillagászat határain” címmel indított 10 előadásos szabadegyetemi sorozatot. Részben a budapesti szabadegyetemi tematikák mintájára, részben más tárgykörrel több megyében rendeztek szabadegyetemi előadásokat. Ezekről részben az egyes megyék beszámolóiban emlékezünk meg.

Előadói továbbképző tanfolyam

A TIT Csillagászati és Űrkutatási Választmánya 1975. június 28-tól július 7-ig rendezte meg Békéscsabán a 10 napos bentlakásos továbbképző tanfolyamát. A legtöbb megye kettőnél több résztvevő küldésével segítette jelenlegi és jövődi előadógárdájának szakmai és ideológiai fejlődését. A résztvevők száma 60 volt: jobbára fiatalok, TIT-előadók szakkörvezetők, szakköri tagok és amatőrök. A program naponta 8 órakor kezdődött. A három délelőtti előadást konzultáció követte. Az előadók *dr. Kulin György, dr. Kőhāti Attila, Tihanyi László, dr. Érdi Bálint, dr. Ill Márton, ifj. Kálmán Béla, Ponori Thewrewk Aurél, dr. Barcza Szabolcs, dr. Szeidl Béla, dr. Dezső Loránt és Márki-Zay Lajos* voltak.

A tanfolyam igen sikeres megrendezésében a TIT Békés megyei és Békéscsaba város szervezetének, valamint a városi tanácsnak és nem utolsó sorban a tanfolyamnak otthont adó 611. sz. Szakmunkásképző Intézet vezetői és dolgozói szíves, önzetlen munkájuknak volt nagy szerepe.

A rendezőség gondoskodott a délutáni és esti szabad programok szervezéséről és lebonyolításáról.

Ki kell emelnünk, hogy a hallgatók nemcsak nyári szabad idejük egy részét áldozták fel, és a költségeket vállalták, hogy részt vehessenek a tanfolyamon, hanem mindvégig rendkívüli aktivitásukkal bizonyították az ügy iránt érzett komolyságukat és felelősség tudatukat.

Előadói konferenciák

A központi előadói konferenciák célja egyrészt az aktuálisvá váló események és problémák tárgyalásához a kellő szakmai alap és módszertani szempontok nyújtása volt. Két alkalommal a Filozófiai Szakosztállyal közösen rendeztünk előadói konferenciát.

Főbb témák és előadók voltak a „Nemzetközi együttműködés az űrkutatásban” c. konferencián: *Dr. Horváth András: A Szojuz—Apollo program; Szentesi György: Az űrrandevű technikai problémái. „A Viking program”* c. konferencián: *dr. Almár Iván: Asztronautikai problémák; dr. Gánti Tibor: A Földön kívüli élet; A „Módszertan”* c. konferencián: *Tihanyi László: Az ismeretterjesztés módszertani problémái; Zombori Ottó: A szak-*

köri foglalkozások módszertana; *Bardócz András—Tóth László*: Szakköri előadások szemléltetése. A magyar csillagászat történetéről *Varga Domokosné* adott áttekintést.

Az ún. tematikus klubesteken *dr. Szeidl Béla* az amatőr változócsillagészlelésekről beszélt, *Szécsényi-Nagy Gábor* igen színes beszámolót tartott „Franciaország csillagász szemmel” címen az öt hónapos franciaországi ösztöndíja révén megismert kutatóintézetekről. Igen sikeres volt a humort nem nélkülöző I. Csillagász Nap — *dr. Marik Miklós* rendezésében.

Gyümölcsözően alakul az ELTE Csillagászati Tudományos Diákkörének és a TIT Budapesti Szervezete Csillagászati és Űrkutatási Szakosztálya együttműködése. A fiatal TIT tagok gyakoroltatása és a felvételre kerülő fiatalok kiválasztása szempontjából is hasznos nyilvános előadói konferenciákat rendeztünk az év folyamán. Előadók *Kondás László, Timon Ildikó, Tóth László* és *Vincze Ildikó* voltak.

Csillagászati Hét

A csaknem negyedszázados hagyománynak megfelelően az őszi hónapokban került megrendezésre az országos rendezvénysorozattá terebélyesedeti Csillagászati Hét. Budapesten erre a rendezvényre többnyire szeptember azon hetében kerül sor, amidőn a Hold jó láthatósági helyzetben van, vagyis első negyed táján. 1975-ben szeptember 15-e és 20-a között „Az ember kozmikus lény” címmel, első ízben az ELTE Ságvári termében tartottuk meg a Fővárosi Csillagászati Hét előadásait. Erre az évről évre növekvő számú hallgatóság miatt volt szükség. Az előadók és témáik voltak: *Dr. Kuljn György*: Belépőjegy a Kozmoszba; *dr. Abonyi Iván*: Az ezerarcú anyag; *dr. Almár Iván*: Út a Kozmoszba; *dr. Fejes István*: Az Univerzum hangja; *dr. Károlyházy Frigyes*: A megtalált ifjúság; *dr. Balázs Béla*: A kozmikus eszperantó.

A budapesti Csillagászati Hét programját több, napilapokban megjelent cikk és rádióhíryanag ismertette a rendezvények előtt.

Részben a fővárosi program tematikájához igazodva, részben attól eltérő programmal rendezték meg a megyék is a Csillagászati Hetet. Nagy örömmel tölt el minket, hogy egyre több város, nagy- és kisközség igényeli a csillagászati heti előadásokat és távcsöves bemutatásokat. Az öröm mellett azonban gondjaink is nőnek, mert a kiválasztott témákhoz többnyire a központi előadók szereplését kéri. Több megyéből a kérés a tervezett előadás előtt csak egy-két héttel érkezik, és sok esetben kerül zavarba a központ, mert akkor már minden szóba kerülhető előadó „foglalt”. A helyzetet valamennyit enyhített a rendezvénysorozat széthúzódása augusztustól decemberig, de a szeptember—október továbbra is zsúfolt, sőt túlsúfolt.

Helyszűke miatt nem tudjuk felsorolni az ország valamennyi olyan tele-

pülését, ahol egy vagy több rendezvény zajlott le a megyei csillagászati hetek keretében. Néhány szemelvény a megyei beszámolókból olvasható. Itt csak néhány példát említhetünk.

A Borsodi Csillagászati Hetek rendezvényeire Miskolcon négy helyen is sor került: (Uránia Csillagvizsgáló, Ady Endre Művelődési Ház, Rónai Sándor Művelődési Központ, Észak-Magyarországi Áll. Építőipari Vállalat Szakszervezeti Művelődési Otthona). A Csillagászati Hetek keretében egy vagy több előadást, ill. távcsöves bemutatást tartottak Leninvárosban, Ózdon, Sátoraljaújhelyen, Mezőkövesden, Szerencsen, de voltak előadások Diósgyőr, Kisgyőr, Harsány, Mocsolyás, Edelény, Mezőcsát, Izsófalva, Gönc, Krasznokvajda, Mezőkeresztes, Szentistván, Tiszakarád és Varbó községekben is.

Békés megyében mintegy 40, bemutatóval egybekötött előadás hangzott el a Csillagászati Héten, csillagászati, űrkutatási és űrbiológiai témakörökben. Két alkalommal önálló filmet is volt, de a rendezvények legnagyobb részét is dia-, illetve mozgófilm vetítés kísérte. Az előadásokat a szakosztály tagjai, a reprezentatív előadásokat központi előadók tartották. A rendezvényeken megjelentek átlagos száma 60 volt.

Komárom megyében Esztergomban, Tatán, Almásfüzitőn, Nagysápon és Szomódon hangzottak el előadások a Csillagászati Hét alkalmával.

A Veszprém megyeiek Veszprémben, Ajkán, Fűzfőgyártelepen és Pápan rendeztek Csillagászati Hetet.

Korunk Tudománya Klub

A Televízió természettudományi rovatával közös szervezésben egy-egy aktuális témához, illetve tv-adáshoz közvetlenül kapcsolódóan többelőadásos rendszer szerint rendeztük meg a Korunk Tudománya Klub rendezvényeit. Néhány példa:

- Január 29.* Dr. Gánti Tibor: Élet a Földön kívül; Szüle Dénes: A Viking program.
- Május 28.* (A TIT Budapesti Planetárium alapkövetételének napján) Ponori Thewrewk Aurél: A csillagos égbolt a Földön; Schalk Gyula: A világ nagy planetáriumai. A „Csillagos égbolt a Földön” c. kiállítás megnyitása az előadásokkal egyidőben.
- Július 8.* Szozuz—Apollo program I. (A tv-adás idején az adáshoz kapcsolódva kb. 4 órás program.) A Szakosztály és a Fővárosi Művelődési Ház közös rendezvénye. Ennek keretében: Domján Dénes: A Csillagvárosban jártunk.
- Július 17.* Szozuz—Apollo program II. (A tv-adás idején az adáshoz kapcsolódva kb. 6 óra program.) A Szakosztály és a Fővárosi Műve-

lődési Ház közös rendezvénye. Ennek keretében konzultánsok voltak: *Galambos Tibor* és *Piroska György*.

A rendezvények minden alkalommal telt ház előtt zajlottak le. A nagy sikert a tv filmjei, propagandája és a színes közvetítések biztosították.

A megyei szakosztályok beszámolóiból

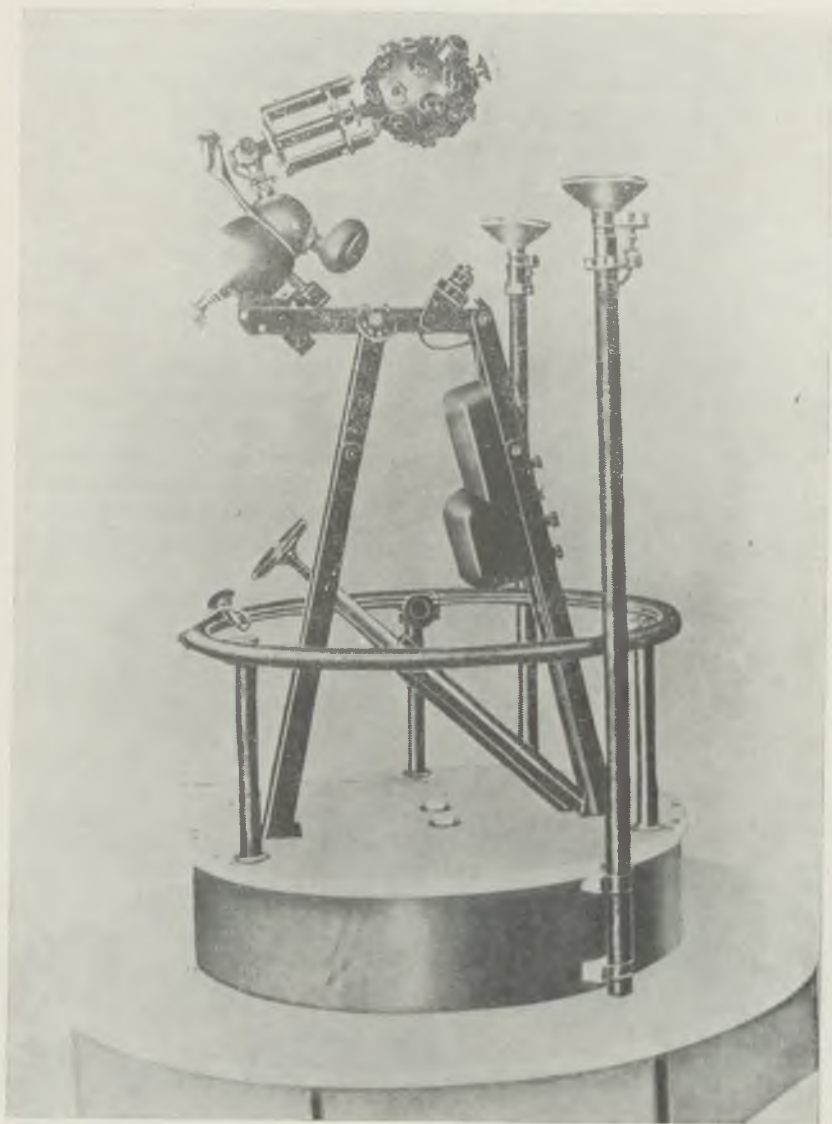
Baranya

Baranya megye és Pécs város felszabadulásának 31. évfordulóján, 1975. november 30-án került sor a Baranya megyei Szakosztály 1975. évi, sőt eddigi működésének legjelentősebb eseményére: a Mecseki Természettudományi Stúdió üzembe helyezésére. Bár a létesítmény csak az első üteme a Mecsek déli oldalára tervezett közművelődési objektumnak, már most fontos bázisa a természettudományos, elsősorban a csillagászati ismeretterjesztésnek.

A Stúdió a TIT Országos Központja, Pécs M. Város Tanácsa VB, a KISZ Megyei Bizottsága, az Úttörő Szövetség Megyei Elnöksége, továbbá a TIT megyei tagsága és a Csillagászat Baráti Köre tagjainak összefogásával, a



8 ábra. A TIT Mecseki Stúdiója és Planetárium a Mecsek oldalában, Pécs felől nézve



9. ábra. Zeiss Medium (kísplanetárium) műszer. Ilyen működik a Mecseki Stúdióban.

Mecseki Szénbányák Építési Üzeme kivitelezésével létesült. Az avató ünnepséget *dr. Lissák Kálmán* akadémikus, a TIT megyei elnöke nyitotta meg, avató beszédet *dr. Vonsik Gyula*, kandidátus, a TIT főttkára, továbbá *Wieder Béla*, Pécs M. Város Tanácsa VB elnöke tartották.

A szép, magas, fehér épület szinte az egész városból, sőt a messzebbi környékről is magára vonja a figyelmet. Északi oldalán magasodik a kupola, benne az 50 ülőhelyes Zeiss kisplanetáriummal. Jelenleg ez az ország egyetlen ilyen működő intézménye.

A planetárium terme, az ideiglenes szakköri helyiség, a barkácsszoba és a fotolaboratórium áll a Stúdió különféle tevékenységet folytató tagsága rendelkezésére. A Stúdió ad helyet a Csillagászat Baráti Köre klub- és szakköri foglalkozásaihoz, találkozásaihoz és különféle rendezvényeinek lebonyolításához.

A planetárium már 1975 decemberében megkezdte nyilvános előadásait a nagyközönség részére. Fogad iskolai, üzemi és más szervezésű csoportokat is, megbeszélés alapján a délelőtti időpontokban.

A Stúdió tágas tetőteraszain mód nyílik távcsöves bemutatásokra. Ide kerül két automata panoráma-távcső. A műszerpark kiegészül egy 40 cm átmérőjű, Nasmyth szerelésű tükrös távcsövel. Mindezeket a műszereket a budapesti Uránia műhelye készíti.

Az 1975. évi Csillagászati Hét előadássorozatát (december 8–12.) már az új létesítményben tartottuk meg. A részletes program a következő volt: *Dr. Tóth László*: A Viking program; *Simon Ernő*: Néhány bolygótestvérünk kutatásának eredményei; *Kemenes Lászlóné*: Mit tudunk és mit nem a Jupiterről? *Dr. Balázs László*: A Világegyetem hangja, A rádiócsillagászat legújabb eredményei; *Dr. Görcs László*: A magyar csillagászat 30 éve. Az előadásokat hangosfilmvetítés, távcsöves bemutató és planetáriumi előadás szemléltette.

Dr. Tóth László
szakosztályi elnök

Békés

Mielőtt az 1975. évi eseményekről beszámolnánk, meg kell említenünk megyénk első önálló csillagvizsgálójának avatását 1974 augusztusában. A TIT megyei Szervezete és a megyesegyházi Művelődési Ház közös szervezésében létesült csillagvizsgálót a Művelődési Ház tetején *dr. Kulín György* avatta fel. A budapesti Uránia munkatársai által készített, 250/5000-es Cassegrain típusú távcső kupoláját és a csillagvizsgálóhoz vezető lépcsőfeljárót a helyi szervek társadalmi munkában hozták létre. E csillagvizsgáló megalakulásától kezdve a helyi és a járás érdeklődő tanuló ifjúsága, amatőr



10. ábra. Feljárt a megyeszegyházi Művelődési Házhoz épített csigalépcsőn a csillagvizsgálóhoz

csillagászai és nagyközönsége számára nyújt lehetőséget a csillagászat és az űrkutatás kérdéseibe való mélyebb bepillantásra.

A hagyományossá váló Csillagászati Hét rendezvényeit 1975 októberében tartottuk megyénkben. A mintegy 40, bemutatóval egybekötött előadás a legidősebb csillagászati, űrkutatási és űrbiológiai témakörökből hangzott el. Ezeket szakosztályunk tagjai, illetve a reprezentatívabb előadásokat központi előadók tartották. A távcsöves bemutatókat a megye valamennyi járásában igen nagy érdeklődés kísérte. Önálló filmestet két alkalommal tartottunk, de rendezvényeink legnagyobb részét is dia- vagy filmvetítés gazdagította. A Csillagászati Hét rendezvényein átlag 60 fő vett részt.

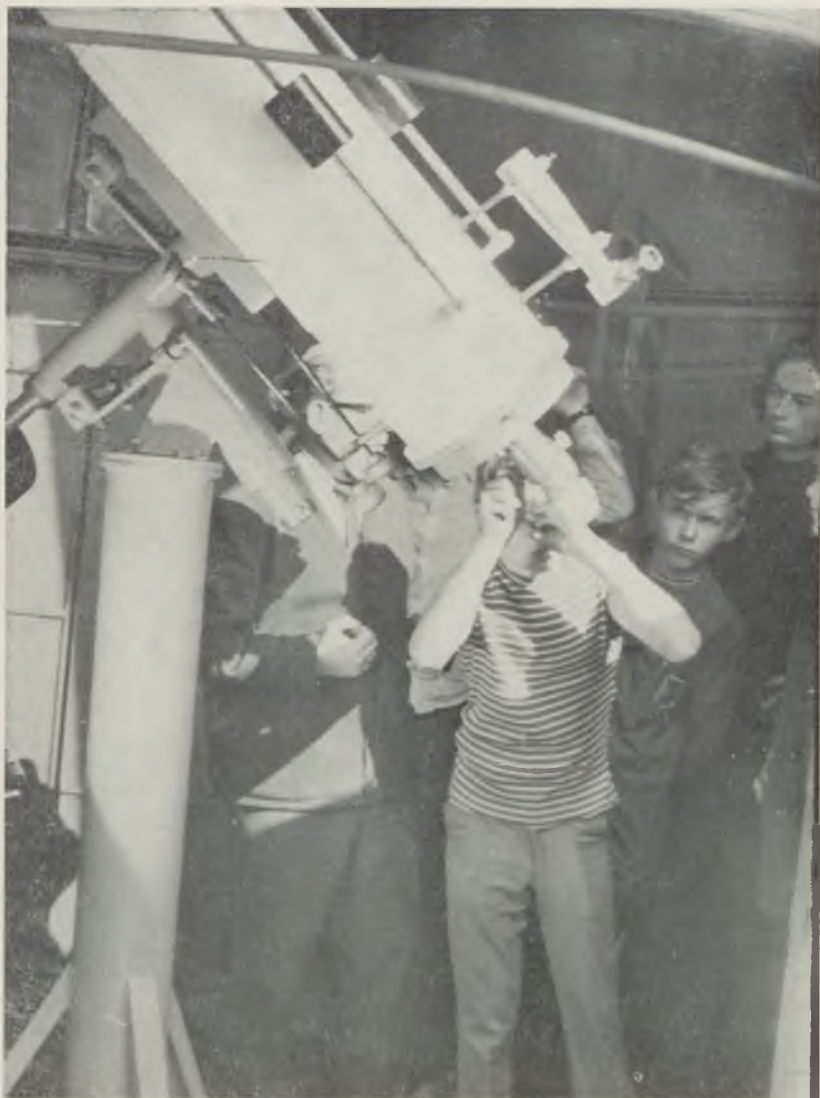
Az 1975. év egyik legjelentősebb eseménye volt a Békéscsabán rendezett 10 napos bentlakásos csillagászati továbbképző tanfolyam. (Erről az előző általános részben olvasható bővebb leírás és méltatás.)

A beszámolás évében egy általános és egy középiskolai szakkörünk indult. Tematikáik a csillagászat és űrkutatás alapjait tartalmazzák, de foglalkoznak a távcsőépítés elveivel is.

Dr. Krupa András
megyei titkár



11. ábra. Helyére kerül a megyesegyházi csillagvizsgáló kupolája



12. ábra. A 20 cm-es Cassegrain távcső

A csillagászati ismeretterjesztés fő kiinduló műhelyének továbbra is a szakköröket tekintettük. A szakosztályi-szakkör munka intenzitását azon mérhettük le, hogy melyik szakkör hány tagot tudott a Választmány levelező tanfolyamának vizsgáira küldeni, és hogy milyen eredményt értek el. A sikerrel vizsgázott Heves megyei tagok száma megközelíti a 200-at. Legnagyobb részük az egri, hatvani és gyöngyösi szakkörökből került ki.

Egerben jelenleg három szakkör működik. Öröndetes, hogy a főiskola hallgatói — elsősorban a fizika szakosok — újból megalakították szakköri csoportjukat. A szakkörös hallgatók az indexükbe szorgalmi jegyet is kaptak.

Az egri Művelődési Központ szervezésében középiskolás csillagászati-űrkutatói szakkör működik. A tagok közül öten 1975. december 30-án eredményes vizsgát tettek. E szakkör működését is a szakosztály patronálja.

A szakosztályi elnök irányításával folyik szakköri munka a megyei Üttörőház kebelében is, közel egy évtized óta. Itt egy-egy középiskolás és főiskolás vezető vesz részt a munkában.

A Hatvan városhoz csatolt Boldog községben — világnézeti szempontból nehéz területen — évek óta működik az általános iskolások csillagászati szakköre. Bátor és jó kezdeményezésnek tartjuk.

A csillagászattal behatóbban nem foglalkozó nagyközönség érdeklődését három irányból próbáltuk megközelíteni:

1. A Csillagászati Hetek rendezvénysorozat már hagyományos mozgalommá fejlődött. Megyénkben soha nem volt ennyi helyen ilyen sok csillagászati-űrkutatói előadás. Kiemelendő, hogy olyan kisebb településekre is eljutotunk a Csillagászati Hét rendezvényeivel, ahol eddig alig, vagy egyáltalán nem volt még hasonló.

Így a Gyöngyös városban rendezett kiállításon, előadásokon és távcsöves bemutatókon kívül hasonló rendezvényeket tartott a járásban a TIT Gyöngyös járási szervezete, a városi-járási Művelődési Központ, ill. a Járási Hivatal Művelődésügyi Osztálya Abasár, Adács, Apc, Gyöngyöspata, Ecséd, Hort, Karácsond, Nagyréde és Rózsaszentmárton községekben, továbbá Lőrinci nagyközségben. Az űrkutatók története címet viselő csillagászati és űrkutatói tudományos sorozathoz izléses, 20 oldalas, füzet alakú meghívó készült.

Itt említjük meg, hogy a megyében tartott előadások száma 1974-ben 91, a résztvevők száma 5040 volt, s ezek a számok 1975-re 135-re, ill. 5598-ra növekedtek.

2. Csillagászati szabadegyetem. Szabadegyetemi előadásorozatot szervezett az egri szakosztály, amelyen szép számú hallgatóság előtt szakcsillagászok tartottak színvonalas előadásokat. A részletes program volt: *Dr.*

Horváth András: Szovjet—amerikai együttműködés az űr kutatásban; *Ponori Thewrewk Aurél*: A Mars-kutatás problémái; *Kelemen János*: A hidrogén-atomtól a kozmikus értelemig; *Dr. Kőhádi Attila*: Az űr kutatás geológiai haszna; *Zombori Ottó*: Robbanó galaxisok.

Kiemelkedő eredményt hozott a gyöngyösi városi és járási szervezetek „Űrkutatás története” c. tudományos sorozata, amely 40 előadást, több kiállítás és távcsöves bemutatást foglalt magába. Előadók voltak: *dr. Abonyi Iván*, *Erdős Tamás*, *Galambos Tibor*, *dr. Horváth András*, *dr. Kőhádi Attila*, *dr. Kulin György*, *Márta Ferenc*, *dr. Patkó György*, *Ponori Thewrewk Aurél*, *dr. Rados Mihály* és *Zombori Ottó*. Az előadások 80%-át tehát budapesti szakcsillagászok tartották, s ez magában is biztosítéka volt a magas színvonalnak.

3. Csillagászat Baráti Köre. Heves megyében szép számmal vannak tagjai a Baráti Körnek. Sajnos, a tagokat nem tudtuk összetartani és megfelelő módon aktivizálni, mert nincs megfelelő, e célra igénybe vehető helyiségünk.

Nem hallgathatjuk el gondjainkat sem. A hevesi, a füzesabonyi és az egri járásban nem fejlődött a csillagászati-űrkutatási ismeretterjesztés.

Az egri Ho Si Minh Tanárképző Főiskola épületének rekonstrukciója még nem fejeződött be 1976 elején, így még nem állíthattuk üzembe az elkészült 30 cm-es tükrös távcsövünket a jobb sorsra érdemes és az erre váró, tudománytörténeti nevezetességű 200 éves csillagászati toronyban.

dr. Zétényi Endre
a szakosztály elnöke

Komárom

Esztergomi szakkörünk 1975. október 22. és december 10-c között rendezte meg a Művelődési Központ Csillagászati Szabadegyeteme III. előadásorozatát. Összesen 111 bérletet adtunk ki — vagyis a 100 fős előadóteremben minden előadás alkalmával pótszékeket kellett beállítanunk. A sorozat részletes programja volt: *Dr. Kőhádi Attila*: Földtani megfigyelések és nyersanyagkutatás a világűrben; *uő.*: Földtani folyamatok a bolygói kon; *dr. Abonyi Iván*: A Naprendszer kutatása a világűrben; *Zombori Ottó*: Kopernikusz munkásságának hatása a modern csillagászatra; *dr. Fejes István*: Radar- és rádiócsillagászat. Az előadásokat korszerű szemléltetés kísérte.

Az a hallgató, aki hat előadásból legalább öt részvételi igazolást tudott felmuatni betétlapján, emléklapot kapott.

A Komárom megyei Természettudományos Hetek keretében hasonló programokat rendeztek még Tatán, Almásfüzitőn és Nagysápon is.

Pest

Pest megyében az előadások számát és a hallgatói létszámot tekintve némi visszaesés mutatkozik: az 1974-es 123-ról, 109-re csökkent az előadások száma. Ez részben annak következménye, hogy a csillagászati előadásokat a Duna-kanyar üdülőiben megszüntették. Ezzel szemben olyan járáásokban és községekben is növekedett az előadások száma, ahol a megelőző években alig volt. Szakosztályunknak 13 közül, 12 tagja részt vett az ismeretterjesztő munkában. Megyei szakosztályunknak jó kapcsolata van a budapesti Uránia Csillagvizsgálóval, ahonnan filmeket, térképeket, optikákat és egyéb ismeretterjesztési anyagot kapunk.

A hajdúnánási szakkör vezetői tanfolyamon négyen vettek részt megyénk-ből, akik rendszeresen tartanak előadást és szakkört vezetnek: Kiszél Vilmos Vácott, Taracsák Gábor Cegléden, Karai László Örkényben és Pelsőci László Szigetszentmiklóson.

Az őszi folyamán az említett négy helyen rendeztünk csillagászati hetet. Ilyen sok helyen még egy évben sem volt megyénkben.

Pelsőci László
szakosztályi elnök

Tolna

A szakcsoporthoz létszáma 1975-ben is csak három maradt (egy gépészmérnök, egy tanár és egy szakmunkás). Öröndetes viszont, hogy még négy más szakosztályi tag (tanárok) aktívan közreműködnek ismeretterjesztő munkánkban.

Megyénkben négy szakkör működik: Szekszárdon, Dombóváron, Pakson és Bonyhádon.

A szekszárdi szakkör tagságát kizárólag középiskolás diákok alkotják. A kéthetenként tartott elméleti foglalkozások témamegválasztását erősen nehezíti a tanulók tudásszintjének heterogén volta. Gyakorlati foglalkozásokon — szép idő esetén — hetenként tartottunk bemutatót egy 64 mm-es refraktorral és a 150 mm-es reflektorunkkal. Sajnos, ez utóbbinak mechanikája már igen rossz állapotban van. Folyamatban van egy 300-as reflektor készítése. A TIT részben renováltatta, festette az itteni Uránia épületet.

A szakkör tervében szerepel egy ismeretterjesztő cikksorozat közlése a Népújság hasábjain, továbbá előadásokat segítő diasorozat készítése.

A dombóvári és a paksi csoport is elsősorban diákokból áll. Vezetőik Kalauz Béla, ill. Vadász Pál.

A bonyhádi szakkör összetétele teljesen heterogén: diákok, technikusok és fizikai dolgozók alkotják. Geresdi Sándor gépészmérnök és Jurisich József tanár, fizika szakfelügyelő irányításával 1975 őszi kezdte meg működését.

A megyében rendszeresen tartanak csillagászati előadásokat helyi és központi előadók.

Az év folyamán hatan vizsgáztak a levelező tanfolyam kezdő, ill. haladó anyagából.

Ebben az évben valamivel kisebb sikerrel rendeztük meg a Csillagászati Hetet. Ennek oka elsősorban a szervezésben van, ugyanis nem kaptunk idejében visszaigazolást az előadóktól, így nem tudtunk megfelelő időben tájékoztatást adni a közönségnek. Akadályozott minket a teremhiány is, minthogy abban az időben egyéb tanfolyamok is folytak, és a számításba vett termek ezek foglalták le. Így Szekszárdon minden előadásunkat a Gimnázium épületébe kellett vinnünk. Az elsősorban diákokból álló hallgatóság viszonylag nagy létszámú volt.

Pesti Gyula
szakcsoport vezető

A CSILLAGÁSZAT LEGÚJABB EREDMÉNYEI

Az 1975. év üstökösei

1975a: Lco Boethin (Abra, Fülöp szigetek) fedezte fel 1975 január 4,521 UT-kor. Felfedezésekor az üstökös integrált fényessége 12,3 magnitúdó volt. A felfedezést J. E. Bortle (Brooks Observatory) erősítette meg február elején, amikor az üstökös diffúz képet mutatott, s néhány kondenzációt tartalmazott. Ekkor látszott legfényesebbnek, integrált fényessége kb. 10,5 magnitúdó volt. Ezután fokozatosan halványodott, április elején 16 magnitúdóra csökkent, június 3-án pedig a Steward Observatory 229 cm-es reflektorával készült felvételen alig volt látható. Márciusban már elegendő számú pozíciómérés állt rendelkezésre a pálya meghatározásához, ekkor derült ki, hogy a *Comet Boethin* egy új periodikus üstökös. Periódusa $P = 10,97$ év, pályájának fél nagytengelye $a = 4,937$ Cs. E., excentricitása $e = 0,779$, a pályasíknak az ekliptikával bezárt szöge pedig $i = 5^{\circ}9$.

1975b: R. M. West, a European Southern Observatory nagy Schmidt-teleszkópján 1974. október 15,086 UT-kor készült felvételen 12 magnitúdós diffúz objektumot talált. Ugyanazon éjszaka készült további két felvételen is rajta volt az objektum, az elmozdulásából egyértelműen kiderült, hogy egy új üstökösről van szó. Sajnos, pályáját azonban nem sikerült megállapítani.

1975. február 27,77 UT-kor, a hamburgi Schmidt-teleszkóppal készült felvételen L. Kohoutek talált egy 13 magnitúdós üstököst. Majd Ikemura jelentette, hogy március 1,52 UT-kor új üstököst fedezett fel. A pályaszámítások után rögtön látszott, hogy West, Kohoutek és Ikemura ugyanazt az üstököst fedezték föl egymástól függetlenül. Március elején az üstökös 12 magnitúdós volt, majd fokozatosan halványodott. Május 5-én közel 16 magnitúdós. A *Comet West-Kohoutek-Ikemura* szintén új periodikus üstökös: $P = 6,07$ év, $a = 3,326$ Cs. E., $e = 0,580$ és $i = 30^{\circ}1$.

1975c: L. Kohoutek a hamburgi Schmidt-teleszkóppal 1975. február 9,77 UT-kor $m_1 = 14$ magnitúdós integrált fényességű, kondenzációval vagy maggal rendelkező diffúz képű üstököst fedezett föl. Az üstökös március közepére már 16 magnitúdóra halványodott, majd áprilisban ismét kifényesedett kissé. Ekkor egy erős kondenzáció alakult ki, amely diffúz, 1' átmérőjű kómába volt beágyazva. A pályaszámítások szerint a *Comet Kohoutek* szintén egy új periodikus üstökösnek bizonyult: $P = 6,18$ év,

$a = 3,366$ Cs. E., $e = 0,535$ és $i = 5,^{\circ}4$. A pontos számítások szerint az üstökös $0,15$ Cs. E.-nyire közelítette meg a Jupitert 1972 júliusában. Azt megelőzően a Nap körüli keringési periódusa $8,2$ év volt.

1975d: W. A. Bradfield fedezte föl 1975. március 12,45 UT-kor a 9 magnitúdós, kondenzációval nem rendelkező, diffúz képű üstököst. Az üstökös a Napot 1975. április 4-én közelítette meg legjobban, távolsága a Naptól ekkor $q = 1,217$ Cs. E. volt. A pályasík hajlásszöge $i = 55,^{\circ}3$. Április közepétől az üstökös fokozatosan halványodott.

1975e: N. S. Chernykh és T. M. Smirnova fedezték föl 1975. március 4,78 UT-kor a krími obszervatóriumban. Ekkor az üstökös integrált fényessége $m_1 = 15$ magnitúdó volt. A pályaszámítások szerint a *Comet Smirnova-Chernykh* periodikus: $P = 8,52$ év $a = 4,172$ Cs. E., $e = 0,145$ és $i = 6,^{\circ}6$.

1975f: Az 1925 óta jól ismert és pontosan mért *Comet Wolf* periodikus üstököst az előrejelzések alapján E. Roemer találta meg a Steward Observatory 229 cm-es reflektorával 1974. május 17,30 UT-kor készült felvételén. Az üstökös 21 magnitúdós volt.

1975g: A. J. Longmore fedezte fel az U. K. 122 cm-es Schmidt-teleszkópján 1975. június 10,63 UT-kor készült felvételen. Az üstökös diffúzknak látszott, kis központi kondenzációval. A 17 magnitúdós üstökös gyenge $15'$ -es csóvával is rendelkezett. Az üstökös gyorsan halványodott; augusztus 11-én R. M. West felvételt készített az ESO nagy Schmidt-teleszkópján, s az üstökös csupán 20 magnitúdós volt. A pályaszámítások szerint az új üstökös, a *Comet Longmore* úgyszintén periodikus: $P = 6,98$ év, $a = 3,652$ Cs. E., $e = 0,342$ és $i = 24,^{\circ}4$.

1975h: T. Kobayashi (július 2), D. Berger (július 5) és D. Milon (július 7) volt az első három független felfedező. Július elején az üstökös fényessége 7 magnitúdó, a kóma átmérője $15' - 20'$. Az üstökös fokozatosan fényesedett, augusztus végén már elérte a 4–5 magnitúdót, és kifejlődött egy $8^{\circ} - 10^{\circ}$ hosszú csóva is. Július 31 és augusztus 6 között a tautenburgi nagy Schmidt-teleszkóppal (134 cm, f/3) sok felvételt készítettek az üstököséről. Ezeket jól kivehetők a csóvában fellépő csavarszerű turbulens mozgások. Ugyanakkor láthatók az egyenes, de különböző hosszúságú fonálszerű kiáramlások a csóvában lévő ködszerű kondenzációkból. Szeptemberben ismét halványodni kezdett, és a csóva is visszafejlődött. Október elején az üstökös már 8 magnitúdós volt, és a csóva kb. $0,^{\circ}5$ -ra zsugorodott össze.

Az üstököst nagy távcsövekkel spektroszkópiai úton is vizsgálták. Megfigyelték az OH, CN, NH, C_2 , CH, C_2 , NH_2 változó intenzitású, de erős emissziós sávokat. Ugyanakkor a H_2O^+ jelenlétét is kimutatták.

A parabolikus pályán haladó *Comet Kobayashi-Berger-Milon* Marsden által kiszámított pályaelemei: $q = 0,426$ Cs. E., $i = 80,^{\circ}8$.

1975i: A *Comet Churyumov-Gerasimenko* periodikus üstököst az előrejelzések alapján E. Roemer találta meg a Steward Observatory 229 cm-es

reflektorával augusztus 8,3 UT-kor készült felvételen. Az üstökös ekkor kb. 19 magnitúdós volt.

1975j: H. Mori, Y. Sato és S. Fujikawa egymástól függetlenül fedezték fel 1975. október 5-én. Ekkor az üstökös 11 magnitúdós, a gyengén kondenzált kóma átmérője 1',5 volt. Az üstökös fokozatosan fényesedett, fényessége december közepére már 7—8 magnitúdóra, a diffúz kóma átmérője pedig 5'-re nőtt.

Az üstökös a Napot 1975. december 25-én közelítette meg legjobban. A *Comet Mori-Sato-Fujikawa* pályaelemei Marsden számításai szerint: $q = 1,605$ Cs. E., $e = 1,0$ (parabolikus pálya), $i = 91,^{\circ}6$.

1975k: S. Suzuki, Y. Saigusa, H. Mori, K. Okazaki, S. Furuyama és mások fedezték fel, egymástól függetlenül 1975. október 5-én. A 9 magnitúdós üstökös kómája ekkor 3'—5' átmérőjű volt. Az üstökös a Naphoz legközelebb október 15-én került, ezután egy közel 1° -os csóva is kifejlődött. A *Comet Suzuki-Saigusa-Mori* november 4—6 között váratlanul kifényesedett, integrált magnitúdója 4^m — 5^m volt. Ezt követően rohamosan halványodni kezdett, s november 30-ig már 11 magnitúdóra csökkent. Pályaelemei: $q = 0,838$ Cs. E., $e = 0,984$, $i = 118^{\circ},2$.

1975l: A periodikus *Comet Harrington-Abell*-t E. Roemer találta meg ismét, a Steward Observatory 229 cm-es teleszkópján október 6-án készült felvételen. Az üstökös ekkor 21 magnitúdós volt. Az üstökös érdekessége, hogy 1974. áprilisában 0,037 Cs. E.-nyire közelítette meg a Jupitert.

1975m: A periodikus *Comet Arend*-et az előre számított helyen találta meg E. Roemer a Steward Observatory 229 cm-es teleszkópján október 6-án készült felvételen. Az üstökös képe jól kondenzált, fényessége pedig 20^m volt.

1975n: R. M. West, az ESO 100 cm-es nagy Schmidt-teleszkópján augusztus 10-én 60 perces expozícióval készült felvételen találta meg. Ekkor 16—17 magnitúdós volt az üstökös. A *Comet West* fokozatosan fényesedett, és decemberben már elérte a 12 magnitúdót. A számítások szerint 1976. február 25-én közelíti meg legjobban a Napot, ekkor 0,197 Cs. E.-nyire halad el mellette ($i = 43^{\circ},1$). 1976 március elején valószínűleg szabad szemmel is jól látható a hajnali órákban.

1975o: T. Gehrels, a palomárhegyi nagy Schmidt-teleszkóppal 1975. október 27,146 UT-kor készült felvételen egy 18 magnitúdós üstököst talált. A pályaszámítások után kiderült, hogy a *Comet Gehrels* egy új periodikus üstökös, melynek pályaadatai: $a = 4,092$ Cs. E., $e = 0,169$, $i = 1^{\circ},1$ és $P = 8,28$ év. Az üstökös 1972-ben erősen megközelítette a Jupitert.

1975p: Ezt az üstököst W. A. Bradfield pillantotta meg 1975. november 11,74 UT-kor. A 10^m fényes üstökös képe diffúz volt, mag nem látszott, viszont a kb. 3' átmérőjű kómát világosan lehetett látni. Az üstökös gyorsan fényesedett, december elején már 7 magnitúdós volt. A kóma átmérője $15'$ -re nőtt, és kialakult egy $45'$ hosszú csóva is. A *Comet Bradfield* parabolikus

pályán halad. A Napot 1975. december 21-én közelítette meg legjobban $q = 0,219$ Cs. E. és $i = 270^\circ,6$. December legvégén az üstökös 6-7 magnitúdó fényesnek látszott.

1975q: Y. Sato 1975. december 5,8 UT-kor fedezte föl. Ekkor 9^m fényes volt, majd december folyamán fokozatosan fényesedett. December végére már elérte a 7 magnitúdót. A *Comet Sato* parabolikus pályán mozog: $q = 0,864$, $i = 93^\circ,9$. A Naphoz legközelebb 1976. január 3-án volt.

Barnard-csillag és sötét kísérői

Peter van de Kamp korábbi bejelentését, hogy a Barnard-féle csillag két bolygó kísérővel rendelkezik, sokan kételkedéssel fogadták. Újra mérte a több mint 30 évet átfogó fotografikus megfigyelési anyagát, és a mérési adatokat pontos analízisnek vetette alá. Eredménye: két bolygó-kísérő jelenléte egyértelműen kimutatható, melyek elnyújtott ellipszispályán keringenek a központi csillag körül. Az egyik kísérő periódusa $P_1 = 11,5$ év, pályájának fél nagytengelye $a_1 = 2,7$ Cs. E., tömege $M_1 = 0,00094 M_\odot$ (kb. azonos a Jupiter tömegével). a másik hasonló adatai $P_2 = 22$ év, $a_2 = 4,2$ Cs. E. és $M_2 = 0,00035 M_\odot$ (kissé több a Szaturnusz tömegénél).

A molekula-csillagászat eredményei

Az asztrofizika egyik legdivatosabb témája ma az interstelláris tér molekula-felhői összetételének és természetének vizsgálata. R. B. Loren, W. L. Peters és P. A. Vanden Bout, a Texasi Egyetem munkatársai több ilyen felhőt vizsgáltak meg. Azt találták, hogy az R CrA és az LkH α 198 csillagokat körülvevő ködök és a Mon R2 reflexiós köd-asszociációban levő egyik köd kollabál. A felhők által tartalmazott szénmonoxid egyik emissziós vonalának szélességében olyan változásokat figyeltek meg, amiket csak a kollapszus feltételezésével lehetett magyarázni. Sőt, még azt is föl kellett tételni, hogy a kollapszus sebessége fordítottan arányos a centrumtól mért távolsággal.

Sokáig érdekes kérdés volt, hogy az interstelláris felhők tartalmaznak-e vizet jég formájában is? A vízmolekulákra jellemző sávokat a rádiótartományban fedezték föl még a 60-as években. Jég jelenlétére az első pozitív eredményt 1972-ben kapták. Most M. Cohen igen érzékeny infravörös detektorral kutatót jég után, fiatal T Tauri típusú változók környezetében, a Taurus csillagképben. A fényesebb T Tauri változók spektrumában nem talált jégre jellemző vonalakat. Viszont az egyik leghalványabb T Tauri változó spektrumában a 2,8—3,6 mikronos tartományban világosan látszottak a jégkristályokra jellemző spektrális sajátosságok. E csillagot tehát jégkristályokból álló felhő veszi körül. A jégrészecskék méretére 40 Angst-

röm, hőmérsékletükre 170°K adódott. Ezen eredményt csillagfejlődési elméletekkel összevetve arra lehet következtetni, hogy a halvány, fejlődésük kezdetén lévő T Tauri csillagokat jégkristály-felhők veszik körül, és ahogy idővel ezek a csillagok fejlődésük során kifényesednek, a jég elpárolog. Alátámasztja ezt az elképzelést az is, hogy több fiatal csillag atmoszférájában kimutatták a vízgőz jelenlétét. Cohen megfigyelése magyarázatot adhat az üstökösök jégtartalmára is, a Napot születésekor körülvevő jégfelhő maradványa ez bennük.

Ma már számos interstelláris molekulát ismerünk, amelyek H, N és C kombinációiból épülnek föl. A Green Bank-i rádióobszervatóriumban B. E. Turner, H. S. Liszt és N. Kaifu egy újabb ilyen típusú molekulát fedeztek föl 1975-ben, a ciánamidot (NH_2CN). Érdekessége, hogy ez az első felfedezett interstelláris molekula, melynek struktúrája NCN formájú, a központi szénatom egyszeresen kötődik az egyik, háromszorosan a másik nitrogénatomhoz. A ciánamid (földi) ipari jelentősége nagy: vízzel reakcióba lépve karbamid, ammóniákkal pedig guanidin képződik.

Ismert molekulák kombinációi után kutatni manapság az egyik legbiztosabban járható út a molekula-csillagászatban. A metilcsoport (CH_3) számos fajtáját felfedezték már: metilalkohol, metilcianid, metilamin, metilacetilén és acetaldehid előfordul az interstelláris térben. Ugyanakkor a hangyasav is egyik alkotórésze annak. Ez adta az ötletet R. D. Brown-nak és munkatársainak, hogy a CH_3 és HCOOH kombinációja után kutassanak. Laboratóriumban meghatározták a metil-formiát spektrumát és egyik jellegzetes vonalát (1,610.249 megahertznel) az ausztráliai Parkes obszervatórium 64 m-es rádiótávcsövével sikerült is megfigyelni a Sagittarius B2 interstelláris felhőben. Egyébként az eddig felfedezett molekulák közül a metil-formiát (HCOOCH_3) az egyik legkomplikáltabb.

Bár a kéndioxid molekula csupán három atomból áll, ez a legnehezebb interstelláris molekula, amit a rádiócsillagászatok eddig fölfedeztek. Az SO_2 jelenlétét mind az Orion-ködben, mind pedig Sagittarius B2 felhőben sikerült kimutatni L. E. Snyder, J. M. Hollis, B. L. Ulich, F. J. Lovas és D. R. Johnson kutatóknak a Green Bank-i 36 láb átmérőjű rádióteleszkóppal végzett megfigyeléscik során. Az Orion-köd felől érkező kéndioxid-emisszió vonalprofiljából arra lehetett következtetni, hogy a kéndioxid egy csillagot körülvevő sűrű gázburok egyik összetevője.

A szénmonoxid egyike azon molekuláknak, amely Tejútrendszerünkben szinte mindenütt előfordul. Eddig számos interstelláris felhőben találtak meg jellemző vonásait. Most két extragalaxisban: az M82-ben és az NGC 253-ban is kimutatták a szénmonoxid jelenlétét. A L. J. Rickard, P. Palmer, M. Morris, B. Zuckerman, B. Turner a National Radio Astronomy Observatory-ban több, a CO által kibocsátott sugárzás karakterisztikus frekvenciáján végezték a megfigyeléseket pozitív eredménnyel. Ilyen mérések végzése galaxisunkon belüli felhőkön is nehéz, a távolság növekedé-

sével a nehézségek is nőnek. Korábban csupán molekuláris hidrogént sikerült kimutatni extragalaxisokban. Mind az M 82, mind pedig az NGC 253 galaxis magjában hatalmas robbanás következett be, és a gáz kifelé történő áramlásának sebessége meghaladja az 500 km/sec-ot. Mindkét galaxisban sok a por és középpontjuk erős infravörös forrás. A Tejútrendszerünk középpontjában sok por, és egy igen erős infravörös forrás van. Lehetséges, hogy Tejútrendszerünk központi része is átél egy robbanást valamikor. Úgy tűnik, hogy kapcsolat lehet a robbanás és a CO-tartalom között. Lehetséges, hogy a kémiai elemek ilyen explóziók során szintetizálódnak.

Nóvák 1975-ben

Nova Aquilae: P. Wild, a berni egyetemi csillagvizsgáló munkatársa fedezte fel 1975. június 6, 0868 UT-kor. Felfedezésekor valószínűleg maximumban volt, fényessége ekkor 11,5 magnitúdónak adódott. Hogy valóban nóváról van szó, egyértelműen eldöntötte egy szeptember 7-én készült objektívprizmás felvétel. Az erős Ha emisszió mellett gyenge emissziós vonalak voltak láthatók [NII] $\lambda 5755$ és [OIII] $\lambda 5007$ -nél. A Palomar-atlaszon 19 magnitúdónál fényesebb csillag nincs a környéken, amivel azonosítani lehetne.

Nova Cygni = V 1500 Cyg: Több száz független felfedező jelezte a csillag fellobbanását. Az első jelzés K. Osada-tól (Yamaguchi, Japán) érkezett, augusztus 29,48 UT-kor pillantotta meg. Több, korábban készült felvételen is látható volt a nóva. A legkorábbi felvételt Z. Alksne és I. Platais készítette a rigai obszervatóriumban. A nóva egyetlen Harvard-lemezen sem látható, melyek 1898 és 1975 július között készültek. E lemezek határ-magnitúdója 15. Két amerikai amatőr, B. Mayer és P. Garnavich véletlen szerencse folytán sorozatfelvételt készített a nóva tájékáról, s a felszálló ágnak augusztus 29,052 UT-tól ismerjük a menetét. A *Nova Cygni* fényességmaximumát kb. augusztus 31.0-kor érte el, ekkor 1,8 mag. fényes volt a vizuális tartományban. A Palomar-atlaszon nem sikerült egyértelműen azonosítani, tehát a fényességnövekedése meghaladta a 19 magnitúdót. Nóváknál ilyen nagy amplitúdót még sohasem figyeltek meg. Hasonló eset a *Nova Pup 1942 = CP Pup*, melynek amplitúdója 16,5 magnitúdó volt. L. Jacchia szerint ezek a nagy amplitúdójú nóvák „szűz”-nóvák, első kitörésüket élik át. P. Tempesti több órán át folyamatosan figyelte meg a *Nova Cygnit*. Fotoelektromos fotometriai úton azt a meglepő eredményt kapta, hogy ez P = 3,2 óra periódussal, 0^m1 amplitúdós periódikus változást mutatott. Nagy fényessége miatt kitűnő alkalmat adott arra, hogy nagydiszperziós spektroszkópiai vizsgálatoknak vessék alá. Főleg Ch. Fehrenbach és Y. Andrillat az Haute Provence Obszervatórium nagy távcsövein és

Y. Kozai az Okayama Observatóriumban végeztek számos spektroszkópiai megfigyelést. Augusztus 29,7-kor még csak intersztelláris eredetű vonalak láthatók. 29,92-kor a gyakorlatilag folytonos spektrumon már megjelenik alig láthatóan a $H\beta$ és az OI $\lambda 7772$ vonal. Ezután a spektrum igen gyorsan fejlődött. Augusztus 30,86-től már több emissziós és abszorpciós vonal jelenik meg: a hidrogén Balmer és Paschen vonalai, valamint az OI, NI, SiII, CaII, NaI, FeII, TiII, MgII vonalak igen erősek. A mért expansziós sebesség 1700 km/sec, szeptember 7-én a Ha-vonalból mért expansziós sebesség 3500 km/sec., szeptember 10-én pedig 4000 km/sec. A H-emisszió mellett ekkor már a He-emisszió a legerősebb. Októberre rendkívül részletűssá vált a nóva spektruma. Felerősödött az [OI] $\lambda\lambda 6300, 6363$, [OII] $\lambda\lambda 7319, 3331$, [OIII] $\lambda\lambda 4363, 4959, 5007$, [NII] $\lambda\lambda 5755, 6548, 6584$, [NeIII] $\lambda\lambda 3869, 3967$, [NeV] $\lambda 3426$ tiltott vonalakban az emisszió. Ugyanakkor más erős emissziós vonalak is voltak: $H\alpha$ — He , P_6 P_{14} , OI, HeI, HeII, CII, CIII, stb. A Nova Cygninek mérhető rádiósugárzása is volt. A National Radio Astronomy Observatory-nál 8,085 GHz-nél, a Max Planck Institut für Radioastronomie-nál a 10,7 GHz-nél végezték a méréseket. Mindkét hullámhossznál a sugárzás intenzitása októberig fokozatosan nőtt.

Nova Monocerotis = A0620—00 = V616 Mon: Az elmúlt években számos tranziens röntgenforrást fedeztek fel. Egy ilyen újonnan felfedezett forrás az A0620—00. Intenzitása azonban feltűnően erős volt, és augusztus második hetére a korábbi érték ötszörösére nőtt fel. Augusztus 15-én egy gyenge rádió-emissziót is észleltek a nagy rádióobszervatóriumokban. Az objektum optikai megfelelőjét is sikerült megtalálni. A kék Palomar-atlaszon az objektum 20 magnitúdós, augusztus folyamán viszont 11 magnitúdóra fényesedett ki. Régi Harvard-lemezek átvizsgálása során kiderült, hogy az objektum 1917 novemberében már átélt egy kitörést, akkor is 12 magnitúdóra fényesedett ki. Ez azt jelenti, hogy V616 Mon rekurrens nova, periódusa 58 év körüli.

Az objektumot a Szaljut 4 űrállomás röntgen-teleszkópjával a ScoX—1-hez hasonlították. A spektrális eloszlás alakjából megbecsülték a látóiránybeli hidrogén mennyiségét (10^{21} — 10^{22} H-atom adódott). Ebből arra következtettek, hogy a ScoX—1-nél közelebb van.

Minthogy ez az első rekurrens-nova fellángolás a röntgensugárzásat létrejötté óta, nem tudjuk, hogy a rekurrens-novák tipikus sajátága-e az erős röntgensugárzás.

A V616 Mon spektrum erős kék kontinuummal rendelkezik, jellegzetes vonalak nélkül. A látható fényben minden hullámhosszon fényének polarizáltsága kb. 1,7%, iránya kb. 140° . Ez kizárja, hogy az optikai sugárzás szinkrotron-sugárzástól származzon.

Nova Sagittarii: Y. Kuwano fedezte fel július 13,51 UT-kor, fényessége ekkor 8,4 magnitúdó volt. Július 8-án készült fotografikus felvételen még nem volt látható. A Palomar-atlaszon egy nagyon halvány objektum (20^m)

figyelhető meg a nóva helyén. A nóva gyorsan halványodott. Felfedezése után egy hónappal már csak $13,^m5$ fényesnek látszott.

Nova Scuti = V373 Sct: P. Wild fedezte fel június 15,0278-UT-kor. Fényessége ekkor $7,^m9$ volt. A felfedezést megelőzően készült számos felvételen rajta van a nova. Május 6,74-kor $9,^m3$, május 10.30-ig pedig már $7,^m0$ -ra fényesedett ki. Ekkor érte el maximumát. Május 1,98 UT-kor készült felvételen viszont még nem volt látható. A nóva kb. 10 perces periódussal $0,^m03$ -os amplitúdójú változásokat mutatott, egy napon belül viszont $0,^m5$ -os fényváltozások is fölléptek. Spektruma tipikusan novaspektrum. $H\alpha$ -tól $H\zeta$ -ig erős és széles emissziós vonalak léptek föl, az expansziós sebesség 1600 km/sec-nak adódott. Jelen volt még számos más (OI, [OI], NII, [NII], NIII, HeI, stb.) vonal is.

Egy új röntgen-forrás optikai kettős rendszerben

Mintegy 10 röntgen-forrást ismerünk, de ezek közül csupán 8 tagja ismert kettős rendszernek. Különösen fontosak ezek, hiszen tömegmeghatározást csak ezeknél lehet végezni. A Vela X—1 = 3U 0900—40 = HD77581 röntgenforrás is egy ilyen rendszert képez. Spektrumának OII, SiIII, SiIV, NII és NIII vonalaiból J. A. van Paradijs és kollégái meghatározták a radiális sebességváltozást. Ebből a kettős rendszer pályájára vonatkozó eredmények: $P = 8,96$ nap, $e = 0,16$, $K = 22,4$ km/sec és $f(M) = 0,01 M_{\odot}$. Kombinálva ezen eredményt a röntgensugárzás 282,9 sec-os pulzusainak Doppler-eltolódásával és a fénygörbéből számított $i = 74^{\circ}—90^{\circ}$ -os értékkel, a röntgen-forrás tömegére $M_x = 1,7—2,0 M_{\odot}$, optikai kísérőjére $M_{opt} = 20—23 M_{\odot}$ adódott. A kísérő egy BO.5Ib csillag.

Centaurus A, az első azonosított gamma-forrás

Mesterséges égitesteken elhelyezett gamma sugárzás detektorok az elmúlt években több alkalommal jelezték már, hogy ismeretlen forrásokból a gamma sugárzási tartományban heves kitörések vannak. R. C. Haymas, a Houston-i Rice University munkatársa közölte, hogy az egyik gammasugárzó forrást sikerült azonosítania a Centaurus A rádióforrással. A megfigyeléseket egy 40 km magasságba ballonnal felbocsátott gamma-detektorral végezte. A Centaurus A egyébként szén, neon, szilícium és magnézium különféle izotópjait is tartalmazza.

A második gamma-pulzár

A pulzár elnevezést eredetileg A. Hewish és munkatársai által felfedezett pulzáló rádióforrásokra használták. Ma már pulzáló röntgenforrásokra is értik. Rendszerint a pulzáló rádióforrások más hullámhossz-tartományokban nem figyelhetők meg. Egyedül a Rák-ködbeli pulzárrol tudtuk, hogy sugárzása megfigyelhető a látható fényben, a röntgen- és a gamma-tartományban is. D. J. Thompson, C. E. Fichtel, D. A. Kniffen és H. B. Ögelman kimutatták, hogy a Vela-pulzár (PSRO833—45) gamma-pulzár is. A 89 ms-os rádióperiódus megegyezik a gamma-pulzusok periódusával.

A 3C 279 kvazár fényváltozása

Számos kvazár és a BL Lacertae-vel rokon objektum mutat feltűnő fényváltozást. A legnagyobb változást közülük, úgy látszik, a 3C 279 mutatja. L. J. Eachus és W. Liller a Harvard Observatory-ban felkutatták ennek az objektumnak a fotometriai történetét. Átvizsgálták a Harvard Observatory 45 évre visszanyúló lemezgyűjteményét. Azt találták, hogy a 3C 279 legfényesebb 1937. április 12-én volt, amikor is $11,27^m$ -ra fényesedett ki; leghalványabbnak 1965-ben bizonyult, ekkor fényessége csupán 18^m volt. Ez azt jelenti, hogy a 3C 279 legalább 6,7 magnitúóval képes változtatni a fényességét. Ha elfogadjuk, hogy vöröseltolódása kozmológiai, akkor 1937-ben abszolút fényessége $-31,4$ volt. 1929 óta leggyorsabb fényváltozása 1936-ban következett be, 13 nap alatt fényessége 2,2 magnitúóval változott meg. Ebből pedig az következik, hogy az objektum átmérője nem lehet több, mint néhány fénynap. Komoly probléma egy olyan mechanizmust találni, mely a roppant nagy energia-kisugárzást ilyen kis térfogatból tudja produkálni. A vizsgálatok arra engednek következtetni, hogy a kitérésök 7 évenként ismétlődnek, s a fényváltozás inkább periódikus mint random.

A legtávolabbi ismert normál extragalaxis

H. Spinrad a Lick Observatory 3 m-es távcsövével távoli extragalaxisok spektrumát vizsgálta. Négy éjszakán át gyűjtötte a 3C 123 $21,7$ magnitúdós extragalaxis fényét egy képerősítőn keresztül; így használható spektrumot kapott. Sikerült megtalálnia benne az oxigén egy jellegzetes vonalát, amelyből meghatározta a vöröseltolódást (0,637) és a galaxis tőlünk mért távolságát. A vöröseltolódásból számított távolodási sebesség a fénysebesség 45%-a, a távolságra 8 milliárd fényév adódott. (Az addig ismert legtávolabbi extragalaxis 5 milliárd fényévre van tőlünk, vöröseltolódása $z = 0,46$ és 15 éve fedezték föl). A 3C 123 rádiósugárzó is, így került a 3. Cambridge-i katalógusba (3C). Mint általában a legtöbb galaxis, a 3C 123 is egy galaxis-halmaz tagja.

PULZÁLÓ VÁLTOZÓCSILLAGOK

1784 októberében *Goodricke*, angol csillagász felfedezte, hogy a Cepheus fejénél levő δ Cephei jelű csillag szabályos időközönként változtatja fényességét. Akkoriban még egy tucat változócsillagot sem ismertek, az asztrofizika még a távoli jövő tudománya volt, így a fényváltozás leírásán kívül ezekről az érdekes csillagokról mást nem tudtak megállapítani. Amint egyre több változócsillagot fedeztek fel, fényváltozásuk lefolyása alapján egyes csillagok között sok hasonlóságot találtak, így a fényváltozás okának ismerete nélkül is el tudták különíteni a változócsillagok egyes típusait.

Az egyik változócsillag típusa a cepheida változók alkotják. Ez az elnevezés onnan ered, hogy a δ Cephei ezeknek a változócsillagoknak az egyik legfényesebb és legtipikusabb képviselője. A cepheidákon kívül természetesen számos más változócsillag típus is ismeretes. A fényváltozás lefolyása alapján történő osztályozás még ma sem végleges; az észlelési technika fejlődésével új változócsillag típusok állapíthatók meg, illetve a régebbi osztályozás finomítható, amint ezt majd a cepheidák esetében is látni fogjuk.

A pulzáló csillagok helye a változócsillagok között

Tulajdonképpen minden csillag változócsillag, hiszen roppant hosszú ideig tartó élettújuk során a csillagok időben változó mennyiségű fényt bocsátanak ki sugaruk lassú változása és az energiatermelő folyamatok megváltozása miatt. A gyakorlatban azonban csak a viszonylag rövid idő (legfeljebb néhány évtized) alatt érzékelhetően megváltozó fényű csillagokat tekintjük változócsillagoknak. Sőt, úgy tűnik, hogy még ezeket se mind! Kimutatták például, hogy a Nap — felszínének foltokkal boritottságától függően — néhány czred magnitúdójú fényváltozást mutat, melynek periódusa a Nap tengelyforgási idejével egyezik meg. Ilyen kis amplitúdójú fényváltozást a Napnál sokkalta távolabbi csillagok esetében egyelőre lehetetlen kimutatni. Ezért a változócsillagok osztályozásában sem szerepel az a fényváltozási típus.

A változócsillagok osztályozása általában jól ismert. Itt csupán emlékeztetőül vegyük sorra a felosztás főbb elemeit! A két alapvető osztályt a fedési és a fizikai változók alkotják. A fedési változókkal itt nem foglalkozunk, a fizikai változókat viszont osztályozzuk tovább! A fizikai változók egyik

csoportjába azok a változócsillagok tartoznak, amelyeknél a csillag fényváltozása révén kibocsátott energiafluxus igen nagy, azaz összemérhető a csillag összenergiatartalmával. Ilyen csillagok a szupernovák, a nóvák, a nóvaszerű változók, a félrcsillagok, tehát mindazok a csillagok, amelyek kifényesedése robbanásszerű vagy kitöréses (eruptív) jellegű. Számunkra most a másik csoport a fontosabb, ahol is a fényváltozás az előzőknél kisebb energiakibocsátással jár. Ebbe a csoportba tartoznak a pulzáló változók. A pulzáció periódusa nagy pontossággal állandó, és a fényváltozás időbeli lefolyása (a fénygörbe) ciklusról ciklusra szabályosan ismétlődik a δ Cephei, W Virginis, RR Lyrae, δ Scuti típusú, valamint a törpe cepheida változócsillagoknál. Ezek tehát a szabályos pulzáló változók, melyek mellett ismerünk még félig szabályos változókat és hosszúperiódusú (Mira típusú) csillagokat. Ezen csillagok szabálytalanabb pulzációját az itt ismertetendő pulzációs mechanizmus már nem magyarázza megfelelően. Meg kell még említeni az RV Tauri típusú változókat, melyek lényegében átmenetet képeznek a szabályos pulzáló változók és a félig szabályosak között. A felsorolásban nem szerepel az összes változócsillag típus, csupán a szabályos pulzáló változók listája teljes. E cikk keretében is kizárólag ezekkel a csillagokkal foglalkozunk.

Ami az észlelésekből kiderült

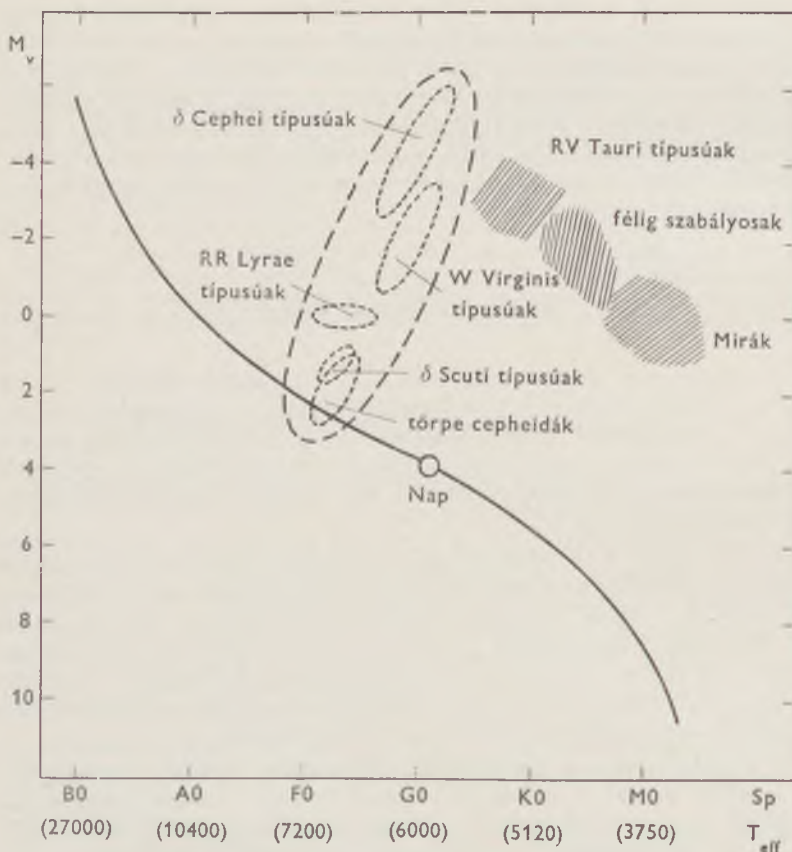
Vizsgáljuk meg, hogy hol helyezkednek el a pulzáló változók a Hertzsprung—Russell diagramon (rövidítve HR diagram). A HR diagram a csillagászok „zseblexikona”, minden pontjáról szinte ránézésre meg lehet mondani, hogy az milyen tulajdonságú csillagnak felel meg. Egyúttal áttekinthetjük az egyes szabályosan pulzáló változócsillag típusokra vonatkozó fontosabb észlelési adatokat is.

A HR diagram a 13. ábrán látható. A vízszintes tengelyen a csillagok színképtípusa van feltüntetve (amit az effektív hőmérséklettel is lehet helyettesíteni, amint az alatta jelölve van), a függőleges tengely pedig a vizuális abszolút magnitúdót mutatja. A szabályos pulzáló változók a főágra közelítőleg merőlegesen, egy viszonylag szűk tartományban, az ún. instabilitási sávban helyezkednek el. A törpe cepheidák egy részének kivételével mind a főág fölé esnek, így óriás, illetve szuperóriás csillagok.

A pulzáló változók legegyszerűbb jellemzői a pulzáció periódusa és a fénygörbe alakja. A periódussal kapcsolatos igen érdekes tény, hogy az instabilitási sávban elhelyezkedő változók periódusa lentől fölfelé haladva nő. A törpe cepheidák és a δ Scuti típusú csillagok periódusa néhány század naptól kb. 0,2 napig terjed, az RR Lyrae típusú változók periódusa átlag 0,5 nap (hozzávetőlegesen alsó és felső határnak 0,3 és 1 nap tekinthetők),

míg a cepheidák (δ Cephei és W Virginis típusúak) periódusa kb. 1 nap és 50 nap közé esik.

Az RR Lyrae típusú csillagok abszolút fényessége független az egyes ilyen típusú változócsillagok periódusától, de a törpe cepheidáknál és a cepheidáknál nyilvánvaló egy periódus–fényesség összefüggés létezése. Minél hosszabb a pulzációs periódus, annál nagyobb a csillag luminozitása. Nagy luminozitásuk révén ezt az összefüggést elsősorban a cepheidáknál használják fel távolságmeghatározásra. Ha ismert egy cepheida látszólagos fényessége és periódusa (mindkettő meghatározható az észlelésekből), az abszolút fényesség a reláció alapján kiszámítható, majd a valódi és

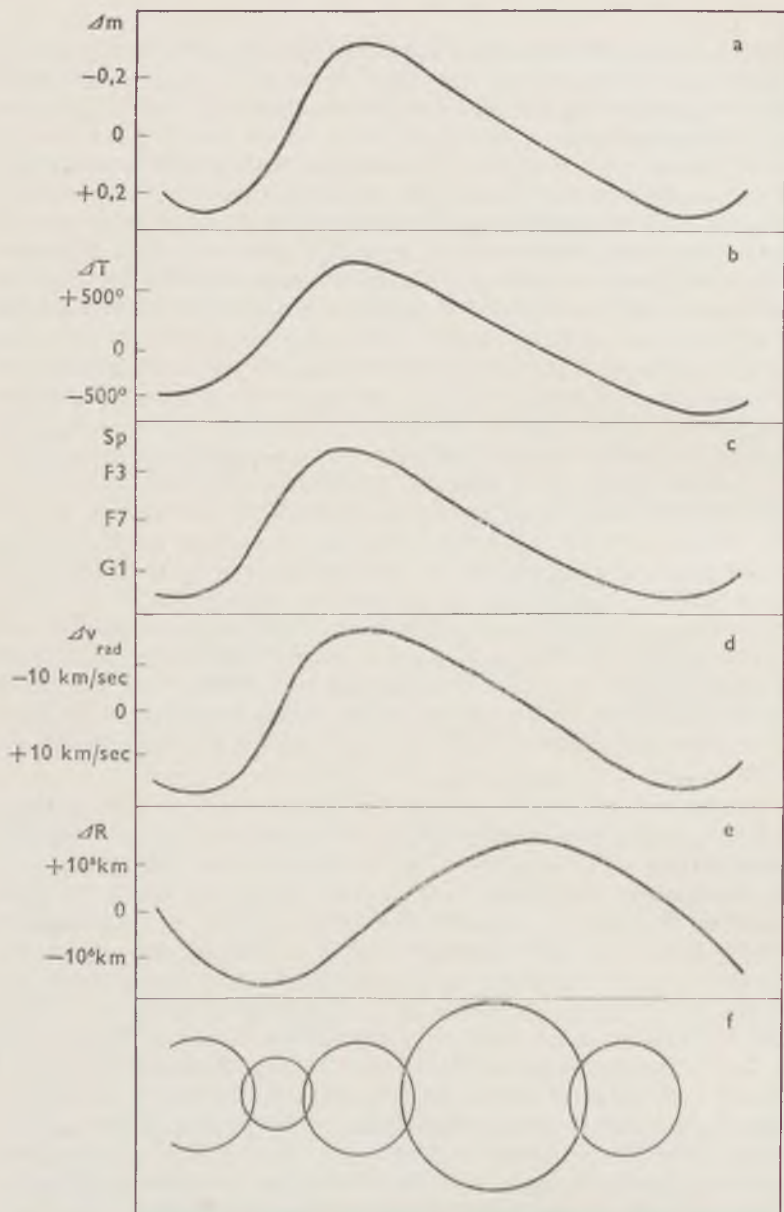


13. ábra. A pulzáló változók helye és az instabilitási sáv a Hertzsprung–Russell diagramon

a látszó fényesség különbségéből meghatározható a változócsillag vagy az azt tartalmazó csillagrendszer távolsága. Az ismert abszolút magnitúdójú változócsillagokkal történő távolságmeghatározás ma az egyik legelterjedtebb távolságmeghatározási módszer.

A 14. ábra egy tipikus pulzáló változó állapotathatározóinak egy pulzációs periódus alatti változását szemlélteti. Az instabilitási sávba eső változócsillagok fénygörbéje általában gyors kifényesedésből (felszálló ág) és viszonylag lassú elhalványodásból (leszálló ág) tevődik össze (14a ábra). Ez aszimmetrikus fénygörbét eredményez. Ha a fényváltozás amplitúdója kicsi, az aszimmetria általában kisebb és a fénygörbe szinuszoidálissá válik. A pulzáló változók általános jellemzője, hogy a hullámhossz csökkenésével a fényváltozás amplitúdója nő, tehát a csillag hol kékebb, hol sárgább, vagyis hőmérséklete is változik (14b ábra). A hőmérséklet maximuma a legnagyobb fényesség idején van. A hőmérséklet változásából következik, hogy a csillag színképtípusa is változik a pulzáció során (14c ábra). A színképvonalakat vizsgálva, a vonalak kisebb, vagy nagyobb hullámhossz felé való eltolódásából megállapították, hogy a csillag radiális (látóirányú) sebessége is periodikusan változik (14d ábra). Ezt úgy lehet magyarázni, hogy a csillag anyaga hol kifelé, hol befelé mozog, tágul és összehúzódik, vagyis pulzál. Ha a csillag összehúzódik, felmelegszik és luminozitása megnő. Azt várjuk tehát, hogy a csillag a legkisebb sugár elérésekor a legfényesebb, amikor a radiális sebesség nullává válik. A 14. ábráról látszik, hogy az észlelések ennek ellentmondanak: a legnagyobb fényesség akkor észlelhető, amikor a csillag a legerősebben tágul. Ez az „ellentmondás” sokáig hátráltatta a pulzációelmélet elfogadtatását, de ma már erre a jelenségre is sikerült kielégítő magyarázatot adni.

A pulzáló változók közül a *cepheidák* a legfényesebbek. A Tejútrendszerben jelenleg közel ezer cepheida ismeretes. Nagy luminozitásuk révén több extragalaxisban is kimutathatók. Az Andromeda-köd (M31) cepheidái azért nevezetesek, mert *Baade* ezek alapján állapította meg a különféle populációk létezését. (A populációkról részletesebben ld.: Csillagászati Évkönyv 1970. 173. old.) Kiderült, hogy a cepheidák nem egységesek, hanem két csoportra bonthatók: az I populációs δ Cephei típusú csillagokra, valamint a W Virginis típusúakra. A δ Cephei típusú csillagok a Tejútrendszer fősíkjához közel találhatóak. Periódusuk 1 nap és 50 nap közé esik, de a Magellán-felhőkben találtak már 100 napnál hosszabb periódusú cepheidát is. A cepheidák sárga színben felvett fénygörbéjének amplitúdója néhány tizedtől másfél magnitúdóig terjed. A W Virginis típusú változócsillagok észlelésekből adódó jellemzői sok közös vonást mutatnak az I populációs cepheidákéval, de a W Virginis típusú csillagok idősebbek (II populációsak), kinematikájuk és tejútrendszerbeli eloszlásuk eltér az I populációs cepheidák hasonló jellemzőitől. Néha a fénygörbe alapján is elkülöníthető a két típus. Bizonyos periódusú W Virginis típusú változók



14. ábra. Egy tipikus pulzáló változócsillag fényességének (a), hőmérsékletének (b), színképtípusának (c), radiális sebességének (d) és sugarának megváltozása (e, f) egy ciklus során

fénygörbéjén jól kivehető másodlagos púp jelentkezik, vagy a maximum nem éles, mint a I4 a ábrán bemutatott példán, hanem laposabb: a maximum idején rövid ideig állandó a csillag fényessége. Másodlagos púp az I populációs cepheidák egy részének fénygörbéjén is megfigyelhető, de a fénygörbe más fázisában. A több évtizedes észlelési anyag alapján azt is meg lehetett állapítani, hogy a W Virginis típusú csillagok kissé nagyobb mértékben változtatják periódusukat, mint a δ Cephei típusú változók, de a periódus megváltozása még így sem számottevő (legfeljebb 0,01%). Még egy jelentős különbség van a kétfajta cepheida között: egy adott periódusú II populációs cepheida abszolút fényessége 1,5 magnitúdóval halványabb az ugyanolyan periódusú „klasszikus” (I populációs) cepheidához képest (l. 13. ábrát).

Az RR Lyrae típusú változók első képviselőit a múlt század végén találta meg Bailey az ω Centauri nevű gömbhalmazban. Ezek a változócsillagok meglehetősen halványak, aminek két oka is van. Egyrészt abszolút fényességük kisebb, mint a cepheidáké, másrészt tipikus II populációs objektumok, így elég távol vannak a földi észlelőktől, akik a Tejútrendszer egyik spirálkarjából vizsgálják az eget. Később sok olyan RR Lyrae változót találtak, melyek nem gömbhalmazok tagjai, hanem mezőcsillagok. Ma az ismert mező-RR Lyrae változók száma majdnem ötezer, tehát ez az egyik leggyakoribb változócsillag fajta. Az RR Lyrae típusú változók fénygörbéjének alakja és amplitúdója alig tér el a cepheidák fénygörbéjétől, így hosszú ideig ezeket a csillagokat rövidperiódusú cepheidáknak nevezte a szakirodalom.

Ha UBV színrendszerben (vagyis ultraibolya, kék és sárga színszűrők segítségével) készült fénygörbe áll rendelkezésünkre, a V fénygörbe mellé el lehet készíteni a $B-V$ és $U-B$ színindex változási görbéket is. A V fénygörbén kívül az RR Lyrae típusú csillagok $B-V$ színgörbéje is igen hasonló a cepheidák $B-V$ görbéjéhez, de az $U-B$ színgörbe már eltér. Az RR Lyrae típusú csillagoknál az $U-B$ görbe maximuma a fénygörbe felszálló ágának idejére esik, minimuma pedig röviddel a fénygörbe maximuma után van. A cepheidák esetében a fénygörbe és mindkét színindex görbéje azonos menetű, és szélső értékei gyakorlatilag egyidejűek.

Mint majd a pulzációelmélet tárgyalásakor látni fogjuk, előfordul, hogy egy csillag egyidejűleg több periódussal is pulzál. Az RR Lyrae típusú csillagoknál is találunk többszörös periodicitást, de itt a hosszabb periódusú fényváltozás nem pulzációs eredetű. Az RR Lyrae típusú csillagoknál fel-lépő másodlagos periódus (az ún. Blazsko-periódus) valószínűleg a csillag tengelyforgási ideje.

Ahogy az RR Lyrae típusú változókat el kellett választani a cepheidáktól, úgy az RR Lyrae típusú csillagok legrövidebb periódusú szárnya is kivált eredeti típusából. Ez már az ötvens évek elején történt, amikor a pulzációelmélet már meglehetősen fejlett volt. Most azonban az időrendi áttekintést elvetve külön ismertetjük a rendelkezésre álló észlelési tényeket,

világos hogy legyen, mi az, amire a fényváltozást leíró elméletnek magyarázatot kell adnia. Tehát kialakult a legrövidebb periódusú cepheidák csoportja, ami a törpe cepheidákat és a δ Scuti típusú változókat tartalmazza. Fénygörbéik hasonlóak a korábban tárgyaltakéhoz, csak a fényváltozás egy-két óra alatt zajlik le. A δ Scuti típusú változók vizuális hullámhosszon észlelt fénygörbéjének amplitúdója általában a 0,1 magnitúdót sem éri el (!), a törpe cepheidáknál a fényváltozás amplitúdója kissé nagyobb, de az 1 magnitúdót csak ritkán haladja meg. A kis amplitúdó és a rövid periódus miatt elég nehéz ezen változók felkutatása az égen. A két rövidperiódusú változócsillag típus eddig ismert képviselőinek száma még a százat sem éri el, de becslések szerint ennek sokszorosa lüktet az égen. A δ Scuti típusú csillagok igen fiatalok (maga a δ Scuti például egy nyílthalmaz tagja), tehát I populációsak, a törpe cepheidák pedig az átmeneti populációhoz tartoznak. Mindkét változócsillag típusra létezik periódus-fényesség reláció, de a δ Scuti típusú változók abszolút fényessége szűkebb határok között változik, mint a törpe cepheidáké. A többszörös periodicitás ezeknél a legrövidebb periódusú pulzáló változóknál a leggyakoribb.

Az észlelési tények ismertetése után már megfogalmazható, hogy az ismeretett csillagok fényváltozását leíró elméletnek milyen jelenségeket kell megmagyaráznia. Miért létezik és miért éppen a megfigyelt helyén van a HR diagramon az instabilitási sáv? Hogyan jön létre az állapotváltozók 14. ábrán bemutatott változása? Miért van fáziseltolódás a radiális sebesség görbéje és a fénygörbe között? Miért szükségszerű a periódus és a fényesség összefüggésének létezése? Nyilvánvaló, hogy mindezekre a kérdésekre egységes elmélettel választ adni nem könnyű dolog. Az elméleti asztrofizikusoknak sok zsákutcából kellett visszafordulniuk, míg eljutottak a pulzációelméletnek egy olyan szintjéhez, amellyel a fenti kérdések legtöbbszörére már kielégítő választ lehet adni.

A pulzációelmélet kialakulása

Annak érdekében, hogy a pulzáció elméletét könnyebben megérthessük, vissza kell térni a századfordulóhoz. A múltba történő sikeres visszahatoláshoz célszerű néhány korábban ismertetett tényt elfelejteni — legalábbis gondolatban. A múlt század végéig a cepheidák vizuális és fotografikus fénygörbéje állt csak a csillagászok rendelkezésére. 1894-ben *Belopolszkij* a cepheidák színképét tanulmányozva felfedezte, hogy a színképvonalak hullámhossza a fényváltozás fázisának függvénye, azaz a fényváltozás során a csillag radiális sebessége is periodikusan változik. A fénygörbe és a radiális sebesség görbéje alapján a legkézenfekvőbb volt a cepheidák fényváltozását a kettőscsillag hipotézissel magyarázni, bár a kísérő csillag spektrumát sohasem tudták megfigyelni. A görbék alakjából nyilvánvaló, hogy az egyszerű

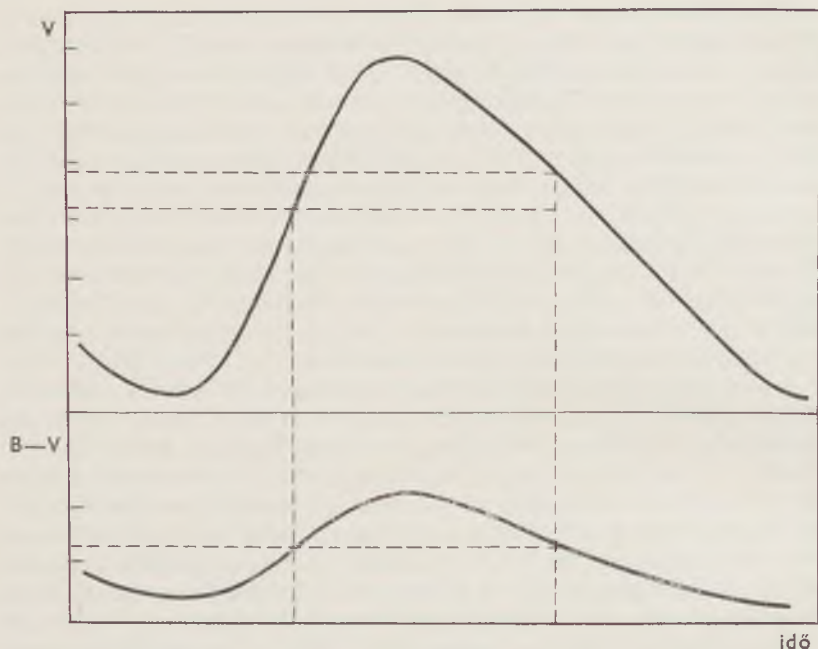
„fedési változó”-elgondolás itt nem helyénvaló. Amikor *Karl Schwarzschild* 1899-ben észrevette, hogy a cepheidák fényváltozása során effektív hőmérsékletük is változik, úgy vélekedett, hogy a fényváltozás a hőmérséklet megváltozásának eredménye. A fedési változók egy részénél hőmérsékletváltozást nem lehet kimutatni, de például szoros kettősöknél az árapálykeltő erő miatt változhat a csillag effektív hőmérséklete. Ezen az alapon több elgondolás született, melyekkel a cepheidák fényváltozását próbálták magyarázni. Az egyik szerint az árapálykeltő erők a periasztronban (amikor a két csillag legközelebb van egymáshoz) a csillagok felmelegedéséhez vezetnek, s ennek következménye a fényességnövekedés. Egy másik magyarázat szerint az általában sötét kísérő a periasztronban világossá válik azáltal, hogy a másik csillag fénye visszaverődik róla. Azonban ezek a hipotézisek, miként az itt ismertetésre nem kerülő társaik, nem állták ki az idők próbáját.

A csillagok radiális pulzációjának gondolatát már meglepően korán felvetették. *Ritter* már a múlt század hetvenes éveiben vizsgálta homogén gázgömbök adiabatikus pulzációját, de tekintve, hogy akkoriban még alig kétszáz volt az összes ismert változócsillag száma, nem figyeltek fel *Ritter* alapvető változócsillagászati munkájára. (A változócsillagok számának ugrásszerű növekedése egyébként a csillagászati fényképezés elterjedésének köszönhető.) Később többen is próbálkoztak csillagok pulzációjának számolásával, de az újabb modell (a csillag zonális pulzációja, vagyis a csillag térfogata állandó, csak alakja változik) nem felelt meg az észlelt fény- és radiális sebességgörbéknek. Ennek ellenére igen sokan kétségbe vonták, hogy a cepheidák fényváltozását a csillag kettössége okozza, de a perdöntő bizonyíték csak az 1910-es években született meg. Ekkor állapították meg, hogy a csillagok között vannak óriások és törpék. *Hertzsprung* és *Russell* kimutatták, hogy a cepheidák óriás csillagok, majd *Shapley* mutatott rá arra, hogy a cepheidák átmérője több, mint tízszer felülmúlja a kettős-csillag-modellben feltételezett kísérőcsillag pályaa tmérőjét, amit a fényváltozás periódusa alapján határoztak meg. Egy csillag a másik belsejében mégsem keringhet!*

Csak ezután kezdtek a teoretikusok érdemben foglalkozni a pulzációelmélettel, amelynek még később is voltak ellenzői (pl. *Jeans* és az asztrofizika mellett sci-fi írással is foglalkozó *Hoyle*).

A pulzációelmélet híveinek igazságát mi magunk is beláthatjuk. Ehhez használjuk fel a 15. ábrán látható V fénygörbét és a hozzá tartozó $B-V$ színindex-görbét. A színindex a csillag hőmérsékletének egyértelmű függvénye. Ha két időpontban a csillag színindexe azonos, hőmérséklete is azonos kell hogy legyen. A fénygörbén mégis más fényesség felel meg ennek a két időpontnak, amit csak a csillag felszínének, s ebből credően sugarának

* Meg kell jegyezni azonban, hogy a pulzáló változók között is vannak kettős-csillagok, de a fényváltozást ezeknél sem a csillag kettössége okozza. Igen érdekes például a CE Cassiopeiae cepheida-kettős-csillag, melynek mindkét komponense cepheida változó.



15. ábra. Egy pulzáló változó V fénygörbéje és $B-V$ színindex görbéje. Az azonos színindexű (hőmérsékletű) pontokhoz nem azonos fényesség tartozik

megváltozása okozhat. Ez a pulzációra vonatkozó teszt a radiális sebesség görbéjének vizsgálatával kiegészítve a pulzáló változók sugarának és sugárváltozásának meghatározására is alkalmas.

Az előző egyszerű gondolatmenet alátámasztja azt a sejtést, hogy az említett változócsillagok pulzálnak, de elméletileg is ki kell mutatni, hogy a csillagok képesek pulzálni. A csillagok pulzációjának hidrodinamikai tanulmányozása a tömeg, az impulzus és az energia megmaradásának tétele alapján kezdhető el. Ez a kiegészítő egyenletekkel egy csatolt, parciális differenciálegyenlet-rendszert eredményez, amit teljes pontossággal lehetetlen megoldani. Bizonyos közelítésekkel és elhanyagolásokkal az egyenletek sokkal egyszerűbbekké válnak.

Eddington nevéhez fűződnek az első jól kidolgozott pulzációs modellek. Ő úgy tekintette a csillagokat, hogy belsejükben adiabatikus állapotváltozások következnek be kis amplitúdóval, azaz a csillag egy tetszőleges tömegelme és annak környezete között nem lép fel hőcsere. A csillagok sajátrezgésének ez az ún. lineáris, adiabatikus közelítése sok szempontból már megközelíti a valóságot. Ezen megoldás szerint ugyanis szoros összefüggés van

a pulzáló csillagok periódusa és átlagsűrűsége között. Nevezetesen, a periódusnak a csillag átlagsűrűségének négyzetgyökével való szorzata állandó. Mivel a csillag pulzációs periódusa durván az az idő, amely a hanghullámnak a csillagon való egyszeri keresztülhaladásához szükséges, és ritkább közegeben a hang lassabban terjed, így a nagyobb, ritkább csillagok periódusa hosszabb, mint a kisebb méretű, de nagyobb sűrűségű változóké. S mivel a nagyobb csillagok egyúttal fényesebbek is, a periódus és a fényesség között fennálló összefüggés is elméleti alapot kapott.

Eddington felhívta a figyelmet arra is, hogy ha valamilyen zavar hatására a csillag rezgésbe jön, ez a szabad rezgés hamarosan lecsillapodik. Az észlelések ugyanakkor azt bizonyítják, hogy egyes változócsillagok már több, mint száz éve állandó amplitúdával pulzálnak. Ezért a pulzáló változók belsejében olyan mechanizmusnak kell működnie, amely a sugárzási energiát a pulzáció mechanikus energiájává alakítja át. Hogy ez a mechanizmus ne mondjon ellent a termodinamika második főtételének, ugyanolyan elven kell működnie, mint bármely más termodinamikai hőerőgépnél. Ilyen hétköznapi hőerőgép például a Diesel-motor, amelynek hengerében a levegő összenyomása közben lényegében adiabatikus folyamat játszódik le. A dugattyú a beszívott levegőt olyan gyorsan nyomja össze, hogy a levegő többszáz fokra fölmelegszik, s ez a hőmérséklet elegendő ahhoz, hogy a megfelelő pillanatban a hengerbe befecskendezett üzemanyag önmagától meggyulladjon. Az ekkor felszabaduló energia révén a munkahenger térfogata nő, majd a holtpont után az egész folyamat ismétlődik. Ehhez hasonló folyamatot kell keresni a csillagokban is, vagyis olyan mechanizmust, melynek révén a csillag anyaga energiát nyel el akkor, amikor a csillag a legkisebb. Ekkor ugyanis az összehúzódás révén megnőtt nyomás mellett a belső energia megnövekedése is fokozza a következő tágulási folyamatot. Továbbá az energiakibocsátás akkor következzen be, amikor a csillag a legnagyobb átmérőjű, azaz a nyomás csökkenjen le annyira, hogy a gravitáció hatása jusson túlsúlyba, lehetőséget teremtve a következő összehúzódáshoz.

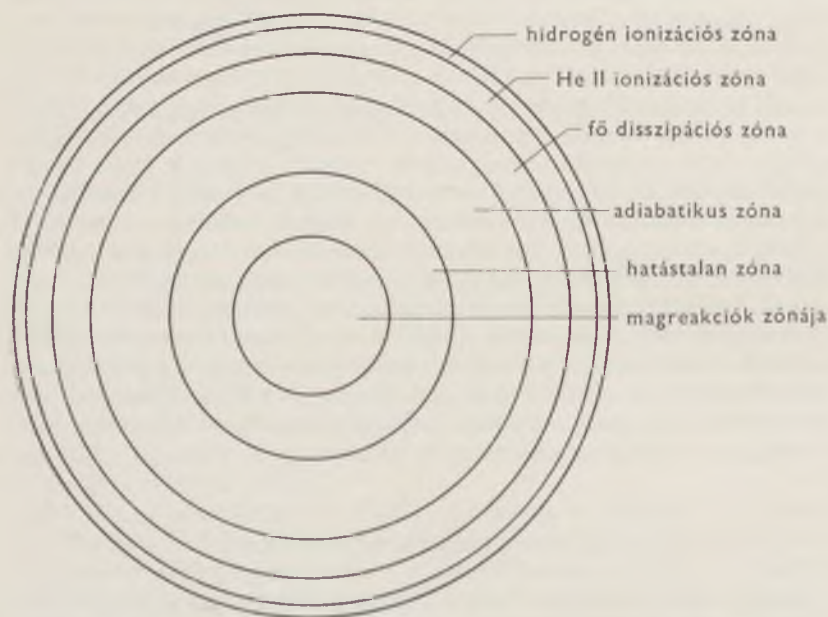
Meg kell tehát keresni, hogy a csillag mely részében, milyen konkrét folyamat biztosítja a pulzáció energiájának utánpótlását. Meg kell vizsgálni továbbá a pulzáció valóságot jobban megközelítő modelljeit is, tehát a nem-adiabatikus és nem-lineáris esetet, amikor a csillag egyes tömegelemeinek hőmérséklete, nyomása, sűrűsége, luminozitása és helye viszonylag nagy mértékben változik meg egy pulzációs ciklus során.

A pulzáció meghatározója: a hélium

Az első olyan folyamat, ami a pulzáció csillapodása során elvesztett energiát pótolni tudja, a csillag magjában jöhet létre, ahol a csillag energiaforrásául szolgáló magreakciók zajlanak le. Ezek a reakciók a hőmérsékletre

igen érzékenyek, már kis hőmérsékletnövekedés esetén is jelentősen nő a felszabaduló energia. Ha tehát a csillag összehúzódik és felmelegszik, a magreakciók intenzitásának megnövekedéséből származó többlet-energiát a csillag a tágulás mértékének növeléséhez használhatja fel. Ezt a folyamatot azonban el kell vetni a lehetséges megoldások közül, mert a pontosabb számítások szerint a csillag legbelső részében a pulzáció amplitúdója nulla. Tehát a csillag centruma körüli tartomány nem pulzál, hiába volna ott lehetőség a pulzáció fenntartására.

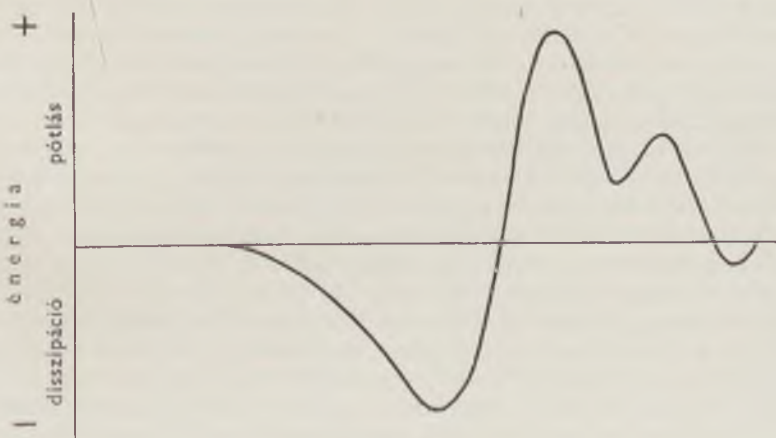
A csillag középponti részében elhelyezkedő magátalakulási zónát alacsonyabb hőmérsékletű és kisebb sűrűségű csillaganyag veszi körül. Ennek a rétegnek is igen kicsi a pulzációs amplitúdója. A csillag középpontjától még távolabb fekvő rétegeknek a pulzáció során létrejövő elmozdulása már nagyobb, de az anyag sűrűsége még itt is olyan mértékű, hogy az állapotváltozás adiabatikusnak tekinthető. Az adiabatikus viselkedésű rétegek pedig nem tudnak pulzációt gerjesztő energiagazdálkodást folytatni. A pulzációt a csillag külső részében lejátszódó folyamatok tartják fenn. A pulzáció fennmaradása szempontjából a legfontosabb réteg az egyszerűen ionizált hélium (*HeII*) ionizációs zónája, ahol az egyik elektronját már nélkülöző hélium atom elveszítheti második elektronját is. A csillag anyagán



16. ábra. A pulzáló változók vázlatos keresztmetszete

a sugárzás általában könnyebben hatol át, ha nagyobb a hőmérséklet, vagyis a kompresszió idején. Ez a csillag rezgésének csillapítását idézi elő. Az egyszerűen ionizált hélium ionizációs zónájában azonban a sugárzás elnyelése a maximális kompresszió idején a legnagyobb. A növekvő hőmérséklet ugyanis lehetőséget teremt a hélium másodszori ionizációjához, amelyhez a szükséges energiát a belső rétegek felől érkező sugárzás szolgáltatja. Ez az energiaelnyelés azután a réteg nyomásának növekedéséhez vezet, így fokozni képes a következő tágulás mértékét. A csillag anyagának sugárzást elnyelő képességét az ún. opacitással szokták jellemezni. Az opacitás annál kisebb, minél kevesebb energia nyelődik el az anyagban. A pulzáció fenntartásának imént leírt mechanizmusát kappaeffektusnak nevezik, mivel a folyamat lényege az asztrofizikában görög kappa (κ) betűvel jelölt opacitásnak a szokásostól eltérő viselkedése.

A csillag még kisebb fekvő rétegeiben a hélium már semleges állapotban van, ott azonban a hidrogén részleges ionizációs zónája képes a pulzáció gerjesztésére, a csillag sugárzó energiájának mechanikus energiává történő átalakítása révén. A 16. ábrán egy pulzációra képes óriás csillag hozzávetőleges keresztmetszete látható. Az ábrán fel vannak tüntetve a pulzáció energiáját csökkentő (disszipációs) és növelő zónák. Az egyes rétegeknek a pulzáció energiájára gyakorolt hatását a 17. ábrán látható görbe mutatja. A csillag középpontjától kiindulva először csak a pulzáció energiáját szóró rétegek vannak, majd a hélium és a hidrogén ionizációs zónáiban pótlódik az elveszett energia, végül a csillag légkörében ismét a pulzáció lecsillapítását elősegítő folyamatok zajlanak le. Ha a részleges ionizációs zónákból szár-



17. ábra. A csillag belsejének pulzációs energiaháztartása. Balra van a csillag közepe, a jobb szélén pedig a csillag légköre

mazó energiajárulék nagyobb, mint a kvázi-adiabatikus zónák sugárzása során létrejövő csillapítás, a pulzáció stabilissá válik. (Az ábrán az ionizációs rétegek vastagsága erősen torzított.)

Az elmélet egyezik a megfigyelésekkel

Eddington lineáris, adiabatikus számolásai mindenképpen a pulzáció gyors lecsillapodását eredményezték. A pulzációelmélet kifejlesztésének következő korszaka *Zsevakín*, szovjet csillagász nevéhez fűződik. Ő a csillag anyagát részben nem-adiabatikusnak tekintette. Ez a helyes feltevés segítette elő, hogy neki sikerült először kimutatnia a *HeII* részleges ionizációs zónájának fontosságát. A számolások során nagy könnyebbséget jelentett, hogy a csillag belső részeit teljesen figyelmen kívül lehetett hagyni a pulzáció szempontjából (ahol a hőmérséklet nagyobb, mint 10^6 °K). A közepes mélységben fekvő rétegeket (10^5 – 10^6 °K hőmérséklet-tartomány) pedig továbbra is adiabatikusnak lehetett tekinteni.

Mindenesetre az egyenletek olyan bonyolultakká váltak, hogy megoldásukhoz csak numerikus integrálással lehetett eljutni. A lineáris, nem-adiabatikus modell megoldásának eredményeképpen is a csillag pulzációs frekvenciáját, valamint a sugár, a hőmérséklet és a sűrűség relatív megváltozását mint a sugár függvényét lehetett meghatározni. A pulzáció frekvenciáját illetően alig van eltérés az adiabatikus esethez képest, de a sűrűség és a hőmérséklet változása az új modellnél már nincs fázisban az egyes felületek elmozdulásával.

A pulzáció nem-lineáris elméletének kidolgozásakor is az alapvető megmaradási tételek képezték a kiindulást. A linearitás feladása azt jelenti, hogy az egyes mennyiségek megváltozása tetszőlegesen nagy lehet. A konkrét számítások elvégzéséhez a csillagot homogén héjakra osztották. A differenciálegyenletek a héjakra alkalmazva differencia-egyenletekké váltak, és megfelelő kezdeti értékek feltételezésével az algebraivá átalakított egyenletrendszert elektronikus számítógépek segítségével megoldották. Ennek a módszernek az első alkalmazása az amerikai *Christy* nevéhez fűződik. A héjak számát és vastagságát úgy kellett megválasztani, hogy a modell jól közelítse a valódi csillagok felépítését, ugyanakkor a számolás ne tartson túl hosszú ideig az egyébként gyors számítógépekkel sem. Általában 25 és 50 közötti héjból álló csillagmodellek pulzációjának kialakulását és időbeli fejlődését számolták ki. A pulzáció időbeli lefolyását egyes modellek esetében több száz perióduson át is nyomon követték, így meg lehetett határozni, hogy a pulzáció stabilissá válik-e, s ha igen, mekkora lesz a maximális amplitúdója?

A pulzáció nem-lineáris elmélete segítségével nemcsak a fényváltozás és a radiális sebesség változásának amplitúdója adódott az észlelésekkel megegyezően, hanem más jelenségekre is kielégítő magyarázatot lehet kapni.

Az észlelt fénygörbe sokszor nem olyan egyszerű alakú, mint a 14. és 15. ábrán bemutatott példán. A másodlagos púpok jelentkezésének fázisa és a kidudorodás amplitúdója is jól nyomon követhető elméletileg. Megoldódott az a rejtély is, hogy miért tér el közel 90° -kal a radiális sebesség görbéjének fázisa a fénygörbe fázisától (tehát, hogy a fénymaximum miért nem a sugár minimális értékénél észlelhető). A jelenség könnyen értelmezhető, ha figyelembe vesszük, hogy a pulzációelméletnek ez a foka a csillagnak már nem homogén, radiális pulzációját tárgyalja. A pulzáció nem úgy zajlik le, hogy az egész csillag bizonyos ideig tágul, ezt követően pedig minden tömegelem a csillag középpontja felé irányuló mozgást végez. Az elmélet szerint a pulzáció során a csillag sohasem megy át „nyugalmi” állapotán, azon az állapoton, ami a pulzáció beindulása előtt állt fenn, hanem egyes részei a csillag középpontja felé mozognak, míg ezzel egyidejűleg más részek emelkednek. Az észlelt fénygörbe a csillag fotoszférájának állapotát tükrözi. A radiális sebesség görbéjének megszerkesztése viszont más rétegek által kibocsátott színképvonalak alapján történik. Néhány ezer kilométeres magasságbeli különbség esetén is tetemes fáziskülönbség jöhet létre a rétegek mozgásában. A mozgások hevedése is felülmúlja azt a szintet, amit egy „szelíd” pulzációtól várnánk. Egyes rétegek esése vagy emelkedése olyan nagy sebességű, hogy lökéshullám keletkezik, ami a fizikai tulajdonságok ugrásszerű megváltozásával jár együtt. A lökéshullám frontjában keletkező hőmérséklet-emelkedés miatt egyes színképvonalak emissziós vonalként jelennek meg rövid időre.

Válasz adható most már arra a kérdésre is, hogy miért létezik a HR diagramon egységes instabilitási sáv. Ahhoz, hogy egy csillag pulzáló változóvá váljon, nem elégséges, hogy benne egy kis pulzációs instabilitás lépjen fel, hanem a keletkezett zavart fel kell erősíteni és fenn kell tartani. Ha a pulzációt fenntartó mechanizmus nem működik, a pulzáció elhal. A HR diagramon az instabilitási sáv majdnem függőleges, tehát instabilitás egyaránt felléphet kisebb és nagyobb luminozitású csillagnál. Ugyanakkor az instabilitási sáv vízszintes kiterjedése elég csekély, azaz szűk hőmérsékleti határok között képes működni a pulzációt fenntartó mechanizmus. Ha egészen magas felszíni hőmérsékletű csillagokat tekintünk, ott a hélium már a csillag felszínén is kétszeresen ionizált. Egy bizonyos effektív hőmérséklet alatt a hélium kétszeres ionizációja már nem teljes. Ez a hőmérséklet felel meg az instabilitási sáv bal oldali határának. Az alacsonyabb effektív hőmérsékletű csillagokban megjelenik a *HeII* részleges ionizációs zónája. Csökkenő effektív hőmérsékletnél ez a pulzáció szempontjából oly fontos tartomány egyre mélyebbre kerül a csillag belsejében, mégpedig olyan mélyre, hogy a hőmérsékleti viszonyok kedvezzenek a részleges ionizáció megteremtésének. Ugyanakkor az instabilitási sávnak van egy alacsony hőmérsékletű határa is, amit a pulzációelmélet jelenlegi formája még nem tud jól meghatározni. Az alacsonyabb effektív hőmérsékletű csillagokban a *HeII* zóna mélyebbre kerülésével együtt mind fontosabb szerepet játszik az energiaszállítás konvektív

(áramlásos) formája. A konvekció figyelembevételét a kiindulási egyenletekben csupán az utóbbi időben kísérelték meg, egyelőre szerény eredményekkel. A konvekció szerepének növekedésével a pulzáció „szabályossága” fokozatosan elvész. Az RV Tauri típusú, a félig szabályos és a hosszuperiódusú változók, amelyek a HR diagramon az instabilitási sávtól jobbra találhatóak, ilyen értelemben a szabályos pulzáló változók sorozatának folytatásaként tekinthetők.

Amint korábban utaltunk rá, a pulzációt nemcsak a *HeII* részleges ionizációs zónája gerjeszti, hanem a hidrogén ionizációs zónája is befolyásolja a pulzáció fenntartását. A két zóna relatív fontossága főleg a héliumnak a csillag külső rétegeiben való gyakoriságától függ. Idősebb csillagokban, így például az RR Lyrae típusú változóknak és a II populációs cepheidákban a hélium nagyobb százalékszámú fordul elő, mint a fiatal csillagokban, így ezeknél a *HeII* zóna hatása meghatározó. Az instabilitási sáv magas hőmérsékletű határa is nagyobb effektív hőmérsékletre kerül a hélium gyakoriságának növelése esetén. Általában véve az instabilitási sávba eső különböző típusú változók közötti különbséget a kémiai összetétel és a csillag mérete határozza meg. A kémiai összetételből is csak a *He/H* arány a fontos. A többi elem gyakorisága a pulzációt nem befolyásolja, csupán a csillag „őstörténete” van hatással, tehát azt szabja meg, hogy hogyan jut el az adott csillag a pulzáció beindulásáig. A csillag mérete pedig úgy lefolyásolja a pulzációt, hogy a mérettől erősen függ a külső rétegek sűrűsége, s a pulzáció ezekben a külső rétegekben a legintenzívebb.

Teljes-e a pulzációelmélet?

Nem. A pulzációelmélet extenzív és intenzív fejlesztésére egyaránt szükség van. A pulzációelmélet általánosabbá tételének fő feladata a konvekciónak az elméletbe való beépítése. Ennek sikere esetén még több változócsillag típust lehetne egységes elmélet keretében tárgyalni.

Ugyanakkor még a szabályos pulzáló változókkal kapcsolatban sincs még minden tisztázva. Ez adja a pulzációelmélet intenzív fejlesztésének lehetőségét. Az eddig kielégítően meg nem magyarázott jelenségek közül csupán egyet ragadjunk ki: a többszörös periodicitás felléptét. Ha a csillag a benne fellépő instabilitás következtében pulzálni kezd, a létrejövő pulzáció frekvenciája a csillag rezonancia-frekvenciája (ekkor mondjuk, hogy a csillag sajátrezgést végez). A hétköznapi rezgésekről kialakított képpel szemléltetve olyan állóhullám jön létre a csillag belsejében, melynek „csomópontja” a csillag tömegközéppontja, s a csillag felszíne a „szabad vég”, miközben bentről kifelé haladva a rezgés amplitúdója monoton növekszik.

Ha egy húrt megpendítünk, az is rezonancia-frekvenciáján kezd rezegni. Ugyanakkor, ha egyforma magasságú hangot adó húrt pendítünk meg

két különböző hangszeren, az azonos hangmagasság ellenére felismerhető, hogy hegedű, vagy hárfa hangja szól-e. Az alaprezgéssel egyidejűleg ugyanis az ún. felharmonikus rezgések egy része is gerjesztődik, s ezek összetétele szabja meg a hang színezetét. A csillagoknál is előfordul, hogy a felharmonikus rezgés is gerjesztve van. Az első felharmonikus úgy lehet szemléltetni előző modellünkkel, hogy a rezgésnek még egy „csomópontja” van, azaz van egy olyan réteg a csillag belsejében valamilyen közbülső sugárnál, amelyik állandó nyugalomban van. Az első felharmonikus rezgés periódusideje rövidebb, mint az alaprezgésé, és a magasabb rendű felharmonikusok egyre rövidebb periódusúak.

Az RR Lyrae típusú csillagok periódus szerinti gyakorisági eloszlása két csúcst ad. Ezzel kapcsolatban vetődött fel az az elképzelés, hogy a rövidebb periódusúak (RR_c változók) az első felharmonikusban rezegnek, míg a hosszabb periódusúak (RR_{ab} változók) az alaprezgés képviselői. A megfigyelések alapján az RR_c változók elsősorban az instabilitási sáv magas hőmérsékletű szélén helyezkednek el, míg az RR_{ab} csillagoknak alacsonyabb az effektív hőmérsékletük. Az RR Lyrae típusú csillagokra kidolgozott pulzációs modellek összhangban vannak a megfigyelésekkel. A nem-lineáris pulzációelmélet szerint az instabilitási sáv magas hőmérsékletű szélén az első felharmonikus rezgés gerjesztődik nagyobb amplitúdóval.

A felharmonikus rezgéseknek egy teljesen más megnyilvánulása lép fel a δ Scuti, a törpe cepheida és a cepheida változóknál. Ezen csillagok számos képviselőjénél az alaprezgés és az első felharmonikus rezgés egyszerre gerjesztődik. A P_0 periódusú alaprezgés és a P_1 periódusú első felharmonikus rezgés összetevődéséből egy P_b periódusú modulált rezgés alakul ki. P_b az ún. beat periódus, ami a következő összefüggésből számítható ki:

$$P_b = \frac{P_0 \cdot P_1}{P_0 - P_1}.$$

Kettőnél több periódusú rezgés egyidejű gerjesztődése a csillagokban igen ritka, de erre is akad példa. A beat jelenség elméletét még nem sikerült kifejleszteni. A pulzációs modelleket vagy az alaprezgésre, vagy valamilyen felrezgésre dolgozták ki, több módus egyidejű gerjesztődése elméletileg nehezen kezelhető. A jövőre vár annak a kérdésnek a megválaszolása, hogy milyen paraméterektől függ a többszörös periodicitás fellépte, és mitől függ, hogy hány felrezgés gerjesztődik. A többszörösen periódusos pulzáló változók vizsgálata egyébként hazánkban is fontos kutatási téma (ld. a Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézetéről szóló beszámolót az Évkönyv más helyén). A Nemzetközi Csillagászati Unió többszörösen periódusos változócsillagokkal foglalkozó konferenciáját is Budapesten rendezték, 1975-ben.

Az észlelési tények ismertetésekor az RR Lyrae típusú változók többszörös periodicitásáról is említés történt, azt állítva, hogy az ott fellépő hosszabb

periódus (a Blazsko-periódus) nem pulzációs eredetű. A pulzációelméletben most szerzett jártasságunkkal már ezt is meg tudjuk indokolni. Az RR Lyrae típusú csillagok pulzációs periódusa fél nap körül van. A Blazsko-periódus pedig ennek nagyságrendben százszorosa. A beat periódus kiszámítására vonatkozó képletből látszik, hogy ilyen hosszú modulációs periódus csak akkor jöhet létre, ha két közel azonos periódusú felharmonikus rezgés gerjesztődik egyszerre. Ez pedig csak igen magas sorszámú felharmonikusok rezgése esetén jöhet létre. A pulzációelméletnek és a józan észnek viszont ellentmondana, ha az RR Lyrae típusú csillagok nem az alapperiódussal és az első néhány felharmonikus periódussal pulzálnának, hanem például a 23. és a 24. felharmonikus rezgés gerjesztődne. Ezért a Blazsko-effektust meg kell különböztetni a többi pulzáló változónál fellépő beat jelenségtől. *Detre László*, a változócsillagászat egyik legnagyobb egyénisége, évtizedeket szentelt a Blazsko-effektus vizsgálatának. Elképzelése szerint a Blazsko-periódus a változócsillag tengelyforgási ideje. Egy Blazsko-perióduson belül a fénygörbe változását a csillag mágneses tere idézi elő, nevezetesen az, hogy a mágneses tengely nem esik egybe a forgástengellyel. A pulzáció ugyanis a mágneses tengelyre szimmetrikusan zajlik le. A pulzáció amplitúdója a mágneses tér függvényében más és más a csillag felszínének egyes pontjain. A csillag tengelyforgása következtében ezért lép fel a fénygörbeváltozás. Néhány ilyen változócsillag esetében többéves ciklust is ki lehetett mutatni, amelyek a 11 éves napciklus „égi másaként” értelmezhetők. Ezt az elképzelést számos tény támasztja alá, többek között magáról az RR Lyrae-ről készült mágneses mérések is.

A cikk elején utalás történt arra, hogy a Napot is változócsillagnak tekinthetjük. A végén kiderült, hogy a változócsillagok is produkálnak a Nap viselkedéséhez hasonló jelenségeket. A Napról tudjuk, hogy nem rendkívüli csillag. A változócsillagok sem azok.

KÜLÖNLEGES ELEMGYAKORISÁGÚ CSILLAGOK

1. Bevezetés

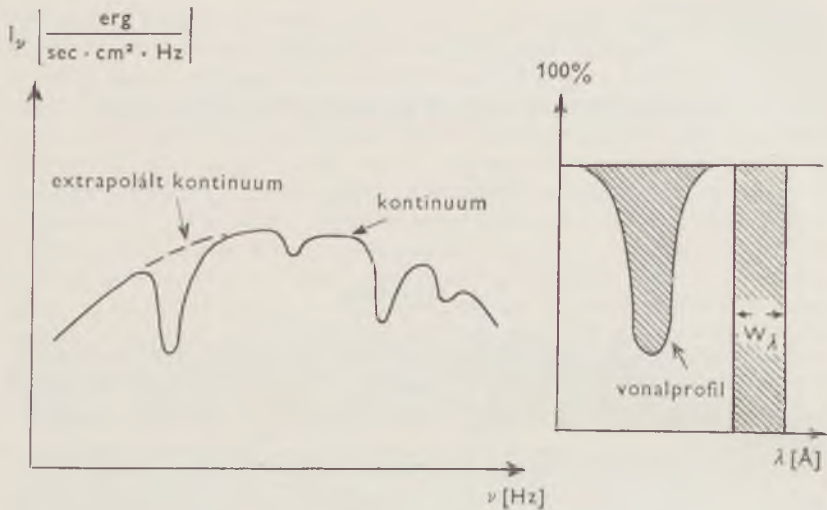
A cím azt sugallja, hogy vannak „normális” elemgyakoriságú csillagok is. Nyilván ezek vannak túlnyomó többségben, s ezekhez képest csekély számú csillag elemgyakoriságai a mérési hibát jelentősen meghaladó mértékben eltérnek.

Csillagok elemgyakorisága: mit is értsünk ezalatt? Tudjuk, hogy a csillagokat, a Napot azért látjuk, mert anyaguknak egy elenyészően csekély hányada, a légkörük kisugározza azt a fényt, ami a szemünkbe, illetve a távcsövünkbe jön. Ezt a fényt analizáljuk úgy, hogy megvizsgáljuk benne az energia frekvencia szerinti eloszlását, a polarizáció mennyiségét, és az így kapott adatokból következtetünk vissza a távcsövünk által felfogott fény keletkezési körülményeire: milyen nyomású, hőmérsékletű, kémiai összetételű anyag bocsátotta ki azt. Tudjuk, hogy a Nap vagy a fősorozati csillagok esetében néhány száz vagy ezer kilométer a réteg vastagsága, amelyből a hozzánk érkező fény legnagyobb része — mondjuk 90 vagy 95 százalékban — jön. A csillagok elemgyakoriságán a csillagok anyaga ezen csekély hányadának a kémiai összetételét értjük. (Például a Napnál az összetérfohatnak körülbelül ezreléke, az össztömegnek körülbelül 10^{-8} -szorosa az említett csekély hányad.) Arra majd külön kitérünk, hogy mennyire tekinthető ezen tört rész kémiai összetétele jellemzőnek az egész csillag anyagára.

2. Elemgyakoriságok meghatározása csillagokban

2.1. Mérések, redukciók

A csillagok légköréből hozzánk érkező fény spektrumát a 18. ábra mutatja sematikusán. A színekben megkülönböztetünk kontinuumot és vonalakat, ez utóbbiakba beleértve persze a sávokat is. A kvantitatív kiértékelés céljára a vonalakat az extrapolált kontinuumhoz képesti bemélyedéssel szoktuk jellemezni, azaz a kontinuum intenzitását mindegyik frekvencián egységnek vesszük. Az így normált görbét hívjuk vonalprofilnak, az alatta lévő területből pedig az ekvivalens szélességet (W_λ) úgy képezzük, hogy vesszük az ekkora területű egységnyi oldalú téglalap szélességét.



18. ábra.

Egy elem színképvonalainak a jelenléte tanúsítja az elem jelenlétét az adott csillag légkörében. Milyenségük, azaz a vonalak profilja pedig azt árulja el, hogy milyenek a körülmények a csillag légkörében: mekkora a nyomás, a hőmérséklet, az illető elem számsűrűsége, és milyenek a turbulencia viszonyok a légkör egy-egy tartományában. Ha egy elem vonalait nem találjuk meg, az jelentheti az illető elem hiányát, de lehet, hogy csak a körülmények olyanok, hogy nem tud kialakulni az illető elem színképe. Például említhetjük a magas hőmérséklet miatti ionizálódást, emiatt a korai típusú csillagok színképében csak néhány gyenge fémvonal van, jóllehet a légkörük anyagának az összetétele egyezik a Napéval. Avagy például az alacsony hőmérséklet miatt a hélium spektruma a kései csillagokban nem tud gerjedni, s ezért a kései csillagok hélium tartalmára csak igen közvetett, nem spektroszkópiai úton lehet következtetni.

Az elemgyakoriságok meghatározására irányuló tevékenység az identifikálással kezdődik. Hullámhosszakat mérünk, összehasonlítjuk azokat a laboratóriumban mértekkel, és természetesen csak akkor mondhatjuk, hogy megvan egy elem, ha a lemezeink hullámhossz tartományában megtaláltuk az összes várható vonalat, illetve hiányukra elfogadható okot tudunk adni; például *blend*,* vagy túl magas gerjesztési potenciál. Általában *multiplétről*** *multiplètre* szokás haladni, és a multipletten belüli relatív intenzitásoknak,

* Blendről akkor beszélünk, ha műszerünk két vagy több különálló vonalat nem képes feloldani.

** Lásd Természettudományi Lexikon.

amit laboratóriumban mérni lehet, meg kell egyezni a csillagunk színképében becsült relatív intenzitásokkal. A munkát célszerű azzal az elemmel kezdeni, amelyiknek a legtöbb vonala van, például A csillagoknál a hidrogénnel és a vassal. Ha az összes várható elem vonalaival végeztünk, és még marad utána azonosítatlan vonalunk, csak ekkor szabad olyan egzotikus elemekre gondolni, mint például a technécium és a többi nem stabil elem. (A legtöbb nagy diszperzióval vizsgált csillag színképében van néhány azonosítatlan vonal, például a Végáében is, de ennek valószínűleg a laboratóriumi adatok hiányossága az oka.)

Miután elkészültünk az azonosítással, kiválasztjuk azokat a vonalakat, melyek nincsenek blendben másik vonallal, és gondosan megmérjük a vonalprofilot, s az ekvivalens szélességet. Az extrapolált kontinuum behúzása, s az intenzitás (I_v) fotografikus úton való rögzítése miatt egy-egy profilpont nemigen biztosabb néhány százaléknál, s ez W_λ -ban már 20—30%-ot is eredményez hibaként. Ha végeztünk az itt, s az előző bekezdésben leírt munkával, akkor megkezdődhet az alább vázolandó eljárás az elemgyakoriságok kiszámítására.

2.2. A csillag légkörének modellezése

A színkép hordozta információt akkor hámozhatjuk ki belőle, ha ismerjük keletkezésének körülményeit. A követendő eljárásunk lényege az, hogy a keletkezési körülményeket variálva kiszámítjuk elméleti modellek segítségével a létrejövő színképet, amelyet aztán a megfigyelt színképpel összevetünk. A megfigyelt és a mért színkép közötti különbség alapján addig változtatjuk modellünket, míg az a valóságot a mérési hibán belül adja vissza. Az ilyen eljárást iterációnak hívják, és ügyességünktől nagymértékben függ, hogy hányszor kell megismételnünk a meglehetősen hosszadalmas számításokkal járó lépéseket.

Egy csillag légkörének modellezésénél fölveszünk először egy próba hőmérséklet, nyomás, turbulencia eloszlást, mert ezek a mennyiségek elég nagymértékben függetlenek a kémiai összetételtől. (A következő két bekezdésben szereplő matematikai formulák csak a teljesség kedvéért szerepelnek, átugrásuk a cikk érthetőségét nem befolyásolja.)

A nyomás elosztást hidrosztatikus esetben a

$$\frac{dp(r)}{dr} = -g(r)\rho(r) \quad (1)$$

egyenlet adja meg. A kívánalmaknak megfelelően a $p(r)$ nyomásba beépíthető a gáznyomáson kívül sugárnyomás, vagy turbulens nyomás is, ami bizonyos mértékig már félempirikus eltérés a hidrosztatikus egyensúlytól, mely az adott keretek között még megengedhető. Nem hidrosztatikus esetben — például expandáló atmoszférák Wolf—

Rayet, s más hasonló forró csillagoknál, vagy pulzáló atmoszféráknál — (1) helyére a teljes Navier—Stokes egyenletet kell írni. A $g(r)$ nehézségi gyorsulás helyére írhatunk konstans g -t a szuperóriások kivételével. $\rho(r)$ a sűrűség eloszlás.

A hőmérséklet eloszlást a sugárzási energia áramlási egyenletének a megoldásával kapjuk. A monokromatikus egyenlet planparalel rétegekre

$$\cos \theta \frac{dI_\nu(t, \theta)}{d\tau_\nu} = I_\nu(t, \theta) - B_\nu[T(t)] \quad (2)$$

ahol t a geometriai mélység, θ a planparalel rétegek normálisához képesti szög, τ_ν pedig az optikai mélység:

$$\tau_\nu = \int_{-\infty}^t \kappa_\nu(t') dt', \quad (3)$$

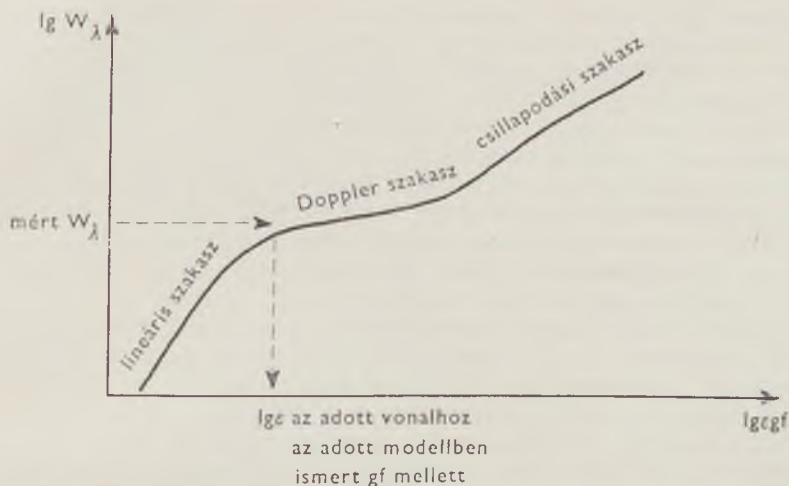
ahol κ_ν a monokromatikus abszorpciós koefficiens. (2) egyenletet integrálni kell a ν frekvenciára, s utána megoldani t -re, illetve τ -ra. Ezt az eljárást csak közelítésekkel lehet végrehajtani, bár a numerikus pontosság tetszőlegesen fokozható. (A ν index nélküli τ egy átlagos optikai mélységet jelent, helyére nyugodtan írhatnánk geometriai mélységet is.) Az eredmény egy $T(t)$, vagy átírva egy $T(\tau)$ avagy egy $T(r)$ hőmérséklet eloszlás lesz.

A turbulenciaeloszlást a csillag légkörében tudásunk jelenlegi szintjén teljesen empirikus paraméternek kell tekinteni. Elvben kiszámíthatnánk a turbulencia eloszlást, ha a csillag légkörének hidrodinamikai állapotát tudnánk matematikailag tárgyalni a Navier—Stokes egyenlet megoldása által. Ez a differenciálegyenlet azonban nem lineáris, s az olyan áramlások tárgyalásánál, melyek a csillagok légkörében zajlanak le, a nem lineáris tagokat nem lehet elhanyagolni. Emiatt csak numerikus megoldásokat tudunk nyerni, például véges lépések módszerével, de ezek, ha jók is, a lehetséges megoldások típusairól egyáltalán nem tájékoztatnak. Azonkívül egy-egy numerikus megoldás annyi munkát követel a jelenlegi módszerekkel, hogy be kell érniünk néhány általános kijelentéssel; például hogy a Navier—Stokes egyenlet megoldásai között van olyan is, mely a turbulenciák keletkezését leírja, de ezeket numerikusan nyomon követni, vizsgálni nem lehet. Turbulenciák tehát vannak, különösen azon csillagok légkörében, melyeknek külső konvekciós zónája van, de meglepetésre olyan csillagoknál is, melyeknél azt várnánk, hogy légkörük teljes sugárzási egyensúlyban van. Például A csillagoknál a megfigyelések (a mikroturbulens sebesség nem zérus) utalnak olyan légkörbeli instabilitások létre, melyek turbulenciák keletkezésére vezetnek. Kétféle turbulenciáról szokás beszélni.

Makroturbulencia az, amikor a turbulens mozgást végző elemek nagysága olyan nagy, hogy optikai mélységük meghaladja az egyet, azaz a turbulencia karakterisztikus mérete (l) szorozva az átlagos abszorpciós koefficiénnel ($\bar{\kappa}$) nagyobb egynél. Ez a turbulencia a vonalat szélesíti, miként a csillag tengelyforgása is, de W_{λ} -t nem változtatja meg. (A turbulencia karakterisztikus mérete az a méret, amelyen belül az anyag sebessége még nem változik számottevően.)

Mikroturbulencia az, amikor a fenti fordítottja igaz ($\bar{\kappa}l < 1$). Ez a turbulencia W_{λ} -t növeli. (Mellesleg sokan tagadják, hogy a mikroturbulenciában tényleg turbulens mozgást kell látnunk.)

Összegezve a fenti öt bekezdést: van egy nyomás ($p(r)$), hőmérséklet ($T(r)$), turbulencia [$v_{\text{mikro}}(r)$, $v_{\text{makro}}(r)$] eloszlásunk, és egy adott kémiai összetételű gázunk, melynek összetétele homogen a számunkra érdekes tartományban, a csillag légkörében.



19. ábra.

A hőmérséklet eloszlásból a statisztikus mechanika segítségével kiszámítjuk az atomok különböző energiaszintjeinek a populáltságát, mert az azok közötti átmenetek miatt lesz az illető elem vonalainál abszorpció vagy emisszió a színképünkben, s nyilván egyenesen arányos lesz az abszorpciók, illetve emissziók száma az adott szint populáltságával. A nyomáseloszlásból kiszámítjuk, hogy milyen kölcsönhatásban áll a sugárzó atom a környezetével, azaz e kölcsönhatások mennyire szélesítik ki a vonalat. Figyelembe vesszük a turbulencia viszonyokat. Mindezeket egymáshoz kapcsoljuk, s így kiszámítjuk, hogy milyen lesz az adott modell által létrehozott színkép. A vonal profilját, illetve W_λ -t tehát az határozza meg, hogy mennyi az adott légkörben az adott vonal helyén abszorbeáló atomok számsűrűsége (cm^{-3} dimenziójú), milyen valószínűséggel történik az illető atomok fényelnyelése, fénykibocsátása (ezt a szemléletes nevű „oszcillátor erősség”, gf , írja le), milyen turbulens mozgások vannak ott, s milyen a vonal kiszélesedése a sugárzó atomnak a környezetével való kölcsönhatása miatt.

A gyakorlatban ez az eljárás nem úgy történik, hogy egyszerre számoljuk ki egy adott modellhez a teljes I_ν -t, ami a 18. ábrán szerepel. Egyenként vesszük sorra a vonalakat, s azokat a „növekedési görbe” segítségével értékeljük ki. A csillagok légköre túlnyomóan hidrogénből áll, ezért ahhoz viszonyítjuk a többi elem atomjainak a számsűrűségét, mégpedig olyan módon, hogy azt adjuk meg, hogy 10^{12} darab H atomhoz képest hány egyéb atom található abban az önkényes térfogategységben, amelyik ennyi hidrogénatomot tartalmaz. Ezt a számsűrűséget többnyire ϵ -nal jelölik, és a logaritmusát szokás megadni. Egy növekedési görbét a 19. ábrán látunk. Jegyezz-

zük meg, hogy a növekedési görbe mindig egy elem egy vonalára vonatkozik, s a görbe különböző modellekben más és más. A gf ismeretében ez a vonal ad egy W_λ -t, s addig k. ll változtatni ε -t, míg a mért és a 19. ábráról leolvasott W_λ megegyezik. A vizsgált elemnek van mondjuk 30 jól mérhető vonala, akkor ez 30 darab ε értéket jelent, ezek középértéke adja meg az illető elem gyakoriságát az adott modell szerint. Ha a 30 ε szórása nagy, vagy a növekedési görbe különböző szakaszain fekvő vonalakból nyert ε szisztematikusan más, akkor nyilván rossz a modellünk. A feladat tehát az, hogy a modellünk segítségével az összes elem egyes vonalaiból kapott gyakoriság értékek szórását minimalizáljuk, természetesen úgy, hogy a végső modell jól adja vissza az adott csillag kontinuumát, azaz színeit.*

Az egyes vonalak mért ekvivalens szélessége eshet a növekedési görbén a lineáris szakaszra; itt a hiba fő forrása a laboratóriumból származó gf értékek hibája, mert igen gyenge, alig mérhető átmenetekről van szó. Azonkívül W_λ is kicsi, amit nehéz pontosan mérni. A Doppler-szakaszon a mikroturbulencia hibája a döntő, s itt W_λ mérésének egészen kis hibája is már tekintélyes hibára vezet ε -ban. A csillapodási szakaszban a sugárzó atomnak a környezetével való kölcsönhatásából származó kiszélesedés pontatlan ismerete a hiba fő forrása.

Ha jó minőségű spektrumaink vannak, és gondosan számoltunk, akkor $\Delta lg . 3$ -ra leszorítható, tehát ε -ban egy kettes faktor a hiba!

2.3. A „normális” összetétel

Amikor a 2.2. szakaszban vázolt eljárást egyre több csillagra megismételték, az a meglepő eredmény jött ki, hogy a Nap környezetének I. populációjú tagjaiban az elemek gyakorisága a $\Delta lg . 3$ -as hibahatáron belül megegyezett! Azért kellett eleinte a Nap környezetére szorítkozni, mert ezek a fényes csillagok, s ezekről lehetett a kívánt minőségű spektrumokat elkészíteni. Ahogy bővült a spektrográfok hatóköre, úgy gyarapodott a csillagok száma, amelyek erősítették a fenti szabályt; a megvizsgált objektumok köre planetáris ködökkel és a Magellán felhőhöz tartozó szuperóriásokkal is bővült, s kezdett kirajzolódni az, amit ma „normális elemgyakoriságnak” nevezünk. *A héliumnál nehezebb elemek egymáshoz képesti gyakorisága populációtól függetlenül ugyanannyinak bizonyult a legkülönbözőbb csillagokban, s ugyanígy a hidrogén és a hélium aránya is.* A két fő populáció közötti lényeges eltérés a hidrogén-hélium és a „fémek” közötti arányban van. (Fémnek szokás nevezni asztrofizikában minden héliumnál nehezebb elemet.) Helyénvaló még azt is megjegyezni itt, hogy a populáció szó tulaj-

* A mikroturbulencia létre is így jött rá 1934-ben C. T. Elvey és O. Struve: észrevették, hogy ha a vonalak Doppler-magjának szélességét önkényesen megnövelték, a növekedési görbe különböző szakaszaiból leszármaztatott ε értékek jobb összhangba kerültek.

Csillag típus	Nap G2V	Véga A0V	Deneb A2Ia	γ Ser F6IV-V	HD 140283 II. pop. törpe 5940 4,6	HD 161817 hor. ági 7630 3,0	IC 418 plan. kód 35 000
T (K°) $lg g$	5780 4,44	9500 4,5	9170 4,5	6350 4,0	5940 4,6	7630 3,0	35 000
$lg \epsilon$ elemi							
H	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
He			11,6				11,2
C	8,55		8,2	8,4	6,4	7,5	
N	8,00		9,4				7,7
O	8,83	8,8	9,4	9,1			8,4
Ne		9,3					7,8
Na	6,30	7,3		6,1	3,5	5,0	
Mg	7,6	7,7	7,8	7,5	5,0	6,5	
Al	6,3	5,7	6,6	6,1	3,5	4,8	
Si	7,55	8,2	7,9	7,4	5,2	6,2	
S	7,25			7,2			
Ca	6,36	6,3	6,5	5,9	3,9	5,1	
Sc	3,05	3,4	3,2	2,5	1,4	1,7	
Ti	4,6	4,8	5,1	4,3	2,5	3,8	
V	4,0	4,0	3,9	3,2		2,2	
Cr	5,6	5,6	5,7	4,9	3,0	4,1	
Mn	5,4	5,3	5,6	4,7	2,6	3,2	
Fe	7,60	7,6	7,6	7,3	5,4	6,5	
Co	4,6		3,7	4,2	2,4	3,4	
Ni	6,25	7,0	4,8	6,4	4,2	5,6	
Sr	2,8	2,8	3,1	2,4		1,7	
Y	2,3	2,1				1,0	
Zr	2,6	2,9				1,0	
Ba	2,1			2,0	0,1	1,0	

Ha a γ Ser $lg \epsilon$ -jaihoz, 2-t, a HD 140283-éhoz 2,3-t, a HD 161817-éhoz 1,1-t adunk hozzá, az így kapott gyakoriság adatok igen jól egyeznek az I. populációs objektumok gyakoriságaival.

donképpen kinematikai sajátosságok eltérését fejezi ki. A kémiai összetétel eltérései a különböző populációkban sokkal jobban elmosódnak, az átmenet közöttük meglehetősen folyamatos. A II. populáció fémhiánya (avagy hidrogén—hélium többlete) kétszázas faktorig terjed az eddig megismert objektumokban, azaz $|lg \epsilon_{normát} - lg \epsilon| \leq 2.3$ a fémekre.

Mindenképpen jogos tehát egy „normális összetételről” beszélni, s ennek egyik legjobban ismert képviselője a Nap légköre. Az 1. táblázat tájékoztat egyben arról is, hogy mennyire homogén ez a normál összetétel az egyes

csillagokban. A teljesség kedvéért ide másoltuk két fémszegény csillag elemgyakoriságait is.

Korábban már volt szó róla, hogy a csillag tömegének csak elenyésző hányadát tudjuk megfigyelni színképelemzéssel, s teljesen jogos a kérdés, hogy ez mennyire jellemző a csillag egészére. A csillagok mélyét ugyan nem tudjuk „megszondáztatni”, de az alább ismertetendő megfontolások arra utalnak, hogy normál összetételűt jogos kozmikus elemgyakoriságnak tekinteni.

A Naprendszeren belül a földkéreg és a kőmeteorok anyagában a nehéz elemek aránya egymáshoz képest ugyanannyi, mint a Nap légkörében. (A könnyű elemek, a *H*, a *He* stb. ebből a szilárd anyagból elpárologtak.) Amennyiben a Nappól származott a Naprendszer anyaga, akkor a naplégkör jelenleg tapasztalt összetétele hasonló kellett hogy legyen az anyag kémiai összetételéhez a Nap sokkal mélyebb rétegeiben is, mert a Naprendszer bolygóinak, meteorainak, üstököseinek a tömege legalább százezerszerese a naplégkör tömegének. Amennyiben a Nap és a bolygók egymással párhuzamosan alakultak ki egy csillagközi felhőből, akkor nyilvánvaló, hogy ennek az anyagnak a kémiai összetételét látjuk a földkéregben, a kőmeteorok anyagában és a Nap légkörében. Sőt, továbbmenve arra a következtetésre kell jutnunk, hogy a Nap belsejében a néhány milliárd év óta zajló magreakciók nem befolyásolták mérhető módon a naplégkör kémiai összetételét.

A sok különböző korú és típusú csillag több mint 90%-ának a légkörében nyoma sincs olyan változásnak, mely a magreakciók termékének lenne tekinthető. Ez még áll a Magellán felhő fényes csillagaira is! A normál összetételű létében tehát valami nagyon univerzális törvényszerűséget látunk. Úgy néz ki, mintha a legkülönbözőbb csillagok ugyanolyan összetételű anyagból alakultak volna ki.

Itt helyénvaló megemlékezni az asztrofizika történetének egy nemrégiben bejárt útvesztőjéről. 1947-ben *G. Gamow* és *G. Lemaitre* kidolgozta az ősrobbanás az ún. „Big Bang” elméletének első verzióját: ez a fajta ősrobbanás a normál kémiai összetételűt produkálta volna az ősrobbanástól számított igen rövid időn belül az Univerzum „forró” állapotában. Ez az elképzelés meg is maradt addig, míg föl nem fedeztek néhány igen határozottan fémhiányos vörös törpét. Mivel a magreakciók csak növelhetik egy csillag anyagának fémkoncentrációját, de semmiképpen nem csökkenthetik, ezért Gamow és Lemaitre elképzelése lassan kiveszett a tudományos közvéleményből. 1957-ben *E. M. és G. R. Burbidge*, *W. Fowler* és *F. Hoyle* egy hatalmas dolgozatban számba vette a csillagokban lehetséges magreakciókat annak az általánosabb kérdésnek a keretében, hogy vajon egy kezdeti tiszta hidrogén világból létrejöhett-e a jelenleg megfigyelt elemgyakoriság a csillagok belsejében lezajlott magreakciók útján. Ők ugyan nagy hittel igent mondtak a kérdésre, de a hélium esetében kivételt kellett tenni. Az idő kikezdte az igenjüket a többi elem keletkezését illetően is; kiderült, hogy a

nehéz elemek egymáshoz való egységes arányát, mely populációtól független, nem lehet így megmagyarázni, a jelenleg megfigyelt elemgyakoriságok nincsenek összhangban azzal a primitív képpel, hogy a kezdetben egységesen fémszegény halo populáció nagy tömegű tagjainak gyors nukleáris fejlődése és szupernóvaként való szétrobbanása okozta volna a ma megfigyelt fémgazdag korong populációt. (Az I. és a II. populáció ma megfigyelt luminozitási függvénye — azaz hogy egy mintában milyen az abszolút magnitúdók, illetve tömegek eloszlása — közel azonos. Így meg tudjuk becsülni, hogy hány nagy tömegű csillag lehetett a Tejútrendszer ifjúkorában, s ezek száma nem elég arra, hogy a jelenleg meglévő nehéz elem mennyiséget létrehozta volna.) A különböző populációjú objektumokban meglehetősen egységes $H-He$ arányt a hatvanas évek elején egy módosított ősrobbanással kezdték magyarázni. Ezen ősrobbanás időbeli lefutása olyan lett volna, hogy a hidrogénből való elemszintézis megállt volna a héliumnál, a nehezebb elemek szintézisére maradt volna a nagy tömegű csillagok belseje, amelyek nagy tömegeik lévén gyorsan elfejlődtek volt a szétrobbanásig, s termelték a Tejút, a Magellán felhő stb. nehéz elem koncentrációit. A legsúlyosabb megoldatlan probléma ugyanaz, mint a Burbidge—Fowler—Hoyle elképzelésben: a fémek egymáshoz képesti arányának nagyfokú egységessége magyarázatlan marad. Ezenkívül az imént említett probléma a luminozitási függvénnyel itt is fennáll; a Tejútrendszernek a múltban sokkal fényesebbnek kellett volna lennie, azaz több nagy tömegű csillagnak kellett volna lennie, mint amennyit hasonló spirálgalaxisokban elvárhatunk.

Jelenleg az a helyzet, hogy mégiscsak vissza kell térni valamilyen Gamow—Lemaître típusú ősrobbanáshoz, az ősrobbanás keretein belül magyarázva azt, hogy miért dúsult föl egységesen az I. populáció fémekben, avagy ami ezzel egyenértékű kijelentés; hogy miért dúsult föl a II. populáció hidrogénben és héliumban. A megfigyelések alapján pedig azt kell mondanunk, hogy igen kevés azon csillagok számaránya, amelyek légkörének kémiai összetételét befolyásolták volna a magreakciók. Ez utóbbinak a magyarázata valószínűleg abban rejlik, hogy a csillagok külső konvekciós zónája nem nyúlik le a csillag azon központi tartományáig, ahol a magreakciók zajlanak. Az pedig elég ritka jelenség lehet, hogy például egy gigantikus robbanás leveti a csillag külső burkát, s így láthatóvá válik az a rész, amelyiknek a kémiai összetételét már befolyásolták a magreakciók.

Ebből a szakaszból világosan láttuk, hogy milyen nagy jelentősége lehet egy anomális csillaglégkör összetételnek: például a Gamow—Lemaître-féle ősrobbanás-elmélet első lejtéséhez a fémszegény vörös törpék felfedezése vezetett. Az anomális elemgyakoriságok komoly botránykövek lehetnek kozmológiai elméletek számára is, amennyiben nem lehet azokat valamilyen asztrofizikai mechanizmussal megmagyarázni.

3. Anomális elemgyakoriságú csillagok

A 2.2. szakasz alapján láttuk, hogy $|lg\epsilon_{normál} - lg\epsilon| < .3$ esetén szó sincs anomáliáról, pusztán a mérési hibán belüli eltérést találtunk. Továbbá nem szabadlefeledkezni arról, hogy bizonyos fizikai hatások is hozhatnak létre anomá is színeképet, nemcsak anomális elemgyakoriságok. Erre iskolapéldát az A_p , A_m csillagok adhatnak, amelyekről később lesz szó.

Az anomális színeképű, illetve elemgyakoriságú csillagok számarányáról megoszlanak a vélemények, mert hiszen nem egyértelmű az anomália definíciója, továbbá nem tudjuk pontosan, hogy hogyan is definiáljuk a mintát, amelyben a százalékarány már értelmet nyer. (Egy abszolút magnitúdó-intervallumra vonatkoztassunk? Vagy a Nap egy meghatározott környezetében föllelhető összes csillagok számához viszonyítsunk? És így tovább.) Ezenkívül a független mintavétel sem teljesül, mert egy anomális színeképű csillag felfedezése mindig nehezebb, mint egy csillag pusztá számbavétele. Továbbá például az anomális színeképű és összetételű *DB* fehér törpékből csak olyan keveset ismerünk, s halványosságuk miatt csak a Nap közvetlen környezetében, hogy ebből nehéz extrapolálni a számarányukat az egész Tejútrendszerre. Ezek miatt meglehetősen levegőben lóg az a számadat, hogy a csillagoknak néhány (mintegy öt) százaléka anomális színeképű.

Az anomális kémiai összetételű csillaglégköröket a továbbiakban aszerint fogjuk osztályozni, hogy milyen elemekben mutat fel az illető légkör eltérést a normál összetételtől. A $|lg\epsilon_{normál} - lg\epsilon| \geq 1$ egyenlőtlenséget tekintjük az anomália kritériumának, mert kisebb eltéréseket a hibásan megválasztott légkör modell (rossz hőmérsékleteloszlás, hibás g , a mikroturbulencia hibás értéke) is okozhat.

3.1. *DA* fehér törpék

Színeképükben csak igen kiszélesedett Balmer-vonalakat látunk. (A vonal teljes szélessége akár a 100 Ångströmöt is meghaladhatja, és ennek ellenére a vonal közepén igen sok esetben teljesen éles mag található.) A legtöbb fehér törpe ebbe a típusba tartozik. Ha légkörük normális összetételű gáz lenne, akkor néhány intenzív fémvonalat mindenképpen látni kellene; például a *CaII K* vonalát, a *MgII 4481 Å*-ös vonalát. Márpedig ez nincs így, úgyhogy el kell fogadnunk tényként, hogy itt tiszta hidrogén légkörrel állunk szemben. Kialakulásukról megbízható elmélet nincs, azonban a szakértők abban egyetértenek, hogy a *DA* csillagok létéből nem szabad következtetést levonni a csillagokban lezajló magreakciók ellen. (A fehér törpék ugyanis legjobb tudásuk szerint a csillagfejlődés végállapotát képviselik, és ha a hidrogén fúziója szolgáltatja a csillagok energiáját, akkor nem lehet érteni, hogy a csillagfejlődés végén miért csak az üzemanyag színeképét látjuk a csillag légkörében, a végtermékekét pedig egyáltalán nem.)

Feltehetőleg diffúzióval, vagy valami egyéb mechanizmussal alakulhatott ki a tiszta hidrogén atmoszféra, s mivel az esetleges konvekció nem elég hatékony, nincs ami fölkeverné a légkört, hozva bele a mélyebb rétegekből a nehezebb elemeket, a „nukleáris hamut”. Emellett szól az is, hogy a fősorozati csillag-fehér törpe kettősökben, amelyek feltehetőleg azonos anyagból keletkeztek, a fősorozati csillag légköre normális összetételt mutat, míg a fehér törpe szabályos *DA* csillag (például a Szíriusz B), és ismert egy esetben egy szabályos *DB* kísérő is, ami csak a *HeI* színképet mutatja.

Mellesleg megjegyezhetjük, hogy igen halvány, különleges szerkezetű csillagok a fehér törpék; a harmincas évek óta ismeretes, hogy méretük a Földével egyezik meg, tömegük a Napéval, emiatt igen nagy a légkörükben a nehézségi gyorsulás ($\sim 10^8 \text{ cms}^{-2}$, ami százszorosozere a földi *g*-nek, tízezerszerese annak az értéknek, ami a fősorozati csillagok között szokásos). Emiatt a gáznyomás légkörükben akár 10^1 atmoszféráig is terjedhet, de a 100 atmoszféra nem ritkaság. A légkör vastagsága pedig szemben a fősorozati csillagok már említett néhány száz kilométerével itt csak néhány száz méter. Ilyen körülmények között igen széles vonalak keletkeznek, amit elméletileg is értünk (igen sűrűn ütköznek a sugárzó atomok elektronokkal, s ez a kvantumátmenet energiáját igen gyakran néhány százalékkal is megváltoztatja), és laboratóriumban is tudunk létrehozni hasonló körülményeket. Ezért hatott szenzációként pár éve J. L. Greenstein közlése a keskeny vonal magokról. A másik érdekesség pedig velük kapcsolatban, hogy újra kivirult a vita az ezen csillagok színképvonalainak esetleges gravitációs eredetű vöröseltolódásáról. Egyelőre azonban plazmafizikai eredetű vöröseltolódás sem kizárt.

3.2. Hélium csillagok

Színképükben a héliumé uralkodó, és a *DB* fehér törpék kivételével légkörükben a többi nehéz elem gyakorisága normális.

Külön kell tárgyalni a *DB* csillagokat, melyeket általában nem is érteneek ebbe a csoportba, bár formálisan ide tartoznak. Pillanatnyilag az a helyzet, hogy egyetlen olyan *DB* fehér törpe (a GD 40 nevű) ismert, melynek színképében a hélium vonalain kívül a *CaII H* és *K* vonala is látható. Ez egészen friss eredmény, s lehet, hogy alaposabb vizsgálatok még újabb részleteket tárnak föl. Mint a *DA* fehér törpéknél, itt is legfőljebb csak sejtésünk van arról, hogy miért látunk egy gyakorlatilag tiszta héliumból álló atmoszférát. Az egyéb elemek koncentrációira csak felső korlátokat tudunk megadni, s ezek mind 3–4 nagyságrenddel kisebbek, mint a normál összetételű anyag koncentrációi. A *DB* csillagok is a csillagfejlődés végállapotát jelentik, de atommag folyamatok ilyen tiszta hélium légkört nem produkálhatnak, különösen nem, ha a csillag eredeti anyagában voltak egyéb elemek is. A szakértők szerint a fehér törpék különleges szerkezetében kell keresnünk

a tiszta hélium légkör magyarázatát, nem pedig valami, a szokásostól teljesen elütő keletkezési körülményekben és nukleáris történelemben.

Most pedig áttérünk a „valódi” hélium csillagokra. Számuk folyamatosan gyarapszik, bár felfedezésük nem könnyű. A színképüket ugyanis a hélium uralja, de annak a $2^3P^0 - n^3D$ (triplet) sorozata teljesen úgy néz ki kis diszperziós felvételen, mint a Balmer-sorozat, s a különbséget (hogy a sorozat határa 3421 \AA -nél van 3650 \AA helyett) a klasszifikálás közben nagyon könnyű elnézni. Pillanatnyilag 37 hélium csillag ismert, s ezek már mutatnak annyi változatosságot, hogy némiképp jogos alosztályokba sorolni őket. A legjobb alapot ehhez a légkörük hidrogén tartalma adja, amit itt nemigen értelmes úgy kifejezni, hogy $\lg \epsilon(H) = 12,00$ -ra normalunk, s megadjuk $\lg \epsilon(He)$ -t, ami az adott esetben 12 és 16 közé esne az ismert csillagokban. Ehelyett a hidrogén súlyszázalék szerinti frakcióját adjuk meg, amit X jelöl.

Az első csoport légköre az extrém hidrogén hiánnyal tűnik ki, $X < 10^{-4}$. Az említett 37-ből nyolc ilyen, kinematikailag a II. populáció tagjainak látszanak. Fejlődési állapotuk tisztázatlan, viszonylag nagy sugaruk, és kis tömegük ($\lg(g) \sim 2-3$ szemben a fősorozati négyvel) azt sejteti, hogy fejlődésük vége felé járnak, talán a *HRD* horizontális ágának bal-oldali végén, s elképzelhető, hogy a ma látott légkör úgy alakult ki, hogy az eredetileg fősorozati csillag belsejében a csillag közepében lévő hidrogén elégeése után az onnan kifelé meginduló hidrogént égető héj valami módon robbanást hozott volt létre, ami levetette a csillag legkülső, hidrogénben még gazdag burkát. A visszamaradt rész nukleárisan „egyszer kiégett” anyag, melyből a hidrogén eltűnt, de a nehezebb elemek koncentrációja nem változott számottevően. Ezért volna, hogy a gyakorlatilag normális összetételű légkörből mindössze a hidrogén hiányzik, amint azt a megfigyelések mutatják is: az elemgyakoriságok a héliumhoz képest nagyjából ugyanolyanok, mint a Napban.

A maradék 29 hélium csillag tulajdonképpen folyamatos átmenetet alkot a normális összetételű csillagokhoz: $.1 < X < .7$, mert a normális összetételben $X = .7$. Közülük 12 *O* szubtörpe, 17 pedig *B* csillag, kicsit kisebb g -vel, mint a fősorozati csillagok. Közöttük szerepel például a σ Ori csillagrendszer *E* csillaga, amely kinematikailag I. populációs objektum, s azoktól kémiai összetételben is csak az anomálishan magas hélium tartalmával üt el. Ezen csillagok eredete és fejlődési állapota még kevésbé tisztázott, mint az extrém hidrogén hiányos csillagoké.

3.3. A szén csillagok

A szén csillagok kései színképtípusúak, vonalaik között a szénéi feltűnően erősek, és ez a valóságban is elemgyakoriság anomáliát takar. A viszonylag hideg légkörben ($\sim 3000 \text{ K}$) egyedülálló lehetőséget ad a molekulák megmaradása a szén izotópok egymáshoz képesti koncentráció arányának a

meghatározására. A molekulák sávjai ugyanis érzékenyek arra, hogy mekkora a molekulát alkotó atomok tömege. Képzeljünk el egy súlyzót, melyet megforgatunk vagy megrezgetünk, tudva azt, hogy a súlyzó két tagját összekötő rugó (azaz az elektromágneses kölcsönhatásból származó erő) függetlenül a súlyzó tömegétől, ugyanakkora erővel köti össze a súlyzó két tagját. Ha a molekulák egy részében például C^{12} , másik részében C^{13} izotóp van, akkor a szén tartalmazó molekulák sávszerkezete megduplázódik, s a sávok intenzitás arányából ki lehet számítani az izotópok egymáshoz képesti gyakoriságát. Márpedig a *CNO* ciklusban, ha az stacionárius, a C^{12}/C^{13} atomszám arány jól meghatározott, körülbelül 4. Ezt az arányt megmérve következtethetünk arra, hogy vajon az illető csillag légkörének anyaga „átment-e” a *CNO* cikluson. A szén csillagok legtöbbszörében a C^{12}/C^{13} arány 4 körül van, s amelyekben ez így van, ott a *CNO* ciklus többi elemeinek relatív gyakorisága is összhangban van azzal, amit a stacionárius *CNO* ciklusra el kell várnunk. Ezekben a csillagokban tehát *CNO* ciklus működött, vagy működik, s az általa érintett anyag a csillag felszínére is került. Van egy további érdekes összefüggés. A lithium elég ritkán látszik csillag színeképekben, mert a magreakciók magas hőmérsékletén gyorsan elbomlik, szén csillagokon kívül leginkább csak *T Tauri* csillagokban szokott jelen lenni számottevő mennyiségben. A szén csillagokban a lithium koncentrációja korrelál a C^{12}/C^{13} aránnyal, körülbelül akkor jelenik meg, ha ez az arány 30-nál nagyobb. Tegyük fel, hogy a csillagokban, melyekben a C^{12}/C^{13} arány körülbelül 4, a konvekció lenyúlik a csillagbelső azon részéig, ahol a *CNO* ciklus működik. Felhossa a *CNO* ciklusra jellemző izotóp arányt, s persze kiegészíti az anyagból a lithiumot. Ahol már nem ilyen hatékony a konvekció, az tükröződik a C^{12}/C^{13} arányban, de a lithium megmaradásában is. Ilyen mechanizmusok reális voltát mutatja az is, hogy bizonyos csillagok színeképeiben a technécium vonalait látjuk. Ez az elem a Földön természetes előfordulásban ismeretlen a mintegy 100 000 éves felezési ideje miatt. Az említett csillagok légkörébe nyilván az abban a csillagban igen hatékony konvekció kell szállítsa a mélyebb rétegekből, ahol a magreakciók zajlanak. Megjegyezhetjük még, hogy a Földön és a Nap légkörében a C^{12}/C^{13} arány 90 körül van, tehát ez az anyag nem ment át *CNO*-cikluson, ez valóban csak a Napnál magasabb centrális hőmérsékletű csillagban várható.

A szén csillagok vörös óriások, ez is sejteti, hogy valószínűleg fejlődésük előrehaladott állapotában vannak. Az anomáisan nagy széngyakoriság, amit lehet úgy is megfogalmazni, hogy hidrogén szegénység, elképzelhető, hogy ugyanúgy jött létre, mint a hélium csillagok extrém hidrogén szegénysége: egy robbanás levetette a csillag legkülső, hidrogénben még gazdag burkát, s így láthatóvá vált a „termonukleárisan megégett” anyag. Esetleg azonban elképzelhető az is, hogy különlegesen hatékony konvekció hozza létre a szénben gazdag, hidrogénben szegény csillaglégkört, azaz a konvek-

ció lenyúlik egészen az energiát fúzióval termelő belső magig, talán úgy, hogy ez a második mechanizmus az előbb említett robbanás után lépett működésbe.

3.4. A_p , A_m csillagok

Számarányukat tekintve ezek a leggyakoribb anomális elemgyakoriságú csillagok. Itt kézenfekvő, hogy a normál A csillagokhoz viszonyítsuk arányukat, ami körülbelül 20%. Az A_p , A_m „jelenség” lényege az, hogy ezek a csillagok a hidrogén vonalaik alapján A színképosztályúak ($T_e = 8-10\,000^\circ\text{K}$), fémvonalaik intenzitása viszont olyan erős, hogy azok alapján G osztályba ($T_e = 5-7\,000^\circ\text{K}$) kellene sorolni őket. Nevükben a p betű az angol „peculiar” (különleges, pekuliáris), az m betű az angol „metallic” (fém) szó rövidítése.

Az A_p , A_m csillagokat szélessávú fotometriával nem lehet fölfedezni, mert színindexeik ugyanolyanok, mint a normál A csillagokéi. Ennek oka az, hogy a rengeteg fémvonal ugyanannyival csökkenti a magnitúdókat az U , a B és a V színtartományban, s ez a különbség képzésnél persze kiesik. Keskenysávú fotometriával — például a Strömgren-féle „fémesség” index vizsgálatával — már elkülöníthetők a normál A csillagoktól. Hasonlóképpen a távoli ultraibolya sugárzásukban lévő hiány alapján is, de csak a légkörön kívül lehetséges ilyen mérés. Viszonylag gyenge diszperziójú ($\sim 150\text{ \AA}/\text{mm}$) színekpeken elkülöníthetők az óriásoktól, melyekre szintén a fémvonalak gyakoribb volta jellemző a látható tartományban, csak hogy a Balmer vonalaik Doppler, és nem diszperziós profilt mutatnak, ami jóval keskebb.

Mindkét fajta különleges színképű A csillagnak közös jellemzője még hogy rotációs sebességük kicsi: $v \sin i < 90\text{ kms}^{-1}$. Előfordulnak igen öreg (10^9 éves), és egészen fiatal nyílthalmazokban egyaránt, ami azt sejteti, hogy nem valami fejlődési állapotnak kell tekintenünk, amin keresztül megy minden A csillag. Korrelációk figyelhetők meg bizonyos elemek gyakoriság anomáliáiban is, például a vascsoport elemeinek és a ritka földfémeknek a gyakoriság többlete egyszerre változik a normális összetételhez képest, vagy a $Sr-Y-Zr-Si$ gyakoriság többlete szintén együtt változik, a Ca gyakoriság többlete Sc hiánnyal jár és fordítva. Olyan egészen ritka elemeknek a megjelenése sem ritkaság az A_p , A_m csillagok között, melyeknek a Napban igen gyenge vonalaik vannak. Például a HR 8911 $Cr-Eu-Sr$ csillagban Os , U , Pt vonalaik találták meg. A HD 51418 és a HD 101065-ben pedig a holmium vonalaik találták meg, máig is csak ez a két csillag van a Napon kívül, melyben Ho vonalai ismertek. Az anomális gyakoriságok mind egyszerűen ionizált fémek vonalaiból származnak.

A két fajta közti különbségeket is összefoglaljuk röviden. Az A_p csillagoknál van mérhető mágneses tér, ami azt jelenti, hogy légkörükben $H > 200$

gauss. Effektív hőmérsékletük kicsit kisebb, spektrális változásokat mutatnak, például ritka földfém maximumok és minimumok vannak, rendszerint a szilícium többletben van. Az A_m csillagoknál nincs mérhető mágneses tér, azaz $H < 200$ gauss, T_e nagyobb, spektrális változások nincsenek, rendszerint a mangán van többletben, gyakran olyan egzotikus elemmel együtt, mint például a Hg. Néhány A_p csillagnál sajátos fényváltozás van; a luminozitás nem változik, csak a látható tartományból eltűnő energia jelenik meg az ultrabolyában és fordítva. Tehát az energiatermelés nem változik, ezért opacitás változóknak is szokták őket nevezni. Ezen változások oka a légkör szerkezetében rejlik, s a kis amplitúdójuk miatt nehéz észrevenni és elkülöníteni a δ Scuti típusú fényváltozásoktól.

Az A_p , A_m csillagok anomális elemgyakoriságára nincs egységesen elfogadott magyarázat. Minden valószínűség szerint nem a csillag felszínének közelében lezajló magreakciók okozzák az anomáliákat. A mért legnagyobb mágneses tér — 35 000 gauss — is képtelen ionokat a magreakciókhoz szükséges sebességre felgyorsítani. A csillag légkörének különleges szerkezetében kell keresni az anomális gyakoriságok okát, s nem szabad elfeledkezni arról sem, hogy lehetségesek olyan egészen közönséges mechanizmusok is, mint forró és hideg foltok léte a csillag légkörében, amelyek a normál összetételű anyagból álló légkör szinképét módosítják különlegessé. (A hideg foltok adnák az erős fémvonalakat, a forró foltok pedig az erős hidrogén vonalakat, s az ilyen csillag tengelyforgása előidézné a szinképi, s esetenként a fotometriai változásokat. Az A_p csillagokban mért mágneses tér, miként a Napon is a mágneses terek, hozzájárulna a foltok stabilitásához, s mivel igen nagy terekkel kell számolni, az talán óriási méretű foltokat is stabilizálhat.)

Ha egy csillag légköre igen stabil, a diffúzió is működhet benne. Igen sokaknak az a véleménye, hogy ebben kell keresni az A_p , A_m csillagok anomális elemgyakoriságának az okát. Van egy normális összetételű rezervoár, a csillag légköre alatti rétegek, s ebből diffúzió útján bizonyos ionok föl tudnak jutni, nagyjából azok, melyeknél az anomáliát tapasztaljuk. A diffúziót a kifelé jövő fényáram hajtja: az ionok elnyelik a kifelé haladó fotont, ettől impulzust nyernek, tehát megindulnak kifelé. A rövid időn belül bekövetkező emisszió azonban izotróp, tehát annyi impulzus statisztikusan megmarad, hogy az ionok körülbelül cms^{-1} sebességgel meg tudnak indulni kifelé. Csak azokkal az elemekkel történik ez persze, melyeknek nagy crösségű (g_f -ű) átmenetei vannak a látható szinképtartományban, ahova az ezen csillagokból kijövő kontinuum maximuma esik. A mechanizmus csak akkor tud működni, ha a csillag légköre igen stabil, turbulenciák, konvekció természetesen elnyomnák ezt a cms^{-1} nagyságrendű sebességgel bíró folyamatot. A lassú tengelyforgás talán éppen olyasmi, ami lehetővé teszi a stabil légkör kialakulását?

A mágneses befogás az intersztelláris anyagból (ionokról van szó) *ad hoc*-

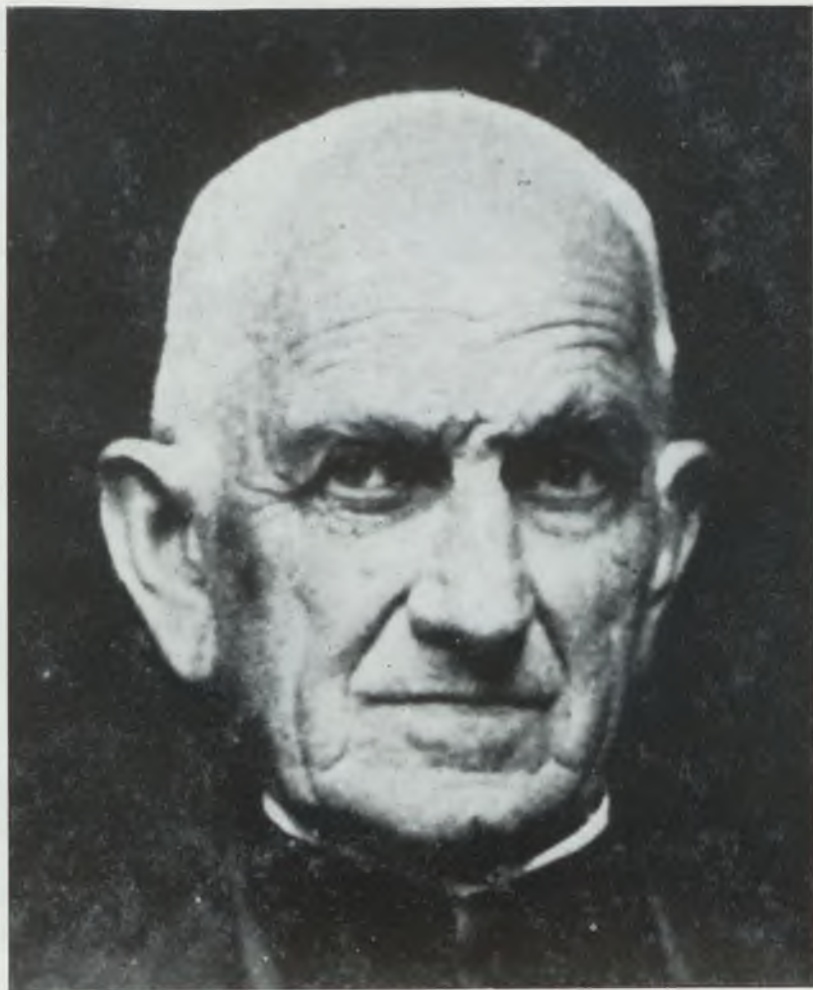
nak tűnik, ugyanúgy, mint valami szoros kettősön belüli anyag átáramlás, vagy egy, a csillag közelében fölrobbant szupernóva feltételezése.

Még egy fontos dolgot kell ismételten hangsúlyozni: az anomáliák értéke mindig ion színképekből származik. Emiatt a hőmérséklet hibás becslése az ε -okban óriási hibát eredményezhet, mert T az exponenciális kitevőjében van a *Saha egyenletben*, ami az ionok és az ionizálatlan anyag közti sűrűség arányt adja meg. Emiatt ha nincs lokális termodinamikai egyensúly, nagyon nagyot tévedhctünk a Saha- egyenlet alkalmazásával. Ilyen effektus volna az, ha valami fizikai okból kifolyólag a csillag légkörének anyaga a különleges szerkezet miatt „túlionizálódik”. (Ilyen lehetőségre az utal, hogy a legnagyobb anomáliát mutató elemek — ionok — ionizációs energiája közel áll például a hidrogén, illetve a hélium ionizációs energiájához. A légkör különleges szerkezete pedig abban is megnyilvánul, hogy a hidrogén ionizálódása egészen a felszínhez közel következik be. Tengelyforgás is alig van, s emiatt például váratlan konvektív instabilitásokra is számíthatunk, mely éppen csak megrezgeti a csillag légkörét.)

3.5. Egyéb

Nem spektroszkópiai, hanem fotometriai úton, vagy halmazok HRD-jénck kiszámításával és megfigyelésével is lehet elvben elemgyakoriságot „meghatározni”, bár itt jobb azt mondani, hogy becsülni. Egyetlen eredményt említünk itt meg. Úgy látszik, hogy a II. populáció mégsem olyan egységesen fémhianyos, mint ezt korábban hitték. Ezt gömbhalmazok tagjainak fotometriájával sikerült megállapítani. El is nevezték „szuper fémgazdag” objektumoknak ezeket, de itt még további vizsgálatok szükségesek, mert a spektroszkópia szolgáltatta sokkal pontosabb eredmények is bizonytalanok annyira, hogy egy-egy csillag történetét nemigen lehet kikövetkeztetni belőle.

A „normális elemgyakoriság” léte legalább annyira izgalmas és kihívó kérdés, mint az anomális esetek vizsgálata és magyarázata. Néhány példát láttunk is e cikkben. A téma még messze áll a lezártágtól, 6^m -nál fényesebb A_p , A_m csillagokat még egészen a közeli múltban is fedeztek fel, és mint sejthető az egymást kizáró modellek létéből, az elméleti értelmezés sem lezárt problémakör.

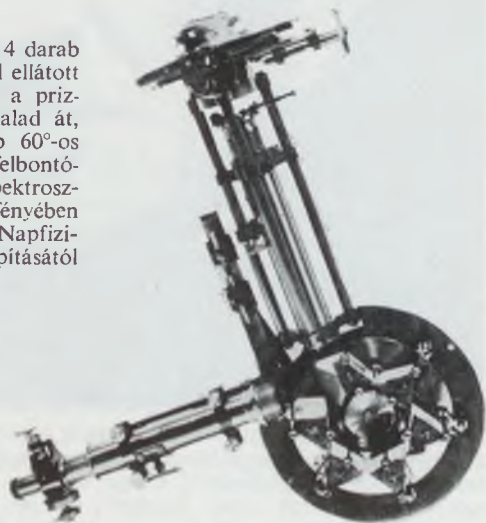


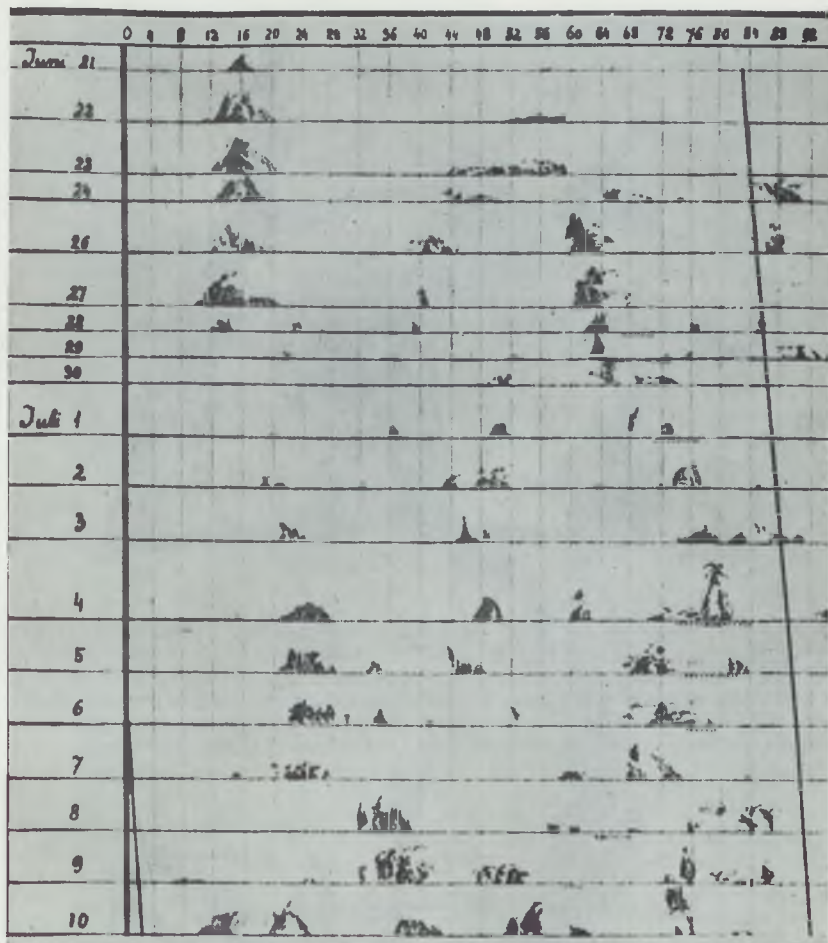
I. kép. FÉNYI GYULA 1845. január 8 – 1927. december 21. Az 1885–1913. években az egykori kalocsai Haynald Obszervatórium igazgatója. 32 éven (1886–1917) keresztül észlelte fáradhatatlan szorgalommal a napprotuberanciákat igen munkaigényes és bonyolult (akkor korszerű) vizuális mérési eljárással; észleléssorozata egyedülálló, mert soha más ilyen hosszú időn át azonos módszerrel és műszerrel protuberancia-megfigyeléseket rendszeresen nem végzett. Fényi így gyűjtött megfigyelési anyaga, a feltételezhető nagy homogenitás miatt, ma is az egyik legértékesebb adathalmaz a protuberanciák — a nap naptevékenység kitétetett jelentőségű megnyilvánulásainak — statisztikai jellegű vizsgálataihoz.

II. kép. *Fényi műszere*: a kalocsai volt Haynald Observatórium (19 cm objektív átmérőjű és 222 cm fókusz távolságú) Merz refraktora az okulárkihuzatra ráerősített Hilger protuberancia-spektroszkóppal.



III. kép. *A Fényi által használt 4 darab 60°-os és 2 darab 30°-os prizmával ellátott protuberancia-spektroszkóp*. Mivel a prizmasoron a fénynyaláb kétszer halad át, ezért felbontóképessége 10 darab 60°-os prizmával ellátott spektroszkóp felbontóképességének felel meg. Fényi a spektroszkóppal általában a H-alfa vonal fényében észlelt. (A spektroszkóp az MTA Napfizikai Observatórium tulajdona, alapításától kezdve.)



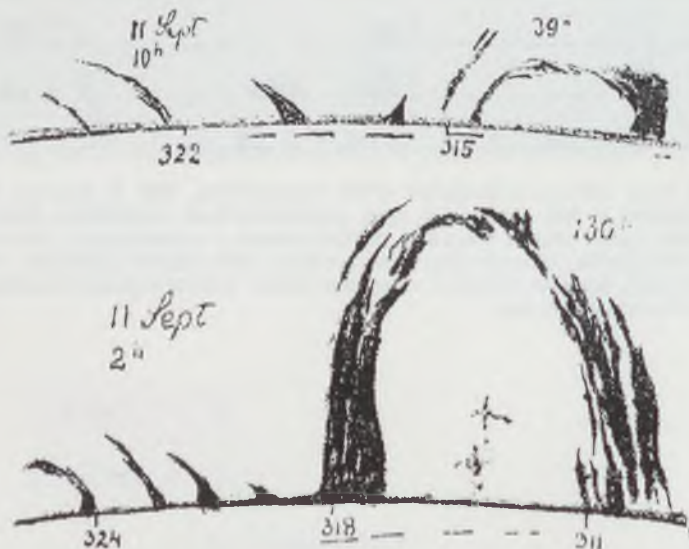


IV. kép. Fényi 1892. évi észleléseiből. (Publ. Haynald-Obs. Heft X, Kalocsa, 1911.) Protuberanciák a Nap peremén a mért pozíciószögeknek megfelelően ábrázolva. A fejlécben egész fokokra megadott pozíciószögeket a napkorongnak (a rotációs tengely által kijelölt) heliocentrikus észak pontjától keleti irányba számoljuk. A nap-perem mintegy negyedét feltüntető vízszintes vonalak közötti legkisebb távolság egy ívperc látószögnek felel meg.

A



V. kép. Fényi észlelései egy gyors felszállást mutató protuberanciáról. (Mem. Soc. Spetr. Italiani, vol. 20, Tav. 259, 1891.) Az 1890 október 6-án a Nap délkeleti peremén, 30° déli heliografikus szélességen észlelt protuberancia képe 4 különböző időpontban; a képek alatt az időadatok kalocsai középidőben, a mért magasságok ívmásodpercekben. A protuberancia 1^h43^m -kor már nincs ábrázolva, amikor magassága $285''$ volt. Fényi a magasság növekedésének sebességét 276 km/sec -nek találta 1^h39^m körül.



VI. kép. Fényi által szerkesztett rajz, saját 1891. évi mérései alapján, egy nagy napfoltcsoporttal kapcsolatos protuberancia-jelenség 4 órai változásáról. (Publ. Haynald-Obs. Heft X, 126. old., Kalocsa, 1911)

KITÖRŐ PROTUBERÁNCIA

észleltük szeptember 30-án 1895 KALOCSÁN.



11 óra délután, Magassága $240'' = 23000$ Mérföld = 74000 km.



11^h 14^m délután, Magassága $472'' = 334000$ kilométer

Az optikai közepéig közepe 448 km. a másodpercre

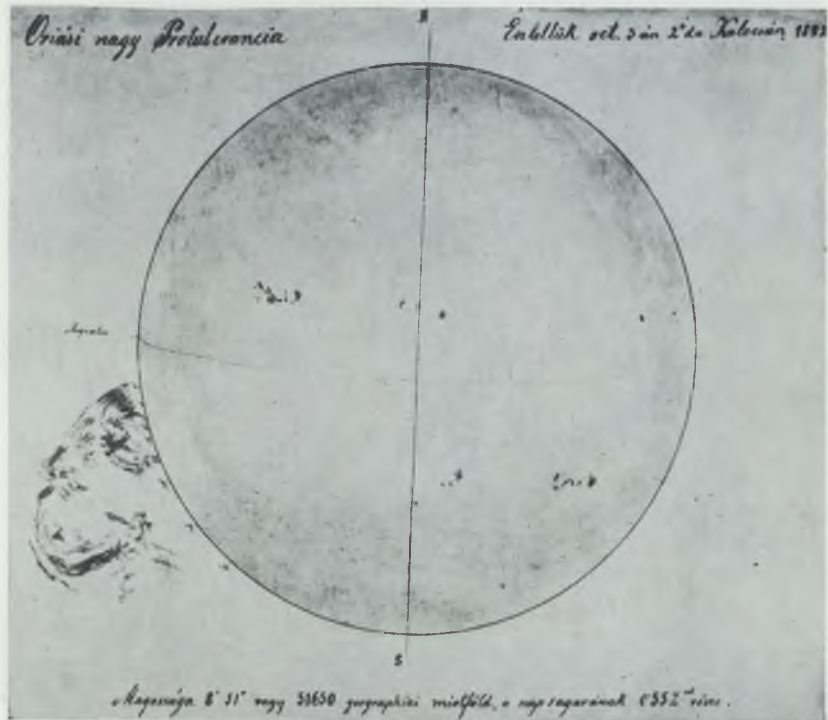
A legnagyobb észlelt magassága $688''$ volt, azaz 498800 kilométer, ami

A Nap sugarának 0.72 része.

VII. kép. *Íves-protuberancia* a VI. kép jobb oldalán láthatóhoz hasonló, de igen gyorsan, „kitörésszerűen” változó. *Fényi észlelés.* (Mem. Soc. Spetr. Italiani, vol. 25, Tav. 324, fig. 7 és 8, 1896.) Az itt reprodukált gépirásos feliratokkal ellátott és a napkorong széle környékén napfáklyákat is feltüntető képet Fényi saját maga állította össze nyilván ismeretterjesztési céllal.

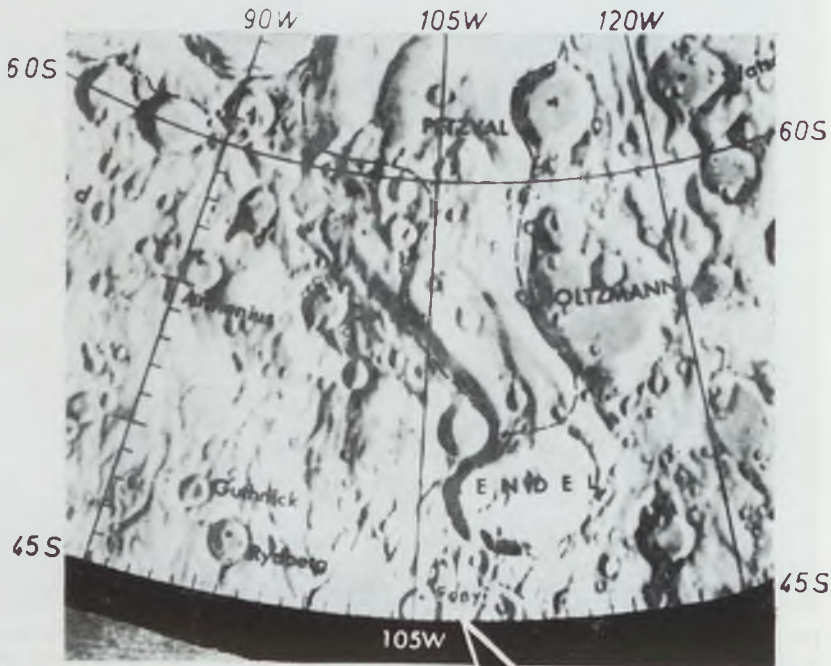


VIII. kép. Fényi 1907 február 13-án készített észlelési rajza a napkorongról, az időpont alatt sajátkezü gyorsírásos feljegyzéseivel. („A kalocsai Haynald Obszervatórium fotoszféra észlelési rajzai”, 26. kötet, az 1907. évi megfigyelések; kézirat az MTA Napfizikai Obszervatórium könyvtárában.) A napperem jobb oldali megjelölt helye a napkorong geocentrikus nyugat-pontja. Fényi vizuális napfoltészleléseket is rendszeresen végzett a protuberanciákra vonatkozó megfigyelései mellett. 22 cm átmérőjű, pontosan orientált projekciós rajzokat készített a napkorongról, amelyek segítségével a napfoltok és napfáklyák héliografikus pozíciói általában $0,5^\circ$ pontossággal határozhatók meg.



IX. kép. Fényi — hagyatékában talált — rajzkompozíciója, amelyet protuberancia és foltészlelései alapján készített és sajátkezűleg látott el felirattal. (Az eredeti rajz az MTA Napfizikai Observatórium tulajdona.) A „különösen nagy protuberanciáról” külön közleményt is írt. [Mem. Soc. Spetr. Italiani, vol. 21, 174—175. old., Tav. 283, fig. 5a, 1892.]

LUNAR CHART



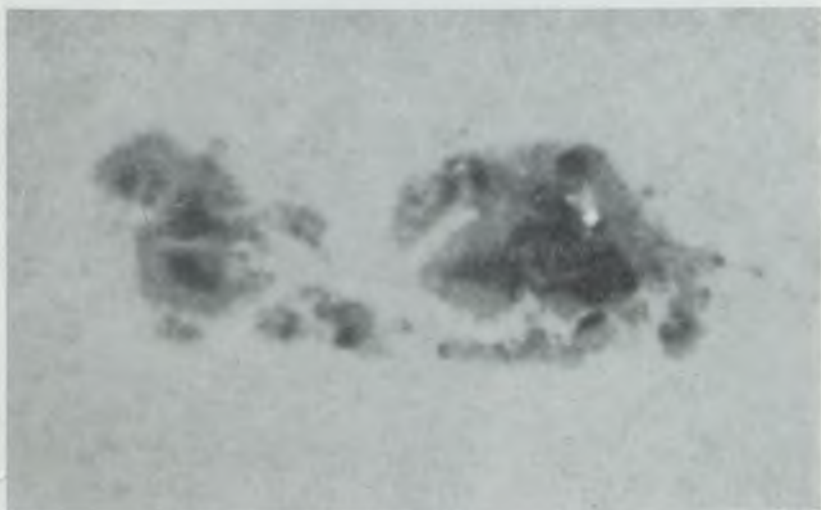
LUNAR NOMENCLATURE
 presented at
 The 14th General Assembly of the IAU
 Brighton, England
 August, 1970

FÉNYI, J. (Father) (1845-1927). Hungarian astronomer: Dir., Kalocsa Obs.; solar physics. prominences. [M]

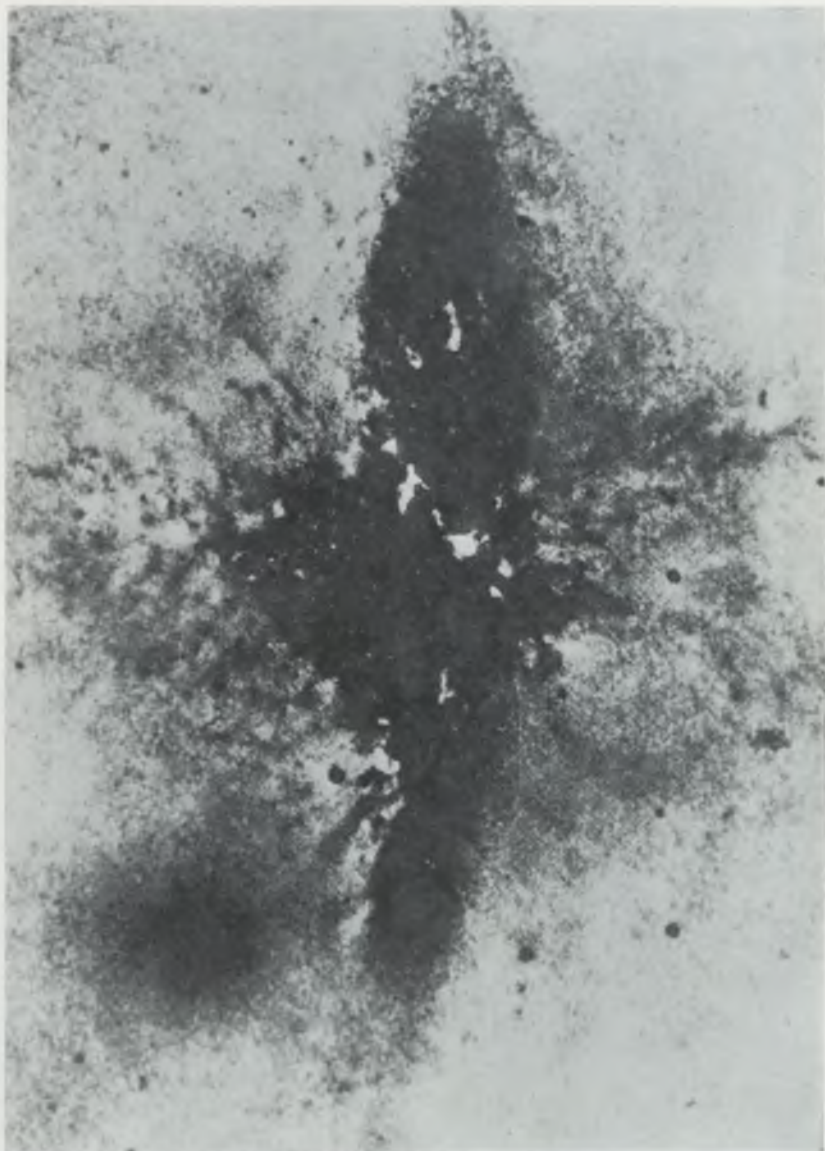
X. kép. A Fényi-kráter a Holden. A holdtérképen jelzett szelenografikus koordináták nem a csillagászati, hanem az „asztronautikai” irányítást követik. Tehát a Fényi-kráter a holdkorong délkeleti peremének közelében fekszik. (A képen még egy másik magyar vonatkozású holdkráter, a Petzvál Józsefről elnevezett is látszik.)



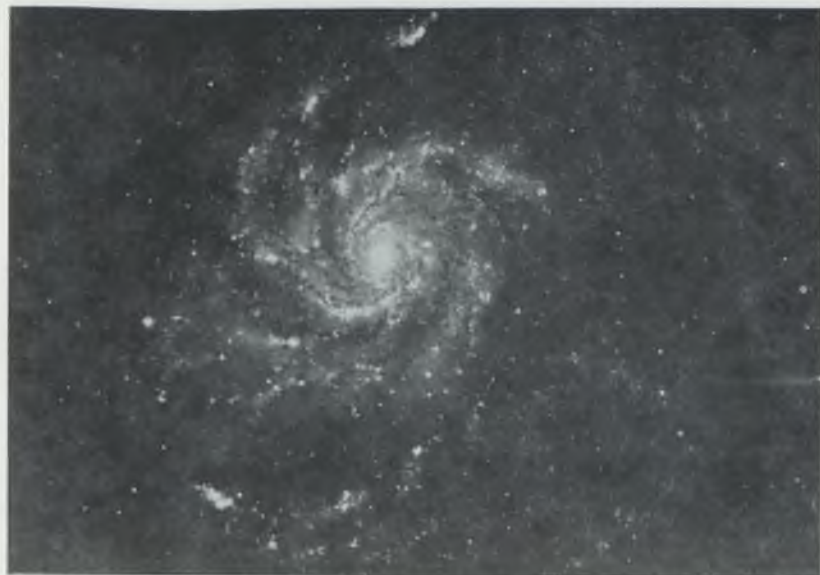
XI. kép. Protuberancia a Nap W peremén -5° heliografikus szélességnél, 1976. január 16., 11^h 30^m KözEI (Az MTA Napfizikai Observatórium koronagráfjával, Lyot-szűrőn keresztül a H-alfa szinképvonal fényében készült kép.)



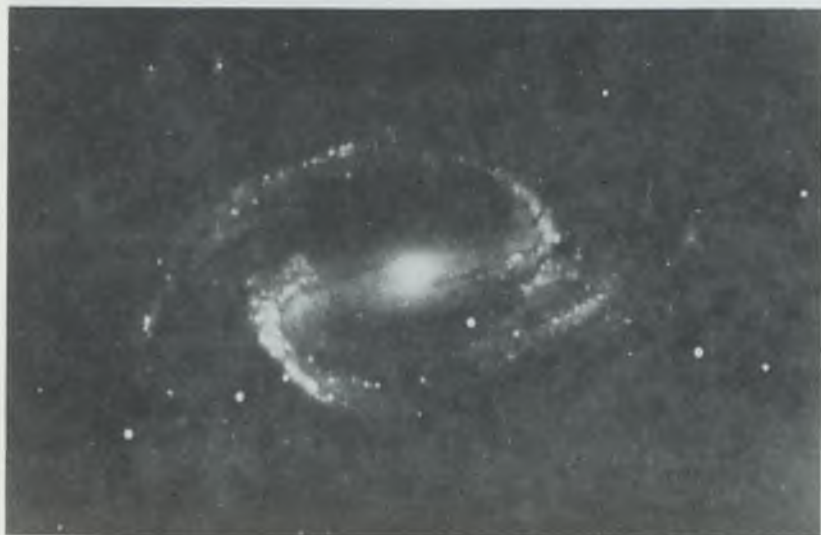
XII. kép. „Fehér”-fler egy összetett nagy napfoltcsoportban; 1974. július 4. 14^h 56^m KözEI. A foltcsoport hosszanti kiterjedése nagyjából párhuzamos a Nap egyenlítőjével, és a napkorong átmérőjének egytizedével egyenlő. A foltcsoport heliografikus szélessége kb. -14° és a fehér-fler előtt mintegy fél nappal korábban volt a napkorong centrálmeridiánjában. (Az MTA Napfizikai Observatórium Gyulai Megfigyelő Állomásán készült heliogram részlete.)

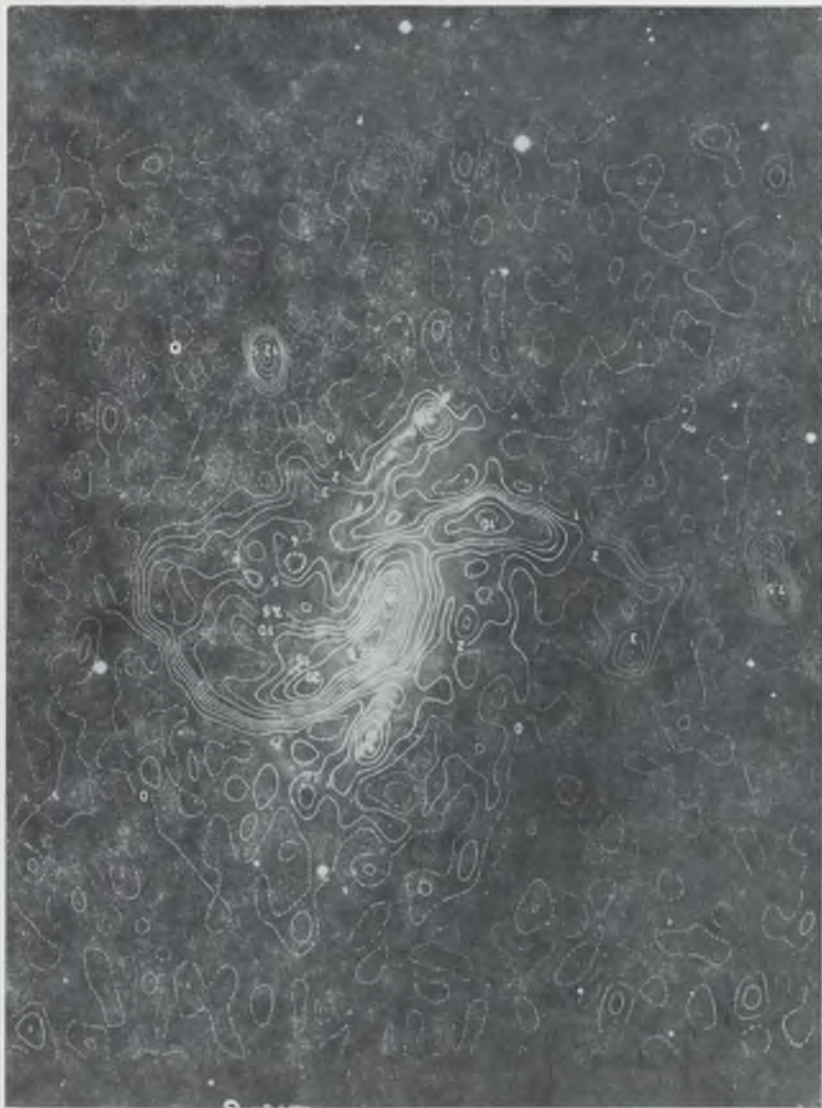


XIII. kép. Az M 82 rádiógalaxis optikai képe

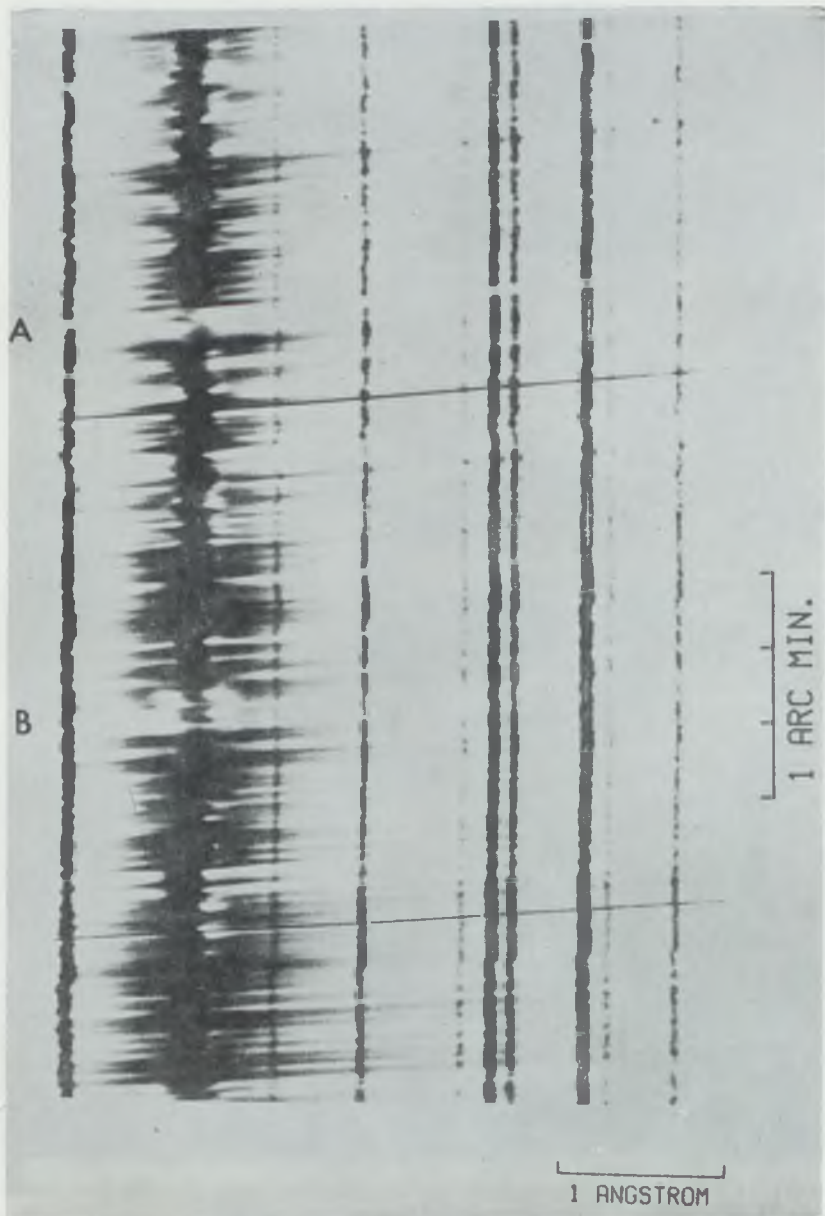


XIV. kép. Az M 101 spirálgalaxis (felül)
az NGC 5457 horgas galaxis (alul)





XV. kép. Az NGC 4258 galaxis H α fényképe és rádiókontúr-diagramja



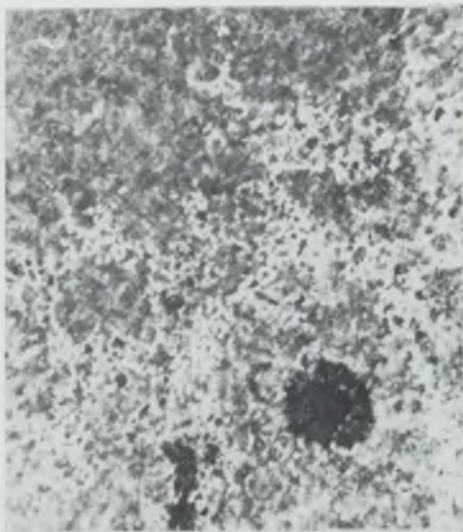
XVI. kép. Jellegzetes nagy térbeli és szinképi felbontású részlet a napspektrumból (a napkorong közepe tájára helyezett spektrográffésszel készült). Jól látható, hogy mennyire bonyolult szerkezete van a Nap szinképében a szinképvonalnak. (Sacramento Peak Observatory felvétele.)



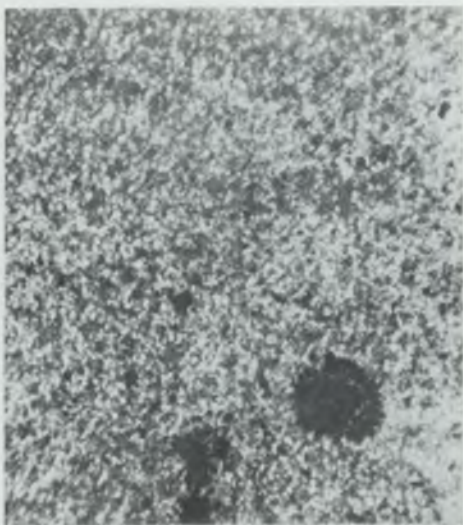
XVII. kép. H- α szűrővel készített felvétel a napkorong széléről, a kép alsó részén egy kis aktív vidékkel. (Sacramento Peak Observatory felvétele.)

XVIII. kép. A Sacramento Peak-i univerzális szűrővel készített felvétel a magnézium b vonalcsoportjának környékén.

-0.4 A

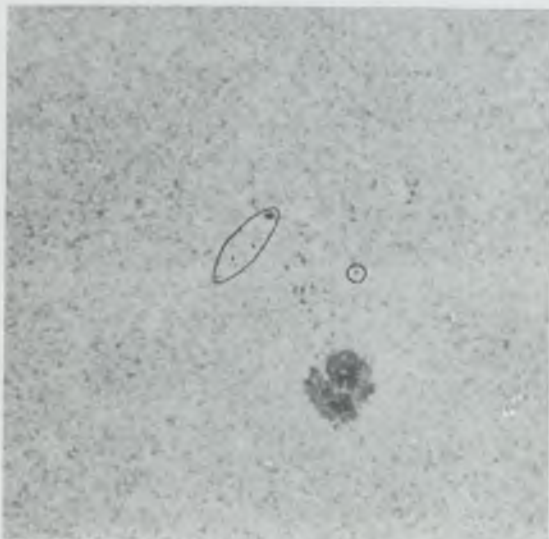


-0.8 A

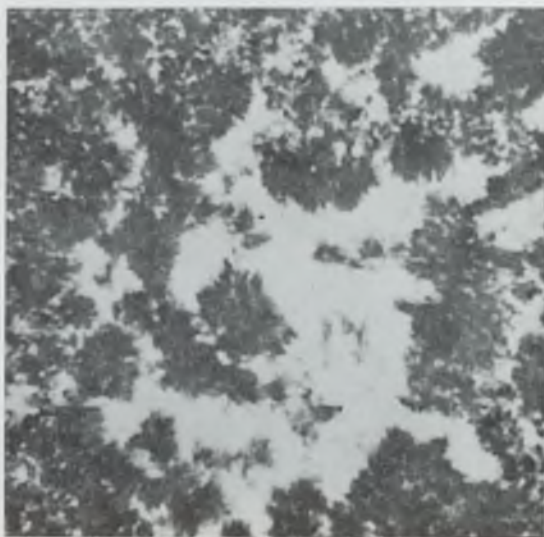


60 ARC SEC.

XIX. kép. A Sacramento Peak-i diódasorral végzett komplex megfigyeléssorozat egy kisebb szoláris aktív vidékről (McMath-szám 12694, 1974. január 15. 16^h 10^m világítókor).

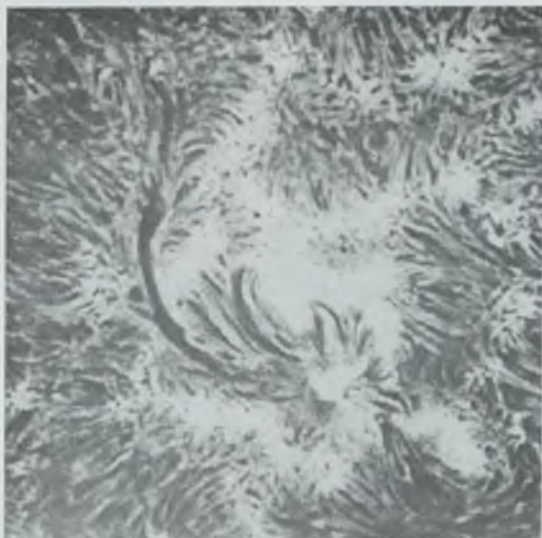


1. A 6521 A körüli folytonos színeképrészben készült kép. (A bekarikázott sötét pontok az oszcilloszkóp képernyőjének hibái, az összes többi képen is azonos helyen láthatók.)

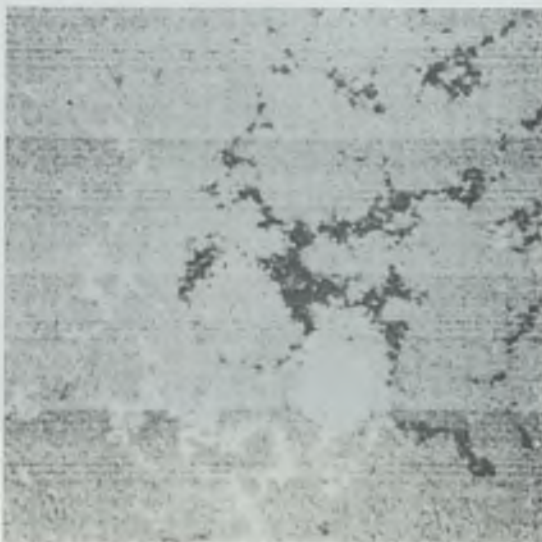


3. Az egyszerűen ionizált kalcium 8542 Å hullámhosszú vonalának fényében készült kép.

2. A H- α szinképvonal fényében készült kép.

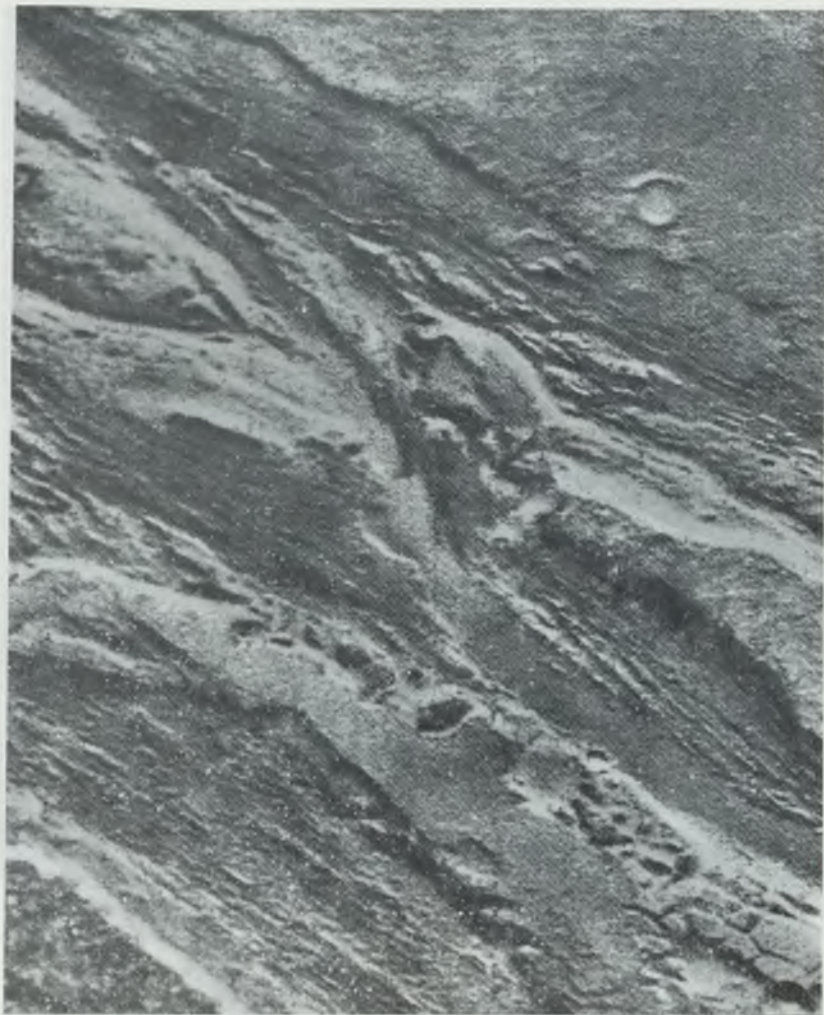


4. A látósugár irányába eső mágneses tér térképe a hélium 10 830 Å hullámhosszú szinképvonalában mérve. A pozitív (északi) polaritású területek fehérek, a negatív (déli) polaritásúak feketék, míg a szürke részeken nincs számottevő mágneses tér.





XX. kép. A Mars (Mariner-9 felvételekből összeállított kép)



XXI. kép. A Mars felszínének részlete (Mangala-Vallis) vízmosás nyomát mutatja



XXII. kép. A Vénusz felhőtakarója (56 db. Mariner-10 felvételtől készített kép)



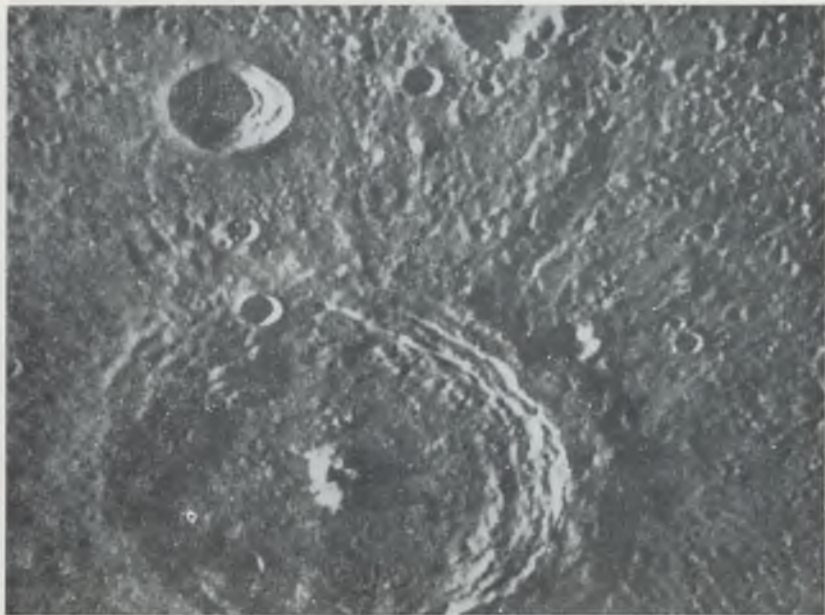
XXIII. kép. A Vénusz felszínének részlete (a Venera—9 panoráma felvétele)



XXIV. kép. A Caloris medence. A belső, koncentrikus gerincekkel és hasadékokkal szabdalts egyenletes síkságot a Caloris Montes veszi körül. A Caloris Montes gyűrűjén túl a Caloris Mintázat látható (különösen jól a kép felső részén ÉK irányban).



XXV. kép. A legszebb holdi koncentrikus gyűrűs medence: az Orientale. A legszélső gyűrűn kívül a Hevelius Formáció radiális gerincei és völgyei láthatók.



XXVI. kép. 98 km átmérőjű fiatal kráter a Merkuron, keskeny peremvidékkel. A szép teraszrendszer és a központi csúcs minden ilyen fiatal kráterre jellemző.



XXVII. kép. A Merkur Északi Síkságai (Borealis Planitia). A kép középső harmadában húzódó sávban a kráterközi síkságokra néhány fiatal kráter települt. A sáv bal szélén a kráterekkel telített terep figyelhető meg. (Érdeemes összehasonlítani a képet az erről a területről készült rétegrajzi térképpel 59/b ábra felső része.)

RÖNTGENSILLAGOK

Ismeretes, hogy a Nap átmérője mintegy $1,39 \cdot 10^6$ km, ésössz sugárzása földi energiatermelésünk mérőszámai mellett óriásinak tűnik: $3,86 \cdot 10^{33}$ erg/s. Ezek után képzeljünk el egy égitestet, amelynek átmérője tízezerszer kisebb, mint a Napé, és ennek ellenére a röntgentartományban kisugárzott energiája 10 000—100 000-szer nagyobb, vagyis 10^{37} — 10^{38} erg/s rendű. Ezt a gigantikus sugárforrást nevezzük röntgensillagnak.

Ilyen nagy számokat az ember nehezen tud tartalommal megtölteni, ezért az alábbi példán keresztül kívánjuk szemléltetni egy átlagos röntgensillag teljesítményét. Becslések szerint ma mintegy 300 millió gépkocsit üzemeltetnek szerte a világon. Ha feltételezzük, hogy minden egyes gépkocsi megtesz naponta kb. 100 km-t, akkor egy röntgensillag által 1 másodperc (!) alatt kisugárzott energiával az összes autó 100 milliárd éven keresztül üzemelhet, vagyis tízszer annyi ideig, mint amennyire mai tudásunk szerint a Világmindenség korát becsüljük!

A röntgensillagoknak ez a nagy intenzitású sugárzása azonban korántsem oly állandó, mint a jelenlegi napsugárzás, hanem némely objektumnál igen nagy amplitúdójú változásokat mutathat, akár egy ezredmásodperc alatt. Ugyanakkor van olyan sugárforrás is, amely néhány nap alatt mintegy 30 millió km átmérőjű körpályát ír le, tehát 100 km/s nagyságrendű sebességgel száguld a térben.

A mai értelemben vett első röntgensillagot csak 1962-ben fedezték fel, ma viszont tudjuk, hogy többféle objektum van, és a röntgensillagászat tekintélyes helyet kapott a szakirodalomban, a csillagászatnak egyik legdinamikusabban fejlődő ága lett. Ezek után elkerülhetetlenül felvetődik a kérdés, hogy miért csak korunkban ismertük fel az égitesteknek ezt az új osztályát, amelynek már csaknem 200 képviselőjét sikerült észlelnünk?

A légkörön túli csillagászat kialakulása

A csillagászok minden információt az égitestekről hozzánk érkező sugárzásból merítenek, amikor azt széles körű elemzésnek vetik alá: megállapítják irányát, összetételét, megméri intenzitását, polarizációját stb. Nyilvánvaló, hogy a legtöbb információt akkor kapnánk a vizsgált objektumról, ha a róla kiinduló sugárzás teljes spektrumát tudnánk elemezni. Ez azonban, sajnos, nem lehetséges. Régen köztudott, hogy nagyon messze vagyunk ettől az ideális esettől, hiszen a műszereinkben elemzett látható fény az égitestről felénk irányuló sugárzásnak csak egy része, sőt: gyakran csak egy jelentéktelen töredéke. Ennek egyik oka, hogy a sugárzás egy része földünk légkörében elnyelődik, aminek az a következménye, hogy a csillagok földi színeképfelvételein nincs meg az ultraibolya tartomány, még akkor sem, ha a negatívanyag érzékeny az *UV*-sugárzásra.

A légkör szerkezetének ismeretében már régen tudjuk, hogy tömegének mintegy 90%-a a legelső 50 km alatt helyezkedik el. Éppen ezért az említett abszorpció hátrányos hatását úgy lehetne kiküszöbölni, ha észlelő műszereinket legalább néhányszor tíz km-es magasságra juttatjuk. E cél érdekében már régen kialakult a ballonos csillagászat, sőt, a 2. világháború után elkezdték a rakétákat is tudományos, csillagászati célokra felhasználni. Azóta a rakétatechnika igen nagyot fejlődött, és bevonult a hétköznapi csillagászatba is.

A rakétás csillagászat eleinte az ultraibolya színeképtartomány vizsgálatában nyújtott szép eredményeket. Ez főleg a korai típusú, forró csillagok esetében volt nagyon jelentős, mivel ezek *UV*-színeképek információ-tartalma fontosabb az optikainál. Az egyre rövidebb hullámhosszokon történő észlelések sikere után, 1950-ben került sor egy speciális kísérletre.

Az astrofizikai megfontolások szerint a Nap koronájában lejátszódhatnak olyan folyamatok, amelyek esetleg kimutatható intenzitású röntgensugárzással járnak. E feltevés helyességének eldöntését a rakétatechnikai lehetőségek kínálták. Egy röntgensugarak észlelésére alkalmas detektorral felszerelt rakétát lőttek ki a Nap irányába, és így néhány percre terjedő észlelési anyag birtokába jutottak. Az észlelésekből egyértelműen kiderült, hogy a Nap valóban sugároz a röntgentartományban, tehát a hipotézis helyes volt. Az is kiderült azonban a mérésekből, hogy valójában a feltételezettnél bonyolultabb folyamatokról van szó. A Nap röntgenképe nem egyenletesen világos, és a teljes korong meglehetősen halvány képén feltűnő *sugárzási gócok*, ún. *aktivitási centrumok* találhatók. Maga a sugárzás sem állandó intenzitású, és felmerült, hogy mivel egy aktivitási góc már kialakulásának kezdeti stádiumában is kellő intenzitással sugároz, a röntgentartományban végzett megfigyeléseket a napkitörések előrejelzésének szolgálatába lehetne állítani.

A röntgensillagászat kezdetei

A Nap volt tehát 1950-ig az egyetlen égitest, amelynek röntgensugárzását kimutatták. Mivel azonban a Nap az átlagos csillagok közé tartozik, feltehető volt, hogy a hozzá hasonló csillagok légkörében is hasonló folyamatok játszódhatnak le, és röntgensugárzáshoz vezetnek. A számítások azonban kétségesé tették, hogy a Naphoz képest oly nagy távolságra levő csillagokból kiinduló sugárzás a rendelkezésre álló műszerek érzékenységevel kimutatható volna. Ennek ellenére 1960-ban végeztek egy rakétás kísérletet, amely negatív eredménnyel zárult, és ily módon erősítette azt a nézetet, hogy a Nap az egyedüli égitest, amelynek röntgensugárzását a Föld közvetlen környezetében észlelni lehet.

Két évvel később a szakembereket igen nagy meglepetés érte egy kísérlet kapcsán, amikor azt vizsgálták, hogy a Holdnak elméleti megfontolások alapján feltételezett gyenge röntgensugárzása kimutatható-e. A műszerek a Hold irányában nem tudtak semmiféle röntgensugárzást kimutatni, de a kutatók legnagyobb megdöbbenésére az égbolt egészen más irányából érkező, igen erős röntgensugárzást regisztráltak! A sugárzás lényegesen intenzívebb volt a Naptól jövőnél. Sajnos, nem lehetett pontosan tudni, hogy a sugárzás milyen irányból jön, mert a kísérletnél nem számoltak ilyen lehetőségekkel, és a műszerek gyenge felbontása miatt csak a tércyedet tudták kijelölni, amely a sugárforrást tartalmazza.

A röntgensillagászat kezdetét ettől a kísérlettől szokták számítani, mert ekkor — 1962. június 18-án — észlelték az első ún. *röntgensillagot*.

Az első sikeren felbuzdulva ugyanaz a kutatócsoport hamarosan újabb rakétás kísérletet hajtott végre, hogy az előző észlelést megerősítse. Ez azonban nem ment simán, így csak a harmadik fellövéskor, 1963. júniusában kapott eredményekből tudták a sugárforrás helyét meghatározni. Megállapították, hogy a röntgenforrás a Skorpió csillagképben helyezkedik el, és a mérések szerint látszólagos kiterjedése kisebb, mint $0,2^\circ$, tehát jogosnak tűnt a röntgensillag elnevezés. A sugárforrás a műszerek csekély felbontóképessége miatt (kb. 10° !) nem volt azonosítható optikai csillaggal vagy rádióforrással, így valamilyen módon jelölni kellett. Bevezették tehát azt a jelölésmódot, hogy megadják a csillagképet, amelynek területén a röntgensillag elhelyezkedik, megjelölik, hogy röntgensugárzó objektumról van szó, és hogy az abban a csillagképben a felfedezés sorrendjében a hányadik. Így a fentebb említett első röntgensillag jelölése: Scorpius X—1.

Időközben egy másik amerikai csoport is foglalkozni kezdett a témával, és röntgendetektorokkal felszerelt rakétákat lőttek fel. Műszereikkel letapogatták az égbolt nagy részét, és összesen 2 röntgenforrást találtak. Az erősebb intenzitású azonos volt a Scorpius X—1-el, míg a másik a Taurus X—1 jelölést kapta. Utóbbi objektum a mérési pontosság határain belül egybeesett a Crab (Rák) köddel, amely az 1054-ben, Kínában megfigyelt szupernova robbanás maradványaival azonos.

Az első két röntgenforrás felfedezése nemcsak azért volt nagy szenzáció, mert úgy látszott, ezzel az elektromágneses sugárzás egy újabb ablaka nyílik meg előttünk, hanem elsősorban azért is, mert a mért nagy intenzitások (10^{37} — 10^{38} erg/s!) nyilvánvalóvá tették, hogy újfajta égitestről van szó. Addigi fizikai elképzelésekkel csillag esetében nem lehetett ilyen erős sugárzást megmagyarázni. A rejtély megfejtéséhez azonban több részlet ismeretére lett volna szükség. Ki kellett deríteni, hogy rendkívüli, kivételes jelenséggel állunk-e szemben, vagy pedig nagyszámú kozmikus röntgenforrás van. Emellett fontos volt megtudni a röntgenforrás kiterjedését, a sugárzás spektrális összetételét, és meg kellett vizsgálni, hogy a sugárzás intenzitása és spektrális összetétele mennyire állandó. Végül, igen fontos volt annak kivizsgálása, hogy egy-egy röntgenforrásnak van-e optikai megfelelője, vagyis az, hogy a röntgenforrás sugároz-e kimutatható intenzitással a látható tartományban is.

A felmerült problémák megkívánták a röntgensillagászat minél aktívabb művelését, elsősorban a röntgenforrások folyamatos észlelését. Nyilvánvaló volt az is, hogy a problémákra nem lesz könnyű megoldást találni mindaddig, amíg évente csak néhány rakétarepülés folyamán lehet néhány percig röntgenészleléseket végezni. Éppen ezért egyre több helyről hangzott el a kívánság, hogy mesterséges holdat kellene a röntgensillagászat szolgálatába állítani, mert csak így valósítható meg egy adott objektum huzamosabb ideig, esetleg napokig tartó folyamatos megfigyelése. De emellett nagyon kívánatosá vált a röntgendetektorok felbontásának fokozása, hogy a röntgenpozíció alapján meg lehessen találni az esetleges optikai megfelelőt. Mindezek mutatják, hogy a röntgensillagászat egész sor technikai kérdést vetett fel.

Technikai kérdések

Ismertes, hogy a röntgensugarak többé-kevésbé minden anyagon áthatolnak és igen nehezen fókuszálhatók, ezért nem is lehet egyszerű módon röntgenteleszkópot készíteni. Egy csiszolt fémfelületről azonban a sugarak elég nagy része visszaverődik, ha a fotonok beesési szöge nagyobb kb. 88° -nál, vagyis ha sűrűlő beesésről van szó. Ha ilyen körülmények között paraboloid felületet használunk, a röntgensugarak fókuszálhatók is, és mivel a röntgendetektorok viszonylag kis méretűre készíthetők, odahelyezhetők a teleszkóp fókuszába. Keményebb sugárzás esetén a reflektor már nem túl hatékony, ezért ilyenkor a detektorra közvetlenül beeső sugárzást mérik.

A röntgensugarak érzékelésére használt detektor lelke rendszerint a *proporcionális számláló*. Ez lényegében egy meghatározott gázzal töltött kamra, amelyben egy centrálisan elhelyezett huzal segítségével erős elektromos teret tartanak fenn. Amikor egy röntgenfoton keresztülhalad a proporcionális

számláló fém- vagy műanyag ablakán, összeütközik a töltőgáz egy atomjával, és így a kamrában a sugárzás hatására ionpárok keletkeznek. A keletkező elektronok az anód felé repülve bizonyos folyamatok révén megsokszorozódnak, és minden egyes elektronból egy-egy elektronlavina képződik. A folyamatra jellemző, hogy az anódra érkező elektronok száma arányos az ablakon keresztül beeső részecskék által keltett elektronok számával.

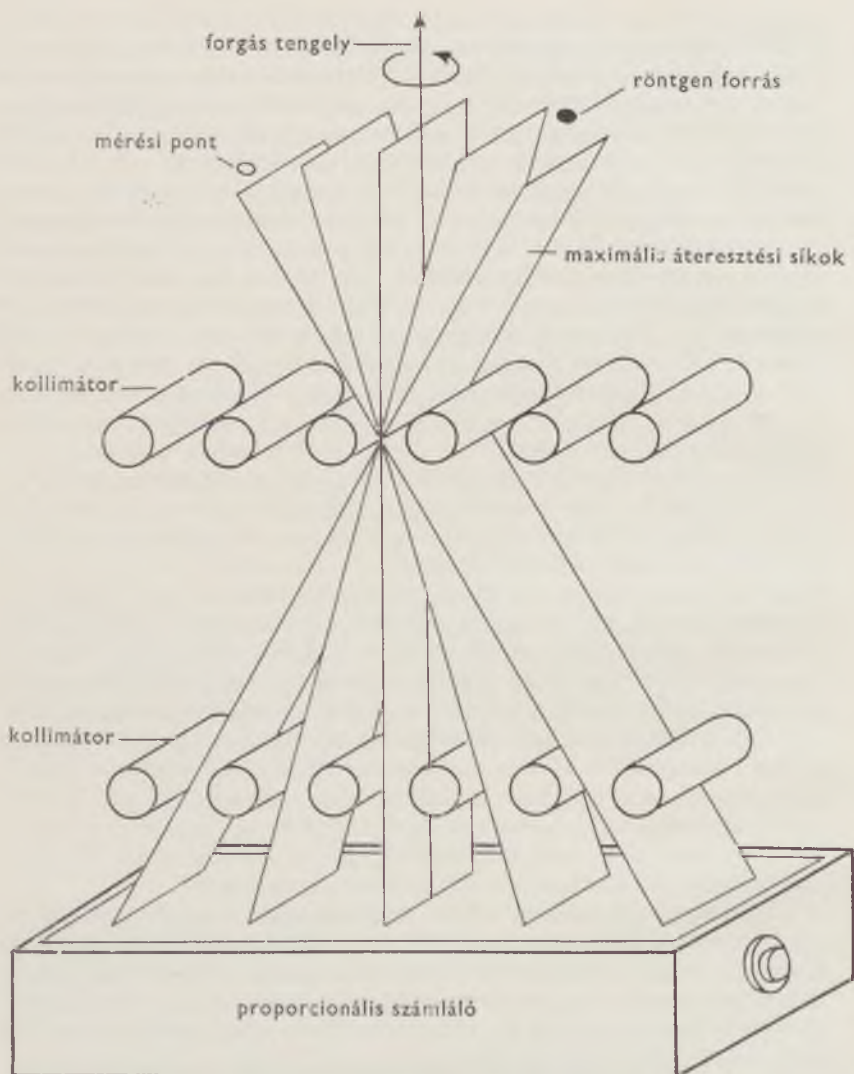
A proporcionális számláló nemcsak a részecskék számlálására, hanem energiájuk mérésére is alkalmas. A detektor ablakának és töltőgázának megfelelő megválasztásával elérhető, hogy a jelek előre meghatározott tartományú fotonenergiáknak feleljenek meg, és 3—4, egymástól különböző tartományban működő detektorból lehet ún. „szendvics”-et készíteni. Ilyen elrendezésnél a kisenergiájú fotonok regisztrálódnak és elnyelődnek az első detektorban, a valamivel nagyobb energiájúakkal ugyanez történik a másodikban stb. Ez a mérés technika nagyon hasonlít a hagyományos fotometriában alkalmazott eljáráshoz, amikor 3—4 különböző színképi tartományban mérik a csillagok fényességét.

A mai röntgendetektoroknál elektronikus logikai egységekkel gondoskodnak még arról is, hogy a nem röntgensugárzásból származó eseményeket (töltött részek, kozmikus sugárzás vagy gamma sugárzás által kiváltott lavinákat) a számlálásból kirekesszék.

Ha a röntgendetektort rakétán helyezik el, rendszerint a következő technikát alkalmazzák. A rakétát már a fellövés első másodperceitől kezdve a hosszanti tengelye körül stabilizálják, és ezzel biztosítanak egy vonatkoztatási irányt. E tengely körül forgatva a detektort, kisebb-nagyobb sebességgel lepásztazzák az eget. A számláló integráló üzemmódban dolgozik, és az egy időintervallumban mért beütések számát telemetrikus úton juttatják a földi megfigyelőállomáshoz. A sugárzás intenzitásának mérésével egyidőben azt is rögzíteni kell, hogy a sugárzás milyen irányból érkezett. E célból sűrű időközönként (pl. másodpercenként) felvételt kell készíteni az égboltról, még pedig olyan kamerák segítségével, amelyeknek optikai tengelyét még fellövés előtt párhuzamosították a detektor tengelyével.

Kezdetben a röntgenforrás pozícióját kizárólag ezzel a módszerrel határozták meg. Minthogy e módszer csak 10° pontossággal adja meg a sugárforrás helyzetét, az optikai azonosítás ki volt zárva. Ezért sürgősen tökéletesíteni kellett az észlelőberendezést, és ma már ott tartunk, hogy a röntgendetektorok térbeli felbontása az $1''$ -et is elérheti. Ezt a nagy haladást viszonylag egyszerű technikai trükkkel érték el.

A kis felbontást lényegében az okozta a korábbi detektoroknál, hogy az égbolt nagy területéről egyidejűleg beeső sugárzást, amely több sugárforrásból is származhatott, nem tudták komponensekre bontani. A különböző sugárforrásokból egyidejűleg beérkező intenzitások aránya a detektor forgatása közben is lényegileg ugyanaz maradt. Megváltozik azonban a helyzet, ha a detektor elé helyezzünk két, egymással párhuzamos huzalokból álló rácsot,



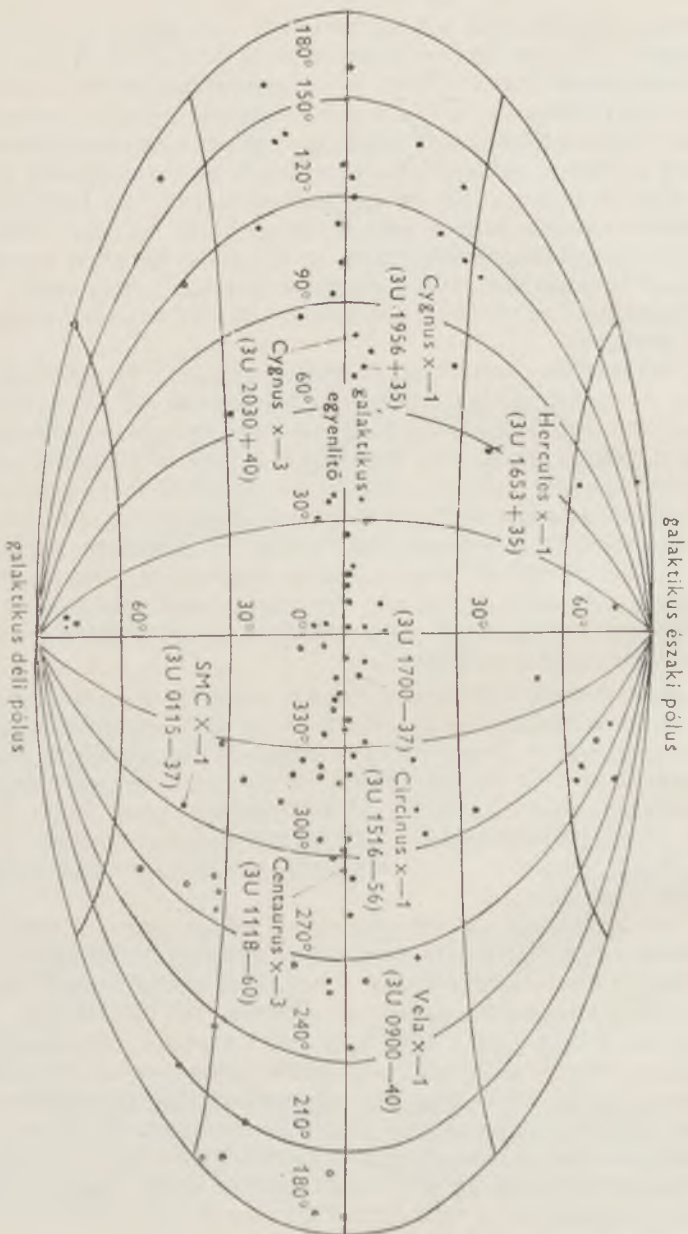
20. ábra. A párhuzamos huzalokból álló kollimátor meghatározza a maximális átérésztési síkokat, vagyis az égboltnak azokat a sávjait, ahonnan a sugárzás a proporcionális számlálóra juthat. A kollimátor forgatásával a sugárzás az égbolt más és más helyéről érkezhethet a számlálóra, így a kollimátor helyzetéből számítógéppel meghatározható a sugárforrás helye az égbolton.

mégpedig a detektor észlelési tengelyére merőlegesen (a detektor tengelye legyen a huzalok által meghatározott sík normálisa). A két rácshálózat *kollimátornak* nevezik. Mivel a röntgensugárzás számára a huzalok olyan akadályt jelentenek, amelyen csak lényegesen gyengítve tudnak áthatolni, így a huzalok közötti rések meghatározzák az ún. áteresztési síkokat, amelyek a sugarak gyengítetlenül haladhatnak át. Az áteresztési síkok az égboltot párhuzamos főkörök sorozatában metszik, és a kollimátor helyzetének ismeretében bármely pillanatban meg lehet mondani, hogy az égbolt mely körei jöhetnek számításba, ha a sugárforrás helyét keressük. Lehet, hogy az égboltnak azon a szalagszerű részén, amely éppen „áteresztő” helyzetben van, több sugárforrás is van, és mindegyiknek a sugárzása eljut a detektorra.

Ha azonban a kollimátort a detektor tengelye, mint egyenes körül forgatjuk, az égbolt más és más részeiről jövő sugárzás tud a detektorra jutni, így minden sugárforrásról beérkező sugárzás intenzitása modulálódik, mert a kollimátor huzaljai hol eltakarják, hol szabaddá teszik a sugárzás útját a detektor felé. Ugyanakkor azonban a különböző irányokból érkező sugárzások modulációjának fázisa és mértéke függ egyrészt a forrásnak a kollimátortól mért szögtávolságától, másrészt a kollimátor pozíciós szögétől (amit egy tetszőleges irányhoz képest lehet mérni). Az e módszerrel nyert mérési adatokból számítógép segítségével nagy pontossággal meg lehet határozni a röntgenforrás égi pozícióját. A vázolt észlelőberendezést nevezik *rotáló modulációs kollimátornak*.

A modulációs kollimátor lényegesen megjavítja a *jel/zaj* viszonyt, és ezért a detektor érzékenysége is javul. Segítségével közeli kettős sugárforrások is felbonthatók. A műszer hátrányai, hogy csak pontszerű vagy kis kiterjedésű sugárforrásoknál lehet alkalmazni, mert kiterjedt források egyidejűleg több áteresztő sávot fognak át, következésképpen nem adnak modulációt. A műszer felbontó képessége $10''$ körül van. Építettek már $1''$ -nél jobb felbontású műszert is, de az nem alkalmazható mesterséges holdakon, mert nagy a terjedelme.

Az első eredmények oly szenzációsak voltak, hogy a röntgenteleszkópok hamarosan helyet kaptak mesterséges holdakon is. Ma már nem is lenne célszerű felsorolni mindazokat a holdakat, amelyek kisebb-nagyobb részt vállaltak a röntgenkutatásban, de néhányat azért megemlítünk. A *Kozmosz* sorozat holdjai mellett jelentékeny helyet kapott a röntgenkutatás a *Szaljut-4* űrhajón, a *Skylab*-cn, az *OSO*-holdakon, de vannak olyan holdak, amelyek főleg e téren végzett kutatások miatt lettek nevezetesek. Kimondottan röntgenkutatási célokra lőtték fel 1970 decemberében az *UHURU* (szuahéli nyelven: szabadság) elnevezésű holdat, de igen szép eredményeket értek el a kutatók az 1972 augusztusában fellőtt *OAO-3* (Copernicus) nevű holddal, és a hollandok 1974 augusztusában fellőtt, *ANS* jelzésű holdacsckájával.



21. ábra. Az ábra a III. Ujru-katalógusba felvett röntgen sugárforrásokat mutatja a galaktikus koordinárendszerben. A sugárforrások többsége a galaktikus egyenlítő mentén sűrűsödik

A holdakon elhelyezett röntgenteleszkópok jelentősége abban áll, hogy az észlelés egy térben stabilizált platformról történik, és így a műszereket nagy pontossággal (ívmásodpercnyi pontossággal) lehet a célra irányozni. De ugyanilyen fontos az is, hogy így akár napokon keresztül lehet ugyanazt az objektumot folyamatosan észlelni (ha a hold pályája megfelelő).

Nem csoda, hogy ennyi előny mellett a holdakon elhelyezett detektorok ontani kezdték az adatokat. Míg a rakétás korszakban hosszú évek alatt alig két tucat sugárforrást sikerült felfedezni, addig pl. az Uhuru hold egyetlen év alatt több mint 120 röntgensillagot észlelt. Ennek az lett a következménye, hogy külön röntgenforrás katalógust adtak ki az Uhuru által észlelt objektumokról. Az eddig 3 kötetes katalógusban az objektumok azonosítására újabb jelölést vezettek be. A jelölés első tagja mutatja, hogy a katalógus hányadik kötetében szerepel az objektum, míg a második tag megadja a rektaszncenziót és deklinációt. Így pl. a 3U 1700—37 jelölés szerint az objektum a 3. kötetben található, és rektaszncenziója $17^{\text{h}} 00^{\text{m}}$, míg deklinációja -37° .

A technikai jellegű problémák között említést érdemel az optikai azonosítás kérdése is. A lényege nagyon egyszerű: meg kell állapítani, hogy a röntgenmérésekkel meghatározott égi pont környezetében van-e olyan objektum, amely látható fényt sugároz. Mivel a kérdéses égi pozíciót egy hibanégszöggel (vagy körrel, ellipszissel) adják meg, azt kell megállapítani, hogy a kérdéses hibanégszögben van-e számításba jöhető csillag. Sajnos, csak ritkán oly kicsi a hibanégszög, hogy abban csak *egyetlen* csillag legyen. Rendszerint néhány ívperces oldalhosszúságú négyzetről van szó, amelyben akár egy tucat csillag is lehet. Ezért a röntgensillagok nagy részét eddig még nem sikerült optikailag azonosítani. A néhány azonosított objektum is megenged érdekes következtetéseket.

Észlelési eredmények

Amint már említettük, a másodiknak felfedezett sugárforrás a *Crab köd* volt. Bár ebben az esetben az optikai azonosítás nem okozott gondot, mégis kíváncsi volt eldönteni, hogy vajon a röntgensugárzás a köd teljes terjedelméből származik-e, és ha nem, akkor mely részéből. Más röntgenforrás esetében nyilván nem lett volna könnyű e kérdésre választ találni, de a Crab köd az ekliptika közelében helyezkedik el, és ez kínált egy különleges megoldást. Kiszámították ui., hogy a Crab ködöt időnként elfedi előlünk a Hold, és kb. tíz évenként vannak olyan időszakok, amikor ezek a holdfedések sűrűbben következnek be. Hamarosan adódott is alkalom, hogy ezt a lehetőséget 20. századi módszerrel használjuk ki. 1964. július 7-ikén, amikor a Hold ismét elfedte a Crab ködöt, felküldtek egy rakétát. A rakéta a fedés időtartama alatt folyamatosan észlelte a ködből érkező

röntgensugárzást mindaddig, amíg a Hold azt teljesen el nem fedte. A rakéta térbeli pozíciójából és a Hold mozgásának ismeretében ki lehetett számítani, hogy az adott pillanatban a köd mely részéből *nem jöhet* az észlelt sugárzás. Egy újabb fedéskor, 1974-ben megismételték a mérést, de pontosabb műszerekkel. Az összesített eredmények alapján biztosra vehető, hogy a röntgensugárzás nem a köd teljes terjedelméből származik, hanem a köd optikai képének belsejében elhelyezkedő, nagyobb, gömbszerű térrészből, és ennek középpontja nem esik egybe a köd optikai középpontjával.

A Crab köd problémája előtérbe került 1968-ban, amikor optikai középpontjától mintegy $10''$ -re felfedezték az NP 0532 jelzésű pulzárt. Hamarosan kiderült, hogy a Crab köd energiája az optikai és a rádió tartományban ettől a pulzártól származik. Nyilván felmerült a kérdés, hogy vajon a köd röntgensugárzása is a pulzárnak tulajdonítható-e?

Az időközben szaporodó röntgenmérések alapján elég részletes képet kaptunk a Crab köd energiaspektrumáról, és mivel 1972-ben még a röntgensugárzás polarizáltságát is ki lehetett mutatni, el kellett fogadni azt a korábbi feltevést, hogy a Crab ködben *szinkrotron folyamatok* játszódnak le.

Az NP 0532 pulzár tanulmányozásából megtudtuk, hogy annak kezdeti forgási periódusa ($P = 0,0331$ s) fokozatosan csökken, még pedig kb. $3,5 \cdot 10^{-8}$ s/nap értékkel. A ködbe ágyazott pulzár tehát folyamatosan veszít forgási energiájából. Számítások azt mutatják, hogy a pulzár által időegységenként elveszített forgási energia igen plauzibilis feltételek mellett is elegendő ahhoz, hogy fedezze a Crab köd teljes energiasugárzását, a röntgensugárzást is beleértve. Így tehát általánossá vált az a felfogás, hogy a Crab köd sugárzásának energiaforrása a beleágyazott pulzár, és valamilyen mechanizmus lehetővé teszi szinkrotron folyamatok létrejöttét. Ez utóbbiak eredményezik a röntgensugárzást.

Az a tény, hogy a Crab köd egy szupernova maradványa, azt sugallja, hogy talán a többi röntgensugárzó is az. El is kezdték tehát az ismert szuper-

2. táblázat

Maradvány neve	Kora (év)	Röntgentelj. erg/s	Spektr. tartomány (keV)
Rák köd	900	10^{37}	1 — 200
NP 0532	900	10^{36}	1 — 10^6
Cas A	300	$5 \cdot 10^{36}$	1 — 10
Tycho	400	$5 \cdot 10^{35}$	1 — 10
Puppis A	10^1 — 10^5	10^{36}	0,2— 3
Vela X, Y, Z	10^1 — 10^5	10^{36}	0,2— 3
Cygnus Fátýol	10^1 — 10^5	$2 \cdot 10^{35}$	0,2— 1
IC 443	?	$2 \cdot 10^{31}$	2 — 10
MSH 15—52A	?	$5 \cdot 10^{35}$	2 — 10

nova maradványok szisztematikus vizsgálatát. Kiderült, hogy az 1940 óta *Cas A* néven ismert rádióforrás egyúttal röntgenforrás is. A sugárforrás látszólagos átmérője 5 ívperc, vagyis a Hold átmérőjének 1/6-a. Azt a szupernovarobbanást, amelynek a maradványa a *Cas A*, nem észlelték, legalábbis nincsenek róla feljegyzéseink. A robbanás fénye kb. 1700 táján érhetett el a földfelszínt, amikor már távcsövekkel rendszeresen figyelték az eget.

Ismeretes, hogy Tycho Brahe 1572-ben felfedezett egy szupernovát. Erről szintén kiderült, hogy röntgensillag. Megvizsgálták Kepler szupernovájának maradványát is, de az nem mutat röntgensugárzást. Ennek oka talán a nagy távolság és a műszerek érzéketlensége lehet.

További részletezés helyett közöljük azoknak a szupernova maradványoknak néhány adatát, amelyekről eddig már kiderült, hogy röntgensillagok.

A mérések tehát azt mutatják, hogy szép számmal vannak röntgensillagok, amelyek szupernova maradványok. De felmerül két alapvető probléma is. Koránál fogva a Crab köd összehasonlítható a nála fiatalabb *Cas A* és *Tycho* maradvánnyal; a röntgenintenzitások alapján bizonyos, hogy a sokkal intenzívebben sugárzó Crab köd nem ugyanolyan röntgensillag, mint a többi. A másik kérdés viszont az, hogy miért nem találunk a fiatal szupernovamaradványok között több röntgensillagot? Nyilván ismernünk kellene azt a mechanizmust, amely létrehozza a röntgensugárzást, akkor könnyebb volna a kérdésekre válaszolni.

Az első röntgensillag, amelyet a Crab ködön kívül optikailag azonosítani tudtak, a Skorpius X—1 volt. Ez ma is az égbolt legfényesebb röntgensillaga. De ugyanaz a csillag az optikai tartományban csak egy kis, halvány, 12,8 magnitúdós, kékes színű csillag, amelyről bizonyosnak vehető, hogy nem szupernova maradvány. Így tehát fontos volt eldönteni, hogy milyen más csillag válhat röntgenforrássá, már pedig a Skorpius X—1 a színképe alapján leginkább posztnovának tekinthető. Színképében a hidrogénonalak emisszióban vannak, megtalálható a *HeII*, és jól láthatóan abszorpcióban van a *CaII* intersztelláris *K* vonala. Posztnovákhoz hasonlóan itt is jelentkezik a Balmer-vonalak néhány nap alatt bekövetkező nagy intenzitásváltozása. Érdekes módon azonban nem találták nyomát a novákra jellemző rövidperiódusú radiális sebességváltozásnak. Végeredményben azt lehetne mondani, hogy noha spektruma leginkább a posztnovákéhoz hasonlít, azért spektrális tulajdonságainak összessége egyetlen eddig ismert posztnováéval sem azonos. E megállapítások alapján letapogatták 6 régi nova helyét, de közülük egyiknél sem találtak kimutatható intenzitású röntgensugárzást. *Így tehát az észlelések szerint sem minden szupernova, sem minden nova maradványa nem válik röntgensillaggá.*

A röntgensillagok felsorolása ma már nem végezhető egyetlen cikk keretében. Mi is csak az áttekintés kedvéért említjük meg, hogy a röntgensillagok túlnyomó többségének galaktikus szélessége kicsiny, amiből az

a következtetés adódik, hogy elsősorban galaktikus objektumokról van szó, sőt bizonyos jelek arra is utalnak, hogy az eddigiek főleg spirálkarokban helyezkednek el. De vannak már szép számmal extragalaktikus röntgensillagok is. Ilyenek találhatóak az Andromeda ködben, a Nagy Magellán Felhőben, a Kis Magellán Felhőben, az M 87-ben, sőt az NGC 4151 Seyfert-galaxisban is. Legalább 1 röntgensillagról kiderült, hogy kvazár: a 3C 273.

Néhány röntgensillagról ma már tudjuk, hogy szoros fedési kettős egyik tagja, a Cygnus X—1 pedig nagy valószínűséggel tekinthető fekete lyuknak. Ugyanakkor figyelmet érdemel az a tény is, hogy míg egyes röntgensillagok intenzitása állandó, addig mások szabályosan vagy szabálytalanul változtatják intenzitásukat. A Centaurus X—2 pl. teljesen novaszzerűen viselkedett a röntgentartományban, amikor sugárzása néhány nap alatt csaknem százszorosára emelkedett, majd néhány hónapos folyamatos intenzitásnövekedés után láthatatlanná vált.

Amint látjuk, a röntgensillagok megfigyelési anyaga igen színes képet ad. Mindehhez még azt is hozzá kell tennünk, hogy az említett diszkrét vagy kiterjedt röntgensillagok bele vannak ágyazva egy kis energiájú háttér-röntgensugárzásba. Ezt a háttérsugárzást éppen hogy észre lehet venni a nagyobb energiájú tartományban, de intenzitása rohamosan nő az alacsonyabb frekvenciák felé. Vizsgálatok szerint e háttérsugárzás nagy része galaktikus eredetű, de feltehető, hogy kapcsolatban van az általános háttérsugárzással is.

A csillagfejlődés elemei

A röntgensillagok tanulmányozása felvetett néhány fogalmat, mint *szupernova*, *pulzár*, *fekete lyuk* stb. Éppen ezért megkíséreljük, hogy megismerjük a csillagfejlődés néhány olyan fogalmát, amely a röntgensillagokkal kapcsolatban van. (A csillagfejlődésről lásd még Barcza Szabolcs cikkét az 1975-ös Csillagászati Évkönyvben.)

Egy csillag életében a legfontosabb tényező, amely egész fejlődésének, sőt pusztulásának is irányt szab, a gravitáció. Szerepe még a csillag születése előtt kezdődik, amikor egy gázfelhő részecskéi a kölcsönös vonzás alapján állnak össze egyre sűrűbb és egyre nagyobb tömegű kozmikus objektummá, amelyből majd a későbbiekben születik meg a tulajdonképpeni csillag. A kezdeti tömeg óriási jelentőségére most nem térünk ki, de jelezzük, hogy ez alapvetően befolyásolja a csillag életútját, maximális életkorát, sőt pusztulását is.

A gravitáció hatására a felhő egyre jobban összehúzóódik, ennek következtében viszont hőmérséklete is emelkedik, és központi részében lesz a legnagyobb. A gázfelhő kezdeti tömegétől függően mintegy százszor—millió év múlva a hőmérséklet már oly magas, hogy a csillag belsejében megkezdőd-

hetnek a termonukleáris reakciók, atommagok egyesülése magasabb rendszámú atommagokká. E fúziós folyamatok jelentik a csillag fejlődése szempontjából a második legfontosabb tényezőt, hiszen ettől kezdve a csillag gravitációs erőinek és a magreakcióknak az egyensúlya szabja meg a csillag fejlődésének útját és ütemét.

Az első fúziós folyamatban hidrogén alakul át héliummá a csillag központi részében. Tekintve, hogy az újonnan született csillag főleg hidrogénből áll, ez a fázis a csillag életében soká tarthat. De bármekkora is a csillag hidrogén tartaléka, nem végtelenek: a hidrogén elfogy, és ezután a csillag magja főleg héliumból áll. Azt is megjegyezzük, hogy a héliummagok száma nyilván kb. 4-szer kisebb, mint a hidrogénmagok száma volt. A héliummagok elvileg egyesülhetnek szénné, de ehhez a hőmérséklet még a csillag centrális részében is túl alacsony. Így most olyan szakasz következik, amikor leáll a nukleáris energia termelése; helyette felülkerekedik a gravitáció, és hatására a csillag ismét elkezdi összehúzódni. Az összehúzódáskor felszabaduló gravitációs energia elsősorban hővé alakul, így a csillag hőmérséklete ismét emelkedni kezd, és bizonyos idő múlva a központi részében már elég magas lesz ahhoz, hogy beinduljon a hélium fúziója szénné.

Mivel a hélium atommagokból lényegesen kevesebb van, mint a hidrogénből volt, ez a második fúziós periódus hamarabb fejeződik be, mint az első. Ezután ismét gravitációs összehúzódás következik, következésképpen hőhőmérséklet-emelkedés, majd újabb fúzió stb. Így tehát a csillag életútját összehúzódási és fúziós energiatermelési periódusok jellemzik. Jellemző azonban, hogy egyre rövidebbekké válnak azok a periódusok, amikor a fúziós reakciók felszabaduló energiája képes egyensúlyt tartani a gravitációs összehúzódással. Ennek oka az, hogy a fúziós folyamatban keletkező magok száma értelemszerűen mindig csak hányada az előző fúziós folyamatban résztvetteknek, és a rendszám növekedésével a felszabaduló fúziós energia csökkenő tendenciát mutat.

A vázolt folyamatban a csillag végül is eljut odáig, hogy elfogy minden nukleáris fűtőanyaga. Kérdés, hogy ekkor mi fog vele történni? Ezt a kérdést a csillag *kezdeti tömege* dönti el.

Ha a csillag tömege kisebb a Nap tömegénél, akkor szép lassan átalakulhat ún. *fehér törpévé*. A folyamat ismertetése nélkül megjegyezzük, hogy a fehér törpe csillagoknak kompakt, összenyomhatatlan magja van, amely főleg szorosan összehúzott elektronokból áll. A legfeljebb 3,5 naptömegnyi csillagok is eljuthatnak ebbe a stádiumba, de ilyenkor a fejlődési folyamatban elveszítik anyaguk nagy részét. Kompakt magjukban nem maradhat több 1,4 naptömegnél (Chandrasekhar-határ).

Az ennél nagyobb tömegű csillagok fejlődése a fűtőanyag elfogyasztása után *gravitációs kollapszussal*, hirtelen összeomlással folytatódik. A kollapszust rövid időre, csetleg csak néhány másodpercre, nem kompenzálja semmi, a folyamat szabályozatlanná válik. Ezt elősegíti neutrínók és más, töltött

nukleáris részecskék távozása is, ami nagy mennyiségű energia elvesztésével jár. Az összeomlás folyamán a mag anyaga végül is olyan szupersűrű állapotba kerül, amelynél nem léteznek önálló elektronok és protonok, azok akkor már annyira összepréselődtek, hogy a mag teljesen neutronokból áll. Ezért a kollapszus eredményeként létrejövő csillagot ebben az esetben *neutroncsillagnak* nevezzük. A neutroncsillag elsősorban óriási sűrűségével tűnik ki: elméleti számítások szerint 10^{15} g/cm³! Ez a sűrűség már összehasonlítható az atommag sűrűségével. Ilyen sűrű lenne a Föld, ha valamilyen módon összezsugorodnék egy kb. 164 m sugarú gömbbé, megtartva eredeti tömegét. A neutroncsillagok sugara a számítások szerint lényegesen nagyobb: 10–30 km.

A neutroncsillag gravitációs kollapszusánál két folyamatnak van rendkívül fontos következménye. Az első az, hogy az összehúzódás folyamán felszabaduló gravitációs energia nagyrészt forgási energiává alakul. Ennek jelentőségét akkor látjuk be, ha figyelembe vesszük, hogy a Nap ma kb. 27 napos periódussal forog tengelye körül. Ha azonban valamilyen oknál fogva összehúzódna 10 km sugarúra, akkor periódusa 0,001 s-ra (!) csökkenne, tehát rendkívül nagy mértékben felgyorsulna a forgása. Bizonyos tehát, hogy ha 10–30 km sugarúra zsugorodott neutroncsillagot keresünk, annak igen gyorsan kell forogni a tengelye körül.

A másik lényeges következmény, hogy a kollapszus folyamán a csillag eredeti mágneses télerőssége is megsokszorozódik. Ha ismét az előző példát vesszük, kiderül, hogy a 10 km sugarúra zsugorodott Nap felszínén az eredeti 1 gauss télerősség megnövekszik 10^{10} gaussra! A neutroncsillagoknál tehát figyelembe kell venni a mágneses erőter hatását olyan folyamatoknál, amelyek közönséges csillagoknál elhanyagolhatók.

A neutroncsillag energetikai mérlegét tekintve meg kell állapítanunk, hogy a gravitációs kollapszusból származó energia messze meghaladja azt, amely korábban a nukleáris fúzióból keletkezett. Számítások szerint egy fiatal neutroncsillag kinetikus energiája lehet több, mint 10^{50} erg, vagyis több, mint amivel szülő-csillaga rendelkezett a nukleáris folyamatokból kifolyólag. Így az is belátható, hogy az ilyen nagy energiájú csillag elérhet olyan luminozitásokat, amelyeneket a röntgenszállagok produkálnak.

De ezek után térjünk vissza a csillagfejlődéshez, és vizsgáljuk nagyobb csillagok továbbfejlődését. Ha a csillag kezdeti tömege eléri a 10–60 nap-tömeget, akkor a kollapszus, amelyet a neutroncsillagnál említettünk, nagyobb mértékű lesz. Ebben az esetben ugyanis a degenerált neutronok nyomása a neutroncsillag sűrűségénél még nem elég nagy ahhoz, hogy az óriási tömeg nyomását kompenzálja, a csillag tovább zsugorodik, sugara kisebbé válik, mint a Schwarzschild-rádiusza. Ez utóbbi azt jelenti, hogy a csillag felszínén a szökési sebesség meghaladja a fény sebességét, és ennek az a következménye, hogy erről a csillagról még a fény sem szakadhat le, hanem görbült pályán visszatér a felszínre. Így tehát erről a csillagról nem.

érkezhet fény a külső megfigyelőhöz, ezért ez a csillag, amelynek lehetőségére az elméleti fizika hívta fel a figyelmet, a fekete lyuk elnevezést kapta.

A fentiek alapján a neutroncsillag és a fekete lyuk keletkezése lényegében hasonló folyamat. A kettő között azonban lényeges különbség is van, ti. az, ahogyan a folyamat lezajlik. Míg a fekete lyuk keletkezése, mai tudásunk szerint a külső megfigyelő számára csendes és „láthatatlan” folyamat addig a neutroncsillag születése egyáltalán nem ilyen! Az elméleti számítások szerint ui. a neutroncsillag kollapszusánál a csillag tömege lecsökken, és végső tömege nem lehet több, mint kb. 3 naptömeg. Az elfajult neutrongáz nyomása ui. ennél nagyobb tömeget nem képes kompenzálni. Mi történik akkor a tömegfölsőleggel, ami igen jelentékeny, és kitéhet akár 6-7 naptömeget is? Ez a tömegfelesleg ledobódik a csillagról, vagyis az említett összeomlás a csillag magjában következik be, de vele párhuzamosan a magot körülvevő burok egy óriási kataklizma kretében felrobban és ledobódik a csillagról, szétszóródik a környező térbe. Ezt a folyamatot nevezzük *szupernova-robbanásnak*, és a fentieket úgy foglalhatjuk össze, hogy míg a neutroncsillag keletkezése szupernova robbanással jár, addig a fekete lyuknál ez elmarad.

A neutroncsillaggal kapcsolatban már tisztáztuk, hogy igen gyorsan forog, és erős, 10^{10} – 10^{12} gauss nagyságrendű mágneses tere van, sugara 10–30 km-es. A forgás periódusa a másodperc törtrésze (!) is lehet, és az eközben emittált elektronok a csillag „befagyott” (vagyis magával sodort) mágneses erővonalai mentén felgyorsulnak, egészen a fénysebességhez közeli értékre. Létrejön tehát egy nagyenergiájú plazma, amely ilyen körülmények között sugározni kezd, főleg a rádiótartományban. A sugárzást elsősorban tangenciális irányban lehet észlelni, és mivel nem a teljes plazma sugároz, hanem annak csak egyes tartományai, az észlelő pulzálást fog észlelni, még pedig egy széles hullámtartományban. Az eddigiekből bizonyára mindenki ráismert már a néhány évvel ezelőtt felfedezett *pulzár*ra. Tehát mai elképzelésünk szerint a pulzár egy neutroncsillag, amely keresztülment a vázolt hosszú fejlődési folyamaton. Ismert azonban, hogy a pulzároknál már a kezdeti időkben mérhető volt a forgási periódus növekedése. A fenti modellel ezt is könnyen meg lehet magyarázni, ha figyelembe vesszük, hogy az elektronok a folyamatos gyorsulás közben leszakadhatnak a mágneses erővonalokról. Ilyenkor tehát a plazmafelhő egy darabja leszakad, és szétáramlik a pulzárt körülvevő (szupernovától származó) ködben, helyét pedig elfoglalja egy újabb plazmafelhőrész. Így tehát a pulzár rotációs energiájából lead a ködnek, saját forgási sebessége pedig ennek mértékében csökken.

Modellünk még arra is jó, hogy a pulzárt körülvevő köd röntgenemisszióját is megmagyarázza a leszakadt plazmacsomók elektronjaival. Szóba jöhet pl. a fékezési sugárzás, amely úgy jön létre, hogy a gyors elektronok ionokkal való találkozásukkor lefékeződnek azok elektromos erőterében, és e fékezés

közben elektromágneses sugárzást bocsátanak ki, főleg a röntgentartományban. Ha e mechanizmust fogadjuk el magyarázatul, akkor a lefékezett elektronok pótlását is meg kell magyaráznunk. Ezt tehetjük az újabb leszakadó plazmacsomókkal, de úgy is, hogy megengedjük azt a lehetőséget, hogy a szupernova robbanásakor kidobott anyag néhány százaléka radioaktívvá vált, és ez a sugárzás pótolja a lefékezett elektronokat.

A köd röntgenemisszióját talán még egyszerűbben meg lehet magyarázni szinkrotron sugárzással, vagyis olyan folyamattal, amikor a nagyenergiájú elektronok mágneses térben mozogva emittálják energiájuk egy részét. A szinkrotronsugárzás abban is különbözik a fékezési sugárzástól, hogy polarizált, de a kétfelé sugárzás a spektruma alapján is megkülönböztethető.

E vázlatosan ismertetett modell alkalmazható a Crab ködre és a benne levő NP 0532 pulzárra. Ezek egyébként a legintenzívebben tanulmányozott röntgensillagok, a mérések a rádióhullámoktól az 1 GeV-os tartományig terjednek. Az észlelések alapján ismerjük a Crab köd energiaspektrumát, és ennek alapján, a kimutatott polarizáció figyelembevételével, bizonyosra vehető, hogy röntgenemisszióját a szinkrotronsugárzás okozza. Ehhez csupán 10^{-1} gauss mágneses térnek kell lennie a ködben, ami elfogadható érték.

Az NP 0532 pulzárnak a számítások szerint születésekor 10^{10} – 10^{52} erg forgási energiája lehetett, és azóta ezt 10^{38} erg/s teljesítménnyel szétsugározza. Így forgási periódusának évente kb. 15 mikroszekundummal kell növekednie, ami szintén összhangban van a megfigyelésekkel. Ha az így felszabadult energia csupán 10%-os hatásfokkal alakul át részecskékké és energiává, akkor ezzel fedezhető a köd teljes energiasugárzása. Végző soron tehát a Crab köd energiaforrása a benne elhelyezkedő pulzár, amely a szupernova-robbanás alkalmával keletkezett. Ez a pulzár az eddig ismertek közül az egyik leggyorsabban forgó, és talán a legfiatalabb is, az eddigiek közül. Bár energiája rohamosan fogy, a pulzációk a mai elméletek szerint még néhány tízezer évig folytatódhatnak. De a sugárzás spektrális eloszlása lassacskán meg fog változni: eltolódik a hosszabb hullámok felé.

Így tehát az öregebb neutroncsillagok vagy pulzárok fokozatosan eltűnnek előlünk, észlelhetetlenné válnak. De ennek ellenére nyitva marad még az a kérdés, hogy miért nem látunk minden fiatalabb szupernovamaradványban pulzárt is? Hogyan történik ott a röntgenemisszió? A Cas A, a Tycho valamint a Kepler által felfedezett szupernovák maradványai esetében joggal várhatnánk pulzárok jelenlétét, mégsem lehetett őket kimutatni! Mindez arra utal, hogy mi eddig több lehetőség közül csak az egyikkel foglalkoztunk. Várható, hogy a szupernova maradványokkal kapcsolatban fogunk még újat hallani.

Pulzár nélküli maradványok sugárzása

Elcinte igen nagy nehézséget jelentett, hogy a fentiekben ismertetett modellt nem lehet alkalmazni a Cas A röntgensillagra és más maradványokra, amelyekben nincs központi pulzár, amely az energiaforrás szerepét betölti. Ma már van olyan elképzelés, amely bonyolult magnetohidrodinamikai számítások alapján elfogadható magyarázatot szolgáltat erre az esetre. A nagymértékben leegyszerűsített gondolatmenet a következő.

Miután egy szupernova felrobbant, a nagy sebességgel kidobott anyag eltávolodik a csillagtól. A ledobott csillagfoszlányok azonban nem vákuumban, hanem intersztelláris porral és gázzal egyenetlenül megtöltött téren keresztül terjednek. Így elkerülhetetlen, hogy az egyre jobban kitáguló burok önmaga előtt összesöpörje az intersztelláris anyagot. Tehát a volt csillagburok anyaga lényegében mint „intersztelláris seprű” működik, és bár nagyon ritka az intersztelláris anyag, a számítások azt mutatják, hogy ez a seprű mintegy száz év alatt megkétszerezi a kidobott anyag tömegét! Mondhatjuk tehát, hogy egy egyre sűrűbbé és nagyobb tömegűvé váló anyagfelhő távolodik az újonnan született szupernovától, így a közegellenállása is egyre nagyobb lesz.

A növekvő közegellenállás miatt a hullám frontális részén az anyag elkezd lassulni, de a mögötte haladó anyagfelhők alig lassulnak, hiszen egy már „tisztára söpört” térrészen haladnak keresztül. Amikor tehát a szupernováról csak később ledobott, és ezért hátrább haladó anyag utoléri az első hullámfrontot, kénytelen ott lelassulni, és egy második hullámfrontot képez az első mögött. Egyúttal nyilván veszít mozgási energiájából, és ezzel az energiával a maga előtt haladó hullámfrontot jelentékenyen fel is melegíti. Mivel az első hullámfronthoz képest lelassul, és hozzá képest látszólag visszafelé mozog, a jelenség úgy is fogalmazható, hogy a két hullám kölcsönhatásaképpen ellentétes irányú lökéshullám keletkezik, jelentékeny energialeadással, ill. felfűtéssel kísérve. Így tehát rendelkezésre áll a termikus röntgenemisszióhoz szükséges energia, csupán még egy részletet kell megemlítenünk. Az elől haladó, sűrűbb burok felforrósodott gázai nyilván tovább lassulnak, mert akadályozza őket az intersztelláris anyag, amely az első hullámfront leadott kinetikus energiája árán szintén kezd felmelegedni. Tekintve, hogy az intersztelláris anyag eloszlása nem mindenütt egyenletes, a vele találkozó hullámfront instabillá válik, egyes részeinek sebessége különböző lesz, így a hullámfront anyaga több részre, ún. filamentumra szakad, vagyis a létrejövő sugárzás nem egyenletesen emittálódik az egész burokból, hanem egyes részeiből nagyobb, más részekből kisebb intenzitással vagy egyáltalán nem.

Vajon milyen mechanizmust lehet feltételezni ebben az esetben a röntgensugárzásra? Egy szupernova maradvány fejlődésének vége felé az általa összesöpört intersztelláris anyag tömege már sokkal nagyobb is lehet, mint

a robbanásnál eredetileg kivetett gáz tömege. Ilyen óriási tömegű interstelláris anyag felfűtése az expandáló burok tetemes lehűlésével jár együtt. Számítások szerint ilyenkor az első lökéshullám mögött haladó anyag hőmérséklete már 10 millió fok alá hűl, amiből következik, hogy az észlelhető röntgensugárzás nem származhat szinkrotronsugárzásból. A számítások ui. azt mutatják, hogy egyrészt kevés olyan elektron található, amelyet a szereplő gyenge interstelláris mágneses tér befoghat, de még ezeknek a sugárzása is teljesen eltolódik a rádiótartományba. Ezért bizonyosra vehető, hogy az ebben az esetben kimutatható röntgensugárzás csak mint termikus emisszió léphet fel.

A Cas A röntgenképe még távolról sem oly részletdús, mint a rádiótartományban végzett mérések alapján kapott kép. Nem is áll módunkban egyes spektrális vonalakat mérni a röntgentartományban, de a kapott mérési eredmények teljesen összhangban vannak azzal az elképzeléssel, amit fentebb vázoltunk. Két különböző hőmérsékletű forró gáz által emittált sugárzásnak kiszámították energiaspektrumát a Cas A esetében. A mérési adatok kizárólag az elméleti spektrum által meghatározott pontokat adták, ami nagyon valószínűsíti, hogy a Cas A röntgensugárzásban a vázolt folyamat eredményezi a röntgensugárzást.

Régebbi szupernova maradványok nyilvánvalóan már nagyon kiterjedtek, hiszen a robbanáskor kapott sebesség mintegy 1000 km/s körül van. Így pl. a Cygnus Fátoly, amely mintegy húszezer évvel ezelőtt keletkezett, ma már több, mint 100 fényév kiterjedésű, és látszólagos kiterjedése is több fok az égbolton. Ilyen objektumok vizsgálata nehezebb, de érdekesebb is, mert a nagy kiterjedés miatt még a ma elérhető felbontás mellett is lehet vizsgálni, hogy mennyire egyenletes eloszlású a röntgensugárzás a ködben. A Cygnus Fátoly esetében az első hullámfront mögötti anyag 1—3 millió fokra hűlt le, a robbanáskor kivetett anyagnak pedig már alig akad látható nyoma, annyira kiterjedt. Kézenfekvő tehát az a következtetés, hogy ilyen körülmények között a röntgensugárzás intenzitásának eloszlásában mutatkozó egyenetlenségek tulajdonképpen az interstelláris gáz egyenetlenségeivel vannak összefüggésben. Ide tartozik a Cygnus Fátolyban nemrégén felfedezett röntgensugárzó, ún. „forró folt” (hot spot) is.

Számítások szerint a szupernova-robbanás után tízezer évvel a lökéshullám már nagyon lelassul, és ha ilyenkor találkozik egy sűrűbb interstelláris felhővel, akkor ott egy vékony, de forró gázréteg keletkezhet, amely a röntgentartományban sugározhat. Lényeges, hogy nem keletkezik röntgensugárzás ott, ahol az interstelláris gáz sűrűsége kicsi, vagy eloszlása egyenletes. Éppen ezért ma már általánosságban ki szokták mondani, hogy öreg szupernova maradványok esetében a röntgensugárzást a szupernova lökéshullámának az interstelláris gázfelhővel való kölcsönhatása eredményezi, és ilyen maradványok röntgenképén az interstelláris felhők sűrű-

ségi viszonyait lehet tanulmányozni. E felismerés lehetővé teszi, hogy szupernova maradványok röntgenképe alapján numerikus adatokat kapjunk az interstelláris felhőkben előforduló elemek gyakoriságára.

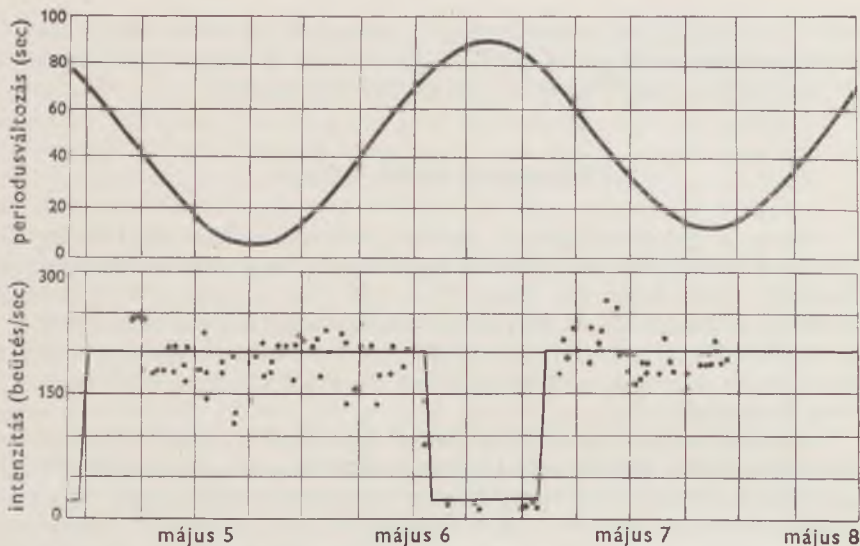
Röntgensugárzó kettős csillagok

Amikor a röntgensillagászat kezdetén a Skorpius X—1-ről kiderült, hogy posztnovára hasonlít, sokan arra gondoltak, hogy a röntgensillagok kettősök, hiszen akkor már tudott dolog volt, hogy az öreg novák szoros kettősök. A Skorpius X—1-nél azonban hosszas megfigyelések sem igazolták a kettős jellegét. Ugyanakkor elméleti szakemberek kimutatták, hogy kettős rendszer esetén a röntgensugárzást okozhatja egy neutroncsillag is, vagy egy fekete lyuk.

Nagy változás következett be, amikor az Uhuru gazdag észlelési anyagát kezdték elemezni. Megállapították, hogy a Centaurus X—3 nemcsak röntgensugárzó, de a rádiótartományból ismert pulzárokhöz hasonlóan, pulzálva sugároz, a rádiós periódusa a felfedezéskor 4,8 s volt, és naponta 0,001-ed részével növekedett, ami kb. ezerszerese a rádiópulzások periódusváltozásának. A mérések azt is mutatták, hogy a röntgensugárzás intenzitása változik. Gondos és hónapokig tartó elemzés alapján kiderült, hogy mindkét változás periódikus: pontosan 2,087 naponként ismétlődik. Nyilvánvalóvá vált, hogy kettős csillagrendszerről van szó, és a pulzációs periódus ismétlődő növekedése-csökkenése Doppler-effektus, és azzal függ össze, hogy a röntgenforrás egy társ körül kering. Az intenzitásváltozásokat pedig az okozza, hogy a röntgenforrás minden egyes keringés folyamán eltűnik a társa mögött, láthatatlanná válik, tehát fedési kettősről van szó.

A Cen X—3 röntgengörbéjét elemezve kiderült, hogy az valóban tipikus fedési kettős görbéjére hasonlít. Az intenzitásváltozás és a pályamenti sebesség közötti korreláció tökéletes, a sebességváltozásokat leíró szinusz-hullám kör alakú pályára utal. Azt is kiszámították, hogy a kísérő tömege 15,4 naptömeg. Két évvel később meg is találták a Cen X—3 kísérőjét, amely optikai fényességét pontosan ugyanazzal a periódussal változtatta, mint röntgentársa. Az optikai kísérő egy 13,4 magnitúdós óriás, amely a Galaxis síkjában helyezkedik el, tőlünk 25 000 fényévnire, és luminozitása kb. tízezerszerese a Napénak.

Időközben az Uhuru vizsgálat alá vette az égboltnak azt a röntgenforrását, amelyről először derült ki, hogy változó, a Cygnus X—1-et. Röntgensugárzása szabálytalannak tűnt, de némi periodicitás mutatkozott 0,1 s periódus körül. Az optikai azonosítást elősegítette, hogy a Cygnus X—1 rádiósugárzását is ki lehetett mutatni, és így már 3 tartományban lehetett folytatni a vizsgálatokat. Megállapították, hogy itt is kettős rendszerről van szó, még pedig egy 5,6 napos periódusú spektroszkópiai kettősről.



22. ábra. Az Uhuru észlelései szerint a Cen X-3 egy fedési kettős, amelynek röntgensugárzása átlagosan 4,8 s periódussal pulzál, így kiszámítható a soronkövetkező pulzációnak észlelhető időpontjai. A mérések szerint azonban a pulzációnak észlelt időpontjai a számítottéhoz képest eltérnek, és e változások 2,1 napos periódussal szinuszosan változnak (fent). Ez értelmezhető Doppler-effekciusként, ha a röntgenforrás pl. egy másik csillag körül kering. — Ugyanakkor a röntgensugárzás intenzitása is 2,1 napos periódussal változik, mivel a röntgenforrást a másik csillag periodikusan elfedi (alsó ábra).

Az optikai partner egy 9 magnitúdós kék szuperóriás, a BOI típusú csillag jelölése: HDE 226868. A spektrális osztályból ítélve tömege 15–20 naptömegnyi lehet, így a röntgensugárzó kísérőre a pályaadatokból kapott tömeg kb. 13 naptömeg, de semmiképpen sem kevesebb 4 naptömegnél. Már pedig az elmélet alapján tudjuk, hogy a degenerált neutrongáz nyomása nem bírhat el többet 3,2 naptömegnél, így a *Cygnus X-1*-nek fekete lyuknak kellene lennie! Bár egy fekete lyuk felfedezése óriási szenzációnak számít, óvatosságra inthet bennünket az a tény, hogy a következtetés a primercsillag tömegbecslésén alapul, tehát nem túl stabil.

Nem áll módunkban fenti részletességgel tárgyalni a többi változó röntgen csillagot, inkább összegezzük a vizsgálatok eredményét. Ha megerősítést nyer, hogy a Scorpius X-1 változásai 0,78 napos periodicitást mutatnak, akkor már összesen 9 röntgen csillagnál lehet bizonyítottnak tekinteni a kettős rendszer fennállását. Ezek közül legalább 5 bizonyosan tekinthető fedési kettősnek. Nagyon feltűnő, hogy a 8 biztos röntgenkettősből 5 esetben a kísérő egy nagytömegű, kék szuperóriás!

Galaxisunkban a mintegy 100 milliárd csillagból a feltételezések szerint csak mintegy ezer lehet korai típusú szuperóriás. Így bizonyosra vehető, hogy nem véletlen jelenségről van szó, ha 5 esetben társult a röntgenszögcsillag ilyen ritka kísérővel. Stellárstatisztikai megfontolások szerint ebből az következne, hogy a korai típusú galaktikus szuperóriásoknak mintegy 5%-a masszív, röntgensugárzó kettős rendszerekben helyezkedik el. Ez a magas százalék ugyanolyan nagyságrendű, mint a szoros kettősök százalékaránya a normális masszív csillagokhoz képest (Galaxisunk spirálkarjaiban). Tudjuk, hogy a 15 naptömegnél masszívabb csillagok között a kék szuperóriások reprezentálják azt a fejlődési szakaszt a csillag életében, amikor kimerült a csillag hidrogénkészlete, és kezd áttérni egy másik nukleáris fűtőanyagra. Éppen ezért az a tény, hogy a kék szuperóriások között ilyen nagyszámú a röntgen kettős rendszer, csak úgy értelmezhető, hogy a nagy tömegű szoros kettőscsillagok életében ez az állapot egy normális fejlődési szakaszt képvisel. De hátra van annak magyarázata, hogy a kettős rendszerekben hogyan keletkezhet röntgensugárzás?

Akkreción alapuló röntgensugárzás

A röntgensugárzás keletkezésének vizsgálata arra az eredményre vezetett, hogy egy csillag röntgensugárzóvá válhat úgy is, hogy eredetileg hozzá nem tartozó anyaggal gyarapszik. Ezt a folyamatot hívjuk *akkreciónak*.

De hogyan foghat be egy csillag „idegen” anyagot? Erre legalább két lehetősége adódik. Az egyik a csillagokból bizonyos körülmények között kiinduló *sztelláris szél* (Napunk esetében: a napszél) részecskéinél valósulhat meg. A sugárirányban terjedő sztelláris szél eljuthat egy nagy gravitációs térrel rendelkező csillag környezetébe, és ekkor a szél anyagának egy része befogódhat (gravitációs úton). A számítások szerint ez a folyamat neutroncsillagnál bekövetkezhet.

Szoros kettősöknél egy ennél sokkal hatékonyabb folyamat is lejátszódhat. Egy csillag ui. normális fejlődése folyamán eljuthat a vörös óriás vagy szuperóriás állapotba, amikor térfogata jelentősen megnövekszik. A csillag növekedése zavartalan mindaddig, amíg a csillag ki nem tölti az ún. *Roche-felületet*, amely a csillag stabilitási határát jelzi. Szoros kettősök esetében a Roche-felületek éppen az ún. első *Lagrange-pontban* érintkeznek, és ilyenkor a Roche-felületen túlnövő csillag anyaga nem szóródik szét a térbe, hanem legnagyobb része az érintkezési ponton keresztül átáramlik a kisebb csillagra. Az így átáramló anyag valószínűleg korong alakban veszi körül a kisebb csillagot, és spirálózva egyre közelebb jut annak felületéhez. E közeledés folyamán a csillagra eső anyag felgyorsul, sőt néhányszor tízmillió fokos hőmérsékletre fel is melegszik, és eközben sugárzóvá válik, többek között a röntgentartományban. Természetesen, ha a kisebb csillag

fekete lyuk, érvényes, amit már korábban mondtunk: a külső észlelő itt is csak a *Schwarzschild-rádiuszon* kívül levő anyagból kiinduló röntgensugárzást fogja észlelni.

Érdemes megvizsgálni, hogy ez a folyamat mennyire effektív. Az igen egyszerű számítások eredményét táblázatosan foglaljuk össze. A táblázat első 3 oszlopában a csillag adatait adjuk meg, amelyen az akkréció bekövetkezik, a 4. oszlop mutatja az 1. proton akkréciójánál felszabaduló energiát, míg az 5. oszlopban feltüntetjük, hogy a naptömeg hányadrészének akkréciója szükséges egy év alatt, ha az átlagos 10^{36} erg/s luminozitást akarjuk elérni.

3. táblázat

Típus	Tömeg (Nap)	Rádiusz (km)	Energia (MeV)	Szükséges tömeg (Naptömeg)
Nap	1	700 000	0,002	10^{-6}
Fehér törpe	1	10 000	0,1	10^{-8}
Neutronsillag	1	10	100	10^{-11}
Fekete lyuk	10	4	1000	10^{-12}

Látható, hogy az akkréció adott körülmények között igen hatékony energiatermelő folyamat lehet, főleg neutronsillag vagy fekete lyuk esetében. Kérdés csupán, hogy az utolsó oszlopban szereplő tömegigény kicsi-e, vagy nagy?

Tudjuk, hogy némely optikai kettős változócsillag évente mennyi anyagot veszít; így pl. a β Lyrae évi anyagvesztése kb. 10^{-5} naptömeget tesz ki. Ennek kb. a fele a kísérőjére juthat. Így tehát a legkisebb mértékben sem illuzórikus feltételezés, hogy egy szoros kettősben pl. egy fekete lyuk az akkréció révén röntgensugárzóvá válik.

Érdemes megemlíteni, hogy a 3. táblázatban szereplő fekete lyuk csak évi 10^{-15} naptömegnyi anyaghoz jut, ha egy spirálkarban izoláltan helyezkedik el, és nem kettősrendszerben. Ilyen arányú akkréció viszont csak 10^{31} erg/s luminozitást eredményezne. Azt is kiszámították, hogy a Galaxis középpontjában elhelyezkedő gigantikus, 10^8 naptömegnyi fekete lyuk akkréciója 10^{-3} naptömeg/év lenne, és a keletkező energia meghaladná a fantasztikus 10^{43} erg/s értéket!

A fentiekből következik, hogy a szoros kettősöknél lejátszódó akkréció megmagyarázhatja egy csillag röntgensugárzását. De a korábban vázolt csillagfejlődési folyamat a szoros kettősök esetében valamivel bonyolultabb, ezért sok modellt számoltak végig, hogy az eredményeket az észlelésekkel össze lehessen vetni.

Az a tény, hogy szoros kettősöknél csak nagyon korlátozott térrészen belül marad meg a csillag stabilitása, lényeges szerepet kaphat a csillag

életében. Tekintsünk egy olyan kettős rendszert, amelyben az egyik komponens 20 naptömegnyi, a másik 6 naptömegnyi. Kezdetben minden úgy történik, mint a közönséges csillagok esetében: a hidrogén fúziója játszódik le, még pedig a nagyobb tömegűnél gyorsabban, mint a kisebbikben. Így a nagyobbik csillag hamarabb is fogyasztja el magjának hidrogénkészletét, és gyors kontrakcióba kezd. Az összehúzódás hatására felmelegszik (főleg a centrális része), ami azzal jár együtt, hogy a külső, hidegebb, de hidrogénben még gazdag rétegek felfúvódnak, expandálnak. A csillag tehát szuperóriássá válik, vagyis sugara megnő a Nap sugarának akár a százszorosára is, és eközben a magjában beindul a hélium fúziója szenné.

A számítások szerint a központi csillag 6,16 millió évvel a létrejötte után eléri saját Roche-határát, és kezdi elveszíteni anyagát. A kísérő tömege elég nagy ahhoz, hogy ezt az anyagot befogja, így 18 000 év alatt mintegy 14,6 naptömegnyi anyag áramlik át a kísérő csillagra, amely ezáltal 20,6 naptömegűvé növekszik. A kísérő csillag, éppen korábbi, kis tömege miatt, ekkor még messze van attól, hogy saját hidrogénjének fúzióját befejezze, ugyanakkor az akkréció révén hatalmas tartalékokhoz jutott. Ezért a hidrogénégést még további 6 millió (!) évig tudja folytatni, vagyis az akkréció mintegy *megfiatalította* a csillagot, hiszen egy korábbi stádiumba vetette vissza.

A valamikor nagytömegű csillag most már csak 5,4 naptömeg. Lényegében csak a magja maradt meg, és ez szinte kizárólag héliumból áll. Ezért ettől kezdve ezt már *héliumcsillagnak* nevezzük. A héliumcsillagokra jellemző, hogy folytatják a hélium fúzióját, és a luminozitásuk akkora, mint a 4-5-ször akkora tömegű, hidrogénben gazdag, normális csillagoké. Ez viszont azt is jelenti, hogy az amúgyis kismennyiségű „üzemanyag”, amely rendelkezésünkre áll, hamar elfogy. A mi példánkban mintegy 600 000 év alatt fejezi be a csillag ezt a fúziós folyamatot, majd folytatja a neonnal, oxigénnel, szilíciummal stb., és egyre inkább közeledik a végső kollapszushoz. A csillag rádiusza mindvégig a Roche-határon belül marad, tehát a héliumcsillag már nem veszít további anyagot, hanem úgy fejlődik, mintha egyedülálló (és nem kettős) csillag volna.

A vázolt folyamat érvényes 4–5 naptömegű vagy ennél nagyobb héliumcsillagokra, és ezek a későbbiekben egy szupernova-robbanás keretében neutroncsillaggá válnak, vagy pedig fekete lyuk keletkezik, a korábban mondottak szerint. Kisebb tömegű héliumcsillag fejlődése eltér ettől, mert időnként kissé túlnő a Roche-határán, és így folytatja az anyagvesztést, míg végül fehér törpe keletkezik belőle, amelynek sugara sokkal nagyobb, mint a neutroncsillagé.

Kérdés, hogy a szupernova-robbanás érinti-e a kettős rendszert? Viszonylag egyszerű égimechanikai megfontolások azt mutatják, hogy ha a kisebb tömegű komponens veszíti el robbanásszerűen anyagának egy részét, az nem érinti a rendszer fennmaradását. A robbanás hatására az eddigi kör-

pálya elliptikussá válik, és a rendszer tömegközéppontja gyorsul. Így tehát létrejön egy „runaway” kettős, vagyis olyan „elrohanó” rendszer, amely néhány tucat km/s sebességgel távolodik születése helyéről.

A megmaradt kettős rendszerben a fejlődés attól függ, hogy mi a maradvány. Ha a héliumcsillagból fekete lyuk keletkezett, semmi különös nem történik, hiszen tudjuk, hogy kísérője még 6 millió évig folytatja a hidrogén-égést, és ezalatt a számítások szerint legalább 5,4 millió évig nem fog túlnőni saját Roche-határán. Így nem lép fel anyagcsere, nem lesz röntgensugárzás sem.

Ha a szupernova-robbanás maradványa neutroncsillag, más helyzet alakul ki. Ha ez a neutroncsillag egymagában volna, akkor legalább az első tizezer évben mint gyorsan forgó, fiatal röntgenpulzár lenne észlelhető. A későbbiekben sugárzása egyrészt gyengülne, másrészt eltolódna az egyre hosszabb tartományok felé, s mint lassuló és halványuló rádiópulzár lenne észlelhető.

Mivel mi kettős rendszerbeli robbanásról beszélünk, a külső észlelők ebből semmit sem tapasztalnának, mert a kísérő ritka léggrétege a sugárzást legnagyobb részben elnyelné. Ilyen típusú pulzárkettőst tehát a rádiótartományban a szokásos technikával nem lehetne észlelni. Az optikai tartományban a robbanás után 50—100 ezer évig látható lenne a táguló szupernovafelhő, majd a rendszer a következő 5,3 millió éven át mint spektroszkópiai kettős lenne észlelhető.

Bennünket azonban az érdekel, hogy mikor válik a rendszer röntgensugárzóvá! Azt hihetnénk, hogy akkor, amikor az egyik komponens meghaladja saját Roche-határát, és megkezdődik az anyagátáramlás az összemolt csillagra. A dolog még sem így áll! Ebben a fázisban ui. az anyagáramlás eléri a 0,001 naptömeg/év értéket, és ezért oly sűrű burok képződik, amely a keletkező röntgensugárzást el is nyeli, nem engedi át. A burok tehát csak a látható és az ultraibolya tartományban sugároz, és az észlelő számára teljesen közönséges objektum benyomását kelti.

Látjuk tehát, hogy röntgensugárzóvá a kettős csillag létrejöttéhez az akkréciós aránynak elég nagyoknak, de nem túl nagyoknak kell lennie, ugyanakkor a keletkező buroknak is eléggé áteresztőnek kell lennie. Úgy tűnik, hogy ezek a feltételek együttesen csak abban a rövid időszakban teljesülnek, amikor a hidrogén égése már befejeződött a kísérő csillag magjában, de külső burka még nem nőtt túl a Roche-határán. Ez a fázis mintegy 20 000—50 000 évig tart, és a csillagfejlődés e szakaszában a 15-20 naptömegnyi vagy nagyobb csillag kifejlődik kék szuperóriássá. Az ilyen csillagok sugara 20-30-szor akkora, mint a Napé. A megfigyelések szerint légkörük külső határán kb. 1000 km/s sebességű anyagkiáramlás tapasztalható, amit a sugárnyomás tart fenn, és ezt nevezük sztelláris szélnek. Számítások szerint e sztelláris szélnek az akkréciója teljesen elegendő a Napnál tízszerszer luminózusabb röntgensugárzó létrejöttéhez, viszont maga a sztelláris szél elég ritka ahhoz, hogy ne nyelje el a keletkező röntgensugárzást.

Mindez azt is jelenti, hogy 15-20 naptömegnél kisebb kettősöknél nem is várhatunk ilyen eredetű röntgensugárzást. Ezek ui. nem fejlődnek ki kék szuperóriássá, és így nem is hoznak létre olyan erős sztelláris szelet, amely az összeomlott kísérőből röntgensillagot képezne. Nyilvánvaló az is, hogy a szuperóriás-fázison túlhaladt, nagy tömegű kettősökben a környező burok sűrűsége miatt nem észlelhető a röntgensugárzás. Így teljesen érthető, hogy miért éppen a kék szuperóriások alkotnak olyan kettősrendszert, amelyből röntgensugárzás indul ki.

AKTÍV SZAKASZOK A GALAXISOK ÉLETÉBEN

„A galaxismagok — a galaxisok centrumában levő csillagszerű, vagy majdnem csillagszerű sűrűsödések — alapvető szerepet játszanak a csillagrendszerek életében.”

(V. A. Ambarcumjan)

A Tejútrendszer létezését *Thomas Wright* gondolata nyomán *William Herschelnek* sikerült még 1787-ben bizonyítania. Arra a kérdésre azonban, hogy „csillagvárosunk” kiterjed-e az egész Világegyetemre, vagy vannak rajta kívül eső objektumok is, a csillagászok többsége még századunk elején is azt felelte volna, hogy a távcsövekben látható csillagok és kozmikus ködök mind ugyanahhoz a csillagrendszerhez tartoznak, mint a Föld, amelyen élünk.

A gyökeres változást századunk óriástávcsövei hozták. Segítségükkel a „diffúz ködfoltok” jelentős részét csillagok, csillaghalmazok, világító és sötét ködök együttesévé bonthatjuk. Amikor 1925-ben *E. Hubble* cepheidák segítségével megmérte az Andromeda köd távolságát, nyilvánvalóvá vált hogy a Galaxis csak egyike a nagy csillagrendszereknek, hogy vannak extragalaxisok is.

Egészen a hatvanas évek elejéig az a felfogás uralkodott, hogy a galaxisok a csillagkozmozgóniában megszokott időskálán (~ néhány milliárd év) stacionárius képződmények. Ennek alapja az volt, hogy a csillagrendszerek gravitációsán kötött, nagyméretű ($10^8 M_{\odot} \leq M_G \leq 10^{12} M_{\odot}$; $1 \text{ kpc} \leq \varnothing_G \leq 50 \text{ kpc}$) néhány százmillió éves periódussal forgó anyagszigetek, melyek átlagszillagai néhány milliárd év alatt élik le életüket; úgy tűnt tehát, hogy rövidebb időskálán sem e rendszerek struktúrájában, sem összfényességében nem várható említésre méltó változás. (A helyenként elszórtan fellépő szupernova-robbanásoktól, mint a nagyléptékű vonásokat nem érintő folyamatoktól, itt most eltekintünk.)

1963-ban azután végérvényesen kiderült, hogy a galaxisok világáról alkotott nyugalmas kép félrevezető. *A. Sandage* és munkatársai felfedezték ugyanis, hogy az *M82* centrumában nagyméretű, robbanásszerű folyamat játszódott le, mégpedig minden bizonnyal a „kozmozgóniai közelmúltban”, és a Galaxis tekintélyes részére kiterjedő hatással. Azóta az is nyilvánvalóvá vált, hogy az *M82*-re jellemző nagyléptékű anyagkiáramlás csak egy formája a galaxisok aktivitásának. További jellemzők lehetnek: a luminozitás jelentős

megváltozása, erős emissziós vonalak fellépése a színekben, jelentős vagy domináns nem termikus sugárzás, és még néhány más vonás.

Fentieket figyelembe véve olyan csillagrendszereket nevezünk aktív galaxisoknak, melyekben kozmogóniailag rövid idő alatt nemstacionárius jelenségek játszódnak le. Bár ma már többszáz aktív galaxist ismerünk, csak igen kis százalékát teszik ki az összes csillagrendszereknek. Kétségtelen, hogy az aktivitás iránti érdeklődést elsősorban az ún. kvazárok keltették fel (melyek energiatermelési folyamatait ma még nem ismerjük). A dolog ugyanis úgy áll, hogy a kvazárok sok tulajdonságukban hasonlóak egyes aktív galaxisokhoz, ezek viszont átlagosan közelebb vannak hozzánk, sokkal részletesebben vizsgálhatók. Így remélhető, hogy az aktív galaxisok beható vizsgálata segítséget nyújt majd a még mindig talányos kvazárjelenség megértéséhez is. Másrésztől viszont az a lehetőség is fennáll, hogy a „rendhagyó módon” viselkedő galaxisok tanulmányozása közelebb visz majd minket a normális csillagrendszerek életútjának jobb megértéséhez is.

A következőkben megkíséreljük, hogy az aktív galaxisok különböző osztályainak tulajdonságait röviden összefoglaljuk. Ehhez minden esetben egy-egy tipikus képviselő bemutatásán keresztül vázoljuk az észlelési anyagot.

Mielőtt azonban az egyes típusok tárgyalására rátérnénk, először pontosabban le kell szögeznünk, hogy milyen esetben nevezünk egy extragalaktikus objektumot aktív galaxisnak. Először is meg kell bizonyosodnunk arról, hogy valóban galaxist szemeltünk ki, azaz az optikai fényesség jelentős része csillagoktól ered (amit elsősorban színekpi jellemzők alapján döntünk el); azután meg kell néznünk, hogy legalább egy teljesül-e az alábbi követelmények közül:

1. A színekéből nagyléptékű tömegkidobásra következtethetünk.
2. Feltűnően erős emissziós vonalak jelentkeznek.
3. Az objektum összfényessége nagyságrendjébe eső amplitúdójú fényességváltozások tapasztalhatók olyan időskálán, amely rövid ahhoz az időhöz képest, amely alatt a fény a galaxis átmérőjét befutja. (A szupernova-robbanásoktól eltekinthetünk.)
4. Mind a rádió, mind az infravörös, mind az optikai, mind a röntgentartományban kihangsúlyozott a sugárzás nem termikus komponense.
5. Ha a belső struktúra kivehető, a centrumból kiinduló intenzív robbanásos folyamatra enged következtetni.

Az aktivitás forrása minden esetben a galaxis magja, melyet a következőképp jellemezhetünk: A galaxismag 10^6 – 10^9 naptömegű, de csupán néhány fényév átmérőjű, jól elkülönült, gyorsan forgó képződmény, melyről még nem sikerült végérvényesen eldönteni, hogy lényegében egyetlen „hiper-

csillag”, vagy több kisebb sűrű alakzat (csillag?) alkotja-e. Az aktivitásért „felelőssé tett” folyamatokra később még visszatérünk, most vegyük sorra az aktivitás egyes formáit a legtipikusabb példákra támaszkodva.

A galaxisok aktivitási formái

M82 típusú galaxisok

Bár eddig még csak néhány ilyen rendszert találtak, azért tárgyaljuk ezt a típust az első helyen, mert — mint már említettük — az M82 példája hívta fel a figyelmet először arra, hogy nemstacionárius nagyléptékű folyamatok játszódnak le egyes galaxisokban.

Az M82 az M81 spirális galaxis köré csoportosuló galaxisokhoz tartozik. *R. Handbury-Brown* és munkatársai még 1953-ban a csoport irányából rádiósugárzást észleltek, melynek forrásául természetesen az M81-et hitték. Csak majdnem tíz évvel később mutatta ki *C. R. Lynds*, hogy a rádióhullámok valójában az M82-ből indulnak ki, és a rádiószínkép gradiense rendkívül lapos (a spektrálexponens* 0,2 körül van), amiből a sugárzás szinkrotron jellegére lehet következtetni. Lényegében ez a megfigyelés irányította a kutatók figyelmét a szóban forgó csillagrendszerre, melyről hamarosan kiderült, hogy rádiósugárzásának oka az a mintegy másfél millió évvel ezelőtt lejátszódott robbanás, melynek következtében a galaxis középső tartománya kb. 4 kpc átmérőben — elsősorban H_{α} -ban sugárzó — jellegzetes szálak struktúráját mutat. A filamentumok 1500 km/s-ot is elérő sebességgel tágulnak, elektronsűrűségük 10^3 cm^{-3} , hőmérsékletük pedig 10^{40} K . A H_{α} -luminozitás $2 \cdot 10^{40} \text{ erg/s}$, a teljes kibocsátott gáztömeg $6 \cdot 10^6 M_{\odot}$ körül van, melynek kinetikus energiája $2,5 \cdot 10^{55} \text{ erg!}$ (L. a XIII. képet.)

Az infravörösben végzett megfigyelések tanúsága szerint az — egyébként élből látható — M82 késői típusú spirális galaxis, melynek magja a robbanás következtében feloszlott. A központi terület infravörös fluxusa $2 \cdot 10^{14} \text{ erg/s} = 5 \cdot 10^{10} L_{\odot}$! A rádiósugárzás szinkrotron eredetével szemben az infravörös sugárzás eredetét csillagközi por termikus sugárzásában kell keresnünk.

Főként *B. E. Markarján* és *G. M. Tovmaszján* munkái nyomán, még 6 csillagrendszert ismerünk jelenleg, amelyek az M82-típushoz tartoznak. Szükséges azonban megjegyeznünk, hogy több kutató szerint ezek — a továbbiakban tárgyalásra kerülő — Seyfert-galaxisokhoz tartoznak.

* Ha valamely objektum sugárzási fluxusát az $F \sim \nu^{-\alpha}$ formával lehet közelíteni (ahol ν a sugárzás frekvenciája), akkor α -t spektrálexponensnek szokás nevezni.

Seyfert-galaxisok

Ez a galaxistípus — melyet 1943-ban *C. K. Seyfert* fedezett fel — az alábbi két ismertetőjegye alapján azonosítható:

- a) Kisméretű, de rendkívül fényes maggal rendelkeznek, amely csillagszerűen elkülönül a galaxis többi részétől;
- b) míg a normális csillagrendszerek színképében legfeljebb néhány emissziós vonal található, és azok is aránylag keskenyek, addig a Seyfert-galaxisok spektruma feltűnően sok széles emissziós vonalat tartalmaz, melyekről kimutatható, hogy igen magas hőmérsékleten és erősen turbulens közegben jöttek létre. (A Doppler-kiszélesedés akár több ezer km/s-nak megfelelő is lehet!)

Ezek mellett még egész sor egyéb különleges tulajdonságuk is van. Egyesek fényessége néhány hónap alatt erősen változik, (ami együttal arra utal, hogy a sugárzás nagy része legfeljebb néhány fényhónap átmérőjű tartományból ered). Két rendszer együttal erős rádiógalaxis, és a rádiósugárzás intenzitása szintén jelentősen változik. Az eddig megfigyelt Seyfert-galaxisok mindegyike jóval több ultraibolya sugárzást küld felénk, mintha fénye csupán csillagoktól eredne, és ráadásul a fény igen gyakran polarizált. Emellett jó néhány esetben a kisugárzott energia legnagyobb része az infravörös tartományba esik. (Sok Seyfert-galaxis mintegy százszor olyan intenzíven sugároz a színkép vörösön túli részében, mint a láthatóban.) Ezért — bár a szóban forgó csillagrendszerek relatív gyakoriságát a normálishoz képest még pontosan nem ismerjük — könnyen lehetséges, hogy az infravörös sugárzás a Meta-galaxis energiaháztartásában ugyanolyan lényeges szerepet játszik, mint a látható.

Kétségtelen, hogy csak a kvazárok és az M82-ben végbement szuperrobbanás felfedezése után kerültek a Seyfert-galaxisok az érdeklődés homlokterébe. Az ok egy sor jellemző vonás hasonlóságában keresendő. Nézzük most a részleteket az *NGC 1275* példáján.

Az *NGC 1275*-öt (= *Per A*) *W. Baade* és *R. Minkowski* nyomán erősen zavart struktúrájú spirális galaxisként tartják számon. H_{α} fényben fényképezve a galaxis 35 kpc átmérőjű szálas struktúrát mutat, amely egyértelműen központi robbanásra utal. Az egyes filamentumok kétezer km/s-ig terjedő tágulási sebességgel rendelkeznek, és a jelek arra mutatnak, hogy az utóbbi ötmillió évben az anyag a galaxis centrumából két — egymással nagyjából szemben fekvő — 90° -os nyílásszögű szögtartományban áramlott ki. A robbanás során felszabadult energiát 10^{59} erg-re becsülik.

A centrális vidék spektruma a Balmer-sorozatot, valamint az *OI*, *OII*, *OIII*, *NeIII*, ill. *SH* tiltott vonalait emisszióban mutatja. Igen érdekes, hogy míg a Balmer-vonalak 3000 km/s-os Doppler-kiszélesedést mutatnak, addig az említett tiltott vonalak szélessége csak néhány száz km/s-os relatív sebégeket enged meg. Ebből az következik, hogy a galaxis magjában két

kinematikailag különböző viselkedésű alrendszernek kell lennie, és a nagyobb sebességgel táguló olyan sűrű ($n_e \approx 10^7 \text{ cm}^{-3}$), hogy abban tiltott színekvonalak nem jöhetnek létre. Valószínűbb, hogy a két tartomány térben teljesen elkülönül (mégpedig úgy, hogy a ritkábbik fekszik kívül), de az is lehetséges, hogy a sűrűbb gáz a ritkábbba, felhők vagy szálas szerkezet formájában, be van ágyazva. Az M82-höz hasonló módon a központi tartomány fényét nagy mennyiségű intersztelláris por gyengíti. A látható kontinuum erős nem termikus sugárzásra utal.

Ultraibolya tartományban a folytonos színekép kb. 5%-ban lineárisan poláris, a polarizáció foka növekvő hullámhosszal csökken, és a polarizáció irányával együtt néhány éves időskálán jelentős változást mutat.

Miután a rendszer optikai fényessége is változik, és pedig esetenként akár néhány nap lefolyása alatt, arra kell következtetnünk, hogy a centrumban egy olyan — az összfényesség szempontjából is jelentős — sugárforrásnak kell lennie, melynek átmérője csupán *fénynap* nagyságrendű!

Sok más Seyfert-galaxishoz hasonlóan az NGC 1275 is erős infravörös forrás, mégpedig $25 \mu\text{m}$ körüli maximummal. Ebben a hullámhossztartományban időegység alatt több energiát bocsát ki, mint a színekép összes többi részében. Ami pedig a nagyenergiájú sugárzást illeti, a galaxis a 2 és 6 keV közötti tartományban a maga 10^{44} erg/s-es luminozitásával igen erős röntgenforrás.

Ma már mintegy 100 Seyfert-galaxist ismerünk. Legtöbbjüket az ún. Markarjan-galaxisok között tartották számon, amelyeket az objektív-prizmás felvételeken mutatkozó ultraibolya excesszusuk alapján a 60-as évek végén a bjurakani obszervatóriumban katalogizáltak. Kiderült, hogy minden Seyfert-galaxis *spirális csillagrendszer*. Ezek között a különböző becslések 1,5—5% közé teszik relatív gyakoriságukat. Ha feltesszük, hogy egyszer minden spirális galaxis keresztülmegy a Seyfert-állapoton, akkor ennek az állapotnak néhány száz millió évig kell tartania, figyelembe véve, hogy a galaxisok teljes életkora tízmilliárd év körül van. (Persze, ha a Seyfert-állapot visszatérő, akkor — attól függően, hogy milyen gyakran lép fel — sokkal rövidebb ideig is tarthat.)

Az előzőekben már több ízben is láttuk, hogy a Seyfert-galaxisoknál a nem termikus sugárzás komoly szerephez jut. A vizsgálatok arra mutatnak, hogy ennek keletkezéséhez a már említett szinkrotron-mechanizmus mellett az ún. *inverz Compton-effektus** is lényegesen hozzájárul. Mint korábban szó volt róla, a Seyfert-galaxisok erős infravörös források. Miután pedig a fényesség ebben a tartományban is akár napok alatt jelentősen megváltozhat, az infravörös sugárzás az intersztelláris pornak nem tulajdo-

* Ha nagyenergiájú szabad elektronok fotonokkal ütköznek, akkor azoknak energiát és impulzust adhatnak át. Így pl. infravörös fényből ultraibolya vagy akár röntgensugárzás keletkezhet. Miután a jelenség a Compton-szórás fordítottja, inverz Compton-effektusnak nevezzük.

nítható, ugyanis az ilyen rövid idő alatt nem képes kisugárzását számottevő mértékben megváltoztatni. Az infravörös komponens ezért valószínűleg szinkrotron eredetű, és az ultraibolya, valamint röntgensugárzás éppen a relativisztikus elektronokon végbemenő inverz Compton-effektus következtében, szintén ebből keletkezik. (A szinkrotron-mechanizmussal a rendszerek rádiósugárzása is jól magyarázható.)

Saját Tejútrendszerünk, valamint a szomszédos normális galaxisok magjának vizsgálata érdekes módon azt mutatja, hogy azok sok szempontból hasonlóak a Seyfert-galaxisok magjához. A szerkezetbeli és szinképi rokonvonások mellett még anyagkiáramlást is megfigyeltek. Persze ezek a jelenségek nagyságrendekkel kisebb energiával jelentkeznek. Mindenesetre az egész jelenségkör *V. A. Ambarcumjan* és *B. A. Voroncov-Veljaminov* már majdnem két évtizedes sejtését támasztja alá, hogy a galaxisok felépítését a mag aktivitása mélyrehatóan befolyásolja. Ez az elképzelés további konkrét bizonyítékot kapott *P. C. van der Kruit* 1972-ben megjelent munkájával, melyben az *NGC 4258* esetében mutatta ki a spirális szerkezet robbanásos eredetét.

NGC 4258-típus

A névadó galaxis a Hubble-féle *Sb* osztályba tartozik. Két jól fejlett spirálkarját a centrumtól mintegy 5 kpc-ig tudjuk követni. (Emellett a belső struktúrával kapcsolat nélkülinek látszó, gyenge külső spirálokkal is rendelkezik, melyek egészen 15 kpc-es távolságig nyúlnak.) Bár a centrumtól kifelé irányuló anyagmozgások egészen 2 kpc-ig kimutathatók, a rendszer nem Seyfert-galaxis, miután a vonalszélességek csak néhány száz km/s-os Doppler-kiszélesedésnek felelnek meg, és a rádiósugárzás erőssége is csak kb. tizede a Seyfert-típusra jellemzőnek.

A rendszer különös érdekessége, hogy két további olyan spirálkarja van, melyek kifejezetten *nem termikus* sugárzók, az *optikai* tartományban csak H_{α} -fényben mutathatók ki, és az említett reguláris karokkal csaknem derékszöget alkotnak. Az intersztelláris semleges hidrogéngáz 21 cm-es vonalán végzett megfigyelések azt mutatják, hogy ezek a karok a H_{α} -ban mértnél jóval hosszabbak, sugárzásuk intenzitása a keringési irányba eső éleken gyorsan esik, viszont a karok ellentétes oldalán csak jóval lassabban csökken. Ezen sajátos karok jelenlétét úgy magyarázhatjuk, hogy kb. 18 millió évvel ezelőtt hatalmas erejű robbanás játszódott le a rendszer magjában. Ennek következtében mintegy 70 millió naptömegnyi anyag lövellődött ki a galaxis fősíkja mentén, két ellentétes irányba. A kidobott gázfelhők, melyek a centrumtól 100 pc-re még 1000 km/s körüli sebességgel rendelkeztek, a teljes galaktikus korongon keresztülhatoltak, és közben lökéshullámot hoztak létre, amely az intersztelláris közeget nagyrészt ionizálta — innen ered a H_{α} -emisszió —, és a galaktikus mágneses tér erő-

vonalaít összenyomta. Ehhez és a szinkrotron rádiósugárzás megmagyarázásához nyugalmi állapotban elegendő olyan mágneses térerősséget, kozmikus sugárzássűrűséget, ill. intersztelláris gázsűrűséget feltételezni, ami a normális spirális galaxisokban általában előfordul. A magban lejátszódott robbanásnak mintegy 10^{57} erg energiát kellett felszabadítania.

A szuperrobbanás következményeként kialakult spirálkarok $10^9 M_{\odot}$ körüli tömege azzal magyarázható, hogy mivel a magból kidobott gáz rotációs sebessége jóval kisebb a galaktikus korongban már jelenlévő gázénál, a „jet”-ek mögött az anyag összeterlódik, és az eredetileg „megmozgatót” $7 \cdot 10 M_{\odot}$ -nél kb. egy nagyságrenddel nagyobb tömegkoncentrációt hoz létre. Ez a folyamat igen figyelemreméltó, miután a spirális szerkezetet fenntartó *Lin-féle sűrűség hullám** lassú elhalásának ellensúlyozására a magban lejátszódó robbanások alkalmas mechanizmust szolgáltatnak.

Aktív elliptikus galaxisok

Tudjuk, hogy az elliptikus galaxisok gömb vagy forgási ellipszoid alakúak. Felületi fényességük belülről kifelé csökken, és egyenlő fényességű részek elkövetkezési körvonalai (az ún. izofótok) is általában körök vagy ellipszisek. Az aktív elliptikus galaxisok legjellemzőbb képviselői az elliptikus óriásgalaxisok,



23. ábra. Az NGC 4486 extragalaxis

* Lásd Balázs Lajos: Csillagok kinematikája és kora c. cikkét az 1976-os Csillagászati Évkönyvben.

amelyek egyébként a legerősebb extragalaktikus rádióforrások közé tartoznak.

Tipikus képviselőjük az M87, amely egyúttal a Virgo-halmaz központi galaxisa is. Az erős központi fényességű csillagrendszer különleges érdekessége a három csomószerű részből álló kilövellés, amelyet *W. Baade* még 1959-ben fedezett fel, és amelynek fénye erősen polarizált. A színek intenzitáseloszlásának lapos lefutása a sugárzás nem termikus eredetére utal. E „jet” összluminozitása $\sim 5-10^{42}$ erg/sec., és a csomók lineáris átmérője 20 pc között van. (Aktív részük minden bizonnyal még kisebb kiterjedésű, mivel néhány éves időtartamú fényességváltozásokat mutatnak.)

A kilövellés kb. $5 \cdot 10^5$ évvel ezelőtt következett be, és — mint ahogy azt *H. C. Arp* 1967-ben H_{α} -s, ill. OH-fényben kimutatta — gyengébb mértékben az ellenkező irányban is végbement. A kidobott anyag sugárzása nem korlátozódik a látható tartományra: mind rádió-, mind infravörös, mind röntgen-tartományban kimutatható. Az előbbiekért pedig az inverz Compton-effektus felelős, mely a 10^8 év körüli élettartamú protonok bomlásából eredő relativisztikus elektronokon jön létre. Ez az elképzelés összhangban van a jet kinematikai úton számított korával, és a csomók tömegére $3 \cdot 10^7 M_{\odot}$ -ot ad.

Az M87 központi része igen széles emissziós vonalakat mutat, a körülötte fekvő tartomány pedig — egészen kb. 200 pc távolságig — keskeny emissziós vonalakat, amelyek a Seyfert-galaxisokhoz hasonló anyagkiáramlásról tanúskodnak. A magból kijövő sugárzás néhány százalékban szintén polarizált, és a polarizáció foka éves időskálán változik.

Miután a magból jövő röntgensugárzás intenzitásváltozási időtartama is éves nagyságrendű, világosan látható, hogy ismét egy igen kis térbeli méretű mag aktivitásával van dolgunk, mely tevékenység az elliptikus galaxisoknál is jelentős anyagkidobással jár együtt.

N-galaxisok

Az ún. rádiógalaxisokhoz* tartozó típus. Definíció szerint a halvány burokkal körülvett csillagszerű maggal rendelkező galaxisok tartoznak ide. Sok szempontból a Seyfert-galaxisokhoz hasonlítanak (ezért — különösen nagyobb távolságokban — esetenként összetévesztik őket), de színekük az előbbiekénel kevésbé széles emissziós vonalakat tartalmaz. Emellett látható színekükben a csillagoktól származó nem termikus optikai kontinuum és az intersztelláris gáz ionizálása a sztelláris komponenst elnyomja.

* Így nevezzük azokat a csillagrendszereket, amelyeknek rádiófluxusa nagyságrendekkel erősebb annál, mint anekkorát optikai fényességük alapján — a normális rádióindexet figyelembe véve — várnánk. (A rádióindex szokásos definíciója: $R = m_r - m_{pg}$, ahol m_{pg} a rendszer látszólagos fotográfikus, m_r pedig rádió-magnitúdója.)

A nem termikus sugárforrásoknak az N-galaxisok esetében is igen kis méretűeknek kell lenniük, miután a látható tartományban fényük néhány naptól néhány évig terjedő periódussal jelentős változást mutat. E galaxisok egyébként még a Seyfert-típusúaknál is erősebben sugároznak infravörösben, magjuk rádiósugárzása erősen polarizált, és a mag néhány ezer km/s sebességel jelentős mennyiségű anyagot dob ki magából.

Az N típusú csillagrendszerek gyakorisága *L. M. Ozernoy* szerint csak mintegy ötöde a Seyfert-galaxisokénak. *R. Minkowski* nyomán a kompakt kék galaxisok rádiótartományban is sugárzó megfelelőinek tekintik őket.

Kvazárok

Ezeket a rendkívül kis méretű, optikailag is igen nagy luminozitású, erős rádióforrásokat 1963-ban fedezték fel. Eleinte közeli objektumoknak vélték őket, de színképvonalaik erős vöröseltolódása alapján távolságuk igen nagynek adódik. Optikai és rádióátmérőjük általában 1'' alatt van. Rádiófluxusuk 10^{43} erg/s, azaz a Tejútrendszerrel milliószer intenzívebb.** Képük csillagszerű, színképük szokatlan energeloszlású, és ismeretlen eredetű emissziós vonalakat tartalmaz. Abszolút optikai fényességük saját csillagrendszerünkének akár több százszorosa is lehet, pedig lineáris átmérőjük rendszerint 1 kpc alatt marad. Igen érdekes, hogy egyes kvazárok a posztnovákhoz hasonló fényességingadozást mutatnak.

Felfedezésük óta még nincs végérvényes válasz az izgalmas kérdésre: mik is valójában a kvazárok? Tudjuk, hogy sok tulajdonságukban a *Seyfert-galaxisok* és az *N-galaxisok* magjához hasonlóak. Nevezetesen erős emissziós vonalakkal, gyorsan változó nem termikus kontinuummal, UV-excesszussal, nagy infravörös, valamint röntgen-fluxussal és — szintén nem termikus — rádioluminozitással rendelkeznek. Az időegység alatt kisugárzott energia azonban a fenti két típusét jóval meghaladja. Pl. a 3C 273 katalógusjelű objektum másodpercenként $1,5 \cdot 10^{47}$ erg energiát sugároz ki a teljes elektromágneses színképben. Felületi fényessége megfelel a legintenzívebb mesterseges fényforrás, a lézer sugárzási sűrűségének!

Miután a kvazárok vöröseltolódásából számított távolsága általában jóval nagyobb a Seyfert-, ill. N-galaxisok távolságánál, kézenfekvő a feltételezés: csillagszerű optikai képük nem egyszerűen onnan ered-e, hogy ezek az érdekesítő objektumok rendkívüli aktív galaxismagok, amelyek körül a rendszer többi része a nagy távolság miatt nem vehető ki. Ez a lehetőség már 1973-ban komoly alátámasztást nyert, amikor *J. Kristian* kimutatta, hogy néhány kvazár igen halvány galaxis közepén látszik. Ugyanilyen irányba mutatnak *J. B. Oke* és *J. Gunn* vizsgálatai. Ők egy, az 5 m-es teleszkópra

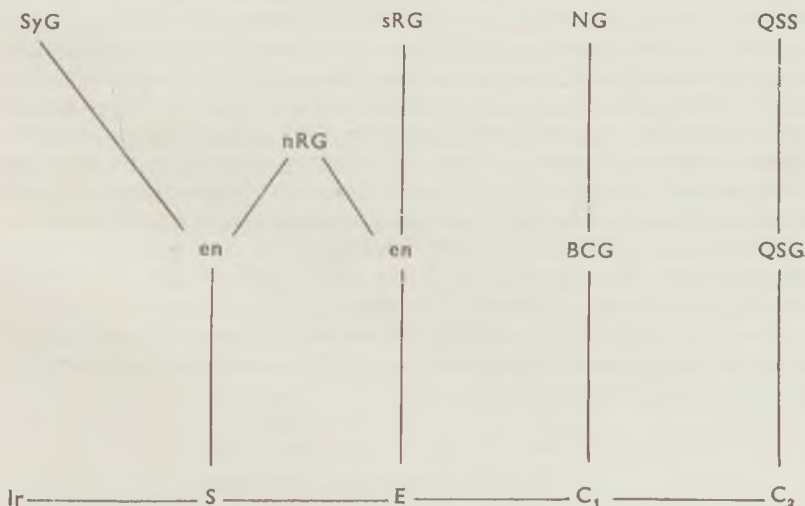
** Azokat a kvazárokhoz egyébként igen hasonló objektumokat, melyeknek nincsen számottevő rádiósugárzásuk — felfedezőjük *A. Sandage* nyomán —, kvázisztelláris galaxisoknak nevezzük.

szerelt speciális berendezéssel kirekesztették a *BL Lacertae* kvazárszerű objektum központi részének fényét, és csak — az alig kivethető — környezet tartomány színeképét elemezték. Kiderült, hogy ezt a részt II. populációjú csillagok alkotják, és lineáris átmérője mintegy 100 ezer fényév. (Maga a csillagszerű mag 1 fényévnél is kisebb méretű.) Nem véletlen, hogy ezt a színeképelemzésre támaszkodó vizsgálatot éppen a *BL Lacertae* esetében sikerült elvégezni, ui. ez az objektum 1 milliárd fényévnnyi távolságával a legközelebb fekvő ismert kvazár.

Az általánosított Hubble-diagram

Bár — mint láttuk — meglepően sok formáját ismerjük már az aktív galaxisoknak, nem nehéz észrevenni, hogy az alábbi öt jellemző vonás minden esetben fellelhető:

1. Az aktivitás forrása mindig a galaxis magja.
2. 10^{16} centimétert meg nem haladó átmérőjű tartományban időegység alatt annyi energia szabadul fel, mint több ezer (egyes esetekben több millió) „normális” galaxisban.
3. Ez az energia elsődlegesen relativisztikus sebességű részecskék formájában szabadul fel, amelyek a jelenlevő mágneses térrel ill. fotonokkal való kölcsönhatás útján (szinkrotron-mechanizmus, inverz Comp-



24. ábra. Ozernoy általánosított Hubble diagramja a galaxisok osztályozására. (*Ir*: irreguláris galaxisok; *S*: spirális galaxisok; *E*: elliptikus galaxisok; *C₁*, *C₂*: kompakt ill. szuperkompakt galaxisok; *QSG*: kvázisztelláris galaxisok; *SyG*: Seyfert galaxisok; *nRG* ill. *sRG*: normális ill. erős rádiógalaxisok; *NG*: N-galaxisok; *QSS*: Kvazárok.)

ton-effektus), tehát nem termikus úton keltik az objektum rádió-, infravörös-, ultraibolya- és röntgensugárzását.

4. Időről időre tízmillió naptömeg nagyságrendű tömeg dobódik ki a magból, mégpedig olyan nagy kinetikus energiával, amely több millió szupernova energiájával egyenértékű.
5. Az anyagkilövellés általában két diametrálisan ellentett irányban történik.

Mint ahogy azt majd saját csillagrendszerünk esetében is látni fogjuk, igen valószínű, hogy időről időre minden galaxis életében bekövetkeznek aktív szakaszok. Ha a jelenleg aktívnak mutató rendszerek mindig ilyenek lettek volna, akkor eddigi létük során már nyugalmi tömegüket meghaladó energiát kellett volna kisugározniuk. Ez pedig lehetetlen.

Érdekes megfigyelni, hogy a különböző aktív galaxisok szinte folyamatos sorozatot alkotnak, ha luminozitásuk szerint rendezzük őket. A kisebb energiáktól a nagyobbak felé haladva a normális spirális galaxisokat a Seyfert-galaxisok, az erős rádiógalaxisok, az N-galaxisok, majd a kvazárok követik. (A típusokon belüli szórás az energiahatárokat elmossa.) Miután ma a Hubble-féle alaptípusokat már nem mint a galaxisok életútjának egyes állomásait tekintjük, hanem annak tudjuk be, hogy tagjaik különböző kezdőfeltételek mellett születtek, kézenfekvő a gondolat, hogy a fentebb tárgyalt aktív formákat is alaptípusra vezessük vissza. Ezt az elképzelést tükrözi L. M. Ozernoy általánosított Hubble-diagramja (24. ábra), amely a galaxisok alap-, gerjesztett és erősen gerjesztett állapotát különbözőzeti meg. Ennek alapján a *Seyfert-galaxisok* erősen gerjesztett *spirális galaxisok*, az *erős rádiógalaxisok* erősen gerjesztett *elliptikus rendszerek*, az *N-galaxisok* erősen gerjesztett *kompakt galaxisok*, és végül a kvazárok a *szuperkompakt galaxisok* erősen gerjesztett formái. Bár Ozernoy elgondolási vázlatára még nem tekinthető véglegesnek, bizonyos fajta (már régóta hiányolt) rendet teremt a galaxisok világában. Az a tény, hogy az általánosított diagramon feltüntetett alapállapotok balról jobb felé haladva egyre csökkenő specifikus (tömegegységre eső) impulzusmomentumnak felelnek meg, arra enged következtetni, hogy a központi anyagkoncentráció tömege és sűrűsége ugyanilyen irányban nő, és valószínűleg ez az oka annak, hogy az irregulárisoktól a szuperkompakt galaxisok felé haladva az aktivitás egyre energiazdagabb formáival találkozunk.

A Tejtrendszer magjának aktivitása

Saját csillagrendszerünk esetében is megállapíthatjuk, hogy bár csak az utóbbi 20 évben fejlődtek ki azok a megfigyelési technikák, melyek segítségével — képletesen szólva — Galaxisunk centrumáig „látunk”; a külön-

böző hullámhossz-ablakokon végzett megfigyelések összesítése meglepő hasonlóságot tárt fel a Tejútrendszer és az ún. Seyfert-galaxisok (azaz igen aktív galaxisok) magja között.

Jelenleg galaxisunk magja viszonylag nyugodtan viselkedik. Energialeadása 10^{-1} -szerese a Seyfert-galaxisokénak és kevesebb, mint 10^{-7} -szerese a kvazárokénak. (Lásd a 4. táblázatot.) Egyre sokasodnak bizonyítékok azonban, hogy a mi csillagrendszerünk történetében is vannak igen aktív szakaszok. Ezekben a szakaszokban a Seyfert-jelleg elsősorban az erős infravörös és rádiósugárzásban, valamint a nagy sebességű anyagkiáramlásban testesül meg.

J. H. Oort és munkatársai voltak az elsők, akik megállapították, hogy Galaxisunk centrumától 3 kpc-re felénk és az ellenkező oldalon is egy-egy expandáló kar helyezkedik el. (A felénk eső részen a radiális sebesség ~ 50 km/s körül van.) A kifelé irányuló heves gázmozgás, valamint a központ irányából észlelt szinkrotronsugárzás a magban lejátszódott robbanásra utal. Miután az expandáló karok mozgási energiája 10^{53} erg, izotrop robbanás esetén mintegy $3 \cdot 10^{38}$ erg energiának kellett felszabadulnia (ez 10^4 Nap tömegével egyenértékű). (Ha a robbanáskor kidobott tömeg százmillió naptömeg, akkor a jelenleg megfigyelt kép a robbanás után tízmillió évvel áll elő.)

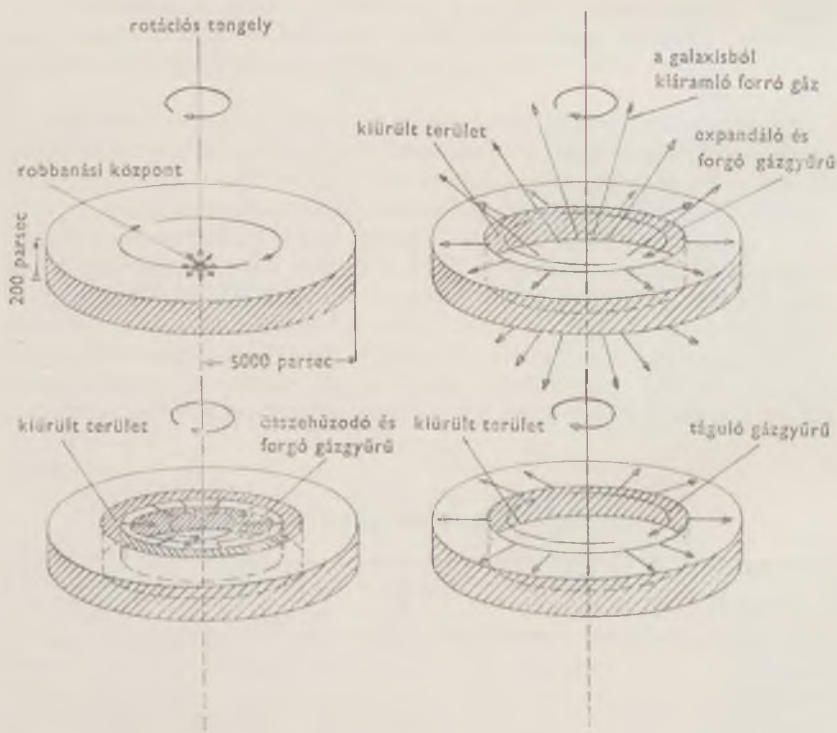
A robbanás után lezajló folyamatot *R. H. Sanders* és munkatársai számítógépes modellen követték. A modellezést megkönnyíti az, hogy a robbanás csak a viszonylag kis tömegű intersztelláris gázra hat, míg a nagyléptékű mozgások lefolyását meghatározó gravitációs teret lényegében véve a csillagok hozzák létre. A számítások azt mutatták, hogy 10 millió évvel a robbanás bekövetkezése után a magból a fősík közelében kiáramló gáz egy 3 kpc sugarú gyűrűt formál. Mivel azonban az anyag kitágulása következtében a szögsebessége csökken, a centrifugális erő egy idő után már nem tud egyensúlyt tartani a gravitációval, a gyűrű egy bizonyos maximális méret elérése után kezd összehúzódni. (Ez a helyzet mintegy 4 kpc-es sugárnál áll elő.) Összehúzódása során a gyűrű elér egy olyan helyzetet, amikor a

4. táblázat

Különböző galaxisok magjának aktivitása

Objektum	Luminositás [erg/s]	Élettartam [év]	Teljes emittált energia [erg]	Teljes észlelt kinetikus energia [erg]
Kvazárok	$10^{47} - 10^{48}$	10^9	10^{62}	10^{60}
Seyfert galaxisok	$10^{41} - 10^{45}$	10^8	10^{61}	$10^{55} - 10^{60}$
Tejútrendszer	$10^{39} - 10^{40}$	10^{10}	10^{58}	$10^{59} - 10^{51}$

centrifugális és gravitációs erők ismét egyensúlyba kerülnek, az összehúzódás azonban az anyag befelé irányuló momentuma következtében még egy ideig tovább folytatódik egészen addig, amíg a gyűrű sugara a kb. 2,5 kpc-es minimális értékét fel nem veszi, amikor a már túlsúlyban került centrifugális erők hatására a gyűrű ismét tágulni kezd (25. ábra). Miután a gyűrű pulzációja csak lassan oszillapodik, csupán mintegy minden 500 millió évben kell végbemennie a galaxismagban újabb robbanásnak ahhoz, hogy az oszcilláció fennmaradjon. Feltéve, hogy az időben visszafelé lineárisan extrapolálhatunk, a Galaxis eddigi egész élete során a magban 10^{60} erg szabadult fel, és 10^9 naptömegnyi anyag áramlott ki onnan. Ezek az adatok éppen a Seyfert-galaxisokra jellemzők, és észleléseinkkel egybevetve feljogosítanak minket annak a feltételezésére, hogy Galaxisunk magja periódikusan Seyfert-jellegűt ölt, továbbá egybevág azzal a hipotézissel, hogy a Seyfert-galaxisok nem különleges objektumok, hanem a normális spirális galaxisok ciklikusan bekövetkező gerjesztett állapotának tekinthetők.



25. ábra. Aktív galaxis központi részének modellje

A jelenlegi elképzelések szerint a mag ismétlődő robbanásaiért a Tejútrendszer központi részében periodikusan képződő, legalább százmillió naptömegű, jelentős mágneses térrel rendelkező csillag felelős. Ennek tevékenysége hozzájárul a spirális szerkezetet kialakító galaktikus sűrűség-hullám fennmaradásához is.

Eddig a központi objektum képződésére háromféle magyarázatot adtak. Az első a központi vidék csillagainak ütközését tételezi fel. A részletes számítások azonban azt mutatták, hogy köbparszekenként 3 milliárd csillagnak kellene lennie ahhoz, hogy az ütközések elegendően gyakoriak legyenek a központi szupercsillag kialakításához. (Ez pedig mintegy háromezerszerese a megfigyelt csillagsűrűségnek.)

A második az interstelláris (ill. intergalaktikus) gáz gravitációs akkréciójára alapoz. Itt az akkréció rátájával kapcsolatban vannak nehézségek, miután a centrum környéki csillagok ($R \approx 100$ pc) fejlődéses tömegvesztéséből eredő gáz évente csupán $2 \cdot 10^5 M_{\odot}$, és az intergalaktikus gáz beáramlása is — ezt főleg nagy galaktikus szélességeken, nagy sebességű hidrogénfelhők formájában észlelik — túl kicsiny értéket ad. A kutatók többsége mégis hajlik a központi szupercsillag kialakulásának ilyen magyarázatára, mert egyrészt könnyen lehetséges, hogy eddig csak a nagy szélességeken beáramló gáz egy töredékét észleltük, másrészt e hipotézis segítségével a spirális galaxisok szerkezete (*D. Lynden-Bell* és mások nyomán) egy olyan nagyléptékű körfolyamat „termékeként” fogható fel, melyben a spirálkarokat létrehozó sűrűség-hullám lassan disszipáló energiáját egy központi szuper-masszív objektum visszatérő robbanásai nyomán nyeri vissza.

A harmadik magyarázat szerint — amely eredeti formájában *V. A. Ambarcumjántól* származik — a galaxisok „központi energiatárolói” az anyag ősi, szűkebb környezetünkben ismeretlen, szupersűrű változatát rejtik magukban. Ebből az ún. *presztelláris anyagból* fejlődnek ki robbanásszerű folyamatok közben a galaxisok egyes részei. Bár ez az elképzelés sok szempontból vonzó, gyenge pontja, hogy egyrészt nem tud magyarázatot adni az energiefel szabadulás periódusosságára, másrészt jelenlegi fizikai ismereteinken kívül eső folyamatokra támaszkodik olyan körülmények között, amikor ez még nem látszik kényszerítő erejűnek.

Összefoglalásul elmondhatjuk, hogy bár sok részletkérdés tisztázása várat még magára, az aktív galaxisok rendszerbe foglalása terén az első jelentős lépések már megtörténtek, és egyre biztosabb talajon áll az a hipotézis, miszerint a jelen cikkben csak vázlatosan felsorolt nagyenergiájú folyamatokat a galaxisok magjában elhelyezkedő mágneses szupercsillag periodikus aktivitása idézi elő. Lényeges megjegyezni, hogy a centrális égitest „életmódja” nem független a csillagrendszer többi részétől, sőt éppen ellenkezőleg: időszakos aktivizálódását, energialeadási rátáját és anyagvesztésének pótlását az egész galaxis szerkezete, ill. dinamikája határozza meg, amely viszont végső soron a rendszer keletkezésekor uralkodó kezdeti feltételek függvénye.

NAPÉSZLELŐ MŰSZEREK

A csillagászatban több szempontból is különleges helyet foglal el a Nap tanulmányozása. Egyrészt a legnagyobbaknak látszó állócsillagok (*o* Ceti, *α* Scorpii, *α* Orionis) átmérője is csak 0,04—0,05 ívmásodperc nagyságrendű, így a legnagyobb távcsövekben is csak pontszerűnek látszanak. Mindössze néhány éve sikerült egészen különleges technika segítségével az *α* Orionis korongjának képét rekonstruálni. Ezzel szemben, viszonylagos közelsége miatt, a Nap látszó átmérője kb. 0,5 fok (1800 ívmásodperc), ezért légkörének különböző rétegeiben lejátszódó folyamatok nagy részletességgel vizsgálhatók. Ezek a megfigyelések fontosak az elméleti asztrofizika számára is, mert a csillagokra kidolgozott modellek jósága egy minden szempontból átlagos csillag, a Nap tulajdonságaival ellenőrizhető.

Gyakorlati okokból is lényeges központi égitestünk vizsgálata. A földi élet fenntartásához szükséges összes energiafajta (szél, víz, szén, olaj), a magenergia kivételével, végső soron a Naptól ered. Bár a termonukleáris reakció, a jövő energiaforrása, még nincs „megszelídítve”, elvi kidolgozása éppen az asztrofizikusoknak köszönhető, akik a Nap, valamint a többi csillagok energiaforrását keresték. Ismert anekdota egy, a fúziós reaktorok létrehozásán fáradozó fizikus kijelentése: „Ha nem tudnám, hogy a termonukleáris reakció kivitelezhető, hiszen minden reggel látom a Napot felkelni, már rég abbahagytam volna az egészet!” Különösen az energiaválság óta pedig egyre komolyabban foglalkoznak a napenergia közvetlen hasznosításának kérdésével. Így a Nap tanulmányozása az emberiség energiaproblémájának megoldásához is segítséget nyújthat.

A Napból állandóan felénk áramló óriási energiamennyiség minden kis rezdülését megérzi a Föld, elegendő, ha a naptevékenység közismert és bizonyított hatásaira, az ionoszféra- (és így rádióvétel), valamint mágneses zavarokra és a sarki fényre gondolunk, sőt egyre több vizsgálat eredménye mutat rá, hogy az időjárásra, vagy esetleg az élőlényekre is hatással lehet a napaktivitás, bár ez még nem tekinthető egyértelműen bizonyítottnak. Az ilyen kutatásokhoz is feltétlenül szükséges a Nap, pontosabban a naptevékenység állandó szemmel tartása, hogy megfelelő nagy mennyiségű

anyag legyen a statisztikai vizsgálatokhoz. Másrészt elengedhetetlen az észlelési technika állandó tökéletesítése, hogy sokoldalú és összehangolt megfigyelésekkel egyre jobban lehessen feltárni e hatások fizikai folyamatait.

A felsorolt feladatok megoldására sok különféle műszert építettek a napfizikusok, a kis távcsövektől kezdve a több emelet magas, külön számítógéppel vezérelt toronytávcsövekig, vagy a különféle űrlaboratóriumokra szerelt berendezésekig. Ez a cikk e műszerek egy csoportját, a földfelszínre (tehát nem léggömbre vagy űreszközökre) telepített, az optikai hullámhossztartományban dolgozó naptávcsöveket és ezek segédberendezéseit mutatja be.

A Nap megfigyelésének sajátosságai

A Nap megfigyelésére szolgáló távcsöveknek egészen más követelményeknek kell megfelelni, mint azoknak, amelyeket más csillagászati észlelésekhez használnak. A csillagokról jövő gyenge fény minél tökéletesebb összegyűjtése céljából nagy átmérőjű, nagy fényerejű, rö id fókuszú távcsöveket alkalmaznak általában, és a fény útjába helyezett optikai elemek (lencsék, tükrök) mennyiségét igyekeznek a lehető legkevesebbre leszorítani a fényvesztések elkerülésére. Az általános célú csillagászati távcsövek objektívjének fényereje, azaz az objektívátmérő és fókusz távolság hányadosa $1:3-1:4$ körül jár. Ezek a távcsövek rendszerint mozgathatók, két, egymásra merőleges tengely körül forgatva beállíthatók bármely irányba, és óramű segítségével követik az objektum látszó mozgását. Általában kupolában vannak felállítva, olyan helyeken, ahol az előzetes megfigyelések alapján jó a leképzés, az éjszakák többségében a levegő eléggé átlátszó és nyugodt a fényképezés vagy a fotometriai munkák céljaira.

A Nap esetében egészen más a helyzet. A Nap látszó fényessége $-26,80$ magnitúdó, a legfényesebb állócsillagé, a Szíriuszé $-1,43$ magnitúdó. A kettő közötti különbség $25,37$ magnitúdó, azaz a Nap kb. 13 milliárdszor fényesebb a legfényesebb állócsillagnál! Más egységeket használva, a merőlegesen beeső közvetlen napsugárzás teljesítménye kb. 1 kW négyzetméterenként. Így inkább az a probléma, hogy ezt az erős sugárzást hogyan tudjuk gyengíteni. Távcsövel közvetlenül a Napba nézni súlyos látássérülést, sőt azonnali vaktságot okozhat, ha nem gondoskodunk megfelelő fénygyengítő berendezésről. Kisebb távcsövek esetén polarizációs napokulárokkal vagy a napkorong kivételével lehet a kép fényességét legcélszerűbben csökkenteni.

A naptávcsövek fényerejét kicsinek, általában $1:50-1:100$ között választják, így az objektív viszonylag kis átmérőjű és nagy fókusz távolságú. Még így is a fényképezésnél használt expozíciós idők $0,01-0,001$ másodperc (közvetlen napkép) vagy $0,1-10$ másodperc (szinképfelvétel) közti értékek,

szemben a csillagok és ködfoltok fényképezésénél alkalmazott néha több órás expozíciós időkkel. A hosszú fókusz miatt körülményes és drága lenne ezeket a távcsöveket minden irányban mozgathatóan felállítani, ráadásul a napfizikában a rendelkezésre álló nagy fény mennyiség miatt nagy diszperziójú (1–10 mm/Å), következképp hosszú fókuszú (10–20 m) spektrográfokat is használnak, ezeket szintén nehéz lenne mozgathatóan felszerelni. A nagyobb naptávcsövek ezért többnyire mozdulatlanul vannak felállítva, vízszintesen (horizontális távcső) vagy függőlegesen (toronytávcső), esetleg a Föld tengelyével párhuzamosan, mint a Kitt Peak-i nagy távcső, és két tükörből álló cölösztát vagy egy tükörből álló héliosztát vetíti az égbolton mozgó Nap fényét a mozdulatlan objektívre. A nagy toronytávcsövek nem is hasonlítanak már távcsőre, tulajdonképpen hatalmas, több emelet magas épületek, dolgozószobákkal és laboratóriumokkal, ezekben az épületekben alagutakon és függőleges aknákon halad a fénysugár, tükrök, lencsék és más optikai eszközök által irányítva, hogy végül a Nap képét vagy színképét létrehozza a megfigyelő szobában.

A leképzés problémája is másképp jelentkezik a napfizikai megfigyeléseknél, mint éjszaka. Mint ismeretes, a távcsőben keletkező kép minőségromlását (remegés, hullámlás, villogás, elmosódottság) a földi légkörben állandóan jelenlévő mozgások okozzák. A helyi hőmérsékletkülönbségek turbulenciákban létrejövő felszálló légáramlások és az emiatt keletkező turbulens légmozgások sokat ronthatnak még a távcső előtti utolsó néhány méteren is. Éjszakai észeléseknél is ki kell gondosan szellőztetni a kupolát, hogy ne legyen hőmérsékletkülönbség a kupolában lévő levegő és a külső levegő közt. Nappal viszont a Nap hősugárzása éppen a kupola és az épület oldalfalait melegítené, ezért ma már a legtöbb kisméretű naptávcső kupola nélkül, közvetlenül a szabadban van felállítva. A nagyobb toronytávcsöveknél pedig a különleges fehér festés mellett az oldalfalak hűtésével is gondoskodnak arról, hogy ne keletkezhessenek felszálló légáramlások. A távcsőnek festésére használt különleges fehér festék titán-dioxidot tartalmaz, ez *fehér*, tehát jó fényviszaverő a *látható színek tartományában*, amelyben a Nap főként sugároz, viszont *fekete*, azaz *jó sugárzó* a hosszú hullámú infravörös tartományban, így ami kevés energiát elnyel, ki is tudja sugározni. Az ilyen festékekkel fehérre festett tárgyak érintésre tűző napsütésben is teljesen hidegek. Csökkenti a környezet melegeését a távcsövek köré telepített növényzet is, vagy az, ha a távcsövet nagyobb vízfelület közepére helyezik, természetes vagy mesterséges szigetre, ill. félszigetre. Szintén javít a kép minőségén, ha a távcsövet a talajszint környéki turbulencia, azaz kb. 20 m fölé emeljük. A Nap megfigyelésének nagy úttörője, *G. E. Hale* már 1903–1904-ben végzett erre kísérleteket, egy kb. 25 m magas fenyőfárról megfigyelve a Napot egy kisebb távcsővel, megállapította, hogy fent sokkal jobb a leképzés. Később a Mount Wilson obszervatóriumban közvetlenül egymás mellett álló horizontális és toronytávcső által adott képeket összehasonlítva szintén

megállapította, hogy a toronytávcső lényegesen jobb képet ad, és gyakorlatilag napkeltétől napnyugtáig állandóan használható, míg a horizontális távcsővel csak napkelte után és napnyugta előtt kb. egy óráig lehetett jó észleléseket végezni. Újabban már a csillagászati távcsöveket is egyre magasabbra helyezik a talaj fölé, szintén a leképzés javítása céljából. (Mindezek a szempontok a debreceni Napfizikai Observatórium távcsöveinek felállításánál és távlati fejlesztésüknél a lehetőségekhez képest maximálisan figyelembe lettek véve.)

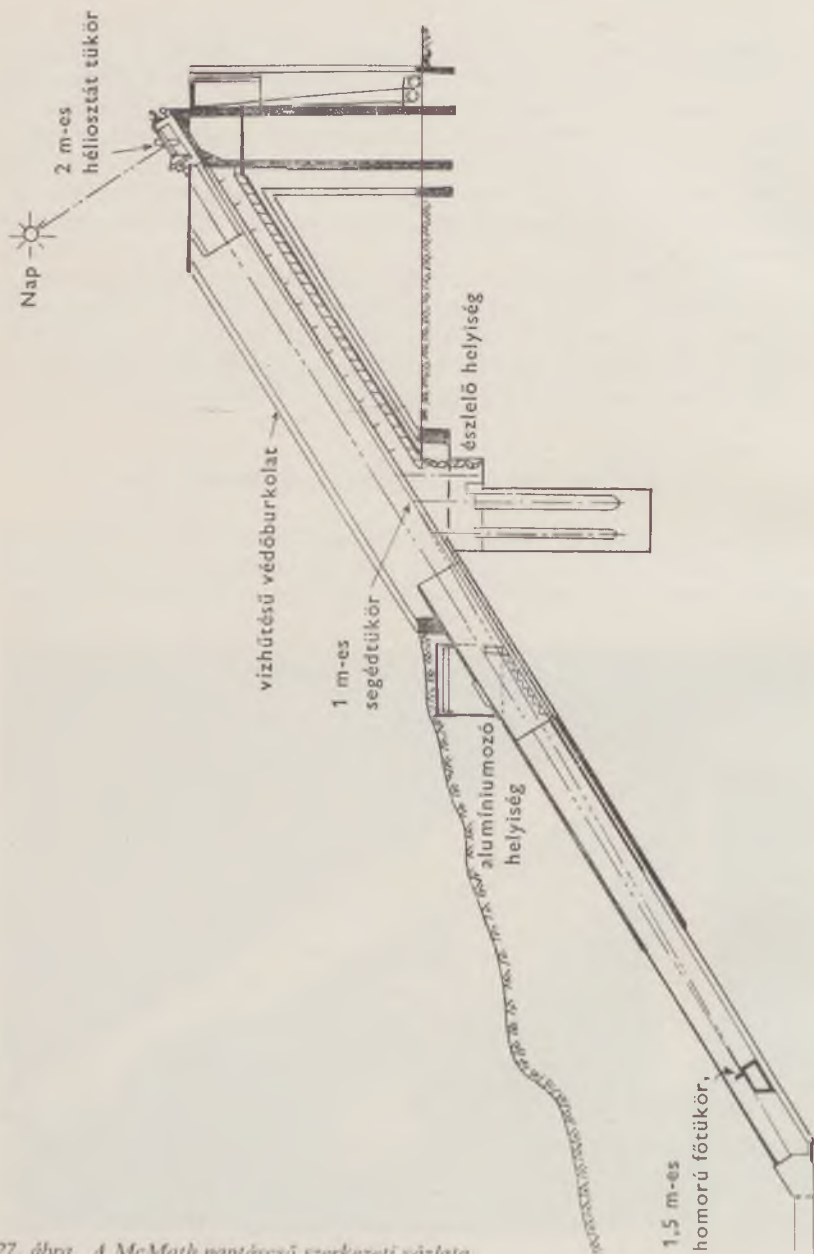
A távcső megfelelő helyen és megfelelő módon történt felállítása azonban még nem minden. A Nap sugárzása magában a távcsőben is felmelegítheti a levegőt és az alkatrészeket, káros légáramlásokat okozva, amelyek szintén rontják a kép minőségét. Ennek leküzdésére sokféle módszert dolgoztak ki a napfizikusok, ismertetésükre az egyes távcsövek leírásánál kerül sor.

A Kitt Peak National Observatory nagy naptávcsőve

1954-ben az Egyesült Államokban a *National Science Foundation* egy csillagászokból álló bizottságot alakított, melynek feladata az volt, hogy megvizsgálja, milyen nagy távcsövek építése szükséges. A bizottság egy 91 cm-



26. ábra. McMath óriás naptávcső



27. ábra. A McMath naptávcső szerkezeti vázlata

es és egy 206 cm-es csillagászati távcső, valamint egy 150 cm átmérőjű, 100 m-es fókusztávolságú tükörrel rendelkező napfizikai távcső azonnali építését javasolta. Ennek alapján épült Arizonában egy 2100 m magasságú hegycsúcson a *Kitt Peak National Observatory*, amelyet 1960-ban nyitottak meg, és amely azóta a világ egyik legjelentősebb csillagászati megfigyelőhelyévé fejlődött. Az említett bizottság elnöke volt *Robert R. McMath*, az 1962 januárjában meghalt jelentős napfizikus; az ő emlékére nevezték el az 1962 november 2-án felavatott nagy naptávcsövet *McMath Solar Telescope*-nek. A távcső jelenleg a világ legnagyobb napfizikai távcsöve, (építési költsége kb. 4 millió dollár volt, 26. ábra).

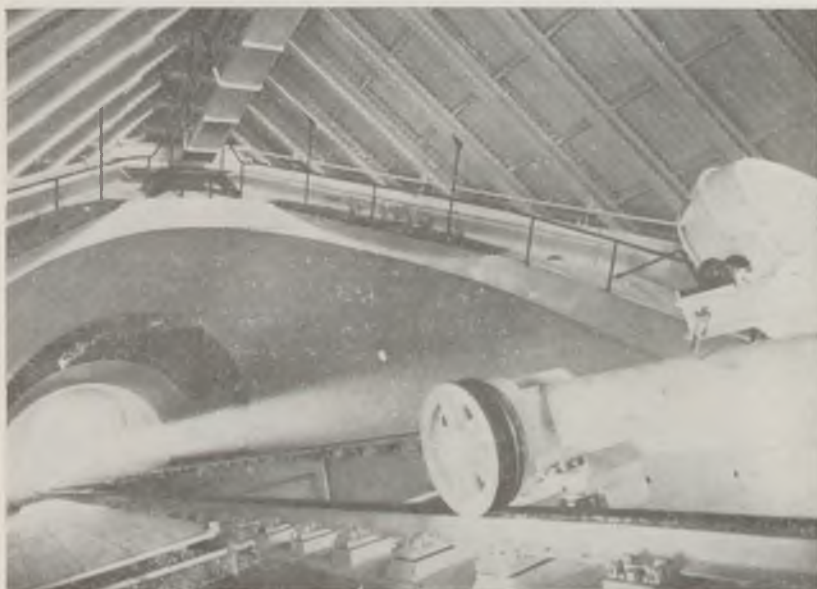
A távcső alakját a kiválasztott optikai rendszer határozta meg. Az egyszerűség (és a kisebb költség) miatt nem két tükörből álló cölosztátot, hanem egy tükörből álló héliosztátot alkalmaztak. Ez olyan siktükör, amely ekvatoriális szerelésben van felállítva, tehát az égi póluson átmenő tengely



28. ábra. A *McMath* naptávcső 2 m átmérőjű héliosztát tükre

(órátengely) és egy arra merőleges tengely (deklinációtengely) körül forgatható. Ha a tükröt a deklinációtengely körül elforgatva úgy állítjuk be, hogy a Nap fényét a Föld tengelyével párhuzamosan verje vissza, az óratengely körüli elforgatással (1 fordulat 24 óránként) a Napot követni lehet úgy, hogy a visszavert sugár változatlan irányú maradjon. A visszavert sugárnak feltétlenül a Föld forgástengelyével párhuzamosan kell haladnia, ezért a távcső ferde részének a vízszintessel bezárt hajlásszöge a Kitt Peak földrajzi szélességével ($32^{\circ} 57,5'$) egyenlő. A héliosztát előnye, hogy mechanikailag egyszerű, és csak egy síktükröt kell hozzá (ami 2 m-es tükrőátmérő esetén igen lényeges); hátránya viszont, hogy a segítségével létrehozott napkép elfordul, óránként 15 fokkal. Ezen úgy segítenek, hogy a segédberendezések (spektrográfok stb.) az optikai tengelyük körül elfordíthatók, és így követik a kép forgását. A héliosztát előnye még, hogy a napsugarak tükrözési szöge változatlan marad az észlelés folyamán, ez könnyen figyelembevehető instrumentális polarizációt okoz, tehát a mágneses méréseket kevésbé zavarja.

A távcső, melynek szerkezeti rajza a 27. ábrán látható, 30 méterre emelkedik a talajszint fölé. A függőleges rész tetején helyezkedik el a héliosztát (28.



29. ábra. A McMurdo naptávcső belseje. A kép jobb szélén a segédtükrök, mely függőlegesen lefelé, az észlelő helyiségbe vetíti a balról, a főtükrőről jövő fénysugarakat. Itt látható a kép felső részén a vízhűtő védőburkolat, lent pedig a távcső teljes hosszában végighúzódnó sínpálya

ábra), melynek átmérője 2 m. A tükör finommozgatását mindkét tengely körül léptetőmotorok végzik, a számítógépes irányítás és adatfeldolgozás segítségével. Ezek segítségével lehet a Nap képének bizonyos kiválasztott területeit soronként letapogatni. A héliosztátról a Nap sugarai a ferde fénylagútba jutnak, ennek hossza kb. 150 m, de ebből csak a felső harmad van a föld felett. A fénylagút alsó végén van a főtükör, ez eredetileg alumínium ötvözetből készült, később kvarcra cserélték ki, mert a fémtükört nem sikerült olyan pontossággal polírozni, hogy a kívánt felbontóképesség elérhető legyen. A főtükör átmérője 150 cm, fókusztávolsága 91,4 m (fényerő 1 : 61). A róla visszaverődő sugarak a pólustengely irányától 1,5 fokkal lefelé eltérve indulnak visszafelé, majd kb. a talajszint magasságában egy harmadik, 122 cm átmérőjű síktükör (29. ábra) függőlegesen lefelé küldi a sugárnyalábot az észlelőhelyiségbe. Mindhárom tükör a fénylagút teljes hosszában végighúzódo 3,66 m nyomtávú sín pályán mozgó kocsikon gördíthető. Ezek segítségével lehet a héliosztátot éjszakára vagy rossz idő esetére védett helyre leereszteni, a főtükör elmozgatásával a napképet élesre állítani, vagy ha szükséges, a tükröző felület felújításához mindhárom tükröt az alumíniumozó helyiségbe szállítani, amely szintén a „távcsőben” található. A héliosztát tükrének saját súlya alatti deformálódását a tükör pneumatikus alátámasztásával sikerült kiküszöbölni.

Az észlelőhelyiségben (30. ábra) 85 cm átmérőjű napkép keletkezik, ennek kiválasztott részletét tovább lehet engedni az asztal alatti 20 m mély kútban függőlegesen elhelyezett vákuumspektrográfba, vagy az ehhez kapcsolódó 40 csatornás magnetográfhoz. A napképen 1 ívmásodperc kb. fél milliméternek felel meg, tehát a Nap felszínének igen részletes tanulmányozása lehetséges.

A távcső felbontóképessége 0,33 ívmásodperc. Hogy ezt ki lehessen használni, különös gonddal kellett ügyelni arra, hogy a távcső közelében és a fénylagútban ne keletkezhessenek turbulens légáramlások. A fénylagút föld feletti részét rézlemezekből készített borítás védi a napsugárzástól és a légáramlásoktól. A rézlemezek külső oldala titán-dioxidos festékkel fehérre van festve, ezenkívül egy folyadékös hűtőrendszer gondoskodik arról, hogy a fénylagútban a levegő hőmérsékleteloszlása olyan legyen, hogy konvekciós mozgások ne alakulhassanak ki. Már a festés is erősen csökkenti a felmelegedést, gyakran előfordul, hogy a teljes napsütésnek kitett felső oldalon a borítás tapintásra hűvösebb, mint az alsó, árnyékos oldalon, mert az infravörös tartományban, ahol a festék fekete, több sugárzást kap az alsó oldal a környező talajról, mint a felső oldal az égboltról. A légkör ugyanis nem engedi át a hosszú hullámú infravörös sugárzást, így az égbolt effektív hőmérséklete ebben a tartományban mínusz 15—mínusz 30 °C körüli, ezzel igyekszik egyensúlyba kerülni a festett felület. A spektrográfban a légmozgások kiküszöbölésére a legegyszerűbb megoldást választották: kiszivattyúzták a levegőt, az egész spektrográf vákuumban helyezkedik el.

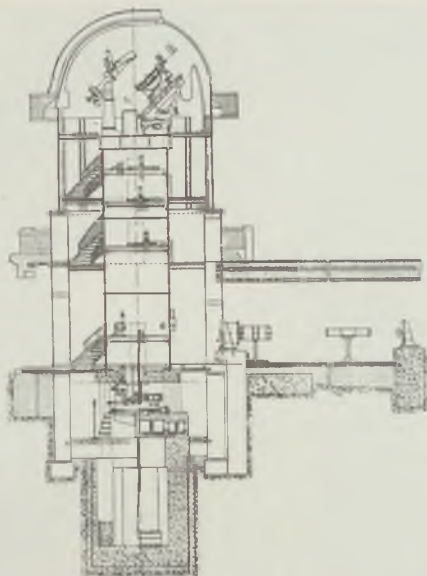


30. ábra. A McMath naptávcső észlelőhelyisége. A baloldalt álló észlelő előtt levő asztallapon keletkezik a napkép. Ez alatt a magnetográf érzékelője látható a vákuumspektrográf fedőlapján. A magnetográf elektronikája a jobbszálen levő két szekrényben van, a háttérben pedig a távcső kezelőpultja és a számítógép terminálja található.

Érdekességként még megemlíthető, hogy a távcsőben felhasználták az a két 160 cm átmérőjű öntött kvarckorongot, amelyeket 1932-ben a Mt. Palomar-i 5 m-es távcső tükrének készítése közben kísérletből öntöttek.

A Krími Asztrofizikai Obszervatórium toronytávcsöve

A második világháború teljesen elpusztította a *pulkovói* csillagvizsgáló világszerte ismert *szimeizi megfigyelőállomását* a Krím félsziget déli partján. Mivel lényegében teljesen új obszervatóriumot kellett építeni, ezt nem a régi helyre telepítették, amelyről időközben kiderült, hogy ott rossz a leképzés, hanem gondos megfigyelések után a félsziget közepén 570 m magasságban választottak ki egy hegyet; itt voltak legkedvezőbbek a légköri viszonyok. Itt jött létre 1946-ban a *Szovjet Tudományos Akadémia Krími Asztrofizikai Obszervatóriuma*. Jelentős csillagászati műszerek találhatóak itt, például



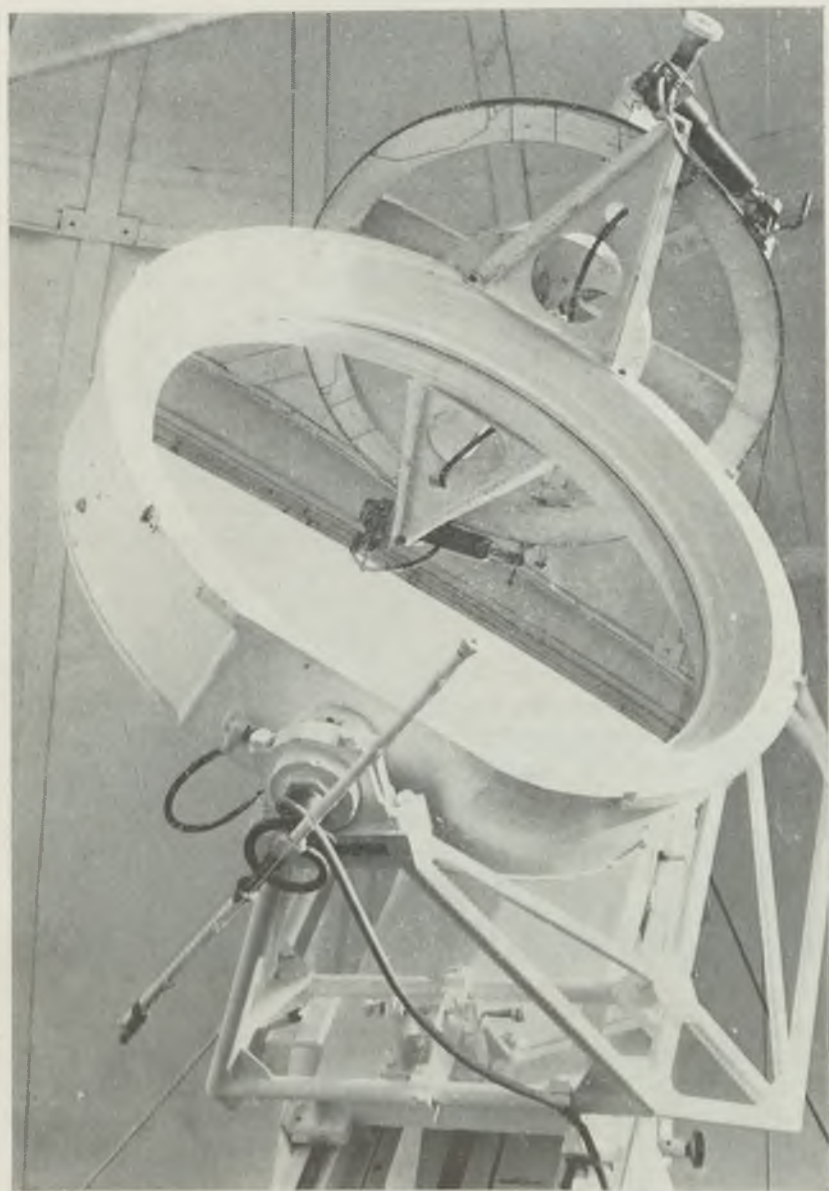
31. ábra. A Krími Asztrofizikai Observatórium naptávcsövének vázlatrajza (az átépítés előtt). Jól látható a kettős falú szerkezet.

a 2,6 m-es tükörmérőjű reflektor; mely hosszú ideig Európában a legnagyobb volt. Az obszervatórium jelenlegi igazgatójának, A. B. Szevernij akadémikusnak fő kutatási területe a napfizika. Az ő elképzelése szerint épült fel 1954-ben a nagy toronytávcső, 40 cm átmérőjű főtükörrel (szerkezeti rajzát a 31. ábra mutatja); 1970-ben az új, megnövekedett feladatok elvégzéséhez modernizálták, több mint kétszeresére növelték magasságát, és lényegesen nagyobb teljesítményű optikával szerelték fel. Így az átépítés után ez lett a világ második legnagyobb naptávcsöve (32. ábra).

Építésére nézve hagyományos ez a toronytávcső. A két, koncentrikusan egymásba épített, külön alapokon álló fémhenger sehol sem érinti egymást, a belső hordozza a cölösztátot és a többi optikai alkatrészt, a külső a kupolát és a lépcsőket; ezenkívül a külső henger védi a belsőt a szélről és a napsugárzástól. Fent a kupolában, 20 m magasságban helyezkedik el a cölösztát két tükre, a nagyobbik átmérője 120 cm (33. ábra). A cölösztátoknál az ún. első, nagyobbik tükröt a tükör síkjában lévő tengely körül egy óramű forgatja, 48 óránként egy fordulatnak megfelelő sebességgel. Ez a tengely a Föld tengelyével párhuzamos, így a tükörből visszavert sugarak mindig egy meghatározott irányba verődnek vissza, bár ez az irány a Nap deklinációjával napról napra változik. Ezért szükséges a második, adott esetben 110



32. ábra. A Krim-i Asztrofizikai Obszervatórium naptávcsőve 1975-ben (az átépítés után)



33. ábra. A krími nagy naptávésző cölosztátjának első tükre

cm átmérőjű segédtükör, amellyel aztán a kívánt irányba lehet terelni a fénysugarakat. A cölosztát első tükrét kelet-nyugati irányú sínen való elmozdításával, megfelelő magasságba emelésével és elfordításával úgy állítják be, hogy a visszavert napfény róla a segédtükörrre essen, ennek megfelelő helyzete esetén a napsugarak a kívánt irányban haladnak tovább, függőlegesen lefelé, a távcső 100 cm átmérőjű homorú főtükrére. Mindhárom krími tükrök *szital* nevű anyagból készült, ez olyan különleges üvegkerámia, melynek gyakorlatilag nulla a hőtágulása, így a napsugarak által okozott felmelegedés nem vezet a tükrök deformációjához. Hogy saját súlyuk alatt se hajoljanak meg a tükrök, erről pneumatikus alátámasztási rendszer gondoskodik.

A cölosztát clőnye, hogy vele a fénysugarat kényelmes irányban (vízszintesen vagy függőlegesen) lehet küldeni, és megoldható, hogy a napkép az észlelés folyamán ne forduljon el. Hátrányai közé tartozik, hogy bizonyos időszakokban a segédtükör árnyékot vethet az első tükrörrre (amelyet ilyenkor át kell helyezni), valamint az, hogy a napsugarak visszaverődési szöge a cölosztát tükreiről állandóan változik (ez a mágneses méréseknél nehezen figyelembe vehető és bonyolultan változó instrumentális polarizációt okoz).

A krími távcsőben a cölosztátról a homorú képalkotó főtükörrre jutó napsugarak a függőlegestől kissé eltérő irányban verődnek vissza egy domború segédtükörrre, amely a fókusz-távolságot 65 méterre nyújtja. Tehát lényegileg egy Cassegrain-reflektorról van szó. A kb. 60 cm átmérőjű napképet siktükrökkel vagy a föld alatt függőlegesen álló spektrohéliográfba, vagy az ugyancsak föld alatti vízszintes vákuum-spektrográfba terelik, de legtöbbször az oldalépületben lévő 20 m fókusz-távolságú spektrográfba vetítik, amelyhez magnetográf kapcsolódik. A Krími Asztrofizikai Observatórium magnetográfjának nevezetessége, hogy a világon először ezzel tudták a Napon lévő mágneses tereknek nemcsak a látósugár irányú komponensét, hanem mindhárom komponensét, azaz a teljes mágneses vektort meghatározni.

A Sacramento Peak Observatory vákuum-toronytávcsőve

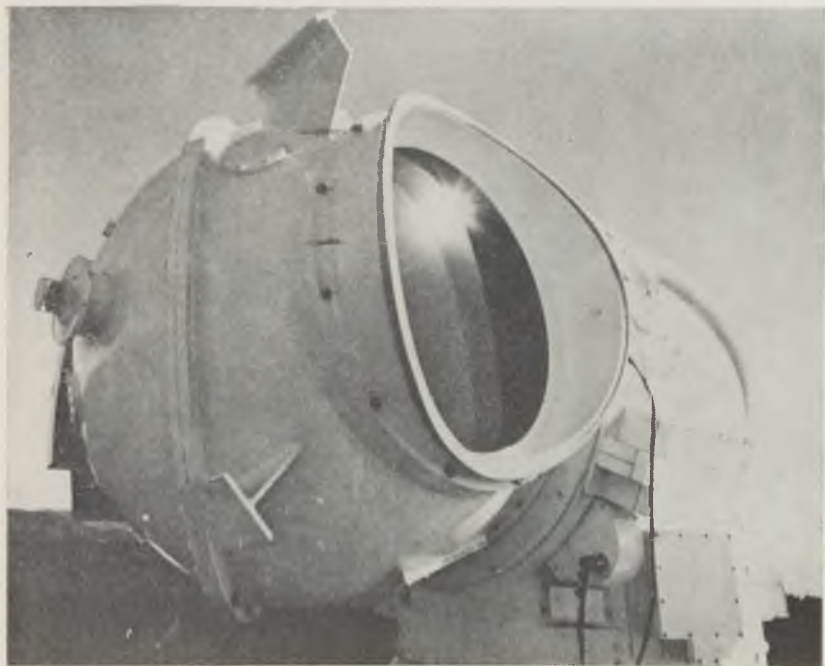
Több mint 2800 m magasságban a tenger szintje felett található az USA New Mexico államában az 1953-ban alapított *Sacramento Peak Observatory*. Ebben az obszervatóriumban áll az a toronytávcső, amely a világ sok napfizikusa szerint jelenleg a legjobban használható megfigyelő eszköz. 1966-ban kezdték el építését, és 1969 október 15-én került átadásra a (3,3 millió dollár értékű) új észlelő-műszer (34. ábra). A leképzés javítására különleges megoldást alkalmaztak: az egész távcső belsejében 0,6 torr nyomású vákuum uralkodik észlelés közben. Az Observatórium nagy tengerszint feletti magassága és jó légköri viszonyai, magának a távcsőnek 41 m-es talajszint



34. ábra. A Sacramento Peak Observatory vákuum-toronytávesőve

feletti magassága, oldalfalainak titán-dioxidos festése és hűtése, valamint a vákuum alkalmazása együttesen olyan jó eredményt ad, hogy jó esetekben sikerül elérni a táveső elméleti felbontóképességét.

Nagyság szempontjából furcsa helyzetben van ez a toronytáveső: bár főtükrének átmérője a legnagyobb az eddig említett három táveső közül (163 cm), a fény egy 75 cm átmérőjű öntött kvarcablakon (35. ábra) jut be a torony felső részén; végső soron ez határozza meg a felbontóképes-



35. ábra. A Sacramento Peak-i vákuum-toronytávcső belépő kvarcablaka

séget, így szorult átmérő tekintetében a harmadik helyre. A kvarcablaka a távcső vákuumrendszerének felső lezárása, és egyben a fény belépő helye, így nagyon gondos megmunkálást igényelt, hogy a kép minőségén ne rontson. Egyelőre még technikailag lehetetlen ilyen nagy kvarcöntvény készítése egyenletes törésmutatóval, ezért miután síkpárhuzamosra polírozták az ablak két oldalát, és meghatározták a törésmutató helyi eltéréseit, állandó interferométeres ellenőrzés mellett a megfelelő helyeken lepolíroztak egy-két tizedred millimétert, így sikerült az ablakon áthaladó hullámfront eltorzulását elhanyagolhatóra csökkenteni.

A távcsőben a fényt két tükörből álló rendszer vetíti tovább függőleges irányba. A cölösztátoktól eltérően a két tükör *altazimutális* felállításban van, azaz az egyik függőleges, a másik vízszintes tengely körül forgatható, mindkét tükör síkja a forgástengellyel 45 fokos szöget zár be. Bár az elrendezés miatt a Nap követéséhez mindkét tükröt forgatni kell a nap folyamán változó sebességekkel, a tengelyek csapágyazását és a vákuum tömítését így technikailag könnyebben lehetett megoldani. A vízszintes tengely esetében teflon csúszógyűrű gondoskodik a tömítésről, a függőleges tengelyt egy



36. ábra. A potsdami Einstein-torony

higany úszócsapágy képviseli, amely egyben tömít is. A két siktükör a nap-sugárzástól egyenlőtlenül melegedne fel és deformálnódna, ennek elkerülésére hátsó oldalukat fűtőtestekkel napfénynek kitett felületek hőmérsékleteivel azonos hőmérsékleten tartják. A tükrök burkolatának külső részére szerelt napfény érzékelők vezérlik a tükröket mozgató szervomotorokat, gondoskodva ezáltal a Nap követéséről; borús idő esetén egy analóg számítógép veszi át ezt a feladatot.

A fény egy 98 m hosszú csőben halad függőlegesen lefelé, míg eléri a 163 cm átmérőjű és 55 m fókusztávolságú főtükröt, amely a függőlegestől kissé eltérő szögben küldi felfelé vissza a sugarakat. Mivel az alkalmazott tükrrendszer szintén a napkép forgását okozná a megfigyelés folyamán, ennek kiküszöbölésére az egész 250 tonna súlyú és majdnem 100 m hosszú vákuumcső forgatható, a talajszint magasságában hozzá erősített 12 m átmérőjű forgópaddal együtt. Itt, a talajszinten van a kilépő ablak is, ahol a Nap képe kijut a vákuumból, és tükrök segítségével vagy a forgópaddon levő szűrőkhöz és filmkamerákhoz, vagy a függőleges cső mellé szintén függőlegesen felfüggesztett vákuumspektrográfokhoz vezethető.

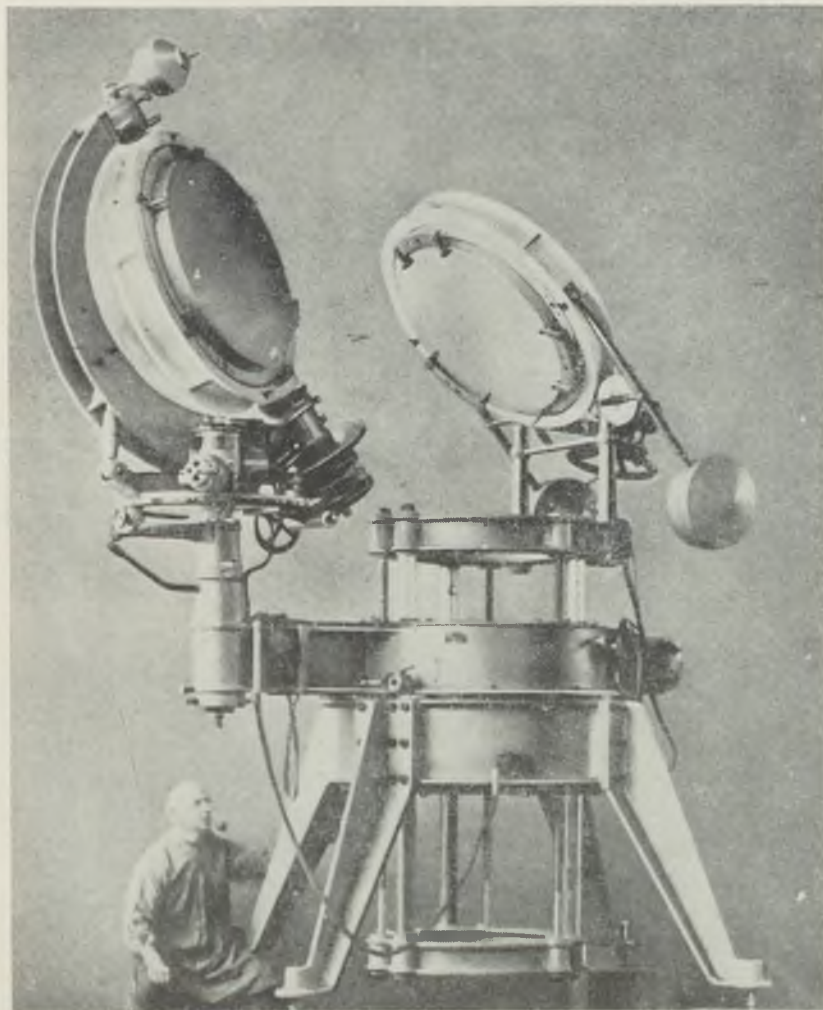
A potsdami Einstein-torony

Az egyetlen csillagászati vonatkozású épület, melyet majdnem minden építészettörténeti-művészettörténeti könyvben meg lehet találni, az 1920 körül épült *Einsteinturm* Potsdamban (36. ábra). Építészeti tervezője a világhírű expresszionista építész, *Eric Mendelsohn*, akinek ez volt első, jelentősebb épülete.

Az épület belsejében fából készült állvány hordja a 15 m magasban elhelyezett optikai elemeket, a cölösztát két 65 cm átmérőjű tükrét (37. ábra) és a 60 cm átmérőjű objektív lensét, mivel a faállvány jól csillapítja a talaj rezgéseit. Az objektív fókusztávolsága 14,5 m, a fényt a torony alagsorában egy segédtükör vízszintes irányba téríti a 12 m fókuszu autokollimációs spektrográfba, melynek segítségével mérik többek közt pl. a napfoltok mágneses tereit. A távcső szerkezeti vázlatát a 38. ábra mutatja. Jelenleg a *Német Tudományos Akadémia Központi Nap-Föld Fizikai Intézetéhez* tartozik, Einstein-torony Napobszervatórium néven.

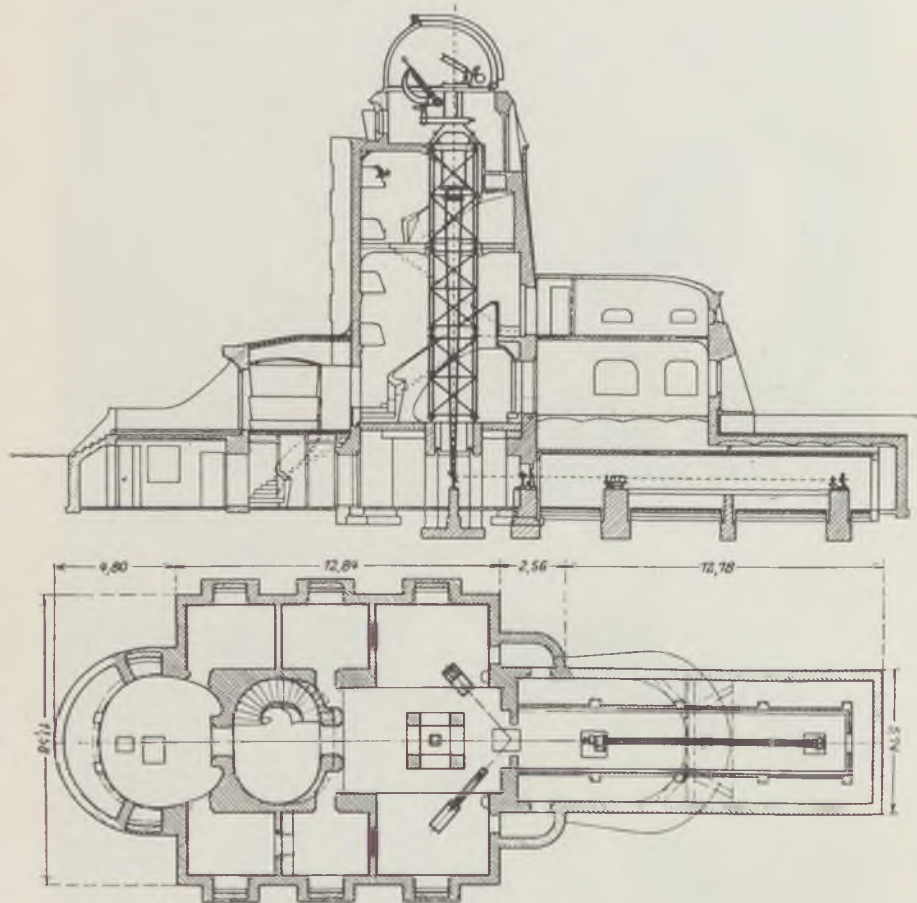
A Mount Wilson Csillagvizsgáló naptávcsövei

Századunk legjelentősebb napfizikusa, sok szellemes műszer, nagy távcső és obszervatórium építésének megszervezője, G. E. Hale (1868—1938) alapította 1905 körül a *Mt. Wilson Solar Observatory-t*. Hale megelőzően 1903-ban (Mrs. H. Snow adományából) felépítette a Yerkes Csillagvizsgáló-



37. ábra. Az Einstein-torony cölosztátja

ban az akkori idők legnagyobb horizontális naptávcsovét, 76 cm átmérőjű cölosztattükörökkel és 61 cm átmérőjű, 18,25 m fókusztávolságú főtükörrel. Ugyanebben az évben azonban Dél-Kaliforniában járva felfigyelt arra, hogy a Mt. Wilson nyugodt és tiszta levegőjével nagyon alkalmas lenne egy obszervatórium telepítésére, ezért 1904—1905-ben a Snow-távcsovét (ész-

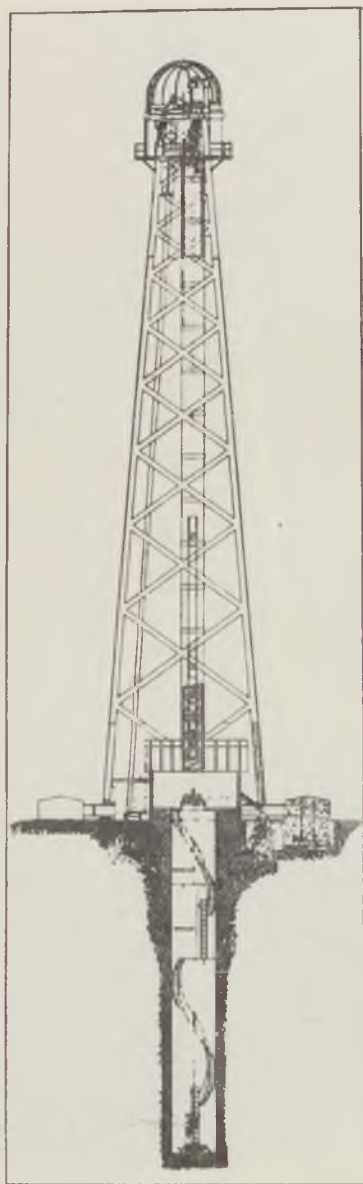


38. ábra. Az Einstein-torony metszete és alaprajza

vérekkel) a hegy csúcsának délkeleti oldalára költöztette, 1740 m magasságba. Már a kezdeti megfigyelések is nagyon sok érdekes eredményt adtak, de egyben kimutatták a távcső gyengéit is, melyek főleg a vízszintes elhelyezésből adódtak. Hale ezért 1907-ben felépített mellé egy (18 m-es) toronytávcsövet, majd még nagyobb teljesítőképességre törekedve 1912-ben egy nagyobb (45 m-es) toronytávcsövet. Ezekkel a távcsövekkel dolgozva Hale és munkatársai sok alapvető fontosságú napfizikai megfigyelést végeztek, ezekkel határozták meg például a napfoltok hőmérsékletét, vagy mutatták ki és mérték a napfoltok mágneses terét. Joggal nevezik ezért a Nap



39. ábra. A Mt. Wilson Csillagvizsgáló nagyobbik (45 m magas) toronytávesőve



40. ábra. A Mt. Wilson Csillagvizsgáló 45 m-es toronytávcsövének szerkezeti rajza

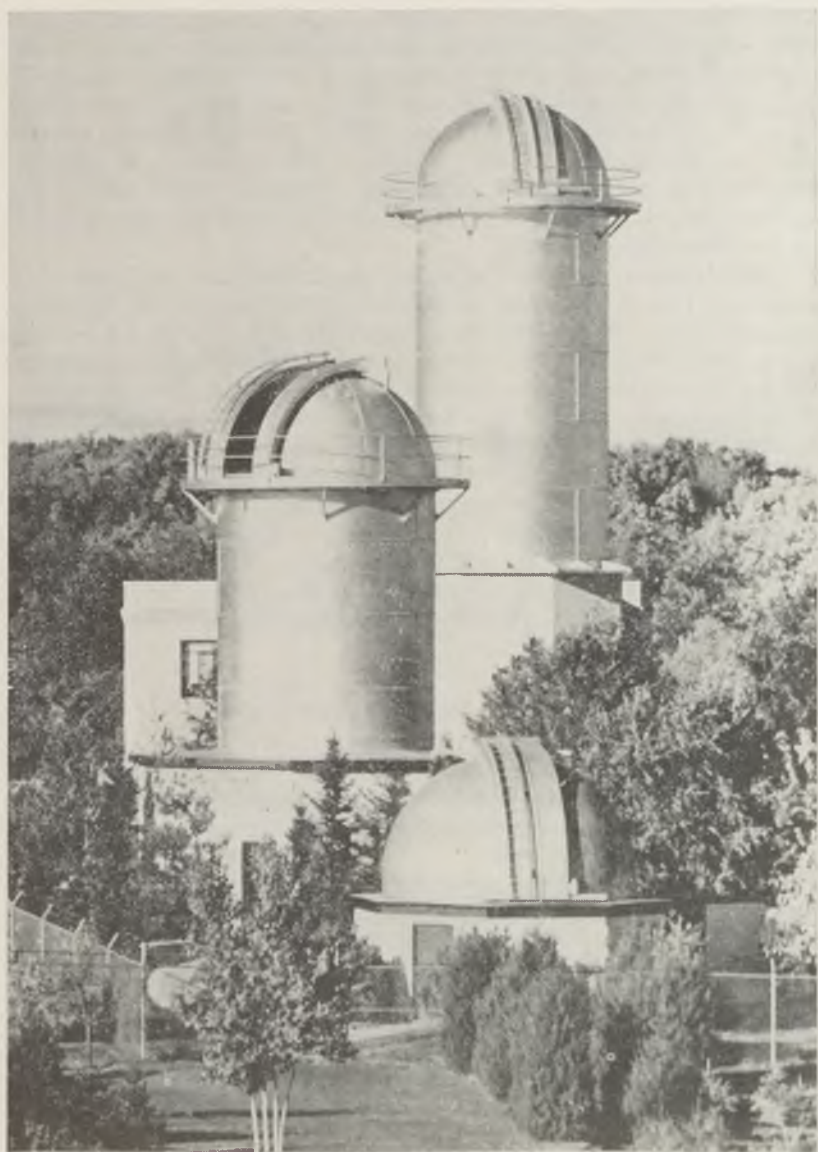
kutatásában az 1905—1930 közti szakaszt „Mt. Wilson korszaknak”. A napfizikai műszerek mellé Hale kivételes szervezői tehetsége eredményeként hamarosan egyéb nagy csillagászati távcsövek is kerültek, egy 150 cm (1908) és egy 252 cm tükörátmérőjű reflektor (1918), majd a Mt. Palomar-on az 5 m-es tükrös távcső (1949). Így a Mt. Wilson Solar Observatory nevéből hamarosan eltűnt a „Solar” jelző. Jelenleg a *Wilson- és Palomar-hegyi* két obszervatórium hivatalos neve alapítójukról: *The Hale Observatories*. Ma már más obszervatóriumok is tartoznak ide, így a később említésre kerülő *Big Bear Solar Observatory* is.

Érdeemes megismernedni a világ első toronytávcsöveinek szerkezetével is, hiszen ezek hosszú ideig például szolgáltak a világ más részein felépítésre kerülő távcsövek számára (Potsdam, Firenze, Arcetri). A Wilson-hegyi nagy torony (39. és 40. ábra) kettős rácsszerkezetű, a külön alapokon álló külső rács körülveszi a belső szerkezetet, védve ezáltal a széltől és vibrációtól. A külső rács tartja a kupolát, a belső a cölösztábot és az objektívlencsét. Mindkét toronytávcső lencsés objektívjének átmérője 30 cm, a kisebbik fókusz távolsága 18 m, a nagyobbiké 45,7 m — az utóbbi esetben a napkép átmérője 43 cm. Mindkét torony alatt függőleges kút található, melyben egy-egy vertikális spektrográf helyezkedik el, a kisebbik esetében 9,1 m, a nagyobbiknál 23 m a spektrográf fókusz távolsága. Bár e távcsövek régiek, korántsem elavultak, jelenleg a legmodernebb elektronikai berendezésekkel felszerelve még mindig a tudományos kutatás élvonalában állnak.

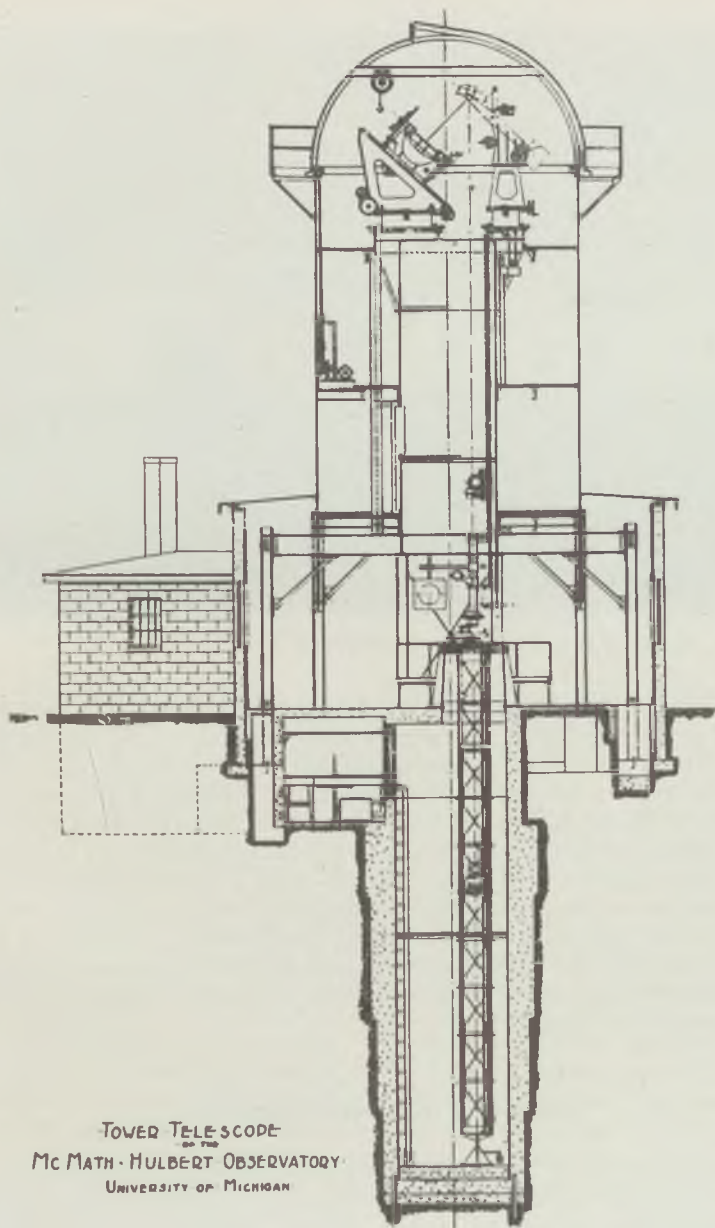
Más torony- és horizontális nap-távcsövek

60 és 30 cm közti objektívátmérővel sok naptávcső van, részben horizontális, részben vertikális (torony) felállításban, szerkezetüket tekintve valamelyik eddig ismertetett típusnak felelnek meg. Néhánnyal azonban érdemes részletesebben is megismernedni.

A *McMath—Hulbert Observatory* toronytávcsövei (41. ábra) főleg sokoldalúságukkal és szerkezeti átgondoltságukkal tűnnek ki. Ezeknél alkalmazták először az acéllemezekből készült két, koncentrikus henger alakú tornyot. A kisebbik torony 1936-ban épült, 15 m magas, objektív tükrének átmérője 41 cm, fókusza 12,2 m, de különböző optikai rendszerek segítségével különféle effektív fókusz távolságokat lehet beállítani, így a napkép átmérője 15 és 1,8 cm közt változtatható. Ennek a toronynak szerkezeti vázlatát a 42. ábra mutatja. A nagyobbik torony 1940-ben készült el, 21 m magas, 30 cm átmérőjű lencsés objektívja van, mellyel 30 és 15 m közti effektív fókusz távolságú optikai rendszerek állnak kapcsolatban. Itt, a *McMath—Hulbert* obszervatóriumban kezdték a világon először alkalmazni a mozgófilmzést csillagászati, majd napfizikai célokra; az obszervatórium jelenleg főleg napkutatással foglalkozik.



41. ábra. A McMath—Hulbert obszervatórium toronytávcövei



42. ábra. A McMath—Hulbert obszervatórium kisebbik toronytávcsövének metszet-rajza

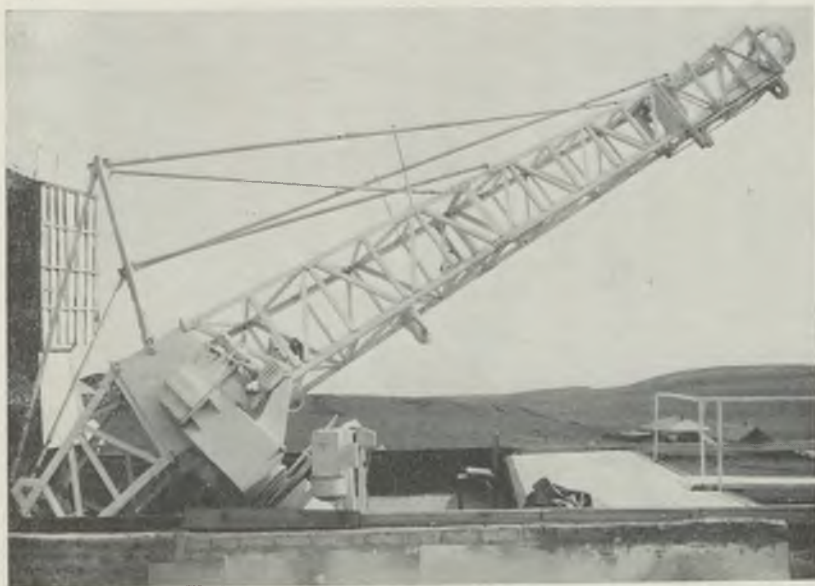


43. ábra. A pulkovói nagy horizontális távcső épülete

A horizontális távcsövek közül a már említett Snow-távcső mellett feltétlenül meg kell emlékezni a Leningrád melletti pulkovói nagy horizontális távcsőről (43. ábra). Ennél a hidegebb éghajlat miatt kevésbé zavar a cölösztát viszonylag kis talajszint feletti magassága. A cölösztát tükreinek átmérője 67 és 50 cm, míg a távcső képalkotó főtükre 42 cm átmérőjű, fókusza 17,5 m, amely egy domború segédtükörrel 63 m-re növelhető. Nagy spektrográf és magnetográf tartozik hozzá. Hasonló ehhez a Szovjetunióban széleskörűen elterjedt ACU—5 típusú horizontális naptávcső, ennek főtükre 44 cm átmérőjű, két különböző fókusztávolságú kombinációja 16 és 60 cm átmérőjű napképet ad. Ilyen távcsövet a következő obszervatóriumokban használnak: Usszurijszk, Irkutzk, Alma-Ata, Taskent, Szverdlovszk, Sema-ha, Abasztumani, Kiev.

Ekvatoriális felállítású naptávcsövek

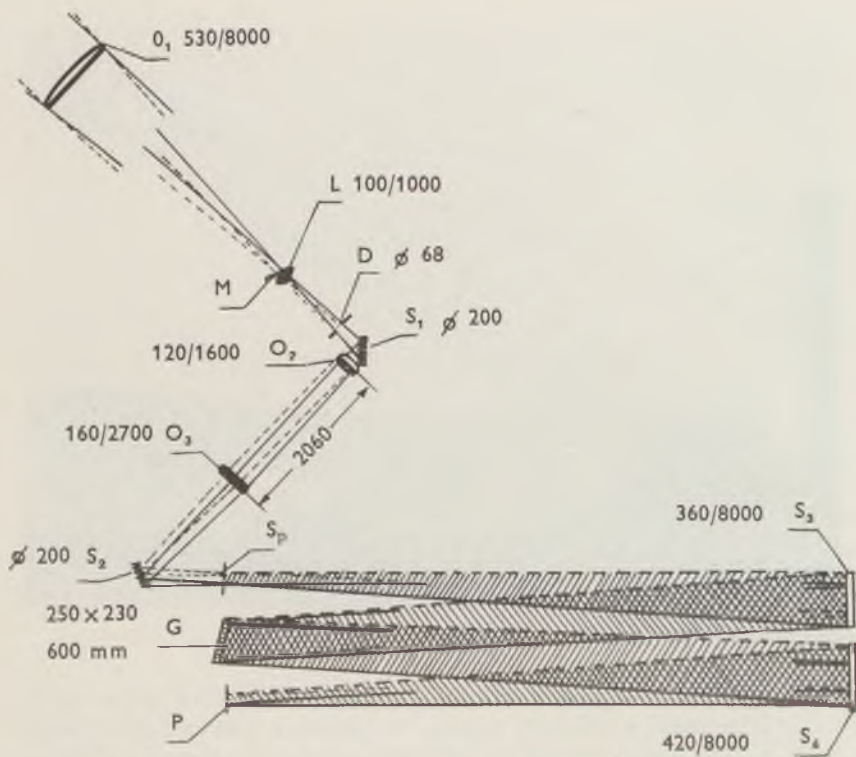
A viszonylag kisebb nyílású naptávcsöveket gyakran hagyományosan, ekvatoriális szerelésben állítják fel. A szükséges nagy fókusztávolság elérésére viszonylag rövid távcsőhossz mellett gyakran alkalmaznak *fókusznyújtó optikát* (Cassegrain-segédtükört vagy lencserendszert). Szintén gyakori



44. ábra. A kiszlovodszki nagy koronagráf

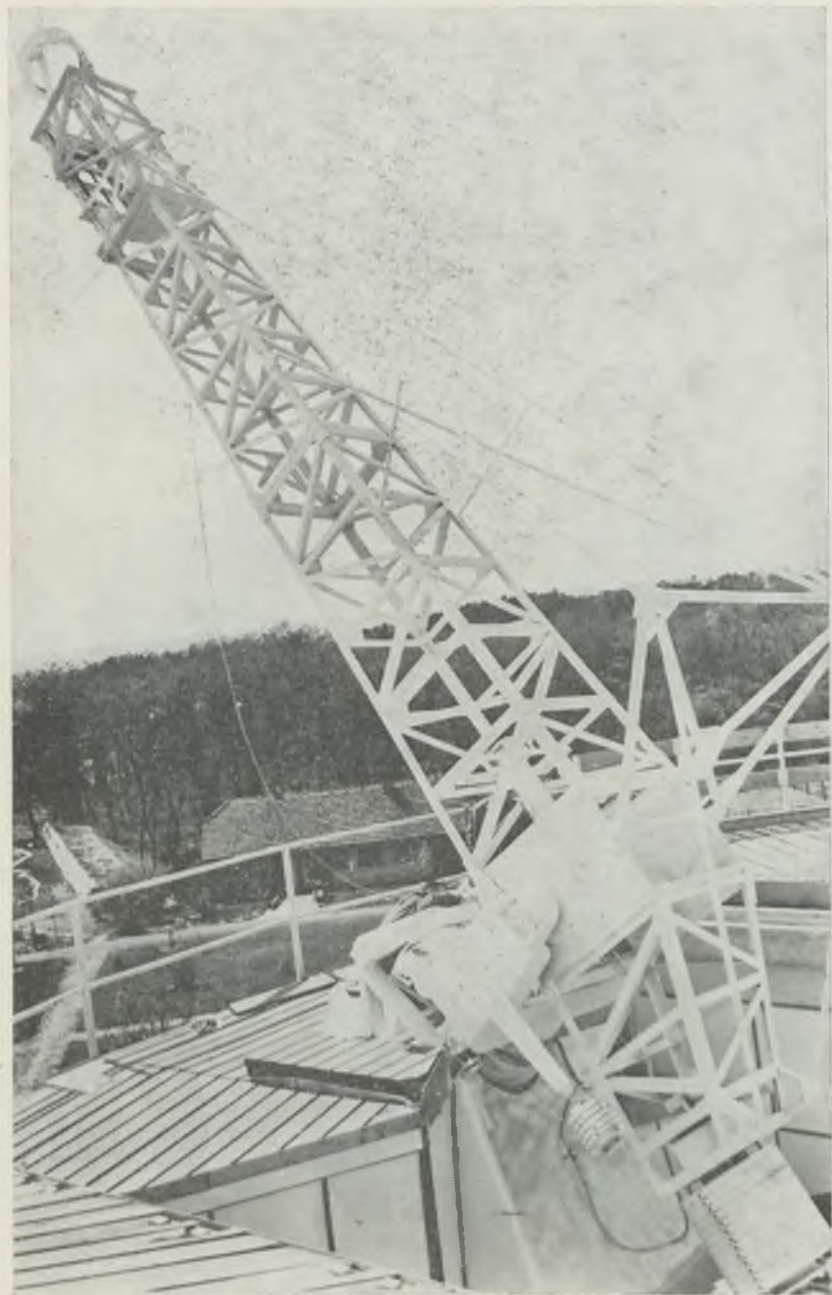
a coudé-szerelés, melynél a távcső tengelyeiben megfelelő helyen alkalmazott tükrökkel a keletkező napkép fix felállítású spektrográfba irányítható. A felmelegedés elkerülésére előfordul, hogy a távcső nem zárt, hanem csak egy rácsszerkezet, amely az optikai elemeket tartja. Gyakran több távcsövet is szerelnek párhuzamosan egy oszlopra, ennek egy válfaja az, amit Amerikában „spar”-nak neveznek. Előnye ennek a szerelésnek, hogy csupán egyetlen automata vezetőre van szükség, és egyszerre sok különféle típusú észlelés végezhető a párhuzamos távcsövekkel.

Az ekvatorális felállítású, kifejezetten a Nap tanulmányozására készült távcsövek közül legnagyobb az 53 cm-es objektívátmérőjű szovjet nagy koronagráf, a világ jelenleg legnagyobb koronagráfja. Ennek első példánya (44. ábra) G. M. Nyikolszkij és M. N. Gnyevüsev tervei szerint készült a Szovjet Tudományos Akadémia Központi Csillagászati Observatóriuma (a pulkovói csillagvizsgáló) Hegyi Csillagászati Állomása számára. Ez a nagy napfizikai observatórium a Kaukázusban, Kiszlovodszk közelében van, 2000 m magasságban a tengerszint felett. A koronagráf-távcső és a hozzá tartozó spektrográf sugármenetét a 45. ábra mutatja. A fény a távcső elején levő, 53 cm átmérőjű és 8 m fókuszu, koronaüvegből készült síkdomború lencsén jut be a távcsőbe (O_1). Ez a napkorongot az M jelésű fémkoronagra képezi le, amely a napképpel pontosan megegyező átmérőjű, így helyes



45. ábra. A nagy koronagráf sugármenete. (A betűk magyarázatát lásd a szövegben.)

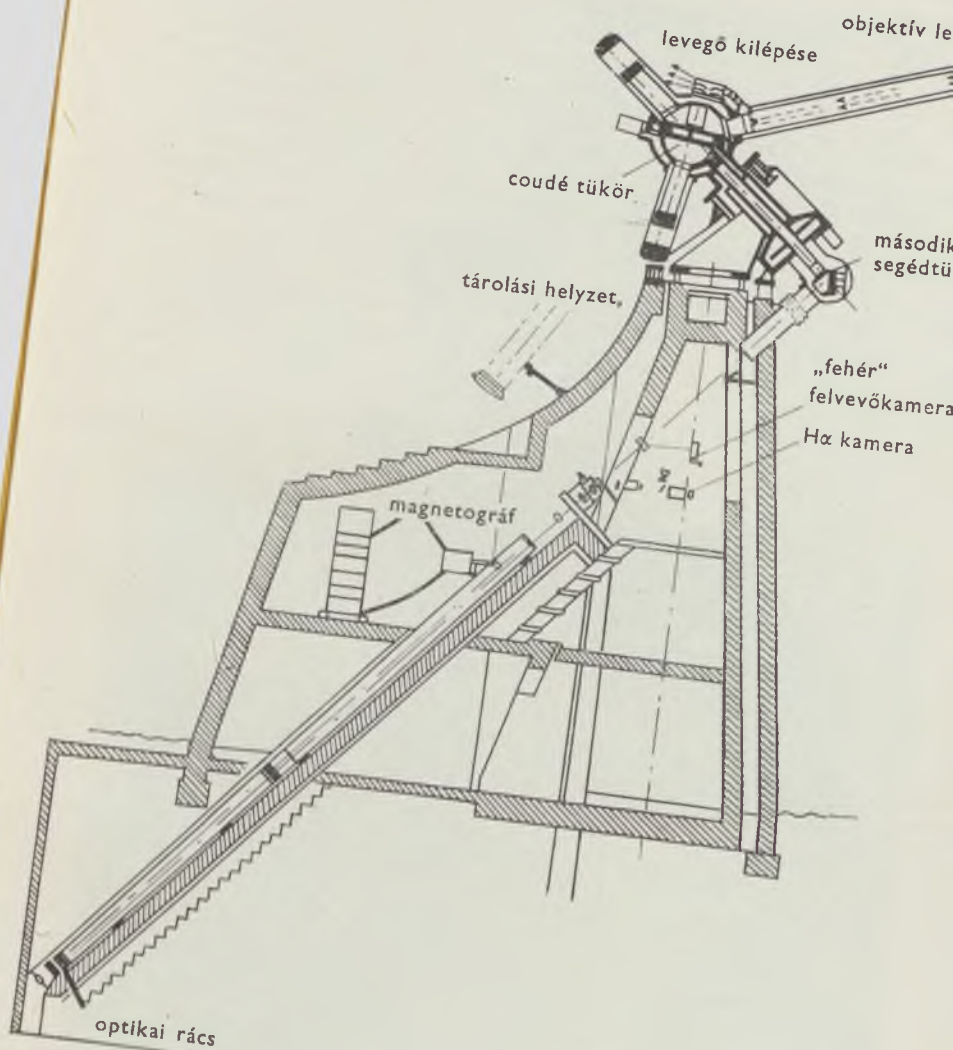
beállítás esetén mesterséges napfogyatkozást idéz elő a távcsőben, ezért műholdnak nevezik. Fontos szerepe van az L mezőlencsének, amely az O_1 objektívet a D diafragma síkjába képezi le; ez a diafragma nem engedi tovább az objektív peremén elhajlást szenvedő fénysugarakat, így lényegesen csökken a távcsőben a szórt fény. Az M műhold helyén keletkező képet a távcső deklináció- és óratengelyének metszéspontjánál lévő S_1 coudésegédtükör, az O_2 , O_3 továbbító lencsék és az S_2 segédtükör segítségével az S_p spektrográf részre lehet vetíteni. A spektrográf vízszintesen van elhelyezve, az S_3 kollimátor és az S_4 kamratükör fókusza egyformán 8 m. A fény az S_p résről az S_3 kollimátorra jut, amely párhuzamosítja a sugárnyalábot, és a G optikai rácstra küldi (23×25 cm, 600 vonal milliméterenként). A rác által már színképpé szétbontott, de még párhuzamos fénynyalábot az S_4 kamratükör gyűjti össze a P fényképezőlemezen. A felmelegedés elkerülésére a nagy koronagráf csőve nem zárt, hanem rácsszerkezet. Csupán a műhold után halad a fény zárt csőben.



46. ábra. A délreccni nagy koronagróf



47. ábra. Capri-szigeti kupola nélküli táveső



48. ábra. A Capri-szigeti távcső szerkezeti rajja



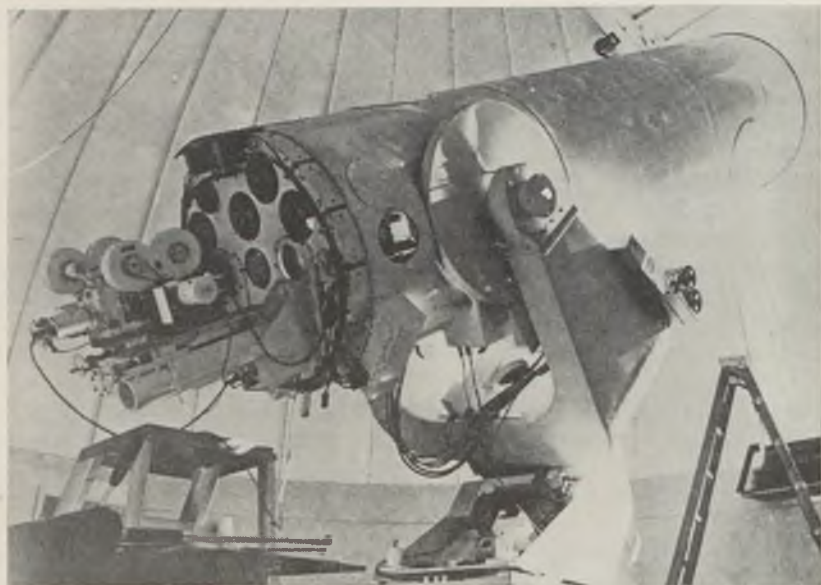
49. ábra. A Culgoora Observatory naptévesőve

A nagy koronagráf olyan jó műszernek bizonyult, hogy eddig kilenc példány készült belőle, amelyek — keletről nyugat felé haladva — a következő obszervatóriumokban vannak vagy lesznek felállítva: Usszurijszk, Irkutszk (2 db), Alma-Ata, Semaha, Abasztumáni, Kiszlovodszk, Krím, Debrecen. A debreceni koronagráfot mutatja a 46. ábra. Az, hogy ilyen nagy földrajzi-hosszúság intervallumban vannak elosztva a távcsövek, lehetővé teszi, hogy nyáron, közös észlelési program keretében majdnem 24 óráig egyfolytában figyeljék meg a Napot, azonos típusú távcsövekkel és segédműszerekkel, ami nagyon fontos az észlelések kiértékelésénél.

Másik érdekes távcső a nemrégiben elhunyt nagy német napfizikus, *K. O. Kiepenheuer* által tervezett, Capri szigetén felállított kupola nélküli távcső (47. és 48. ábrák). Ennél a lehető legjobb leképzés elérése céljából a távcső magasban van elhelyezve egy tengerparti sziklán, és kupola helyett kettősfalúan van megépítve. A független külső cső védi a szélről és az időjárás viszontagságaitól a belső csövet, melyben az optikai alkatrészek vannak; a két cső között áramló levegő hűti a távcsövet. Az objektív átmérője 35 cm, fókusztávolsága — az alkalmazott optikai rendszertől függően — 4, 5, 16 vagy 35 m. Két tükör vetíti a Nap képét a ferdén elhelyezett 20 m



50. ábra. A Culgoora Observatory látképe



51. ábra. A Big Bear Solar Observatory „négyes” távcsöve

fókuszu autokollimációs spektrográfba, amelyhez magnetográf is kapcsolható.

Eredeti módon oldották meg Ausztráliában, Culgoora-ban a távcső védelmét a Nap hősugárzása ellen. A 49. ábrán bemutatott 30 cm-es objektív-átmérőjű távcső minden olyan része, amely közvetlen napsugárzásnak van kitéve észlelés közben, lyukacsos fémlemezzel van borítva. A napsugárzás hatására felmelegedő levegőt pedig egy légszivattyú állandóan elszívja a lyukakon keresztül. A távcső ezen kívül egy 20 m magas torony tetején van elhelyezve (50. ábra), így jó időben sikerül elérni az objektív elméleti felbontóképességét. Külön elektronikus berendezés figyeli a leképzést, és akkor kapcsolja be a filmkamerát, mikor a napkép a legnyugodtabb.

Az összetett távcsövekre jó példa a Hale Observatories-hez tartozó Big Bear napfizikai obszervatórium főműszere (51. ábra). Az obszervatórium a jó leképzés érdekében egy tó közepén, mesterséges szigeten helyezkedik el (52. ábra). A nagy közös csőben két 25 cm-es refraktor, egy 40 cm-es Cassegrain-reflektor és egy 23 cm-es koronagráf van elhelyezve. A két refraktorra szerelt $H\alpha$ és K -szűrők segítségével nagyon jó kromoszféra-filmeket készítenek ebben az obszervatóriumban.

Figyelemreméltó még a San Fernando Observatory is Californiában. Bár nem nagy obszervatórium, a távcsövek elhelyezése és technikai felszereltsége



52. ábra. A Big Bear napfizikai obszervatórium látképe

kiváló (53. ábra). Egy mesterséges tó északi oldaláról benyúló félszigeten áll a három távcső; két kisebb (15 cm-es) refraktor mellett a nagyobbik kupolában, 14 m magasságban egy 61 cm-es tükörátmérőjű reflektor van felállítva, melynek 11 cm átmérőjű napképe egy vákuum-spektrohéliográfba jut. Az egyik kis refraktor, mellyel H_{α} - megfigyeléseket végeznek, szintén nagyobb magasságba van felemelve. Fehér fényben a talajszinten szabadon álló kis refraktorról készítenek felvételeket.

Hazánkban a *Magyar Tudományos Akadémia Napfizikai Obszervatóriuma* foglalkozik a Nap megfigyelésével *Debrecenben* és *Gyulán*. Az Obszervatórium tevékenységéről és műszereiről igazgatója, *Dezső Loránt* a Csillagászati Évkönyv eddigi évfolyamaiban részletesen beszámolt, ezért csak nagyon röviden, az összehasonlítás kedvéért ismertetem az Obszervatórium műszereit. Jelenleg a legnagyobb távcső a már említett 53 cm objektív-átmérőjű nagy koronagráf. Ennek az 1974-ben történt üzembeállítására előtt egy 25 cm-es, 4 m fókuszú refraktor volt a legnagyobb távcső, mellyel párhuzamos szerelésben egy 13 cm-es, 11 cm átmérőjű napképet adó fotehéliográf (Nap fényképezésre szolgáló távcső) működik. Az Obszervatórium másik, 15 cm-es fotehéliográfját a gyulai víztorony tetején, 45 m magasban létesített megfigyelő állomáson sikerült elhelyezni, ez a napképek minőségének javulását eredményezte. Mindkét fotehéliográfnál az észlelő egy párhuzamosan szerelt



53. ábra. A San Fernando Observatory (baloldalt a 61 cm-es reflektor)

távcsővel figyeli a leképzést, és akkor exponál, mikor legjobb a kép minősége. A fotohéliográfokba (a melegeedés elkerülésére) csak az expozíció pillanatában jut be a Nap fénye, egyébként egy elektromágnesesen vezérelt lemez eltakarja az objektívet. A teljes napkorongot fényképező fotohéliográfok mellett az említett 25 cm-es refraktor és egy 25 cm-es Cassegrain-reflektor napfoltcsoportok részleteinek tanulmányozására szolgál.

Megfigyelő segédműszerek

Az eddigiekben sor került a távcsövek ismertetésére, amelyek többé-kevésbé bonyolult optikai rendszerükkel végül is a Nap képét hozzák létre fókuszsíkjukban. Ezt a képet le is lehet fényképezni, tanulmányozni ilyen felvételek segítségével a Nap forgását, a napfoltok fejlődését stb. A fény-sugár azonban ennél sokkal több információt hordoz magában, ha megfelelő műszerekkel vallatóra fogják. Erre a célra szolgálnak a megfigyelő segéd-műszerek.

A legfontosabb ezek közül a *spektrográf*. Ez lényegében hullámhossz, azaz energia szerint szétválasztja a fehér fény alkotóelemeit. Mivel a különböző hullámhosszágú látható fénysugarak különböző színűek, az ered-

ményt színeképnek nevezzük. Az 1800-as évek elején fedezték fel a Nap színeképében lévő sötét vonalakat, a legfeltűnőbbeket ezekből 1814-ben *Fraunhofer* jelölte meg az ábécé betűivel. Ezek a jelölések most is használatosak, mint pl. a nátrium sárga *D* vonal-párja, az egyszerűen ionizált kalcium ibolya színtartományban levő *H* és *K* vonala, vagy a hidrogén vörös vonala, bár ezt ma már inkább *H α* -nak nevezik. 1859-ben Bunsen és Kirchoff elindították diadalútjára a színeképelemzést, megállapítva, hogy a színeképekben levő világos, ill. sötét vonalak a fényt kibocsátó, ill. elnyelő anyag összetételére és fizikai állapotára jellemzőek. Gyakorlatilag minden fizikai információt a Napot alkotó gázok állapotáról a színeképek tanulmányozásából nyertünk és nyerhetünk, ezért fontos minél nagyobb teljesítményű spektrográfok építése.

Egy tipikus spektrográf sugármenetét a nagy koronagráf ismertetésénél láttuk (45. ábra). A napkép a spektrográf részére esik, a résből kiinduló fénysugarakat a kollimátor párhuzamosítja, ez a párhuzamos fénynyaláb esik a felbontást végző eszközre (legtöbbször üvegprizmára vagy optikai rácsra), az erről továbbjutó, már felbontott, de még párhuzamos nyalábot a kamraobjektív gyűjti össze színeképpé. A napfizikában gyakran alkalmaznak ún. autokollimációs spektrográfokat, ezekben ugyanaz a lencse játszsa mind a kollimátor, mind a kamraobjektív szerepét, a színekép így a rés közvetlen közelében keletkezik.

A spektrográf teljesítőképességének mértékei a felbontóképesség és a diszperzió. Az előbbi az a legkisebb hullámhossz-különbség, amelyet még külön tud választani a színeképben, az utóbbi általában azt adja meg, hogy 1 Å-nek hány mm felel meg a színeképben. A felbontóképesség a prizma vagy rács vonatkozó adataitól függ, a diszperzió ezenkívül a kamraobjektív fókusz-távolságától is. Modern, nagy teljesítményű spektrográfoknál 0,02 Å felbontóképesség tipikus és 1 Å-nek 1—10 mm felel meg. Ilyen spektrográffal készült az XVI. kép.

1 mm/Å diszperzió esetében a teljes színekép hossza 4 méter! Ezt egyszerre lefényképezni gyakorlatilag lehetetlen. Ezért ha viszonylag nagy diszperzióval akarják egyszerre az egész színeképet fényképezni, ún. *échelle-spektrográfokat* használnak. Ezekben a normál spektrográfokban általában használatos 600 vonal/mm-es rácsoktól eltérően olyan optikai rácsot használnak, melynél milliméterenként csak 50—100 vonal van, de mégis elég nagy a diszperzió, ha a rács által létrehozott színeképek közül az elegendően magasrendűeket használjuk. Ezek a különböző rendű színeképek azonban egymásra rakódnak, ezért a rács diszperziójára merőleges diszperziójú másik rácsot vagy prizmat állítanak be, amely szétválasztja a különböző rendű színeképeket, így végül a fényképezőlemezen, mint könyvben a sorok, sorakoznak egymás alatt a színekép különböző részei. A Krími Asztrofizikai Observatóriumban működő échelle-spektrográf a színeképet 3000 Å-től 7000 Å-ig 23 db 3 mm széles csíkban fényképezi le egy 18 × 24 cm-es fényképezőlemezen, 0,5—1 másodperces expozíciós idővel.

A spektrográfnak azonban van egy hátránya: csak egydimenziós képet ad a Napról. A színekvonalak tulajdonképpen a rés monokromatikus képei. Meg tudjuk állapítani, milyenek a fizikai viszonyok a Nap azon pontjain, melyek képe a spektrográf részére esik, de nagyobb terület tanulmányozásához több színekpfelvétel szükséges. Ennek a hátránynak kiküszöbölésére építette meg a múlt század végén Hale az első *spektrohéliográfot*. Ez azon az elven alapszik, hogy a Napot el lehet fényképezni egy kiválasztott színekvonal fényében, ha a színekpből egy keskeny réssel, a *monokromátor réssel*, csak ezt a kiválasztott vonalat engedjük tovább a fényképezőlemezre, és mind a napképet spektrográf részén, mind pedig a fényképezőlemezt a monokromátor rés mögött szigorúan egyformán, a résekre merőleges irányban elmozgatjuk. Ezáltal teljes, kétdimenziós képet kapunk. A spektrohéliográf elvén alapszik az 1920-as években, ugyancsak Hale által épített *spektrohélioszkóp*, amellyel már nemcsak fényképezni lehet, hanem vizuálisan is megfigyelni a Nap felszínén gyorsan lejátszódó eseményeket.

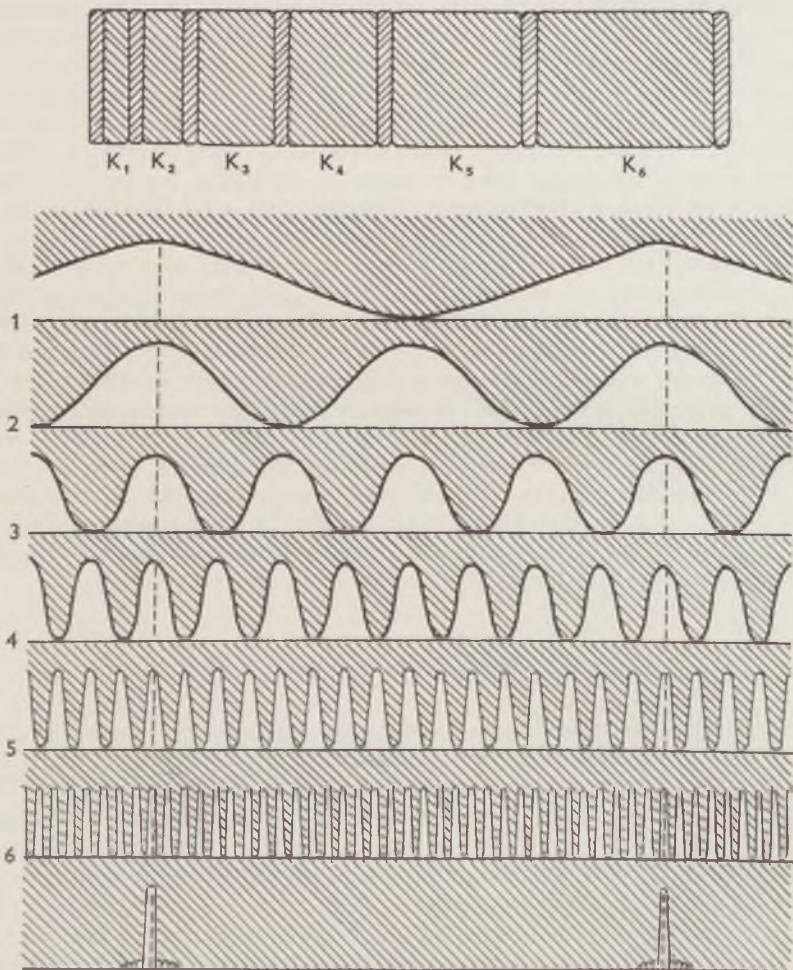
A Spektrohéliográf és különösen a spektrohélioszkóp széles körű elterjedésével kiderült, hogy a Nap megfigyelésénél döntő fontosságúak az egy-egy színekvonalon belül történő monokromatikus észlelések. A Nap színekképében a vonalak szélessége általában kicsi, így az észleléshez használt monokromátor-berendezésnek a legtöbb esetben a színekp kb. 1 Å-nyi keskeny sávját szabad csak átengedni a monokromatikus napkép létrehozásához. A spektrohéliográf és spektrohélioszkóp nagyjából megfeleltek ennek a követelménynek, de megindult a kutatás, nem lehet-e másféle eszközökkel is ugyanezt az eredményt elérni. Az 1930-as években *B. Lyot* és tőle függetlenül *Y. Öhman* fedezték fel, hogy kettősen törő kristályok segítségével olyan szűrőt lehet építeni, melynek áteresztési sávja a kívánt néhány angström szélességű.

A Lyot féle *polarizációs monokromátor-szűrő* bizonyos kristályok kettős törésén alapszik. Ezek a kristályok anizotrópok, azaz a fény terjedési sebessége bennük függ attól, hogy a kristály szerkezetéhez képest milyen irányú a fénysugár. Az ilyen kristályokban van egy vagy két ún. optikai tengely, amellyel párhuzamosan a fény normálisan terjed, minden más irányban viszont két különböző, egymásra merőlegesen polarizált komponensre bomlik. Ezek közül az egyiket, amely a fénytörés Snellius-Descartes-féle törvényét követi, rendes (ordinárius) sugárnak, a másikat, amely e törvénynek nem engedelmeskedik, rendkívüli (extraordinárius) sugárnak nevezzük. A rendes és a rendkívüli sugár általában különböző irányban terjed, innen kapta a jelenség a „kettős törés” nevet. Egytengelyű kristály esetén, mint pl. a kvarc vagy mészpát, ha egy kristálylemezt úgy vágunk ki, hogy felületei az optikai tengellyel párhuzamosak legyenek, az ilyen lemezre merőlegesen beeső fénysugár irányváltoztatás nélkül halad tovább a kristályban, de

a rendes és rendkívüli komponens különböző sebességgel halad. Ilyen kristálylemezeket használ a Lyot-szűrő, polarizátorok közé fogva. A szűrő egy eleme két, párhuzamos irányú polarizátorból áll, és a köztük elhelyezkedő kristálylemezről, melynek optikai tengelye 45 fokos szöget zár be a polarizátorok áteresztési irányával. Az első polarizátor síkban polarizált fényt hoz létre, ez a kristályban felbomlik rendes és rendkívüli komponensre. A különböző terjedési sebességek miatt a rendes és rendkívüli komponens fáziskülönbsége, amely a kristály beesési felületén zérus, a továbbterjedés során folyamatosan változik, a kristályban megtett úttól függően. Így a kristályba lépő síkpolarizált fényből rendre elliptikusan, cirkulárisan, majd megint elliptikusan, azután az eredeti irányra merőlegesen síkpolarizált fény lesz, tovább haladva megint rendre elliptikusan, cirkulárisan, elliptikusan, végül (360 fokos fáziskülönbség elérésekor) ismét az eredeti irányban síkpolarizált fényt kapunk, a továbbiakban ez a folyamat ciklikusan ismétlődik, amíg a fény ki nem jut a kristályból. A második polarizátor viszont csak a saját áteresztési irányával párhuzamos komponensét engedi tovább a fény rezgésének. Így, ha a rendes sugárra vonatkozó törésmutatót n_o -val, a rendkívüliire vonatkozót n_e -vel, a kristálylemez vastagságát l -lel, a beeső fény hullámhosszát λ -val, intenzitását I_o -val jelöljük, és a rendszerben a fényelnyelést elhanyagoljuk, a polarizátor-kristály-polarizátor elemen áthaladó fény intenzitása (I_1) polarizálatlan fény beesése esetén a következő:

$$I_1 = \frac{1}{2} \cos^2 \omega, \text{ ahol: } \omega = \pi (n_o - n_e) \frac{l}{\lambda}.$$

Ebből a képletből látható, hogy az áteresztés maximális, ha $\omega = k\pi$ ($k = 0, 1, 2, \dots$), és minimális, ha $\omega = (k+1/2)\pi$ ($k = 0, 1, 2, \dots$). A fényátesztési maximumok szélessége és száma függ a kristály anyagától és vastagságától. Ha azonos anyagból vastagabb lemezt vágunk, a maximumok keskenyebbek lesznek, de több lesz belőlük. Ha viszont, Lyot és Öhman javaslata szerint, több polarizátor-kristály-polarizátor elemet rakunk egymás után, és a kristálylemezek vastagsága 1 : 2 : 4 : 8 : 16 : 32... arányú, az eredmény, mint az 54. ábra mutatja, az lesz, hogy az eredő maximumok olyan keskennyé válnak, mint a legvastagabb kristálylemez maximumainak szélessége, viszont a legvékonyabb lemez maximumainak távolságában alakulnak ki. A felesleges távoli maximumokat közönséges színes üvegszűrőkkel ki lehet rekeszteni. Mivel a kristályok törésmutatója (n) függ a hőmérséklettől, 0,1–0,01 °C pontosságú termosztátnak kell gondoskodni a Lyot-szűrők esetében, hogy áteresztési sávjuk mindig a megfelelő spektrumvonalnál maradjon. A Lyot-szűrőket legtöbbször a hidrogén 6563 Å hullámhosszúságú H α vonalára, vagy az ionizált kalcium 3933 Å hullámhosszúságú vonalára, az ún. Fraunhofer-féle K vonalra készítik. Egy tipikus modern H α -szűrő sáv szélessége 1/8 Å, de az áteresztési sáv ± 16 Å távolságra el-



54. ábra. A Lyot-szűrő működésének vázlata. Fent a szűrő szerkezete: a polarizátorok közé helyeztet kristálylemezek (K_1 – K_6). Ez alatt a 1–6. sorokban az egyes szűrőelemek átteresztőképessége látható a hullámhossz függvényében, a legalsó sorban pedig ezek összegezett hatása: két átteresztő sáv.

tolható, ilyen szűrővel készült a XVII. kép. A Lyot-szűrőnek egy továbbfejlesztett változatát a Sacramento Peak Observatoryban használják, az ún. *Universal Birefringent Filtert*. Ez 4000 Å és 7000 Å között bármely hullámhosszra beállítható azáltal, hogy egyes elemei elforgathatók. Sáv szélessége

1/8 Å; a beállítást számítógép vezérli, amellyel a megfigyelési program is automatikusan végrehajtható. Ezzel a szűrővel készült a XVIII. kép.

A kiegészítő berendezések közül talán egyik legfontosabb a spektrográfokhoz kapcsolódó *magnetográf*. Ez a Zeeman-effektust használja fel a Nap felületén lévő mágneses terek mérésére. Mint ismeretes, a normális Zeeman-effektust mutató színképvonalak mágneses térben három komponensre bomlanak, ebből a középső, a π -komponens, az eredeti vonal helyén marad, míg a két szélső, a σ -komponensek, a vörös ill. az ibolya irányban egyező távolságba tolódnak el. Ha a mágneses térre merőlegesen észlelünk, mindhárom komponens látható, és a π - és σ -komponensek egymásra merőleges síkban polarizáltak. A mágneses tér irányában nézve csak a két σ -komponens látható, ezek ellentétes irányban cirkulárisan polarizáltak. A vonalfelbomlás nagysága arányos a mágneses térrel és a hullámhossz négyzetével. Mivel a napfoltokban 3000–4000 gauss erősségű mágneses tér található, színképükben a vonalak valóban felbomlanak, mint ezt először Hale 1908-ban végzett mérései kimutatták. A gyengébb mágneses terekben a színképvonalak nem bomlanak fel, csupán kiszélesednek, így ezek kimutatására új eszközöket kellett kidolgozni. Így jött létre a *H. W. Babcock* által az 1950-es években a Mt. Wilson obszervatóriumban kifejlesztett magnetográf. Működése azon alapszik, hogy a kis mágneses terekben csupán kiszélesedett színkép-vonalban (látósugár irányú terek esetén) a két, ellentétes irányban cirkulárisan polarizált σ -komponens csak kissé van eltolódva egymáshoz képest, de ha valamilyen módszerrel gyorsan váltogatva hol az egyik, hol a másik irányban polarizált fényt engedjük be a spektrográfba, a vonal vibrálni látszik. A két különböző irányú cirkulárisan polarizált színkép-vonal szétválasztására Babcock *elektrooptikai modulátort* alkalmazott. Ez egy *ADP* (amónium-dihidrofoszfát) vagy *KDP* (kálium-dihidrofoszfát) kristályból és egy polarizátorból áll. Működési elvének megértéséhez vissza kell emlékeznünk a Lyot-szűrőnél mondottakra: az optikai tengellyel párhuzamosan kivágott kristálylemezben a rendes és rendkívüli sugár közt a kristály vastagságától és anyagától függő fáziskülönbség jön létre. Ha ez éppen $\pm 90^\circ$, vagyis a két sugár optikai úthosszának különbsége $\pm \lambda/4$, akkor ezt a kristályt $\lambda/4$ -lemeznek nevezik, ennek az a tulajdonsága, hogy a ráeső cirkulárisan polarizált fényt — a polarizáltság irányától függően — az optikai tengelyéhez $+45^\circ$ -kal vagy -45° -kal hajló síkpolarizált fénné alakítja. Az említett *ADP* és *KDP* kristályok normális körülmények közt nem kettősen törők, de azzá válnak, ha a fény terjedése irányában néhány kilovoltos feszültségkülönbséget hozunk létre. Így megfelelő nagyságú váltakozó feszültséget adva a kristályra az váltakozóan hol $+\lambda/4$, hol $-\lambda/4$ lemezként viselkedik, és mögötte a kristály tengelyéhez képest 45° -kal elforgatott tengelyű polarizátor hol az egyik, hol a másik cirkulárisan polarizált komponens fényét engedi át. Ha pedig a színkép-vonalra, megfelelő módon (nem centrikusan) egy rést, mögéje pedig egy elektronokszorozót helyezünk

el, ennek áramában megjelenik egy váltakozóáramú összetevő, a kristályra adott váltakozó feszültséggel azonos frekvenciával. Ennek nagysága, bizonyos határokon belül, arányos a színkép vonal felhasadásával, tehát a mágneses tér nagyságával. Bár a magnetográf működése elvileg egyszerű, megvalósításához optikai, finommechanikai és elektronikai problémák egész sorát kellett megoldani. Babcock óta sok tökéletesítésen ment át a magnetográf, legjelentősebb újítás a *vektor-magnetográf* volt, melyet a Krími Asztrofizikai Observatóriumban *A. B. Szevernij* és *V. E. Sztepanov* épített meg először. Ez a mágneses térnek nemcsak látósugár irányú komponensét, hanem az arra merőleges komponens irányát és nagyságát is méri, ebből a mágneses tér teljes vektora meghatározható. A korszerű magnetográfok érzékenysége eléri a néhány gausst, térbeli felbontóképességük a spektrográf bemenő részének méreteitől függ, legjobb esetben egy ívmásodperc.

A magnetográf gyakorlatilag *nulla dimenzióban* mér, azaz egyetlen pontban méri a mágneses teret. Nagyobb területek, pl. egy napfoltcsoport tanulmányozásához a televízióhoz hasonlóan soronként le kell tapogatni a napképet. Ez, különösen nagy felbontás esetén, elég lassú folyamat. Ezért a magnetográfok fejlesztésének másik iránya a viszonylag kis pontossággal dolgozó, de nagy területet áttekintő ún. *panoráma-magnetográf*. Ilyen van a Kitt Peak-en, a Sacramento Peak-en és Irkutzkban. Nagy lökést adott ezek fejlődésének a nemrégiben kidolgozott fotodióda-sor (diode array). Ez nem más, mint integrált áramköri technikával néhány tized mm-ként egy vonalban egymás mellett kialakított fotodiódák sora. Ugyanezen az áramköri lapocskán hozzák létre a kisegítő elektronikai elemeket is, melyek segítségével a fotodiódákban a fény hatására keletkező töltést ki lehet olvasni. A dióda-sornak több nagy előnye van a fotoelektron-sokszorozóval szemben: nem kell hozzá néhány ezer voltos nagyfeszültség, csak 5–10 V, az infravörösben is érzékeny, a diódák rendkívül kicsinyek, így sűrűn egymás mellé helyezve őket, nagy felbontás érhető el. A legnagyobb dióda-sorok (Kitt Peak) 512 diódát tartalmaznak. Ha a színképben több színkép vonal megfelelő helyére tesszük a dióda-sorokat, rengeteg értékes információt tudunk nyerni. Ilyen mennyiségű információt nyilvánvalóan csak elektronikus számítógépek segítségével lehet feldolgozni. Napfizikai célokra jelenleg a világon két helyen alkalmaznak dióda-sort, a Kitt Peak-en és a Sacramento Peak-en. A Kitt Peak-en 2×512 elemből álló dióda-sor segítségével 40 perc alatt az egész napkorong mágneses tere feltérképezhető 1 ívmásodperc felbontással; gyakorlatilag 512 darab Babcock-féle magnetográfval egyenértékű a műszer. A Sacramento Peak-en a spektrográfhoz kapcsolt több dióda-sorral különféle feladatokat oldanak meg. A diódákat a színkép különböző vonalaiban elhelyezve a fényességértékeket egy számítógép mágneslemez tárolójába viszik át. Ezekből az értékekből megfelelő program segítségével egy oszcilloszkópon különböző képek hozhatók létre,

így például „fehér” képek, spektrohéliogramok, mágnesestér-térképek stb. (XIX. kép).

Mint a jelen ismertetésből látható, a napfizikai észlelő műszerek jelentősen fejlődtek az utóbbi időben, még ha az űrészelelésektől (Skylab, Szaljut) el is tekintünk. A felbontóképesség növelésére kidolgozott módszerek és az új, nagyteljesítményű távcsövek építése már eddig is több, minőségileg is új jelenség felfedezését tették lehetővé, és a lehetőségek még nincsenek teljesen kihasználva!

A NAPTEVÉKENYSÉG FÖLDI HATÁSAIRÓL

A világszemlélet fejlődésének érdekes jelensége, hogy éppen az asztrológiában, a földi történések égi előrejelzésében hívők képzeltek úgy el életterünket, mint egy külvilágtól elzárt világot (legalábbis fizikai értelemben). Az asztrológia és más áltudományok leleplezésével és visszaszorításával egyidejűleg viszont egyre inkább rá kellett jönnünk arra, hogy életünk, környezetünk közvetlenül ki van téve egy sor kozmikus, főleg Nap-eredetű hatásnak. Azt, hogy a Nap állandó sugárzása nagy szerepet játszik a Föld jelenlegi arculatának kialakulásában, már a történelem előtti időkben sejtette az emberiség, azt azonban, hogy a Nap változó fizikai jelenségeinek milyen szoros kapcsolata van az egész földi légkörrel és bioszférával, csak a megfigyelések elegendő fejlettsége és a szükséges mennyiségű észlelési anyag összegyűjtése után kezdték felismerni.

A nagy mennyiségű adat természetesen minden tudományágban egyaránt fontos, a Nap—Föld kapcsolatok tanulmányozásával foglalkozó tudományágak azonban abban a speciális helyzetben vannak, hogy a gyors technikai fejlődés nem hoz gyors eredményeket, a napjelenségek — mint minden csillagászati esemény — nem ismétlődnek tetszés szerint, egy-egy törvényszerűség felismeréséhez, általános elfogadásához néha évtizedekre van szükség. Másik nehézség, hogy a Napon és a Földön lejátszódó események közötti kapcsolat rengeteg közvetítő csatornán keresztül jön létre, melyek statisztikus, véletlenszerű jellege igen megnehezítheti az összefüggések felismerhetőségét. További probléma, hogy hogyan lehet a Föld különböző pontjain gyűjtött régebbi észlelési adatokat a maiakkal összehasonlítani. A fenti problémák ellenére jó néhány kérdés tisztázódott már, illetve körvonalazódtak a jövőbeni kutatási irányok, megválaszolandó kérdések. Vegyünk sorra ezek közül néhányat!

A legszembevetőbb jelenség, hogy egy sor földi történés szoros kapcsolatban van a naptvékenységi ciklussal. A későbbiek miatt talán nem árt felidézni, hogy egy napciklus kisebb aktív területeknek, mágneses térrel rendelkező napfoltcsoportoknak a napegyenlítőnél nagyobb távolságban való megjelenésével kezdődik. Az évek folyamán az új foltcsoportok statisztikus

átlagban egyre közelebb keletkeznek az egyenlítőhöz, gyakoriságuk, átlagos összterületük maximumot ér el, majd csökkenni kezd. Eközben az újabb aktív területek statisztikus átlagban továbbra is egyre alacsonyabb heliografikus szélességeken keletkeznek, s kb. 11 év múlva ismét megjelennek magasabb szélességen a következő ciklus foltjai. A foltcsoportok általában ún. *bipoláris* képződmények, két jól elhatárolható részük közül az egyik főleg északi a másik pedig déli mágneses polaritású, s az így kialakult „dipólus” tengelye majdnem párhuzamos a Nap egyenlítőjével. Rendkívül fontos tapasztalati tény, hogy egyazon napciklushoz tartozó foltcsoportoknál ugyanazon a félgömbön mindig ugyanaz a polaritású terület halad elöl a Nap forgásirányába tekintve, az ellentétes félgömbön pedig ellentétes polaritás „vezet”, a következő naptevékenységi ciklusban pedig mindkét félgömbre megfordulnak az addigi polaritásviszonyok (*Hale-törvény.*) Így jön létre a kb. két évtizedes ciklus.

Már az 1732-es évből van adatunk arra, hogy felfigyeltek a *sarki fénynek* a naptevékenységgel való kapcsolatára, egy 1852-es dolgozat szerint pedig már a múlt század közepén felismerték bizonyos *geomágneses* zavarok szoláris eredetét. Több mint egy fél évszázad telt el ezután, míg a figyelem a Nap—Föld kapcsolatok természetére felé irányult. A kezdeti vizsgálatokban arra törekedtek, hogy a naptevékenység menetéhez hasonló kb. évtizedes ingadozást mutassanak ki földi történésekre is. Grafikonon felrajzoltak különböző mutatószámokat földi jelenségekről több évtizedre visszamenőleg, s azt egyszerűen összehasonlították az ún. *Wolf-féle napfoltrelatív-számok* menetével. Így például megvizsgálták az évi átlaghőmérsékletet, a fák növekedését, a Viktória tó szintváltozásait s egy sor más jelenséget. Bár a görbék hasonlósága nem segített a kapcsolat természetének kiderítésében, a realitását elfogadhatóvá tette. Egyes kutatók szinte megittasodtak a sikerektől, s egyre több dologról szerették volna kimutatni, hogy kapcsolatban állnak a naptevékenység menetével, s egyre-másra vizsgáltak meg olyan jelenségeket mint a borteremés, az állatszaporulat, sőt az üzleti aktivitás, ipari termelés, s mindezeket évi átlagban összehasonlítva a Wolf-számok menetével. Talán felesleges is hangsúlyozni azon elképzelések naivságát, melyek minden földi tendenciáért a naptevékenységet teszik felelőssé.

Az említett Wolf-féle napfoltrelatívszám a Napon levő foltok, illetve foltcsoportok számából egyszerű képlettel meghatározható dimenziótlan mennyiség, elég kezdőleges mérőszám, amely a foltok egyszerű számbavételén kívül semmilyen fizikai információt nem tartalmaz. Nyilvánvaló tehát, hogy fizikai kapcsolatot a Nap és Föld között nem a Wolf-számokban kell keresnünk, hanem a Földig is eljutó hatásokban, sugárzásokban. A megnövekedett naptevékenység időszakaiban a Wolf-számokkal együtt egy sor jelenség gyakorisága és intenzitása is megnövekszik, így ezek között kell számunkra fontosabbakat keresni. Sajnos azonban a másfajta jelenségek (rádió-, ultraibolya- és röntgensugárzás intenzitása, átlagos napszélesség

stb.) rendelkezésre álló észlelési anyaga az utóbbi néhány évtizedre korlátozódik. A Wolf-szám tehát az őt ért — jogos — támadások ellenére igen nagy fontosságra tett szert, mert a régebbi korokra visszamenőleg is megállapíthatóvá vált a napciklus hozzávetőleges menete, bizonyos Nap—Föld kapcsolatok realitását elfogadhatóvá tette, manapság pedig még mindig felhasználható arra, hogy más jelenségek régebbi mutatószámaira extrapolálhassunk. Még egy előnye a Wolf-számoknak, hogy meghatározásuk módszere alig változott hosszú időn keresztül, tehát a rendelkezésre álló anyag elég homogén.

Az előbb említettük, hogy a kb. két évtizedes ciklus a különböző mágneses polaritásvizonyokkal végbemenő napciklusok egymásutánjaként jön létre. Történetek próbálkozásokat arra, hogy ezzel párhuzamosan haladó két évtizedes ciklikusságot meteorológiai jelenségek között feltárjanak, azonban mindeddig nem sok sikerrel. Itt megemlíthetjük, hogy a Wolf-számok sok évtizedes menetében egy nagyobb léptékű — kb. 80 éves — ciklus is felismerhető, ennek megbízható megállapításához azonban még tisztán a napfizikai megismerés szempontjából sem telt el elegendő idő, a Nap—Föld kapcsolatok szempontjából pedig minél nagyobb időszakot fogunk át, a megfigyelő módszerek fejlődése miatt annál heterogénebb a megfigyelési anyag, s az összehasonlítás annál kevésbé megbízható.

Az már az eddig említett vizsgálatok alapján is világossá vált, hogy a Nap és Föld között létezik kapcsolat, azonban ezen túlmenően azt kell megállapítani, hogy milyen természetűek a Földre ható jelenségek, milyen a mechanizmusuk, tehát a 11 évesnél „finomabb szerkezet” érdekel bennünket. Még mindig nagy időintervallumot jelent a meteorológiai jelenségek között az olyan is, mely másodlagos hullámot rajzol ki a cikluson belül, s mindig a naptevékenység extrémumai előtt van minimumban (amint azt pl. a németországi aszályok esetében tapasztalták).

A napfoltszámok menetében rövidebb periódusokat is véltek felfedezni, pl. egy kb. 26 és egy kb. 8,5 hónaposat. Mivel mutatkozott bizonyos hasonlóság a havi csapadékmennyiség és ezen változások között, megpróbálkoztak a jelenség alapján történő csapadékelőrejelzéssel. Az említett fluktuációk (ha egyáltalán reálisak) azonban a Napon is igen nagy bizonytalansággal zajlanak le, ezért az eddigi próbálkozások egyelőre nem adhattak megbízható prognosztikai módszert.

A földi légkör sarki tartományában egyebek között, észrevettek olyan évszakos változást is, hogy a napjelenségek utáni atmoszférikus effektusok télen, vagyis a földgömb kevésbé megvilágított oldalán a legkifejezettebbek. Az említett sajátosság korpuszkuláris eredetre utal, hiszen az elektromágneses hullámok számára a Föld légköre (leszámítva a kis magasságban létrejövő fénnyelési effektusokat) izotróp, s geometriai okokból éppen a nyári oldalon kellene hatásuknak leginkább megmutatkoznia. A részecskék számára viszont a Föld mágneses tere anizotrópiát jelent, mely az említett jelenséghez vezet-

het. Tovább vizsgálódva évszakos periódussal változó mérőszámot is találunk, mégpedig a földmágneses K_p indexet, az ún. „mágneses aktivitás” mérőszámát, mely a nyugalmi földmágneses tér erősségétől való eltérés logaritmusával arányos az egész Földre kiátlagolva. A sok évi tapasztalat azt mutatja, hogy a K_p index (átlagban) napéjegyenlőség idején maximumot, napfordulókör minimumot mutat, továbbá igen fontos tény, hogy ez a szezonális ingadozás a napciklusok leszálló ágában a legkifejezettebb.

Az előbb említettük, hogy a leszálló ágban — a naptevékenység csökkenésének időszakában — az aktív területek mind alacsonyabb heliografikus szélességeken helyezkednek el, vagyis mind közelebb az ekliptika síkjához is. A Föld évi útja során periodikusan van kitéve többé vagy kevésbé az aktív területekről kiinduló korpuszkuláris sugárzásoknak. A hatás mechanizmusa még nincs tisztázva, az évszakos ingadozás jelensége azonban kétségtelen és amellettszól, hogy a Nap aktív területeiről ún. kvázistacionárius részecske-sugárzás is indul ki, mely lokálisan felülmúlja a napszélnek, a napkorona instabil, állandóan expandáló részének sűrűségét és energiáját.

Ezt a tényt egy rövidebb periódusú jelenség is alátámasztja. Észrevették, hogy földmágneses és atmoszférikus zavarok sok esetben 27 napos periodicitást mutatnak. Kézenfekvő arra gondolni, hogy ez kapcsolatban van a Nap 27 napos szinodikus tengelyforgási periódusával. Valóban nagyon sok esetben sikerült azonosítani a földi zavart egy, a Napon látható aktív területtel, mely kb. a földi zavar ismétlődési ritmusában tért vissza. Az előbbieknél alapján már érthető, hogy ez az effektus is a ciklus leszálló ágában mutatkozik kifejezettnek.

Az egész jelenséget úgy képzelhetjük el, hogy az aktív területről kilépő részecskeáram a napfelületre merőlegesen egy aránylag keskeny, csőszerű vagy kis nyílásszögű, kúp alakú térrészben áramlik kifelé. Nehéz lenne egyértelműen megállapítani, hogy hol kell elhelyezkednie egy aktív területnek a napkorongon ahhoz, hogy az onnan kiinduló részecskék elérjék a Földet, ugyanis a Nap rotációja következtében a fent említett „áramcsövek” s az általuk kialakított koncentráltabb mágneses erővonalak spirális alakot vesznek fel, ezért nem feltétlenül a látható korong középpontja a „kedvező pozíció”, ahonnan a részecskék elérik a Földet, hanem legtöbbször az attól nyugatra fekvő területek valamelyike. Ez a pozíció természetesen függ a bolygóközi mágneses tér aktuális állapotától s a korpuszkuláris energiáktól. Az említett kvázistacionárius áramok keletkezési mechanizmusa egyelőre meglehetősen homályos. Valószínűnek látszik, hogy nem hőmérsékleti folyamatról van szó, pl. valamilyen mágneses erődűti gyorsítómechanizmusról. A 27 napos rekurrens — visszatérő — zavarok léte régóta azt bizonyította, hogy egy ilyen aktív terület több hónapig is „élhet” a Napon.

Az eddigiekben több ciklikus, illetve periodikus jelenségről volt szó, de nem beszéltünk még az aktív vidékek sporadikus jelenségéről, a flerről, amely szoláris földi hatások szempontjából a legjelentősebb. Nem bocsát-

kozhatunk itt a flerjelenség részletes ismertetésébe, erről a Csillagászati Évkönyv korábbi (1972. és 1976. évi) köteteiben találunk bővebb információkat, néhány fontosabb dolgot azonban feltétlenül meg kell említenünk a teljesség kedvéért. A flerek (az angol „flare”- fellángolás szóból) vagy napkitörések az elektromágneses spektrum több tartományában létrejövő helyi kifényesedések, amelyek rendkívül rövid idő, néhány perc alatt kialakulhatnak, és nagy mennyiségű és energiájú részecske kidobódásával járnak. Létrejöttük mechanizmusa egyelőre számos erőfeszítés ellenére is tisztázatlan. A kérdés ismerői többé-kevésbé egyetértenek abban, hogy keletkezésükben valamilyen helyi instabil állapot feloldódása játszik szerepet, pl. kis térrészen belüli nagy mágneses tér különbségek is vezethetnek explozív végkifejlethez. A jelenség okainak tisztázása döntő lenne a Nap—Föld kapcsolatok szempontjából is, mert a legjelentősebb geofizikai hatásokat a flerek okozzák, s előrejelzésük rendkívüli fontosságú lenne. Nagyon előnyösen lehet használni őket a Nap—Föld kapcsolatok tanulmányozására, mert igen intenzívek, s kezdetük nem elmosódott, hanem gyors felfutású. Természetesen a flerek között is azok a számunkra jelentősebbek, melyek az említett „kedvező pozícióban” történnek. A kapcsolatok tanulmányozását nehezíti az a tény, hogy a fler által megnövekedett energia zöme legtöbb esetben néhány tíz-perc alatt sugárzódik ki, korpuzkuláris sugárzásának hatása általában kb. 1-2 nap múlva jelentkezik a Földön (eltekintve egynéhány extrém nagy energiájú kitéréstől), és ha időközben újabb flerek keletkeznek, a hatások „egymásra ülhetnek”. A keletkező elektromágneses sugárzásban általában a rádió-, röntgen- és ultraibolya tartományok többletintenzitása a legjelentősebb, de a látható színeké több vonala is lényegesen megerősödik. A flerek legkönynyebben a hidrogén H-alfa vonalának fényében figyelhetők meg, igen ritka esetben a sugárzás a látható folytonos színeképartományra is kiterjedhet („fehér fler”, ld. az 1976. évi évkönyv XIV. táblázatát). Földi szempontból a flerek rövid hullámhosszú elektromágneses sugárzásának az ionoszférára gyakorolt hatása mellett elsősorban korpuzkuláris sugárzások hatásos, amely a különböző energia-tartományokban a legkülönbözőbb geofizikai effektusokat okozhatja.

Foglaljuk össze a továbbiakban, hogy melyek azok a földi jelenségek, melyeket az eddig említett hatások váltanak ki. Amint láttuk, a sugárzás lehet elektromágneses és korpuzkuláris, hatások jellegét befolyásolják terjedési sajátosságaik: az előbbi kb. 8 perc alatt ér a Földre, éles kezdettel és a megvilágított oldalon érvényesül, míg az utóbbi több-kevesebb késéssel (általában néhány órától néhány napig) és inkább magasabb szélességeken, sőt nem ritkán az éjszakai oldalon érzeteti hatását a mágneses tér miatt. Csoportosítsuk ezeket a jelenségeket a különböző földi szférák szerint!

A *magnetoszféra* különös lobogó alakját — akárcsak az üstökösök — a napszélnek köszönheti. A legjelentősebb szoláris eredetű földmágneses zavarok a korpuzkuláris sugárzások hatására vezethetők vissza. Elég jól

megkülönböztethetők azonban azok a hatások, amelyeket a napszél, a kvázistacionárius vagy a flerektől eredő részecskeáram kelt. Az első kettő hatása lassú felfutású, nem túl nagy amplitúdóval, az utóbbi pedig nagy amplitúdót érhet el igen gyors kezdettel. A szoláris aktív vidékek sugárzásának hatására keletkező nagy mágneses zavar, az ún. mágneses vihar lefutásában négy részt különböztetünk meg: rövid időre megemelkedik a mágneses térerősség értéke a Föld felszínén (kezdet), ezután negatív irányba tolódik el jóval a nyugalmi érték alá (kezdőfázis), egy ideig itt marad (főfázis), majd lassan visszaáll a nyugalmi érték (végfázis). A földfelszínen a mágneses teret többnyire a következő három adattal szokás jellemezni: a *vertikális* és a *horizontális* térerővel, valamint a *mágneses deklinációval*. A mágneses vihar említett lefutása mindháromra hasonló, de a horizontális komponensre a legjellemzőbb, s ráadásul erre nézve gyakorlatilag szélesség-független.

A már említett K_p indexet megvizsgálták az átlagos napszelsebességgel összehasonlítva. A korreláció olyan tökéletesnek mutatkozott (napi átlagban), hogy a K_p index a napszelsebesség-változás elég jó indikátorának tekinthető. Más módszerek is vannak, melyeknél mágneses térerősség-regisztrátumok segítségével tanulmányozhatók a földfelszíntől távoli jelenségek, mégpedig az ún. *mikropulzációk* és az *öbölháborgások* révén. Mindkettő speciális mágneses zavar, az előbbi a magnetoszférában létező magnetohidrodinamikai hullámokról nyújt információt, az utóbbiért pedig a felső ionoszférában mozgó áramok a felelősek.

Az *ionoszféra* különböző tartományait — a Földet körülvevő légkör felső részének különbözőképp ionizált rétegeit — legnagyobb részben a Nap rövid hullámhosszú elektromágneses sugárzásai hozzák létre, de bizonyos ionoszféra-icleniségek korpuszkuláris eredetűek.

A legfelsőbb ionoszféra-réteg, az *F-réteg* kb. 140 km-től felfelé helyezkedik el, felső határát nem lehet pontosan megadni. Létrejöttében a fő szerepet a 100 Å-től 1350 Å-ig terjedő tartomány játssza, különösen az 584 Å (*He I*) és a 304 Å (*He II*) vonal. Az *F-réteg* igen változékony, nappal erősen megvastagszik és két részre szakad. Ionizáltsága erősen függ a napszaktól, általában délben a legnagyobb, de nagy változékonysága miatt ez többnyire nem pontosan teljesül. Függ az ionizáltság továbbá az évszaktól is, mégpedig télen ér el maximumot, ami a korábban említett okok miatt részecskék hatását jelzi, s az is érthető, hogy az ionsűrűség a naptevékenység hatását is mutatja.

Az ún. *E-réteg* kb. 85—130 km közötti magasságokra terjed ki, lényeges szerepet játszik létrejöttében a 8 Å fölötti röntgentartomány. Az ionizáltság itt is erősen követi a Nap állását, délben nagy értéket ér el, éjszaka jelentős mértékben lecsökken, mutatja továbbá az előbbiekhöz hasonlóan az évszak, illetve napaktivitás hatását is.

Az ún. *D-réteg* melyek létrejöttét nyugodt körülmények között a Lyman-

alfa (1216 Å) hidrogén vonal idézi elő, magassága kb. 60—85 km közé tehető. Elektron-sűrűsége nagyságrendekkel kisebb mint az *E*-rétegé, de így is jelentős abszorpciót okozhat a középhullámú rádióartományban, különösen nyáron, nappal. Fler esetén a 8 Å alatti sugárzás nagyon nagy mértékben ionizálja, a flerek hatása leghamarabb a *D*-rétegbeli nagy mértékű elektron-sűrűség-növekedésben mutatkozik meg.

Az ún. *ionoszféra viharok* lefutása igen hasonló a már említett *magnetoszféra viharokéhoz*, elsősorban az *F*-rétegben. Itt is megkülönböztethetünk kezdő-, fő-, és végfázist. A zavar természetűe sok mindentől függ, évszaktól napszaktól, földrajzi szélességtől. A főfázis folyamán alacsony szélességeken általában nő az elektron-sűrűség, közepes és magas szélességeken pedig többnyire csökken. A hőmérsékletek általában nőnek. A vihar lefutása a *D*- és alsó *E*-rétegekben is nyomon követhető, elsősorban magasabb szélességeken, ahol elektron-sűrűség-növekedés tapasztalható.

Ismertes egy speciálisan korpuszkuláris eredetű ionoszféra zavar: ha egy fler különösen sok és nagy energiájú protont dob ki, azok a Föld légkörébe jutva a rádióhullámok abszorpciójának növekedését idézik elő a sarki sapkában (PCA-jelenség).

Az alsólégköri jelenségek között is utaltunk már a naptevékenységgel való valószerű kapcsolatra. Lehetséges, hogy bizonyos naptevékenységi és meteorológiai paraméterek között talált gyenge korrelációk reálisak, a legmeggyőzőbb és leghasznosabb azonban az volna, ha meg tudnánk jósolni a légkörnek egy-egy napjelenség (pl. fler) utáni reakcióját. Méréseket végeztek szerte a Földön különböző meteorológiai állomásokon flerek utáni légnyomásváltozásokról, de a legkülönbözőbb értékeket kapták, egyik helyen nőtt a légnyomás, másik helyen csökkent. Ha azonban megvizsgálták, hogy hol, milyen irányú változás történt, kiderült, hogy ahol alacsony légnyomású hely volt, ott csökkent a nyomás, ahol magas légnyomás uralkodott, ott pedig nőtt. Ez az *akcentáció-törvénynek* elnevezett jelenség arra utal, hogy a légköri válasz nemcsak a Nap hatásától függ, hanem a hatás megérkezésekor az adott helyen uralkodó viszonyoktól, a kezdeti feltételektől is. A kétfajta eredményt egyébként nagyobb, összefüggő, jól elkülöníthető területekről kapták, melyek nagyjából az északi félgömb óceáni, illetve szárazföldi területeivel vannak kapcsolatban. A tapasztalat szerint a leírt jelenség lejátszódása után meridionális légköri cirkuláció indul meg általában a kialakult különbségek kiegyenlítésére. Az ismertetett példa is rávilágít, hogy a kezdeti feltételek figyelembevételének szükségessége erősen megnehezíti az amúgy is sok áttétellel bonyolított Nap—Föld kapcsolatok tanulmányozását.

Hogy milyen mechanizmus révén keletkezhet a szoláris részecskeenergiából légköri cirkuláció, arra is született kvalitatív hipotézis (rakétás mérésekre támaszkodva): a korpuszkuláris sugarak infravörös sugárzást keltenek a felső légrétegekben, mely akadálytalanul jut le a *sztratoszféráig*, ahol elnyelődik

s ezzel fűti a légrétegeket. Ez az elnyelődés azonban nem homogén, az óccán feletti vízpára hatása miatt, s ez további (hőmérsékleti) inhomogenitáshoz, majd cirkulációhoz vezethet. E szerint nyilvánvaló, hogy a Naptól érkező részecskék sebesség- és sűrűségfluktuációja közvetetten okozhat alsólégköri változásokat is.

Az említett áttételek különösen bonyolultakká válnak akkor, ha a Nap változásainak az élővilággal való kapcsolatát vesszük szemügyre. A legegyszerűbb elképzelés szerint az élővilágra a naptevékenység által befolyásolt időjárási tényezők hatnak közvetlenül. Újabban megpróbálkoztak azzal is, hogy minél közvetlenebb mechanizmust találjanak egy-egy Napon lejátszódó, és élővilágbeli esemény között. Ilyen próbálkozás pl. annak vizsgálata, van-e a földmágneses tér változásainak élettani következménye. Sőt arra is történtek — egyébként igen kérdéses — kísérletek, hogy a naptevékenységnek bizonyos kémiai tesztek kimenetelére gyakorolt hatását kimutassák. Mindezek a vizsgálatok azonban még nem jutottak túl a kezdeti tapogatózó lépéseken.

Mindennapi életünk és a naptevékenység kapcsolatának vizsgálata egy sor módszertani problémát vet fel. Tudomásul kell venni, hogy a szoláris-terresztikus kapcsolatok törvényszerűségeinek keresésénél a legtöbb esetben egyelőre még mindig be kell érünk azzal, hogy csak *statisztikai átlagok* használatára van lehetőség. A *törvények* felismeréséhez rengeteg adatot, megfigyelést kell regisztrálni és felhasználni. Nem szabad görbék egyszerű hasonlóságából messzemenő következtetéseket levonni! Ki kell szűrni minden lehetséges zavaró effektust, pl. több havi átlagok esetén az évszakos változás hatása is megzavarhatja a törvényszerűség felismerését. A Wolf-szám — mint említettük — évi átlagban sok szempontból elfogadhatóan reprezentálja a napaktivitást, kisebb időintervallumok esetén azonban egyre kevésbé. Ezért például egyszerű napfoltszámlálással az időjárás várható alakulását nyilvánvalóan sohasem lehet megjósolni. Látnunk kell, hogy a felsorolt témakörök közül csak az ionoszféra és a magnetoszféra fizika ért el egyelőre komoly sikereket, kézzelfogható eredményeket. A meteorológiai és biológiai jelenségek kutatásánál csak igen gyenge valószínűségi kijelentések tehetők. Nagyon fontos volna minden esetben megtalálni az ok-okozati összefüggéseket, mert például annak ellenére, hogy sok földi jelenség menete mutat hasonlóságot a földmágneses K_p index menetével, ez a legritkább esetben jelenti, hogy azt a földmágnesség vezérli, többnyire mindketten egy közös októl erednek. A K_p indexet egyébként főleg annak eldöntésére lehet használni, hogy bizonyos naphatás de facto elérte-e a Földet, vagy sem.

Visszatérve a bevezetőben említett világnézeti problémára meg kell állapítanunk, hogy ma is vannak, akik az asztrológia tudományos köntösbe való átmentésén fáradoznak. Igaz ugyan, hogy komoly tudományos körök vetették fel azt a hipotézist, amely a nagybolygók ciklikusan változó együtt-

tes árapálykeltő hatásával hozza kapcsolatba a naptevékenység menetét. Ennek azonban semmi köze sincs az asztrológia tudománytalan állításaihoz.

A Nap—Föld fizikai kapcsolatokkal foglalkozó tudományterületeken sok izgató és gyakorlatilag is fontos kérdés vár még válaszra. Annyi azonban az eddigi eredmények alapján is nyilvánvaló, hogy nem izolált világban élünk, és lehetséges, hogy a biológiai történések sem függetleníthetők a környező kozmosz fizikai hatásaitól.

HÜSZ ÉVES AZ ŰRKUTATÁS

Az űrkutatás — hasonlóan más kutatásokhoz — a hétköznapiok csendes, aprólékos munkát igénylő tudománya lett. Harminc évvel ezelőtt örülteként kezelték társai azt, aki hitt a mesterséges égitestek e századbeli megvalósításában. Néhány évvel később azt tartották az emberek „műveltnak” és „tájékozottnak”, aki kételkedett az első szputnyikok fellövésében. A közvélemény azóta hozzászólt a rendkívüli üreseményekhez: ma már csak egy-egy különösen jelentős akció ragadja magával az emberiség millióit. Alig két évtized alatt hozzászóltunk ahhoz, hogy a kozmikus térség meghódításának szemtanúi vagyunk.

Az 1957. október 4-e óta eltelt napok pedig bővelkedtek az újat akarásban; 1976. október 4-ig 1957 startot lajstromoztak, amellyel a COSPAR nyilvántartása szerint 646 űrobjektumot helyeztek pályára Nemzetek szerinti megoszlásukat az 5. táblázat mutatja. Ezek között mesterséges holdak, űrszondák, katonai célú objektumok, űrhajók és űrállomások egyaránt szerepelnek.

A startoláshoz általában különböző típusú rakétákat használtak, de bizonyos kísérletek során többször állt Titán, Saturn, Vosztok és Szozuz rakéta az indítóállványokon. Néhány esetben, a speciális követelmények céljaira kifejlesztett hordozórakétákat is alkalmaztak.

A felbocsátott űrobjektumok szerkezeti megoldásai igen változatosak. Noha majdnem mindegyik egy vagy több, konkrétan megadott feladatkör ellátására készült — távközlési, meteorológiai, geodéziai, katonai, stb. — mégis műszaki megoldás szempontjából néhány alapvető típusba sorolhatók.

Talán nem érdektelen az űrobjektumokat méret szerint is megvizsgálni. Az űrkutatás történetének „törpéje”: a parányi, mindössze 0,2 m átmérőjű, 0,70 kg tömegű TRS—1 katonai mesterséges hold, amelyet 1962. november 17-én indítottak a rádióhullámok terjedési tulajdonságainak vizsgálatára.

Emberi tevékenység eredményeképpen az eddigi legnagyobb tömeg, 85 000 kg, azaz az „óriás” 1973-ban került a kozmikus térbe, a 26 m hosszú és 6,5 m átmérőjű Skylab űrállomás földkörüli pályára helyezésével. E két

1957. október 4—1976. október 4. között pályára helyezett mesterséges
égitestek számszerű megoszlása

	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
SZU	2	1	3	3	7	21	17	35	64	44	66	74	68	86	95	85	104	93	107	84
USA		7	11	17	32	51	50	67	87	97	86	61	51	32	40	28	23	16	25	27
Anglia					1	1	1	1	1	—	—	1	—	—	—	2	—	3	—	—
Kanada					1	1	—	—	1	—	—	—	1	—	—	1	1	—	—	—
Olaszország					—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	1	—	—	1	—	—
Franciaország					—	—	—	—	2	1	2	—	—	1	3	1	—	—	—	—
Ausztrália					—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ESRO					—	—	—	—	—	—	—	3	1	—	—	3	—	—	—	—
Interkozmosz					—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	1	3	2	2	2	2
NSZK/USA					—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Anglia/USA					—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—
Japán					—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—
NSZK/Francia					—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	1	—	1	2	1
Kína					—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	—
Kanada/USA					—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	3	1
NSZK					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1
Francia/SZU					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	2	—	1
Hollandia					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
Spanyolország					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
India					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Indonézia/USA					—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Összesen	2	8	14	20	39	74	67	104	154	142	157	138	125	125	146	123	131	122	148	117

szélső érték között az űrobjektumok tömegspektruma igen változatos. Egy űrkísérlet megítélését nem az dönti el, hogy az űrobjektum mekkora, milyen pályára állt stb., hanem hogy annak a feladatnak, amire „kinevelték”, megfelelt-e? Gazdagította-e információinkat? Ebben a szellemben mind a kb. 14 kg-os Explorer-holdnak, amellyel a Föld sugárzási övezeteit mérték ki, mind a hatalmas Skylab űrállomásnak az űrkutatás fejlődésében játszott szerepe egyaránt vitathatatlan. Érdekes megemlíteni, hogy a rendelkezésre álló hiányos adatokból becsülve 1976-os évig (mintegy) 5—5500 tonnát tesz ki a különböző típusú űrobjektumok össztelege. Ennyivel lett szegényebb a Föld? Ez egy olyan szónoki kérdés, amire úgyis tudjuk a választ. Az anyagforgalom szempontjából a kilőtt anyag nem játszik döntő szerepet, nagy része visszahullik a Földre; de közreműködésükkel ismeretanyagunk gazdagodott. Tudjuk, hogy az Erzsébet-híd elkészítéséhez 6120 t fémanyagot használtak fel. Összehasonlítva a kozmikus térségbe juttatott anyagmennyiséggel, az nem is olyan megdöbbentő. Vessük össze a költségeket is. Az Erzsébet-híd beruházási költsége 1,2 milliárd forint volt. Egy kg hasznos tehernek a földkörüli térségbe juttatása 1965-ben 500—600 dollár volt, a Holdra juttatás pedig 5000—6000 dollár. Más források szerint az 50-es évek végén 10 000 dollár volt egy kg hasznos teher földkörüli pályára juttatása: most mintegy 1000 dollárt tesz ki, a 80-as évek elejére pedig várhatóan 100 dollárra csökken. Bizonyos értelemben ellentmondó adatok állnak rendelkezésünkre az irodalomban. De ez talán érthető is. Nem világos ugyanis, hogy — főleg eleinte — a háttérberuházások mekkora részét számítják ebbe a fajlagos összegbe. Mellesleg: még az Erzsébet-híd esetében is ez az érzésünk. Lényeg, hogy ebben a korszakban a költségek mintegy százás faktossal csökkennek.

Az űrvállalkozás, mint minden kísérletezés, a természet vallatása. A választ az dönti el, hogy értelmes, vagy mennyire értelmes kérdést tettek fel a természetnek. Ha az űrkutatást ebből a szempontból vizsgáljuk, akkor mérlegre kell tenni a kitűzött tudományos célokat és az eddig elért tudományos eredményeket. A serpenyő a kibővült tudás irányában biflén ki. De milyen kérdéseket is tettünk fel?

1957—60 között a *fellövés* és a *pályántartás* mikéntjét kutattuk. Hogyan kell stabilisan működő rakétákat előállítani? Hogyan lehet a különböző pályákra állított mesterséges égitestek közreműködésével a Föld közvetlen környezetét megismerni, hogyan lehet a kapcsolatot tartani, adatokat nyerni?

1960—65 űrkísérletei arra kértek választ a természettől, milyen feltételeket kell biztosítani az űrben ahhoz, hogy az *ember* tartósan meghódíthassa a *Föld körüli térséget*? Milyen adottságokkal rendelkező emberek vállalkozhatnak az űr meghódítására?

1965—70 között a fenti kérdésekre tudományos válaszok álltak rendelkezésünkre.

zésre. Így a probléma abba az irányba tolódott el, hogy tudásunkat milyen tudományos célokra használjuk? Milyenek is szomszédaink? A kérdésekre a Naprendszer közeli objektumai, *a Hold, a Vénusz, a Mars, a Merkúr térségében végzett mérésekből* kapunk információkat.

1970—75 Az űrkutatás célja kettős. Egyrészt a *Naprendszer feltárása*, másrészt az elért eredmények földi hasznosíthatóságának vizsgálata került a kutatások előterébe. A kérdések tehát így alakultak: Mit kell mérni ahhoz, hogy jobban megismerjük a Földet, kozmikus környezetünket, ennek fejlődését? Mit, hogyan és mivel, milyen periodicitással figyeljünk meg a kozmoszban és a kozmoszból? Hogyan bocsáthatjuk az adatokat a felhasználók rendelkezésére? A *földi erőforrások felmérése*, a világűrben gazdaságosabban végezhető folyamatok vizsgálata, néhány kontinens tömeges oktatásának megvalósítása, az űrbeli viszonyokra előállított anyagoknak, műszereknek a mindennapi élet céljaira való alkalmazása — ez mind napjaink közérdekű témája. Bonyolult és szellemes eljárások birtokába jutottunk a nagy távolságra való adattovábbítási, adattárolási és feldolgozási módszerekre vonatkozóan.

1975— Merre tovább? Az energia- és nyersanyaghiányban, a környezeti problémákban sínylődő *emberiség napi gondjainak megoldásához vár és kíván segítséget*, támaszt a világűr „meghódítóitól”. A földi erőforrások kutatása, a kiművelt emberfők előállítására, a gyors információtovábbítás valamint a többszörösen felhasználható — visszatérő és újra indítható űrhordozók, a *tartósan fenntartózkodó űrállomások korszaka* vette kezdetét. A 75—80-as évekre jellemző továbbá, hogy amíg a Szovjetunió a nagyrakéták sorozatgyártására áll át, addig az USA űrtevékenysége visszaesést mutat, tekintettel arra, hogy anyagi és szellemi erejét a Space Shuttle kifejlesztésére koncentrálna.

Érdekes megállapításokhoz jutunk akkor is, ha megvizsgáljuk, mely országok vállalkoztak ezekre a komplex kutatásokra, magas szintű műszaki és tudományos felkészültséget igénylő tevékenységre. Az űrkutatás korszakát a Szovjetunió nyitotta meg, hamarosan követte az Amerikai Egyesült Államok. E két űrnagy hatalom mellé 1962-től kezdenek felzárkózni más országok. Tevékenységük eleinte abból állt, hogy az USA oldalán részt vettek bizonyos űrobjektumok kifejlesztésében, ezáltal Anglia és Kanada már 1962-ben, Olaszország pedig 1964-ben bekapcsolódott az űrkutatásba. Önállóan Franciaország fejlesztett ki elsőként mesterséges holdat, ennél jelentősebb azonban, hogy 1965-re elkészítették saját hordozórakétájukat

is. A Diamant—1 rakéta helyezte Föld körüli pályára a később Asterix—1 nevet kapott francia kutatóholdat.

A hatvanas évek elején több kis ország látta be, hogy saját alapvető problémáinak megoldásához szüksége van az űrkutatásra. Felismerték azt is, hogy a további műszaki fejlesztés csakis az űrkutatás aktív művelése által biztosítható, amire a kis országok összefogása módot is ad. A nyugat-európai államok 1964-ben közös űrkutatási központot hoztak létre, az ESRO-t (European Space Research Organization), amelynek feladata űrobjektumok kifejlesztése a nemzetközi együttműködésben. A közös erőfeszítések első sikerét alig négy éves összefogás után, 1968-ban az Iris—1 startolásával érték el. A szocialista országok közös űrkutatása 1969-ben hozott eredményt. Az Interkozmosz—1 startjával kerültek első ízben a baráti országok műszerei és berendezései a világűrbe. Magyar elektronikus műszer, 1974-ben, az Interkozmosz—12 fedélzetén kezdte meg méréseit. Mint minden más tudományterületen, e téren is a közös erőfeszítések, a gondosan megfontolt együttműködés felé vezet az út. A két űrnagy hatalom együttműködésének legkiemelkedőbb példája a Szozjuz—Apollo űrrepülés volt.

20 év mérföldkövei az űrkutatásban

Az űrkutatás fejlődése az első szputnyikok repülésétől napjainkig folyamatosan ível. A jelentős mérföldköveket egy-egy különleges űreseménnyel hozzuk kapcsolatba. Tekintsük át a legfontosabbakat, amelyek nem évülnek el néhány éven belül, s amelyek során először sikerült valamilyen minőségileg új technikai vagy tudományos feladatot megoldani.

1957. okt. 4. Az *első mesterséges hold*, a Szputnyik—1 felbocsátása. A három hónapig keringő holdacskaival sikerült először rádiókapcsolatot teremteni a Föld és egy mesterséges égitest között.
1957. nov. 3. A Lajka kutyája, az *első élőlény*, a Szputnyik—2 fedélzetén jutott Föld körüli pályára. Ezzel a súlytalanság állapotának vizsgálata kezdődött meg kozmikus körülmények között.
1958. febr. 1. Az első amerikai műhold, az Explorer—1 fellövése. A *Van Allen zónák felfedezése*.
1958. máj. 15. A Szputnyik—3 indításával az *első napelemekkel* üzemelő űrlaboratórium kezdte meg működését.
1958. dec. 18. Az *első híradástechnikai közvetítő állomás*, a Score-hold indítása.
1959. jan. 2. Az *első holdrakéta*, a Lunyik—1 indítása, amely kb. 6000 km-re haladt el a Hold mellett.
1959. aug. 7. Az USA-ban kifejlesztett Explorer—6 készítette az *első Föld-felvételeket* a világűrben.
1959. szept. 12. A Lunyik—2 indítása. Ez az *első ember által készített berendezés*, amely más égitestre, a Holdra jutott el.
1959. okt. 4. A Lunyik—3 készítette a *Hold túlsó oldaláról az első fényképfelvételeket*.
1960. ápr. 1. A Tiros—1, az *első meteorológiai műhold* indítása, amely több mint 22 ezer felhőképet továbbított a Földre.

1960. aug. 10. Az amerikai Discoverer—13 indítása arról emlékezetes, hogy akkor *sikerült először távirányítással visszahozni mesterséges holdat a Földre.*
1960. aug. 12. Az Echo—1 felbocsátása, amely mint jól látható objektum fontos szerepet játszott a *Föld alakjának meghatározásában* és más kozmikus geodéziai programokban.
1960. aug. 19. A második Szputnyik-űrhajó utasai a Belka és Sztrelka kutyák az *első élőlények, amelyek űrutazás után visszatértek a Földre.*
1961. febr. 12. Az *első Vénusz-szonda*, a Venyera—1 indítása.
1961. ápr. 12. A Vosztok—1 űrhajóban J. Gagarin az *első ember a Világűrben.*
1962. febr. 20. A Mercury—6 az *első amerikai űrhajó* (F. Glenn)
1962. márc. 16. A Kozmosz—1-el *megindul* a népes *Kozmosz-sorozat*, amelyben az űrkutatás valamennyi ágának kísérletei helyet kapnak; a tudományos vizsgálatok mellett a műszaki kísérletek során ebben a sorozatban kerülnek kipróbálásra, berepülésre a híradástechnikai, meteorológiai mesterséges holdak és az űrhajók prototípusai is.
1962. júl. 10. A Telstar—1 segítségével jött létre *először a kontinensek közötti rendszeres televíziós közvetítés.*
1962. aug. 11—12. Vosztok—3 és —4 hajtotta végre az *első páros űrrepülést*, ennek során a két űrhajó 5 km-re közelítette meg egymást (Popovics és Nyikolajev)
1962. aug. 27. A Mariner—2 *34750 km-re közelítette meg a Vénuszt és mérési adatokat közvetített a Földre.*
1962. nov. 1. Az *első Mars-szonda*, a Marsz—1 indítása. Marsközeli repülése 1963. jún. 19.
1963. jún. 16. A Vosztok—6 űrutasa, V. Tyereskova, az *első női kozmonauta.*
1963. júl. 26. Pályára áll az *első szinkron távközlési mesterséges hold*, a Syncom—2.
1963. nov. 1. A Poljot—1 indítása. Az *első jelentős manőverező képességgel bíró mesterséges hold.*
1964. júl. 28. A Ranger—7 az első űrrakéta, amely becsapódás előtt idegen égitest — *a Hold — felszínéről televíziós képet közvetített a Földre.*
1964. okt. 12. A Voszhoz—1 volt az *első többszemélyes űrhajó*: V. Komarov, K. Feoktyiszov és B. Jegorov kozmonautákkal; Jegorov az első orvos, aki részt vett űrrepülésben. Az *első szakfander nélküli űrrepülés.*
1964. nov. 28. Mariner—4 indítása, amely *elsőnek* közvetített *21 db felvételt* idegen bolygó felszínéről, amikor 9850 km-re megközelítette a *Marsot* (1965. júl. 14.).
1965. márc. 18. A Voszhoz—2 űrhajója, A. A. Leonov az *első űrséta* alkalmával 10 percre elhagyta az űrhajót.
1965. nov. 16-án indított Venyera—3 űrszonda az első ember által készített berendezés, amely elérte egy másik bolygó, a Vénusz felszínét (becsapódás 1966. márc. 1.)
1965. dec. 4. A Gemini—6 és az 1965. dec. 15-én felbocsátott Gemini—7 hajtotta végre az *első űrrandevút* (megközelítés 25 cm-re).
1966. jan. 31. A Luna—9 hajtotta végre az *első sima leszállást a Holdra* (1966. febr. 3-án).
1966. márc. 16. A Gemini—8 végrehajtja az *első összekapcsolási műveletet* a világűrben.
1966. márc. 31. A Luna —10 indításával sikerült *először mesterséges holdat telepíteni a Hold köré.*
1967. okt. 30. A Kozmosz—186 és Kozmosz—188 mesterséges holdakkal végrehajtják az *első automatikus űrrandevút* és összekapcsolást.

1968. szept. 14. A Zond—5 űrszonda a Hold megkerülése után visszatért a Földre és leszállt az Indiai óceánra; *Élőlények* (teknősbékák) *először tértek vissza a Hold körzetéből.*
1968. dec. 21. Az Apollo—8 indítása, *először jutnak emberek a Hold térségébe.*
1969. jan. 16. A Szojuz—4 és Szojuz—5 űrhajók összekapcsolásával létrejött az *első ideiglenes űrállomás.* Első átszállás egyik űrhajóból a másik űrhajóba a világűrön keresztül.
1969. júl. 21. Az Apollo—11 űrhajó asztronautái, N. A. Armstrong és E. Aldrin *az első emberek* más égitesten, a *Holdon*, ők hoztak először holdkőzeteket a földre.
1969. okt. 4. A szocialista országok közreműködésével kifejlesztett *Interkozmosz—1* indítása a Szovjetunióban.
1969. okt. 12. Szojuz—6, —7 és —8 űrhajókkal megvalósul az első hármas kötélekrepülés, első hegesztési kísérlet a világűrben.
1969. nov. 14. Az Apollo—12 legénysége elhelyezte a Holdon az „ALSEP” elnevezésű műszerezegységet, amelynek *energiaellátását nukleáris telep biztosította.*
1970. aug. 10. Venyera—7 indítása, *első műszerezegység*, amely épségben eljutott a *Vénusz felszínére.* (1970. dec. 15.)
1970. szept. 24. A Luna—16 az első, automatikus mintavevővel felszerelt holdszonda, visszatérő egysége *holdtalaj-mintával Földet ért.*
1970. nov. 10. Elindul a Luna—17, amely 1970. nov. 17-én a Hold felszínére juttatta az *első automatikus önjáró laboratóriumot*, a Lunohod—1-et, amely 10 hónapig üzemelt.
1971. ápr. 19. A Szaljut—1-nek, a Föld *első űrállomásának* indítása.
1971. máj. 30. A Marincr—9 startja, 1971. november 14-én a *Mars első mesterséges holdja* lett; sok ezer TV felvételének felhasználásával készült az első részletes Mars-térkép.
1971. jún. 7. A Szojuz—11 legénysége átszállt a Szaljut—1-re, ezzel emberekkel a fedélzetén *üzemelni kezd az első űrállomás.*
1971. júl. 26. Az Apollo—15 juttatta az *első holdautót* a Hold felszínére, ezzel 18,5 óras holdautózást végeztek.
1971. aug. 16. Az Eole—1 indításával pályára állt az *első adatgyűjtő mesterséges hold.*
1972. márc. 3. Pioneer—10 indítása; az űrszonda 1973. dec. 4-én kb. 130 000 km-re *megközelítette a Jupiter felszínét.*
1972. ápr. 16-án indított Apollo—16 helyezi el az *első távesővet a Holdon.*
1972. júl. 23. Az ERTS—1 (Landsat—1) műhold indításával megkezdődött a Föld szisztematikusan megfigyelése és *erőforrásainak kutatása.*
1972. aug. 21. OAO—3 vagy más néven „Copernicus” az *első nagy csillagászati mesterséges hold.*
1972. dec. 7. Az Apollo—17 legénysége töltötte a *leghosszabb időt a Hold felszínén.* Az űrhajón kívül 23 órát és 13 percet töltöttek kutatással, ezalatt kb. 34 km-t tettek meg holdautóval.
1973. jan. 8. A Luna—21 indítása. *Első automatikus sima leszállás holdkráterbe* (Le Monnier).
1973. ápr. 6. Pioneer—11 indítása, melynek feladata között a *Szaturnusz megközelítési terve* is szerepel. A Jupiter 41 850 km-re közelítette meg és első ízben közvetített képeket a bolygó sarkvidékének felhőzetéről. (1974. dec. 3.)
1973. máj. 14. A Skylab-űrállomás fellövése; az *első űrállomás váltott személyzettel.* Az első űrobjektum, amely folyamatos Nap-megfigyelést is lehetővé tesz.
1973. nov. 3. Mariner—10 pályára áll, hogy kutatásokat végezzen a Vénusz és

- Merkur bolygóknál. *Első felvételek a Vénuszról* és a Merkurról. Az első olyan emberi berendezés, amely bizonyos idő után visszatér a bolygóhoz, és folytatja a megkezdett méréseket. *Első Merkurmegközelítés* 1974. márc. 29., a távolság 689 km; a második 1974. szept. 21., távolság: 47 600 km; a harmadik megközelítés 1975. márc. 16-án, ekkor a távolság 320 km volt.
1973. nov. 16. Startolt a Skylab harmadik legénysége, első üstökösfigyelés a világűrből, 1976 júniusáig a leghosszabb, 84 napig tartó emberi űrrepülés.
1974. máj. 17. SMS—1 az *első szinkron meteorológiai hold*.
1974. máj. 30. Az ATS—6 jelű híradástechnikai hold igen jó közelítéssel szinkronpályán áll, és „iskolatévé” reléállomásként működik, így az *első oktatási feladatokat ellátó műhold*.
1974. júl. 29. Molnija—1 SZ az első szovjet geoszinkron híradástechnikai műhold.
1974. dec. 10. A Helios—1, az *első Nap-szonda* indítása.
1974. dec. 19. A nyugat-európai országok első geoszinkron híradástechnikai mesterséges holdjának, a Symphonienak indítása.
1975. ápr. 10. Geos—3 indítása. Első hold altiméterrel.
1975. jún. 8. Venyera—9 indítása. Először sikerült a Vénusz felszínére leszállva közvetlen a *helyszínről panorama felvételeket* közvetíteni, és pályára állítani a *Vénusz első műholdját* (1975. okt. 22-én).
1975. júl. 15. Szozuz űrhajó és 6,5 órával később az Apollo űrhajó indításával megkezdődött az *első nemzetközi űrrepülés*, a Szozuz—Apollo kísérlet.
1975. aug. 29. Viking—1 űrszonda indítása, egyik fő feladata, *élet keresés a Mars bolygón*.
1975. nov. 17. A Szozuz—20 és a Szaljut—4 először hajt végre automatikusan űrhajó-állomás-összekapcsolást. 1976 júniusáig a leghosszabb, 91 napig tartó űrhajórepülés.
1975. nov. 25. Kosmosz—782 indítása, amelyen *először alkalmaztak centrifugát* a földi gravitáció pótlására.

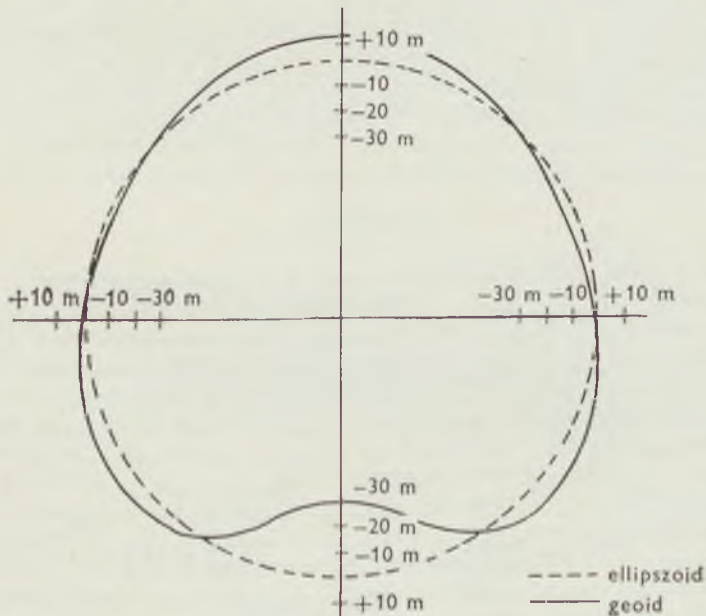
Az utóbbi húsz esztendő alapvető változást idézett elő technikánkban és technológiánkban. Az a nemes törekvés, hogy minden alkotó szándékú és alkotásra képes szakmai közösség aktív részese lehessen a kozmikus térség meghódításának, erőteljesen módosította civilizációnk tartalmát. Valamennyiünket magával ragadott az első nemzetközi űrrendevény. A Szozuz—Apollo űrállomás kabinjában lejátszódó eseményeknek a Világűrből jövő közvetítés következtében részesei lehettünk. „Érzékszerveink” nagyobb térseget fognak át, újszerű megismerésekre lettünk fogékonyak.

Reménytelen vállalkozás listába foglalni mindazt a felismerést, tapasztalatot, tudományos megállapítást, ami a közel 7000 nap gyümölcse. Húsz év űrkutatásának összefoglalásánál valamennyi műszaki megoldás és eredmény ismertetésére nem vállalkozhatunk. Így nem foglalkozunk az űrbiológia és űrorvostan problémáival, az űrhajózás technikájának fejlődésével, a távközlési mesterséges holdakkal és ezek szerepével sem a földi kommuni-

kációban. Könyvtárnyi ismeretből a vizsgálat tárgya szerint tekintsük át röviden az *űr kutatás alaptudományi eredményeiből* a fontosakat, elsősorban azokat, amelyeknek csillagászati vonatkozásai vannak.

A Föld és közvetlen környezetének kutatása

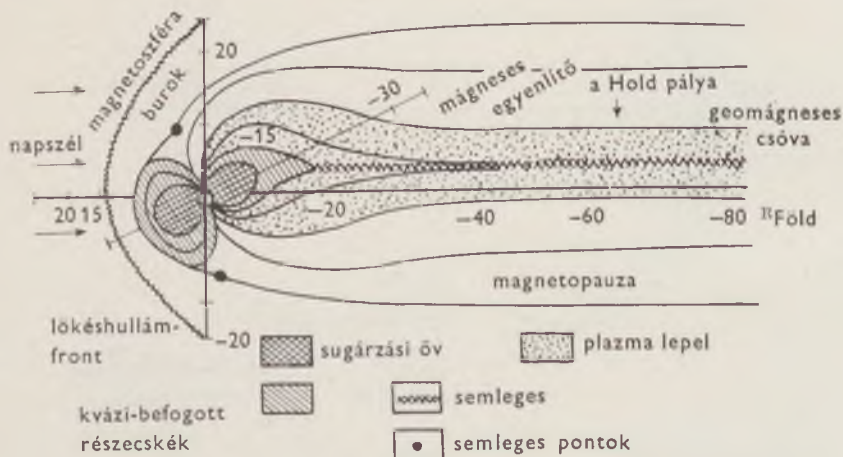
A vizsgálatok az űrkutatás hajnalán a Nemzetközi Geofizikai Év alkalmából kezdődtek. 1958-ig úgy tudtuk, hogy bolygónk nagyjából szabályos forgásellipszoid, amelynek tömegeloszlása korántsem homogén. Ezt kívülről koncentrikus gömbhéjként fogja körül a légkör és benne a fontos szerepű ionoszféra. A légkör magasságát akkor egy-kétezer km-nek hittük. A *Föld mágneses terét* pedig egyszerű dipóltérnek tekintettük, amely a pólusoktól kiindulva az egyenlítő vidékéig fokozatosan kidagadó erővonalrendszerrel ábrázolható. A mágneses egyenlítőre vonatkoztatva pedig a mágneses tér elhelyezkedése tükörszimmetrikus.



55. ábra. A Föld alakja

E klasszikus elképzelések tarthatatlanságát bizonyították be a mesterséges égitestek közvetlen mérései, ill. mozgásuk megfigyelése. A mesterséges holdak fékeződésének elemzéséből megtudtuk, hogy a földi gravitációs potenciál nem írható le olyan egyszerűen: a Föld nem forgásszimmetrikus égitest. Tömegeloszlásában finomabb inhomogenitásokat észleltek. A déli sark kb. 50 m-re közelebb fekszik a Föld középpontjához, mint az északi, a déli féltekén a Föld erőteljesebben kiszélesedik, mint az egyenlítőtől északra (55. ábra). Mindezek új, modern földalak bevezetését tették szükségessé, amelyet *Standard Earth* néven emlegetünk. Az adatokat a mesterséges égitestek mozgásának rendszeres megfigyelésével úgyszólván évente finomítják és készítik a modell újabb változatait.

Módosításra szorul a földi mágneses tér szerkezetéről kialakított modellünk is. A Napszél érkező elektronok, protonok stb. áramlásának (napszél) hatására alakul ki a *magnetoszféra*, vagyis az a térrész, amelyben bolygónk mágnessége elkülönül kozmikus környezetétől, itt a légkör tulajdonságait erősen befolyásolja a földi mágneses erőter, amit a maga részéről a napszél véges térrészbe kényszerít. A magnetoszféra külső határa a magnetopauza, vékony átmeneti réteg az interplanetáris tér és a planetáris tér között. A magnetopauza a Föld napfelőli oldalán átlagosan 10 föld-sugárnyi, az átellenes oldalán azonban csóvaszerűen messze kinyúlik többszáz föld-sugárnyira is, pontos mérete ma még nyitott kérdés. A magnetopauza határa állandóan változik, ugyanis a földi mágneses erőter nyomása és a napszél áramlásának kinetikus nyomása közti egyensúly eredményeként áll elő. Így a pillanatnyi helyzetét döntően a napszél határozza meg, ez pedig a



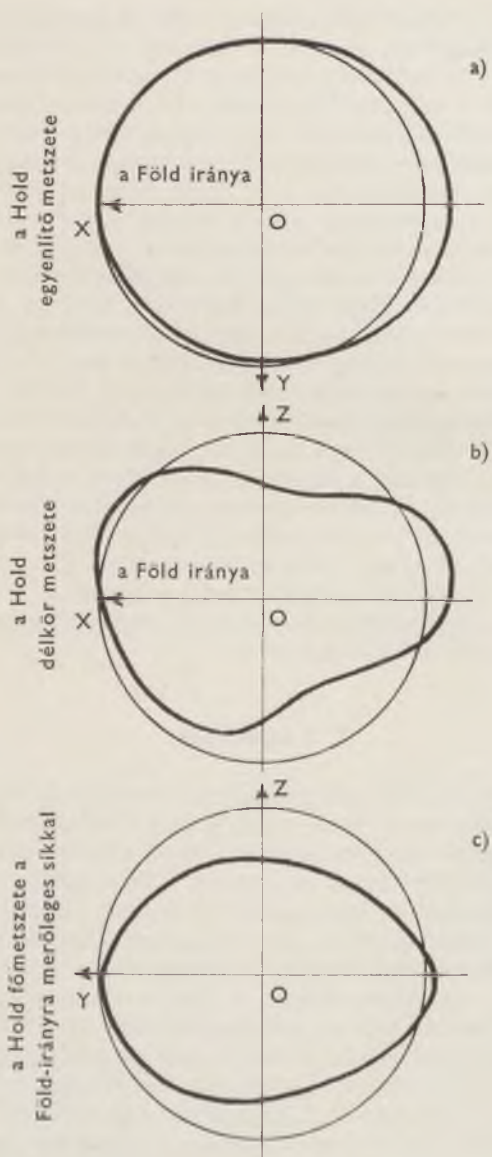
56. ábra. A földi magnetoszféra felépítése. Az ábra az éjjél-dél meridián-metszetet mutatja

Napon végbemenő folyamatoktól függ. A napfelőli oldalon a magnetopauza előtt néhány földugáryni távolságra úgynevezett lökéshullámfront van, amelyen a napszél gyakorlatilag nem hatol át, csak körüláramolja. Szoláris töltött részecskéket a magnetoszférába csak az erővonalak mentén, tehát az ún. semleges pontoknál juthatnak be. A magnetoszféra belső szerkezetének feltárása is a műholdas megfigyelések hozománya. A sugárzási övezetek, Van Allen-zónák sajátosságairól 1960 táján publikált első egyszerű elgondolásokat — a geomágneses erővonalcsövekbe, mint mágneses palackokba fogott elektromosan töltött részecskékről — lényegében ma is fenn tartjuk, csak ma sokkal adatgazdagabb és összefüggésterhesebb, bonyolultabb modell alakításán fáradozunk. Jelentősen bővültek ismereteink a földfelszín és a belső szerkezet tekintetében is. Mesterséges égitestek (Land-sat, Nimbus, Meteor) űrhajók és az űrállomások által készített felvételek sokasága geológiai, meteorológiai, óceonográfiai felméréseket tett lehetővé. Ennek következtében kialakultak a kozmikus földkutatás módszerei. A felszín felett keringő állandó figyelőszolgálat, amely egyszerre 6 hullámtartományban készít felvételeket a földfelszín, a jégtakaró, a felhőtakaró, a légmozgások helyzetéről, adatainak együttes feldolgozása következtében „bc-láthatunk” a felszín alá. Felbecsülhetjük az energia- és nyersanyagkincseket, vízkészleteket, az időszakos vízhozamváltozásokat. Sőt a növénytakaró vizsgálati lehetőségével fontos eszközt kap az erdészet és a mezőgazdaság is. De ezeknek a módszereknek az elterjedése, nagyobb mértékű felhasználása a következő évtizedekre várható.

A holdkutatás

Az elmúlt húsz év alatt mérőműszereket telepítettünk a Hold köré és felszínére. Az ember személyesen meglátogatta a Föld kísérőjét, kezébe foghatta és tudományos vizsgálat tárgyává tette a Hold anyagát. Ennek a folyamatnak óriási jelentősége van, hiszen a Naprendszer bolygóinak és holdjainak szerkezetére és kialakulásuk történetére vonatkozó ismereteinket nagyságrendekkel bővítette. Az eredmények felhasználásával hozzáfoghattunk a Naprendszer történeti problémáinak természettudományos kidolgozásához — a tények alapján. A Hold kiváltképp nagyon jelentős segítséget nyújt ezen a területen, minthogy felszínét nem változtatja meg a víz és a légkör eróziós hatása, de nem is őrzi mágneses pajzs a kozmikus hatásoktól — és nem utolsósorban élőlények sem alakítják át.

Ismereteinket a Luna-sorozat, a Rangerek és Lunar Orbiter holdszondák, valamint az Apollo-missziók gazdagították. A felvételek, mérések kiértékelése s a közetanalízisek és más vizsgálatok (radioaktív kormeghatározás) következtében lényegesen átalakult és árnyaltabb lett az a kép, amivel égi kísérőnkéről rendelkezünk, bár még sok kérdés nyitott maradt.



57. ábra. A Hold alakja három főmetszetben

Megtudtuk, hogy a *Hold sem forgásszimmetrikus*, hanem a műhold megfigyelések szerint határozottan szabálytalanabb alakú, mint a Föld (57. ábra). Tömegközéppontja nem esik egybe geometriai középpontjával, hanem annál 2-3 kilométerrel közelebb van a Földhöz. Az átlagosan 60 km vastagnak vélt holdkéreg sem homogén. Megállapították, hogy felénk fordított oldalán a kéreg vékonyabb és nagyobb sűrűségű, mint a túlsó oldalon. Az utóbbi két megállapítás arra enged következtetni, hogy 4,5 millió évvel ezelőtt, amikor a Hold anyaga megszilárdult, a Föld gravitációs befolyása már ebben is érvényesült. Ez pedig annyit jelent, hogy megszilárdulása óta a Hold mindenesetre Földünk kísérője.

A *holdkéreg* ezen felül más anomáliákat is mutat. A mare-vidékeken 20 km vastag bazalt réteg fekszik a felszínen, ez alatt 40–50 km-es anortozit réteggel folytatódik, amit 1000 km mélységig piroxen köpeny követ. A szeizmikus mérésekből pedig arra következtetnek, hogy mintegy 1000 km mélységben egy, részben olvadt állapotú holdi mag kezdődik. A terrák öregebbek a maréknál, és maradandóbb nyomot hagytak rajta a becsapódások. A fiatalabb marék megőrizték vulkáni keletkezésük jegyeit. A terrákon a felső réteg 70–100 km mélységig tartó anortozitos gabbró. Ez alatt szintén megtalálható a piroxen köpeny.

A *Hold jellegzetes kőzettípusai* a mare-bazaltok és az anortozitok; mindkettő bazaltos olvadék származéka.

A mare-bazaltokat gazdag titán-, króm- és vastartalmuk különbözteti meg a földi bazalttól, valamint a holdi terrát alkotó anortozitos kőzetektől. Az anortozitos kőzetek pedig alumíniumban dúsak. A vas szinte teljesen ferrovas (Fe^{++}), sőt kis mennyiségben fémvas állapotban is előfordul a holdi bazaltokban, ami redukív kialakulási körülményekre utal.

A *holdporról* megtudtuk, hogy a mikrometeoritok bombázó hatása következtében létrejött 10–100 mikronos kőzetszilánkok, törmelékek és üvegszemcsék alkotják. A mágneses tér mérése bizonyította, hogy a *Hold nem rendelkezik globális mágneses erőtérrel*, de lokális mágneses tere van. A Hold gravitációs erőtere viszonylag erős anomáliákat mutat. A nagyobb gravitációjú helyeket *masconoknak*, *tömegkoncentrációknak* nevezik. A holdminták a kőzetek viszonylag kevés fajtáját tárják elénk, bár mégis felfedeztek három új ásványt bennük.

A kémiai és ásványtani vizsgálatok lehetővé tették a *Hold fejlődéstörténetének* közelítő rekonstrukcióját. Jelen ismereteink szerint két nagy differenciálódási szakasz zajlott le. Az első során a néhány 100 km-es olvadt külső zónából kristályos differenciálódás folytán anortozitos kéreg keletkezett. A meteoritbecsapódások már csak megrepesztani tudták a kérget, ennek következtében a mélyebb és folyékonyabb állapotú anyag a felszínre ömlött. A radioaktív elemek a felszín közelébe kerültek. Megindult a hőtermelés, ez váltotta ki a második vulkanikus differenciálódást. A köpeny parciális olvadékai a mélységből a felszínre ömlöttek, az illékony anyagok

eltávoztak, az olvadék hatalmas térségeken szétterült. A koncentrikus gyűrűs medencék lehettek az olvadék járatai. A parciális olvadás a terra-kéreg felszínét már alig módosította. A második átrendeződés 3 milliárd éve lezárult, azóta vulkanizmusnak nyoma sincsen.

Közismert, hogy a Holdnak gyakorlatilag nincs légkör. Ennek ellenére a Lunohod—2 éjszakai fénylést észlelt. A Holdon elhelyezett mikrometeorit detektorok napkelte tájékán lényegesen sűrűbben jeleznek becsapódást, mint holdi éjszaka vagy nappal alatt. Pontos mérések kimutatták, hogy ez a „porvihar” 40 órával a napkelte előtt rohamosan növekedni kezd, napkeltekor a normális érték 100-szorosára is felemelkedik, majd csökkenni kezd és kb. 30 órával a napkelte után visszaesik az átlagértékre. Hasonló, de kisebb intenzitású „porvihar” napnyugtakor is megfigyelhető. Ez a megfigyelés összhangban van a Survcyrok észleléscível is, amelyek napnyugtakor fényes vonalat észleltek a látóhatáron, nem messze a felszíntől, amit tehát a talaj felett lebegő porrészecskék által szórt fény hoz létre.

Útban a Naprendszer bolygói felé

A Marsra vonatkozó legizgalmasabb kérdést — vagyis az élet lehetőségét a bolygón a közelmúltban startolt Viking-szondák fogják vizsgálni. Eredményeikre azonban még várni kell. Az űrkutatás jóvoltából azonban jelentős — habár még nem átfogó jellegű — eredmények állnak már rendelkezésünkre. Az első meglepetést azok a közelfelvételek okozták, amelyek a Mars felszínének kráterekkel gazdagon borított vidékét tárták elénk. A Hold-felszínéhez való nagyfokú hasonlóság azonban a Mars felszínének csak bizonyos térségeire jellemző. Az újabb felvételekből megállapították, a kráterek a bolygó keleti, ill. déli félgömbjén a legelterjedtebbek, többségük kétségtelenül becsapódási eredetű, valószínűleg a bolygó történetének igen korai fázisában keletkezettek. A bolygó nyugati térsége a nagykiterjedésű vulkáni óriáspajzsok és bennük hatalmas vulkáni kúpok jellegzetesek (XX. kép). A legnagyobb a 600 km átmérőjű *Nix Olympica* vulkáni kúpja, amely a környező síkságból 25 km-re emelkedik ki. (Itt jegyezzük meg, hogy a Mars felszínén a gravitációs gyorsulás értéke a földinék 0,38 szorosa.) A vulkánosság egyébként is igen elterjedt a Marson, a felvételeken számos kisebb-nagyobb vulkánt is ismertek fel. A Marsz—3 mérései arra engednek következtetni, hogy a Mars vulkánikusan még ma is aktív.

A Mariner—9 mintegy 1500 db 1000—100 m felbontóképességű képéből 1972-ben elkészült az első részletes *marsfelszíni térkép*. A marsi egyenlítő vidékén mintegy 6000 km hosszú „árok”-rendszer húzódik kelet-nyugati irányban, ennek jelentős szakasza 120 km széles, 6 km mélységű „kanyont” képez. Nagy-kiterjedésű törésvonal (5000 km) szeli át a bolygót észak-nyugat-délkeleti irányban.

A Mars légköre főleg széndioxidból áll. A Marsz—6 leszálló egységének mérései szerint a légkörben az argon elérheti a 30%-ot, szénmonoxid és oxigén 0,1%-ban, vízgőz 0,01%-ban fordul elő benne. Hidrogén csak atomi formában vagy nukleáris nyomokban van. A Marsz—6 mérései szerint a Mars légköre a felszín közelében a földi légkör nyomásának mintegy 0,005 része.

A Marsnak belső eredetű *mágneses terét* a szondák kimutatták. A mágneses térerőssége 30 gamma, ami a bolygóközi tér átlagos térerősségének 7—10 szerese. A Mariner—9 a Mars két holdjáról, a Phobosról és a Deimosról is továbbított képeket. Mindkettő szabálytalan alakú, felszínük számtalan becsapódásos kráterrel szabdalt.

1975 novemberében közvetítettek először űrszondák, a Venyera—9 és —10 más bolygó — a Vénusz — felszínéről jó minőségű felvételeket. Ezt megelőzően is megdöbbentően érdekes adatok álltak rendelkezésünkre a korábbi Venyerák és Marinerek mérései következtében. A kráterekkel borított felszín közelében az átlagos hőmérséklet mintegy 500 °C, a légköri nyomás kb. 90 atmoszféra, a légkör sűrűsége pedig a földinek 50-szerese. Vastag *felhőtakarójáról* 5800 km távolságból készített televíziós felvételekből (Mariner—10) 1974-ben sikerült összeállítani a bolygó globális UV képét. A párhuzamos felhősávokból és kavargó örvényekből a felhőzet mozgását tanulmányozták (XXII. kép).

A Vénusz csaknem *teljesen gömb alakú* égitest, ami a bolygó lassú forgásával jól magyarázható. Valószínűleg *nincs mágneses tere*, így magnetoszférája sem lehet. *Légkörének* összetétele pedig 97% széndioxidot, 0,1% vízgőzt tartalmaz. Ezek az arányok a különböző felszín feletti magasságban erősen változnak, tekintettel a lejátszódó kémiai folyamatokra.

A Földre továbbított *felszíni felvételek* a Vénusz egyenlítőjének körzetében készültek (XXIII. kép) egymástól 2200 km távolságban. A képek tanúsága szerint a felszínt éles kontúrú kövek borítják. A kövek határozott körvonala arra utal, hogy fiatal képződmények. A képeken a kövek árnyéka jól kivehető, maguk a kövek pedig jó fényvisszaverők, ebből egyrészt arra következtethetünk, hogy a bolygó felszínét nem borítja por, másrészt pedig megállapítható, hogy a Nap fénye a vastag felhőtakaró ellenére közvetlenül lejut a Vénusz felszínére. A légkör tehát a talaj felett viszonylag átlátszó.

A *Merkurra* vonatkozó legújabb adatokkal a Csillagászati Évkönyv külön cikke foglalkozik, így erre itt nem térünk ki.

A földtípusú bolygók fejlődése többek szerint az „egyszerű” Holdtól a Föld felé vezet. A Mars, a Merkúr és a Vénusz a fejlődés különböző fázisait reprezentálja. Viszonyaik, szerkezetük megismerése a Föld és a földi élet kialakulására adhat választ.

Naprendszerünk óriását, a *Jupitert* eddig a Pioneer—10 és —11 szondák közelítették meg. Ezzel megkezdődtek a bolygó részletes, közeli vizsgálatai.

Ahhoz, hogy jeleket, mérési eredményeket kaphassunk a Jupiter térségéből, speciális adóberendezés és energiaforrás alkalmazása volt szükséges. A berendezésekhez az energiát a szonda két kinyúló (2,7 m) karjára helyezett két-két rádióizotópos generátor biztosítja, a mérési adatokat pedig 2,7 m átmérőjű parabola antennával sugározzák vissza a Földre. A kisugárzott 8 W teljesítményből a Földre 10^{-24} W érkezik vissza. A vételi technika előtt tornyosuló nehézségekre jellemző, hogy egy 15 W-os izzólámpa 1/1000 sec-ig tartó üzemeltetéséhez 38 évig kellene gyűjteni ezt az energiát!

A szondának, amely a Jupitert 131 000 km-re közelítette meg, át kellett haladnia a *mágneses tér* és a napszél találkozásánál kialakuló lökéshullámfrontra. A mérések alapján a Jupiter magnetoszférája kiterjedtebb, elnyúltabb és erősen lapultabb annál, amilyenek korábban a Földdel kapcsolatos tapasztalatok alapján gondoltuk. A mágneses tengely 15° -os szöget zár be a forgástengellyel. A mágneses középpont 8000 km-re van a tömegközépponttól, ezért az egész magnetoszféra bonyolult mozgásban van (58. ábra). A felszíni mágneses térerősség csak nyolcszorosa a földinek, szemben a várt hússzoros értékkel. Külön érdekesség, hogy a Galilei-holdak és a Jupiter sugárzási övezetei zavarják egymást, elsősorban az Io légkörére gyakorolt hatást az anyabolygó, pedig 421 ezer kilométerre kering tőle.

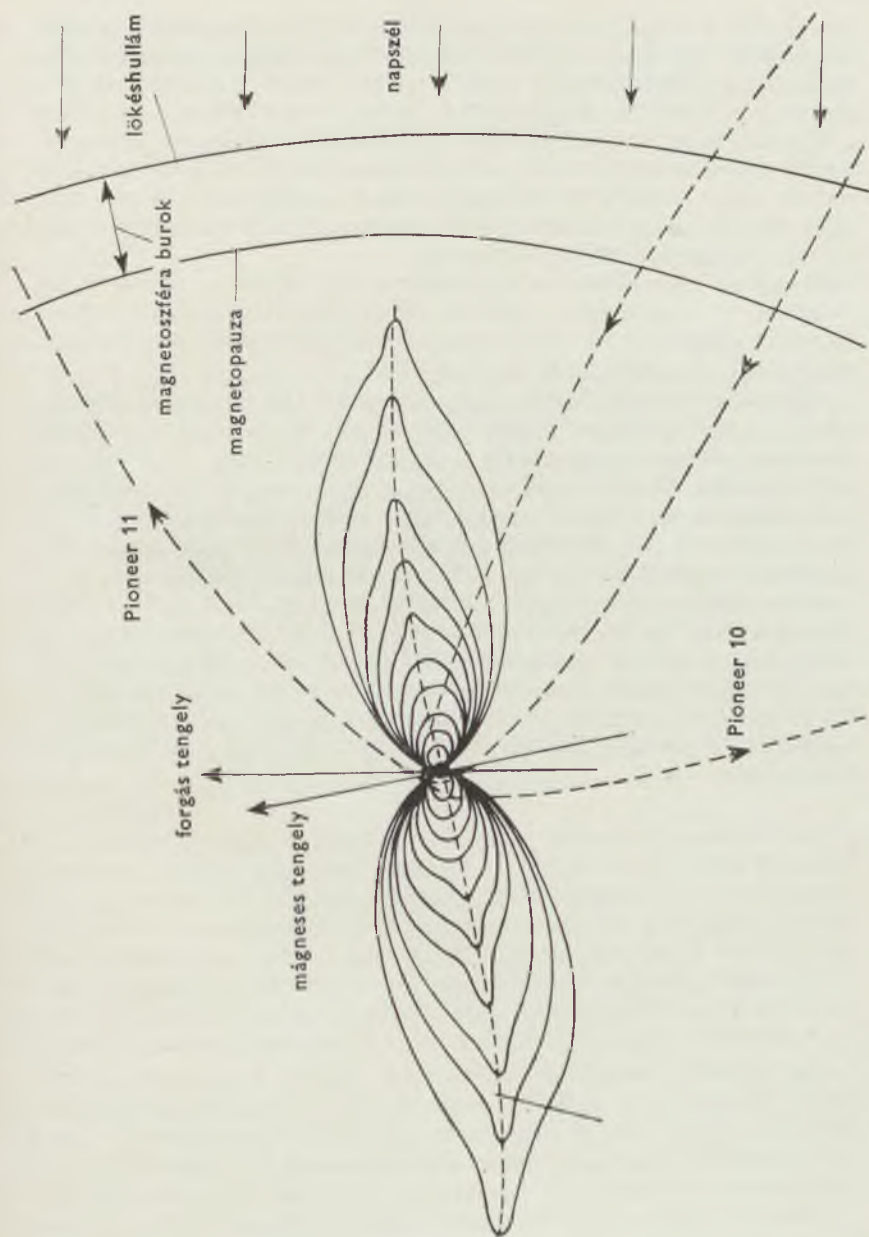
A Jupiter holdjaira vonatkozó új ismereteink pedig a következők: a „Galilei-hold”-ak közül az Io, a Ganymedes, a Kallisto nem túl sűrű, de jelentékeny kiterjedésű légkörrel rendelkezik, az utóbbi kettőnek a Marséra emlékeztető jégsapkája is van. A Ganymedes és Io légkörében még ionoszféra is kimutatható. Az Io felszínén pedig valószínűleg szennyezett nátrium-klorid „sivatagok” találhatóak. A légkör 87%-a hidrogén, 12%-a hélium, megtalálható benne a metán, ammónia és vízgőz (tehát oxigén is van!).

Az atmoszféra a sarkok fölött mély indigókék, benne gyorsan táguló és összehúzódó vörös lélegző foltocskákkal. Az egyenlítő felett párhuzamos világos és sötét övek vannak, ezek közül a sötétebbek melegebbek. A Pioneer—11 mérései szerint a Nagy Vörös Folt örvénylő gáztömeg, amelynek hőmérséklete alacsonyabb a környezeténél. Nappali és éjszakai hőmérséklete megegyezik: -133°C .

Ember a világűrben

Az űrkutatás első húsz évének, az úttörők hősi korszakának még egy ilyen távirati stílusú összefoglalása is hiányos lenne, ha nem említenénk meg az űrhajózó emberrel kapcsolatban elért eredményeket.

Az űrrepülés műszaki lehetőségeinek biztosítása után élő szervezetekkel kellett a gyökeresen eltérő viszonyok hatását ellenőrizni (sugárzások, súlytalanság, megterhelések stb.). Gondos előkészítés és állatkísérletek után indulhatott ember először földkörüli pályára (Gagarin, Tyitov, Glenn, ...).



58. ábra. A Jupiter magnetoszférájának vázlatja

A szokatlan és megerőltető viszonyok között az emberi reakciók megfigyelése segítette elő azoknak az életfenntartó eljárásoknak és rendszereknek a kialakítását, amelyek lehetővé tették nemcsak a passzív űrutazást, hanem a munkát is az űrhajóban és azon kívül is (űrséta: Leonov, White, . . .). Ennek a folyamatnak az eredménye, hogy a megterhelések csökkentek, már nemcsak kizárólag repülőpilótaból verbuválódhattak az űrhajósjelöltek, hanem kevésbé edzett orvosokból, csillagászokból és geológusokból is. Ma már nincs akadálya, hogy hónapokig tartó munkára speciális személyzet tartózkodjon a Világűrben (Skylab, Szaljutok).

Hasonlóan megoldódott az a probléma, hogy idegen — bár aránylag „barátságos” — égitesten, a Holdon (tehát gyakorlatilag légkör nélküli égitesten), a földihez képest csökkent gravitáció mellett ember dolgozhasson, még ha csak rövid ideig is (Apollo-űrrepülések).

Az a vissza-visszatérő kérdés, hogy jut-e szerep az embernek az űrutazásokban az egyre tökéletesebb automaták mellett, ma már világosan megválaszolható: átlagos rutinmunkákra — kellő felderítés után — felesleges az ember jelenléte. De épp a kellő felderítés céljából a csodálkozó, taláلكony ember jelenléte elkerülhetetlenül szükséges a centrális feladatoknál. S hány-szor mentett már meg űrhajós a fedélzeten egész kutatási programot a balsikertől (a Skylab űrállomás első legénységének javítási munkái).

Az emberiség új fordulat első két évtizedét tette meg. Talán az újkor elején megindult nagy földrajzi felfedezésekkel állíthatjuk párhuzamba az űrkutatás eredményeit. Ilyen nagy, forradalmi tettek óhatatlanul áldozatokat követelnek. Sok kiváló úttörő adta életét, hogy az emberiség előtt megnyissa az űrkutatás kapuját; közülük az űrhajós hősökre, Chaffere, Dobrovolszkijra, Grissomra, Komarovra, Pacajevre, Volkovra, White-ra mindnyájan jól emlékezünk.

A MERKUR BOLYGÓ

Mercurius az istenek küldönce volt a görög mitológiában. Talán ezért is nevezték el a Nap körül leggyorsabban forgoló bolygót róla. Míg gyors keringésének „kedvez”, csupasz, légkör nélküli felszínének megfigyelését zavarja a Nap közelsége. A távcsöves bolygómegfigyelés évszázadaiban gyökeret vert az a nézet, hogy tengelyforgása kötött. Ez a hit olyan erős volt, hogy amikor 1962-ben elongációban megmérték a megvilágított és a sötét oldal termikus rádiósugárzását, és azt találták, hogy a sötét oldalé nem a kötött keringéshez tartozó zérus, inkább egy vékony atmoszférát tételeztek fel az anomális sötét oldal hőemissziójának magyarázatára. A kötött keringést csak 1965-ben cáfolták meg *Dyce és Pettengill* radarmérései, amelyet az Arcibo Observatórium óriástávcsövével végeztek. Eredményüket ugyan nagy hibával kapták — 59 ± 5 nap — de *Colombo* olasz matematikus, aki régóta érdeklődött a Merkúr mozgása iránt, rögtön felismerte, hogy ez az érték a keringési idő kétharmada, és így a Merkúr feltehetően a váratlan keringési idő: tengelyforgási idő = 2 : 3 rezonancia esetet valószínűsíti meg mozgásában.

A *Mariner—10* utazását megelőzően a Merkúr felszínéről megbízható adatokat csak *Dollfus* polarizációs mérései nyújtottak. A polarizációs görbe lefutása porózus, sok belső tükrözést kiváltó törmelékes anyag létét sugallta már a holdmintákat megelőzően is. A holdi *regolit* azóta a kutatók asztalára került, a *Mariner—9* a Mars porviharait kapta lencsevégre. A *Mariner—10* pedig a kívülről, krátersebeivel holdszerű, belülről, mágneses terével földszerű Merkurral ismertetett meg bennünket. Kézenfekvő lesz tehát a bolygó felszínét a Holdéval, mágneses terét pedig a Földével összehasonítanunk.

Távolí területekről szerzett ismereteinket térképeken foglaljuk össze. A bolygók kutatásánál is ez az első lépés. 1970-ben a Nemzetközi Csillagászati Unió úgy döntött a bolygók kezdő meridiánjáról, hogy az az 1950. évi első perihélium átmenet szubszoláris pontján haladjon át. A *Mariner-10* megérkezésekor ez a délkör a terminátoron túl húzódott (a terminátor körülbelül a 13° nyugati hosszúságra csett), ezért a 20° nyugati hosszúságot vették kezdő meridiánnak. Ez egy másfél kilométer átmérőjű kráteren halad

át, amelyet *Hun Kal*-nak neveztek el, ami a maják nyelvén húszat jelent. (A maják húszas számrendszert használták.) A fényképfelvételekről nem derült ki, hogy a Merkúr forgástengelye pontosan milyen szöggel hajlik a pályasíkhoz, de annyi biztos, hogy a 90° -tól, vagyis a pályasíkra merőlegetől csak nagyon kevés (maximum fél fokot) térhet el. A Merkúr térképezéséhez a pályasíkra merőleges forgástengelyt és 58,6462 napos tengelyforgási periódust (a keringési periódus $2/3$ -át) vettek alapul.

Az első találkozás alkalmával a Mariner—10 a bolygó mögött haladt el. Így a megközelítéskor, majd eltávolodáskor készült felvételek között nem lehetett olyan, amelyik a két lefényképezett területet összekapcsolja, átfedje. Ezért a második találkozást — amelyet a Mariner—10 pályamozgásának a Merkúréval jól összemérhető, éppen kétszeres periódusa tett lehetővé — úgy tervezték, hogy a Mariner—10 a Nap felőli oldalán elhaladva az addig lefényképezett két sávot fedje át felvételeivel. A két találkozás során a szonda a Merkúr felszínének 40%-át fényképezte le kilométeres felbontással. Az ezekből összeállított térkép így olyan részletességű, mint amilyennel a Holdról rendelkezünk a Lunar Orbiterek térképező fényképezéseit megelőzően.

A kartográfiai célú térképezéssel párhuzamosan azonnal megkezdődött a bolygó geológiai felmérése is. A felszíni formák, azok elhelyezkedése, az átfedési viszonyok mondanak legtöbbet a bolygó történetéről. A fotogeológ-

6. táblázat

A Merkúr bolygó adatai

Közepes naptávolsága	58 millió km
Perihélium távolság	46 millió km
Afélium távolság	69 millió km
Pályaexcentricitás	0,2056
Pályahajlása az Ekliptikához	7,004 fok
Keringési periódusa	87,969 földi nap
Rotációs periódusa	58,646 földi nap
Egy merkuri nap hossza	176 földi nap
Felületegységre beeső napsugárzás	6,6-szorosa a földinék.
Tömege	0,0553 földtömeg.
Sugara	2439 \pm 2 km
Átlagsűrűsége	5,44 gramm/cm ³ .
Szökési sebesség	4,2 km/sec
Felszíni gravitációs gyorsulás	370 cm/sec ²
Mágneses dipólmomentuma	5 · 10 ²² gauss cm ³
Vizuális albedója	7% (a holdival egyező)
Felszíni hőmérséklet, nappali	343 °C
Felszíni hőmérséklet, éjszakai	—170 °C
Felszíni légnyomás	2 · 10 ⁻⁹ milibárnál kisebb

gia kidolgozott módszerekkel kezdetű a Merkúr vizsgálatához. (1960 óta a Holdat, majd a Mariner—9 missziója után a Marsot is a földi sztratigráfia (rétegrajz) általánosítható, bolygófelszínnek fényképeire is alkalmazható módszereivel térképezték fel.

A Merkúr rétegrajza

A rétegrajz kiinduló feltevése: a bolygó kérge, felszíne tömbökből, egységekből áll melyek jól mérhető tulajdonságokkal rendelkeznek. Ezek közül legfontosabb a közet albedója. A tömb megfigyelhetősége leggyakrabban a morfológiával adott. Ilyenkor a felület rasztere és az átfedési viszonyok alapján határozhatók el egymástól az egységek. Az így kapott közet-sztratigráfiai egységek sorbarendezése a következő, nehezebb feladat. Kis területen még könnyen elvégezhető, de bolygófelszíni méretekben már nehéz olyan kiterjedt egységet találni, amely mindenütt jelen van, és a többi hozzá dátumozható. Mégis a sztratigráfia célja az ilyen nagy dátumsíkok megkeresése. Szerencsére a munka oroszánrészét már a Hold rétegrajzának megalkotásakor elvégezték. Mivel a Merkúr felszíne amúgy is nagyon hasonló a Holdéhoz, itt vissza kell nyúlnunk a holdi sztratigráfiához, és a Merkúr morfológiáját és rétegrajzát is állandóan a másik két kráterborította égitest szomszédhoz, a Holdéhoz és a Marséhoz érdemes hasonlítani.

A legszembeütőbb és leggyakoribb felszíni forma a Merkuron is a kráter. Méretük a fényképek felbontásától egészen a többszáz kilométerig terjed. A legnagyobb, a *Caloris medence*, 1300 kilométer átmérőjű. A kis kráterek tál alakúak és gyakran kis középponti csúccsal rendelkeznek. Ahogy egyre nagyobb méretű krátereket veszünk szemügyre, egyre észrevehetőbbek lesznek a belső kráterfal teraszai, és a központi csúcs is összetettebb lesz, (XXIV. kép). A körülbelül 130 kilométer átmérőnél nagyobb fiatal krátereknek belső koncentrikus gyűrűjük is van. (A holdi többszörös gyűrűs alakzatokat medencéknek nevezzük. De a legkisebb ilyen koncentrikus gyűrűs medence ott 300 km átmérőjű.)

Szembeütő a különbség a Merkúr és a Hold krátere között, minden kráterjellemző megjelenésében. *Gault* 130 merkuri, *Smith és Sanches* ugyanennyi holdi kráternél vizsgálta a teraszok és a központi csúcs megjelenését a kráterátmérő függvényében. A Merkuron a 10—20 km átmérőjű kráterek 80%-a teraszos és a 20 km átmérő felettiek gyakorlatilag mind teraszosak (71 kráterből csak kettőnek nincs terasza). Ezzel szemben a holdi 10—20 km-es krátereknek csak 12%-ánál találhatunk teraszokat, és a merkurihoz hasonló teljes teraszosság csak 40 km kráterátmérő felett figyelhető meg. Szinte ugyanezeket a számokat adja a központi csúcsokra végzett összehasonlítás is. A Merkúr krátereinél feleakkora átmérőnél jelennek meg a morfológiai jellemzők, mint a Hold krátereinél. Így a kidobott takaróbból és a

másodlagos kráterek sávjából álló peremvidék is fele akkora kiterjedésű. A Merkur-felszíni formák „tömöttsége” a nagyobb felszíni gravitáció következménye. (A felszíni gravitációs gyorsulás CGS egységekben a Merkuron 370, a Holdon 162, hányadosuk $370/162 = 2,3$.)

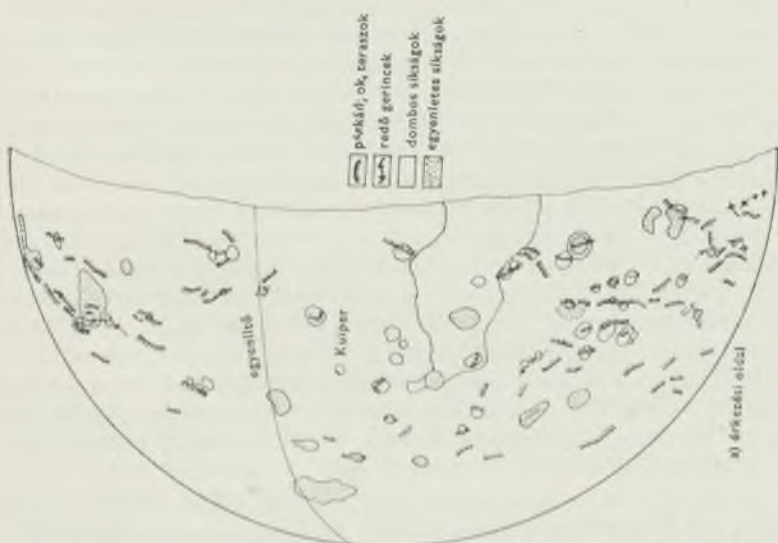
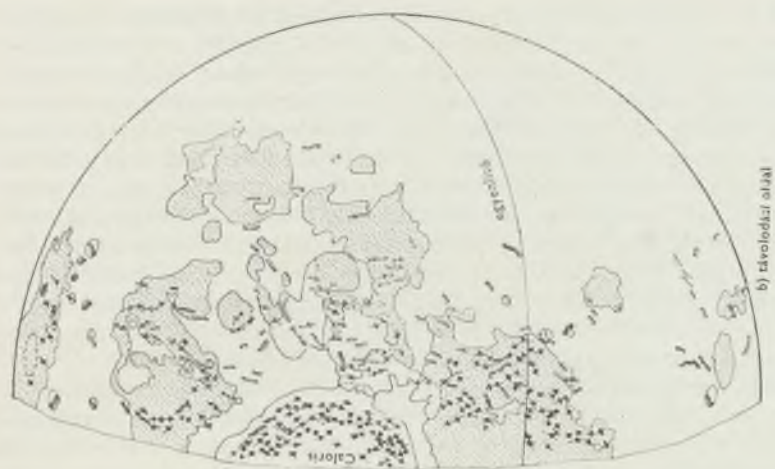
A Merkur felszínének legnagyobb, legszebb morfológiai egysége a Caloris medence (XXIV. kép). A belső síkságot (Caloris Planitia) a medence peremhegykoszorúját képező Caloris Montes-szel koncentrikusan haladó hegygerincek szabdalják fel gyűrűsen. A Caloris Montes hegykoszorún túl pedig radiálisan szétfutó lineamentekkel — árkokkal és gerincekkel — borított takaró, majd hatalmas síkságok húzódnak. Az egész elrendezés — mint a krátereké — a középpontos szimmetriát harsogja.

A koncentrikus gyűrűs medencéket és jelentőségüket csak a szisztematikus Hold-térképezés során ismerték fel. A Hold látható oldali mare síkságai elrejtették hosszú évszázadokon át a kutatók elől a kör alakú medencék igazi szerkezetét.

A kráterszámlálások rögtön eldöntötték, hogy a medencékhez kapcsolódó két nagy rétegrajzi egység, a *medence kidobott takarója*, valamint a medencét kitöltő *mare síkság* nem egyidős. Az erős középpontos szimmetriából egyszerű romboló eseményt, becsapódást tételeznek fel, amelynek rengéshullámai alakítják ki a koncentrikus gyűrűs szerkezetet, míg a mélyen fekvő területek lávaelőntése egy későbbi, belső differenciálódási folyamat eredménye, ami nem is korlátozódott csak a medencékre.

A medencék jelentősége a rétegrajzi térképezésben abból adódik, hogy kétféle *nagy kiterjedésű* és *egyidejű* (bár a mare kitöltés kétségtelenül hosszabb folyamat lehetett mint a medence keletkezése) egység, tömb kapcsolódik hozzájuk. Ezek jól azonosítható dátumsíkokat jelentenek a bolygó felszínével összemérhetően nagy területeken. Az egyes tömböket elég a környéken jelenlevő egyik medence takarójával összehasonlítani relatív korban, majd utána a medencék takaróit egymáshoz képest, és máris egy kész felszíni rétegsor birtokában vagyunk. Sajnos a helyzet a valóságban nem volt ilyen szerencsés a Hold esetében, és a Mars meg a Merkur felszínénél sem. A medencék takarói nem fedik át mindig egymást. Így a holdi rétegrajz is csak a két nagy medence, az Imbrium és az Orientale körül biztos. (Igaz, ezek a területek a Hold felszínének egyharmadát teszik ki! Lásd a XXV. képet!)

A Merkuron a Caloris medencét kitöltő és a körülötte elterülő síkságokon nagy számban találhatóak redő-gerincekre emlékeztető és lávafolyás frontokra hasonlító párkányok, teraszok (59. ábra). Ha csak a medencéhez tartozó síkságokon találnánk belőlük, holdi analógiára a mare kialakulás nyomainak gondolhatnánk őket. Azonban a lebenyszerű teraszok a Merkur eddigi lefényképezett felületén elszórtan mindenütt megtalálhatók. Hosszúságuk a mintegy 20 kilométertől 500 kilométerig, magasságuk néhány száz métertől a 3 kilométerig váltakozik. Élük lekerekített. (Ellentétben a Hold és a Mars éles peremű vetődéseivel.) Krátereken haladnak át, egészen eltérő szerkezetű



59. ábra. A párkányok, gerincek és egyenletes síkságok eloszlása a Merkuron (Strom, 1975.)

vidékeket szelnek keresztül. Pusztán morfológiájukból nem lehet eredetükre következtetni. Lebenyes formájuk és lekerekített peremük folyási frontokra emlékeztet. Nagy többségük azonban, minthogy átmetszi az alatta húzódó egységeket, hatalmas távolságokon át egyenletesen csaknem egyenes vonalat követ, inkább tektonikus eredetet sejtet. Ezt megerősítő horizontális elmozdulást csak egy kráternél találtak. (A fényképek felbontása csak a 10 km nagyságrendű eltolódásokat mutatja egyértelműen.) Ellentétben a holdi, széthasadással keletkezett és néhol bezökkent tektonikus árkokkal, a Merkurfelszín párkányai, teraszai a kéreg összehúzódásakor préselődhettek fel. Így meg lehet magyarázni, hogy a hatalmas Discovery Rupes párkányon, a pereméhez egészen közel elhelyezkedő idős kráter miért érintetlen, míg a tőle 50 km-re fekvő nagyobb, fiatalabb krátert átszeli a párkány úgy, hogy a megemelt nyugati kráterpadlózat széle a párkány pereme.

Miután megismerkedtünk a merkuri morfológia legjellegzetesebb formáival, az erős központi szimmetria miatt becsapódásos eredetűnek tartott kráterekkel és medencékkel, valamint a kéregösszehúzódások során feltorlódott párkányokkal, teraszokkal, vegyük sorra a Merkúr rétegrajzát uraló sztratigráfiai egységeket. A feltételezett egymásrakövetkezés sorrendjében tekintjük át őket.

Kráterközi síkságok: Valószínűleg ez a legelterjedtebb egység a Merkúr felszínén. Az idős, nagy kráterek és medencék közötti térséget tölti ki ez az egyenletesen hömpölygő síkság. Jellegzetessége, hogy tele van hintve apró (5–10 km átmérőjű) kráterekkel, és ezek sűrűsége itt jóval nagyobb, mint a (főleg a Caloris medencéhez kapcsolódó) fiatal alföldeken. A kis kráterek elnyúltak, egyik oldalon nyitottak, láncokba, halmazokba rendezettek. Mindezek a jegyek arra utalnak, hogy másodlagos kráterek.

A kráterközi síkságok a legősibb felszínek a Merkúron. Az általuk körülvett, *kráterekkel telített tereppel* nem látható semmiféle átfedési kapcsolat. A *kráterekkel telített terep* krátereinek kidobott takarója sehol sem fedezhető fel a kráterközi síkságokon. Ez érthető, mert mint már szóba került, a merkuri kráterformák „tömöttebbek” a holdbeliekénél, és a kidobott takaró is egy keskeny sávra korlátozódik, ami hamar elpusztul, betemetődik. Viszont e nagy krátereket másodlagos becsapódási kráterek széles gyűrűje szokta körülvenni. Feltehetően ezek a nagy kráterek voltak a *kráterközi síkságok* másodlagos krátereinek forrásai. Ezért gondolják idősebbnek a kráterközi síkságokat.

Kráterekkel telített terep: Sűrűn egymás mellett elhelyezkedő, részben egymást átfedő kráterekkel borított vidék. (Szemléletesen: a holdi terrákra emlékeztető tájak.) A kidobott takaró nem látható. A kráterek mérete a 30 kilométertől a medence nagyságig (ez a Merkúron körülbelül 150 km) terjed. A kráterek belsejét a környező *kráterközi síkságokénál* sokkal kevésbé kráterezett, fiatalabb lapos síkságok töltik ki (XXVI. kép).

Idős kráterek és medencék: Azok a kráterek és medencék tartoznak ide,

amelyeknél, bár erősen lepusztult formában, de felfedezhetők a kidobott takaró nyomai is. Belsejüket ezeknek is lapos síkságok töltik ki.

Lineáris völgyekkel szabdaltnak vidék: Ez az egység a kráterekkel telített terepet és a kráterközi síkságokat módosítja. 200—300 kilométer hosszan futó lineáris völgyek és hegyek alkotják. A völgyek szélessége 10 kilométer. (Az egész elrendezés a Hold *Imbriumi Mintázatára* hasonlít. Így nevezték el az Imbrium medencétől radiálisan szétfutó völgyek és gerincek rendszerét, amely az Imbrium medence kidobott takaróján terül el. Legszebben az Imbrium medencétől délkeletre, a Mare Vaporum és a Sinus Medii irányában, azokon túl látszik.) Az ilyen egységek minden bizonnyal a Merkúr még le nem fényképezett oldalán elhelyezkedő nagy medencékhez tartoznak. A Caloris medence mintázata fiatalabb ezeknél és a Caloris medencéhez kapcsolódó egységek leírásában szerepel majd.

Az eddig tárgyalt négy rétegrajzi egység mindenütt felfedezhető a Merkuron. A közös morfológiai sajátosságok alapján mondhatjuk egykorúnak, például a *kráterközi síkságokat*, mindenütt a Merkúr felszínén. Az *idős kráterek és medencék* periódusának végéről szükségszerűen meg kellett, hogy maradjon egy-két nagy medence kidobott takarójával együtt, épségben. Mivel egy medence kialakulása nagy területre kiható romboló esemény, azon a területen új lapot nyit a rétegrajzi eseményekben. Ennél a pontnál tehát szétválnak az egyes dátumsíkok rétegrajza, mert már szó volt róla, a medencék dátumsíkjai csak ritkán fedik át egymást. Biztosan csak a Caloris medencéhez kapcsolódó, a Caloris dátumsíkkal átfedési viszonyban levő egységeket lehet térképezni. (Szerencsés véletlen, hogy a Mariner—10 ottjártakor mindig kettészelte a Caloris medencét a terminátor, és így a medence egyik felét optimális megvilágítási körülmények között lehetett megfigyelni.) A továbbiakban tehát a rétegrajzi egységek a Caloris medencéhez kapcsolódnak.

Caloris Montes 1—2 kilométer magasan emelkednek ki a Caloris síkságból a medencét körülvevő, különálló kisebb-nagyobb tömbökből összerakott gyűrű hegyei. (A holdi Kárpátok—Apenninek—Kaukázus vonulathoz hasonlóak.) A gyűrű átmérője 1300 kilométer. A *Caloris Montes* egységhez tartoznak a hegyek közti mélyedésekben elterülő kisebb síkságok is. Ezek idősebbek a hegygyűrűt körülvevő alföldeknél. Valószínűleg a medence keletkezésekor feldobott törmelék hullott vissza és töltötte fel egyenletesen a hegyek közti mélyedéseket. Maga a hegygyűrű a medence keletkezésekor feltűrt alapkőzet tömbjeiből áll.

Caloris Mintázat: A Caloris medence keletkezésekor kidobott takaró radiálisan szétfutó völgyekkel és gerinccel borítva. A *Caloris Montes* gyűrűtől kifelé mintegy 1000 kilométeres sávban terül el, tulajdonképpen annak a folytatása. (Ahogyan a Montes Apenninus-é, a *Fra Mauro Formáció* a Holdon.)

Caloris dombos síkságok: A *Caloris Mintázat* nincs mindenütt jelen a fel-

színen a medence körül. Ezekon a helyeken találjuk ezeket a dombos síkságokat amelyek 6—800 kilométerre nyúlnak a *Caloris Montes*-től. Néhány száz méterestől kilométeres magasságú dombok és hegyek alkotják az egységet. Kisebb-nagyobb csoportokban, néha vonalak mentén (a medence peremével párhuzamosan) helyezkednek el. A dombok közti területet a fiatalabb síkságok foglalják el. A kráttersűrűség ezeken a síkságokon nem különbözik észrevehetően a medencét kitöltő síkságokétól. Mégis a dombos síkságok éles hatara az *egyenletes síkságokkal* jelzi, hogy az egyenletes, a Caloris medencét kitöltő síkság a fiatalabb.

Egyenletes síkságok: A legfiatalabb nagy kiterjedésű dátumsík a Merkúr felszínén. A holdi mare síkságok hasonmásai azzal a különbséggel, hogy nincsen olyan éles albedókülönbség a szomszédos egységek és az egyenletes síkságok között. Amellett, hogy csak elszórtan találunk rajtuk krátereket, az átfedési viszonyok is azt jelzik, hogy fiatalabbak a medencét körülvevő egyéb, sűrűbben kráterezett egységeknél. Az egyenletes síkságok kráttersűrűsége megközelítőleg mindenütt egyforma, ami azt jelzi, hogy viszonylag egyidős az egység. Az egyenletes síkságok leginkább a Caloris medencében és körülötte találhatóak, de kisebb-nagyobb foltokban a Merkúr egész felszínén előfordulnak. Redő-gerincek, párkányok, teraszok teszik változatosá az egyenletes síkságok felületét, és szinte költőien hullámzóvá varázsolják őket. Az egyenletes síkságok eredete még nincsen tisztázva. Mivel a síkságok durván egyidősek a Caloris medence anyagaival, és néhány helyen fokozatos az átmenet közöttük, ezért valószínű, hogy legalább egy részük a Calorist létrehozó becsapódás fluid állapotban szétterült törmeléke. Viszont az a tény, hogy a Merkúr felszínén sok helyütt megtalálhatóak nagy tömegben, azt sugallja, hogy egy részük olvadt állapotban ömlött a felszínre (a holdi marekhoz hasonlóan).

Az egyenletes síkságoknál fiatalabb anyagok csak kráternyi foltokban fordulnak elő a Merkuron.

Fiatal kráterek és medencék: Megőrizték szerkezetük minden fontos jellemzőjét: jól megfigyelhető kidobott törmeléktakaró, azon túl pedig másodlagos kráterek gyűrűje veszi körül őket.

Kráterek sugársávokkal: A holdi Tycho, Kopernikusz kráterekhez hasonló, radiálisan szétfutó és többszáz kilométerre elnyúló sugársávokkal rendelkező kráterek tartoznak ide. A sugarak minden más egységen áthaladnak, ezért ezek a legfiatalabb Merkúr-felszíni egységek. (XXVII. kép)

Mielőtt a Merkúr felszínét kialakító eseményeket rekonstruálnánk a megismert rétegrajzi egységekből, tegyünk egy részletesebb összehasonlítást a holdi rétegrajzzal. A holdi analógiákra, példákra hivatkozás nemcsak a merkuri egységek könnyebb meghatározását segítette, hanem lényegi azonosságot is sugallt a két égitest felszíni formái, rétegei között. Aki ismeri a Hold rétegrajzát, örömmel fedezhette fel a rokon formákat, rétegeket és az ezekből kirajzolódó hasonló felszín-történetet is.

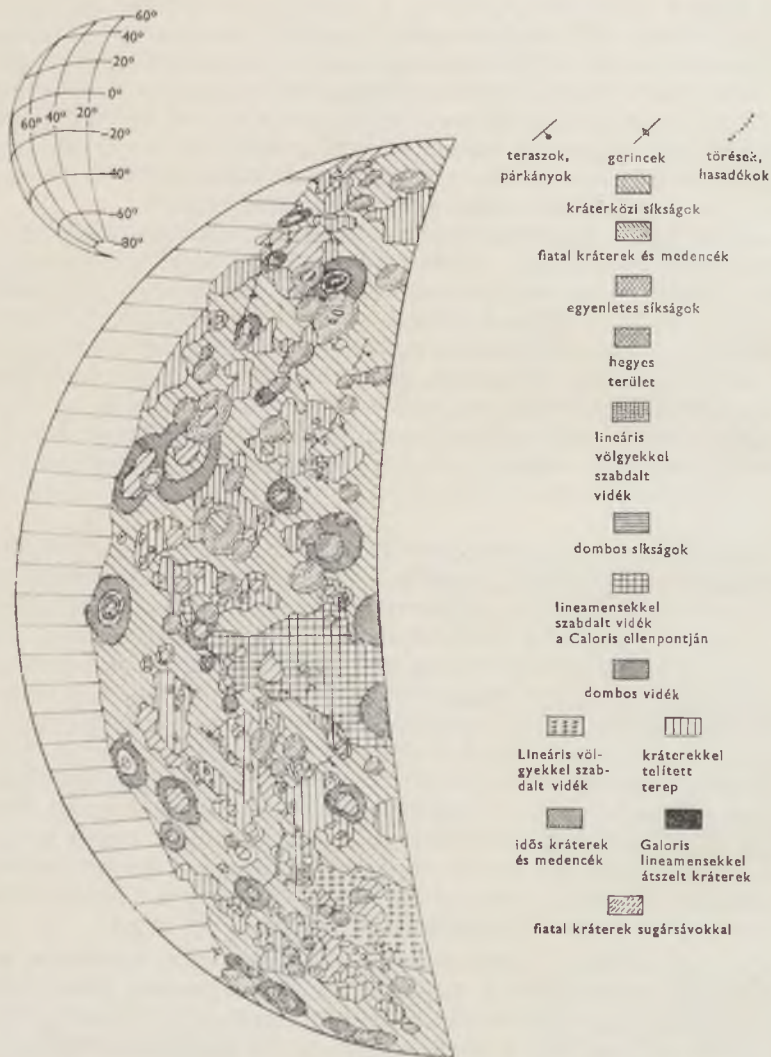
A Merkúr kráterközi síkságainak a Hold pre-imbriumának térképezett síkságai felelnek meg. Mindkét egység lényegében síma, és a benne elhelyezkedő kráterek padlózatánál magasabban fekszik. Jelentős különbség azonban közöttük, hogy a Merkúr kráterközi síkságai sokkal nagyobb kiterjedésűek. Ez viszont a Merkúr borító nagy kráterek és medencék holdinál kisebb számával magyarázható. A Merkúr kráterközi síkságaiban így az ősi kérget vélük felfedezni a kutatók. Azt a kérget, amelyet a Holdon hiába kerestek, mert a sok nagy kráter és medence takaró, törmelék eltemette.

A másik egység, amelynek holdi analógiája már nem ilyen egyértelmű, a Merkúr egyenletes síkságai. A Hold világos síkságai mutatnak rokonságot velük. (*Cayley Formációnak* nevezik ezt a nagy területen, de csak kisebb foltokban, elszórtan található egységet. Albedója csak kissé tér el a környezetétől, és a vulkáni keletkezésre utaló jegyek is hiányoznak a felszínéről.) A Merkúr egyenletes síkságainak nagy kiterjedése és a sok redő-gerinc rajtuk inkább a holdi mare anyagokkal mutat rokon vonásokat. Így *Trask és Guest*, a Merkúr első geológiai térképének szerkesztői a bolygó nagy kiterjedésű, egyenletes síkságait zömmel vulkáni eredetűeknek gondolják. (60. ábra). (A Cayley Formáció közei viszont breccsák, az Apollo—16 expedíció mintái alapján.)

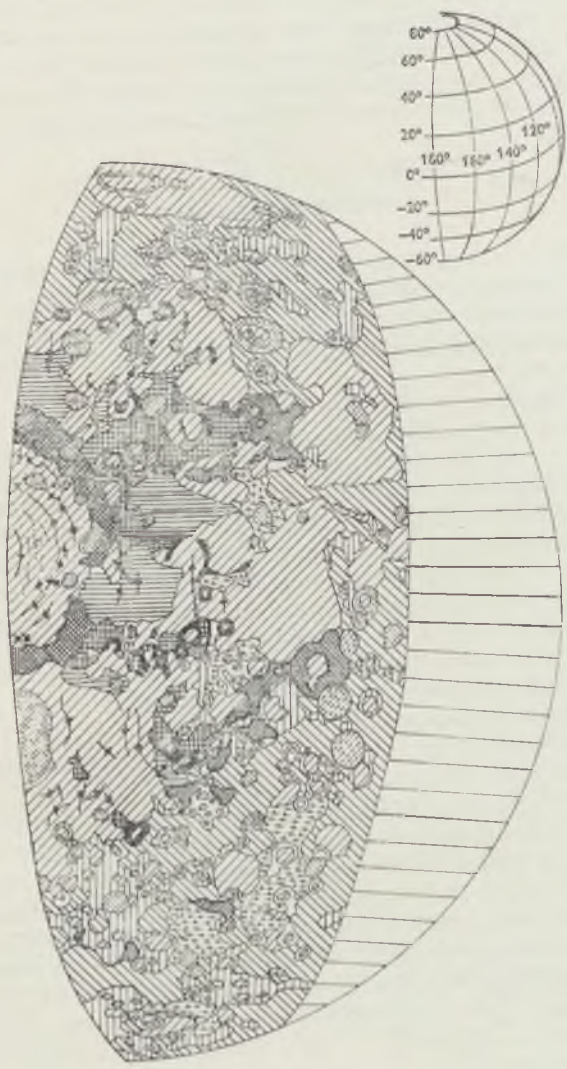
A rétegek egymásra következéséből a következő Merkúr felszíni eseményeket tudjuk rekonstruálni: összeállítás (akkréció) és differenciálódás (1), heves felszínbombázás (2), a Caloris medence keletkezése (3), a Caloris medence és a mélyedések feltöltődése (4), szórványos kráterképződés (5).

Minden bizonnyal a kezdeti nagy differenciálódás maradványai a kráterközi síkságok. Ebben az esetben a felszín intenzív bombázása, amely a sok nagyméretű krátert, tehát a kráterekkel telített terepet létrehozta, egy viszonylag hosszú epizód volt. Ha ezt a heves bombázási periódust az akkréció lecsengő fázisának tartanánk, akkor fel kellene tételezni egy olyan hatásos mechanizmust, amely a keletkezett krátereket gyorsan eltüntette, betemette. Idősebb, lepusztult krátereket ugyanis nem találunk. Légkör hiányában nehéz elképzelni egy ilyen felszínegyengető folyamatot. (A Hold néhány pre-imbrium síksága és maga az anortozitos holdkéreg is a kezdeti differenciálódási, majd intenzív bombázási elképzelést erősíti meg.)

A Caloris medence a heves bombázási periódus végén keletkezett. Ezt igazolja, hogy nem találunk a medencében holdi Arkhimédész típusú krátereket. (Ezek a mare-elöntéseknél idősebb, de a medencénél fiatalabb kráterek.) Feltehető, hogy a heves bombázás és a nagy medencék keletkezése egyidőben zajlott a Merkuron és a Holdon, a holdi közetminták alapján mintegy 4 milliárd évvel ezelőtt. Sőt, nagy medencék és ősi, az erózió miatt lepusztult kráterek a Marson is megtalálhatók. Úgy tűnik tehát, hogy a három feltérképezett Föld-típusú bolygón azonos események alakították a felszín keletkezésük után egy — másfél milliárd évig. Jogos következtetés, hogy a Föld arculata is ilyen lehetett akkor.



60. ábra. A Merkúr előzetes geológiai térképe (N. J. Trask és J. E. Guest)



A Caloris medencét és a környező területeket kitöltő egyenletes síkságok felszínén található fiatal és sugársávós kráterek gyakorisága (átmérő-gyakoriság görbéje) megegyezik a holdi mare síkságokon mérhetővel. Pontosabban az Apollo—12 és —14 leszállási helyén mérhető görbék közé esik. E fiatal kráterek tehát az utóbbi három milliárd évben keletkeztek a Merkuron és a Holdon is. A Merkur felszíne ugyanannyi ideje halott, mint a Holdé.

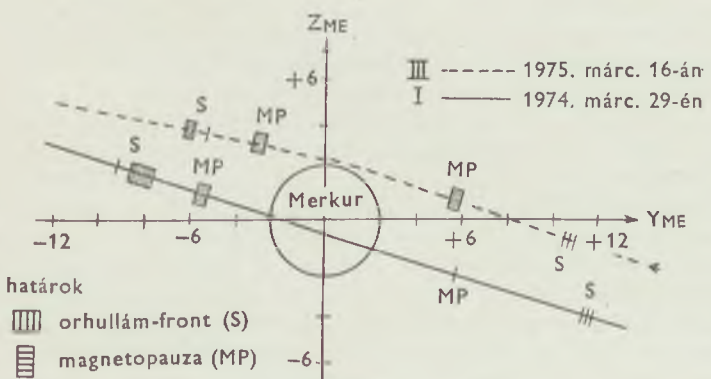
A Merkur mágneses tere

Talán Dollfus sem gondolta, hogy a Hold és a Merkur felszíne ennyire hasonlítani fog egymásra, de azt még kevesebben várták, hogy a Merkurnak jól mérhető *mágneses dipól tere* lesz. Ezen kevesek közé tartozott *Barta professzor*, aki földmágnesség előadásain többször elmondta, hogy mágneses terre számít a Merkurnál.

Hogyan keletkezhet dipólter egy bolygón? *Alfvén és Lindberg* kísérletei és számításai szerint minden olyan bolygóban, amelynek két belső rétege differenciálisan rotál (forgássebesség különbség van közöttük), egy a kezdeti gyenge teret felerősítő folyamat zajlik le. Egyenlítő menti köráramlás *dipólteret*, az északi és déli féltekén tengelyirány—meridián—radiális köráramok pedig *toroidális* teret hoznak létre. Ha a két tér energiája megközelítőleg azonos lesz, akkor a tengelyirányú áramlason hurok képződik. A hurokban az egyenlítői köráram irányával egyezően halad az áramlás. Így a *hurokinstabilitásnak* elnevezett jelenségben a kezdeti köráramot erősítő hatás munkálkodik. Ennek eredményeképpen a kezdeti gyenge tér felerősödik. Az erősítő folyamatot a differenciális rotációt létrehozó ok látja el energiával. Például az árapály keltő erő.

A bolygó körüli dipólteret a *napszél* módosítja. A napszél érkezése felőli oldalon összenyomja a mágneses teret. A dipólter „széttereli” a Naptól érkező részecskék áramát. Lökéshullámfront (a hajók orránál megfigyelhető, hasonlóan szétváló hullámfront után: orrhullámfront) jelzi a magnetoszférahurok határát. A szétvált részecske áram egy hosszan elnyúlt, csepp alakú üreget képez. Az üreg határa, amelyben a bolygó mágneses terét leárnýékoló áramok folynak, a vékony *magnetopauza*. Az üreg belsejében, a bolygó körül újra megnövekszik a töltött részecskék sűrűsége. (Azt a réteget, ahol a részecskék energiája is igen nagy, Van Allen övezeteknek nevezték.) A sűrűsége növekedést a bolygónak az üregben uralkodó mágneses tere által a dipól tengelye irányából „beszívott”, erővonal menti mozgásra befogott, töltött napszélrészecskék okozzák.

A magnetoszféra tartomány-határain mérhető mágneses térerősség ugrásokból a Mariner—10 szemléletesen fel tudta térképezni a Merkur mágneses terét. Már két tartomány határ — az orrhullámfront és a magnetopauza — megrajzolásával is jó összehasonlítást tehetünk a Földével. A bolygó méreté-



a Nap felől nézve

61. ábra. A Merkúr magnetoszférájának vázlatja a Mariner-10 tartományhatármérései alapján

hez képest a Merkúr magnetoszférája sokkal kisebb a földinél. Míg a Föld esetében 13 földugárnyira kezdődik az orrhullámfront és 10 földugárnyira a magnetopauza, a Merkurnál 1 merkurgugárnyira az orrhullámfront és fél merkurgugárnyira a magnetopauza. Azt mondhatjuk, hogy a Merkúr csaknem *kitölti magnetoszféráját* (61. ábra).

Az első találkozáskor maximális közelségben (704 kilométerre a felszíntől) 98 gammás, a harmadik találkozáskor (323 kilométerre a felszíntől) 400 gammás térerősséget mért a Mariner—10. (Az interplanetáris mágneses tér erőssége ott 20 gamma.) Ezekből a Merkúr dipólmomentumára az első találkozáskor $5,1 \cdot 10^{22}$ gauss.cm³, a harmadik találkozáskor $4,8 \cdot 10^{22}$ gauss.cm³ adódott. (A Merkúr dipólmomentume tehát kisebb mint a földi ezredrésze, körülbelül $7 \cdot 10^{-4}$ -szerese a Földének.) A mágneses tengely 83°-os szöget zár be a pályasíkkal.

Milyen következtetések kínálkoznak a Merkúr belső szerkezetére vonatkozóan? A rétegrajzi térképezésből kitűnt, hogy a Merkúr differenciálódott, szilikát kérgű bolygó. Nagy sűrűsége azonban csak úgy adódik helyesen, ha az összes szilikátot tartalmazó, 5—600 kilométer vastag kéreghez egy csaknem 2000 kilométer sugarú, roppant nagy vasmagot tételezünk fel. A mágneses tér jelenléte azt sugallja, hogy ennek a vasmagnak egy része olvadt.

A SZOMBATHELYI GOTHARD OBSZERVATÓRIUM

I.

Régi adósságot törlesztünk akkor, amikor röviden vázoljuk annak a múlt század végén alapított magyar csillagvizsgálónak a történetét (létrejöttétől kezdve napjainkig), amely a századforduló körüli időkben az ógyallai és kalocsai mellett tudományos szempontokból tekintve, jelentőségében semmivel sem maradt el, amíg az alapító GOTHARD JENŐ élt (1857—1909). (62. ábra)

A múlt században divattá vált a magán csillagvizsgálók alapítása, ezek az obszervatóriumok azonban ritkán bizonyultak hosszú éltűeknek. Még ritkább esetben fordult elő az, hogy az alapító műszaki képzettséggel rendelkezett. Miután Gothard Jenő elvégezte a bécsi Politechnische Hochschule-t, ahol főként finommechanikai, elektrotechnikai és optikai kollégiumokat hallgatott, tanulmányokat folytatott több európai csillagvizsgálóban is. Hazatérve, a Szombathely melletti Herény községben (ma: Szombathely VIII. kerülete) levő birtokán jól felszerelt műhelyt létesített, ahol különböző fizikai és optikai eszközöket készített — kedvtelésből.

Konkoly Thege Miklós (1842—1916), a később róla elnevezett ógyallai csillagvizsgáló létrehozója, rábeszélte Gothardot, hogy ne csak fizikai laboratóriumot, hanem csillagászati obszervatóriumot is rendezzen be. Ennek hatására Hauszmann Alajos műegyetemi tanár tervei alapján készült el a csillagda épülete 1880-ban (63. ábra), majd egy évvel később a „Herényi Astrophysikai Observatorium”-ban megkezdődött az a munka, melynek eredményeként egy évtized után a herényi intézet már kivívta a nemzetközi elismerést is. A megfigyelések elvégzésében elcinte, 1884-ig segédkezett az alapító testvére Gothard Sándor (1859—1939), aki később más területen hasznosította képességeit (a nyolcvanas évek végétől könyveik jelennek meg a mezőgazdaság gépesítéséről és a műtrágyák felhasználásáról); főként csak a meteorológiai adatgyűjtésbe kapcsolódott be a legfiatalabb Gothard fivér, Gothard István (1869—1948). A műhelymunkák egy részét Molnár József mechanikus végezte, ő volt Gothard „jobb keze”, rajta kívül más senki sem dolgozott Gothard Jenő életében a csillagdában.

Az első három évben Herényben a Konkolytól átvett és megfelelően átala-

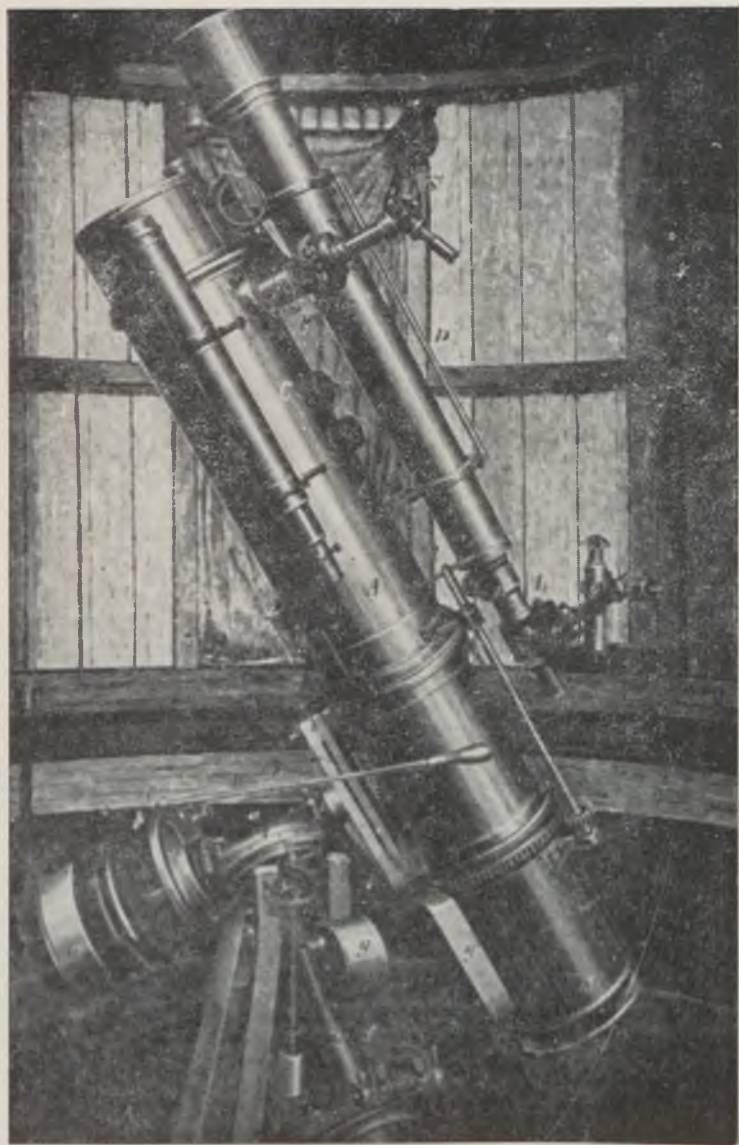


62. ábra. Gothard Jenő portréja, 1883-ból

kított, eredetileg 1863-ban a londoni Browning cégtől kikerült, 254 mm objektív átmérőjű, $F : 7,7$ nyílászviszonyú, Newton-rendszerű teleszkóppal (64. ábra) csillagok és üstökösök vizuális spektroszkópiai megfigyelését, valamint a Mars és Jupiter bolygók felszínén látható jelenségek vizsgálatát végezték, utóbbit rajzolósi technikával. Mivel a spektroszkopikus mérésekhez összehasonlító színekre volt szüksége, ezért létrehozott egy olyan vákuumtechnikai laboratóriumot, ahol a spektrálistíza gázokat elő lehetett állítani, és kisülési csövekbe tölteni. A csillagok spektrális vizsgálatával lényegében egy olyan nemzetközi programba kapcsolódott be az ógyallai és a herényi intézet, melyben akkoriban a potsdami vitte a vezető szerepct. Jelentős magyar eredmény volt az, hogy sikerült igazolni a szénhidrogén vegyületeknek az üstökösök spektrumában való megjelenését. A meteor radiánsok meghatározására irányuló Konkoly-féle kampányban is részt vett Gothard. Mind a színekpi, mind pedig a meteorvizsgálatokhoz a kor műszertechnikai színvonalán álló eszközöket tervezett és kivitelzett Gothard Jenő. Már 1883-ban a lipcsei Centralzeitung für Optik und Mechanik társszerkesztője, a Royal Astronomical Society és az Astronomische Gesellschaft rendes tagja. Ettől az időtől kezdve a fennmaradt számlák és üzleti levelek bizonyítják, hogy Gothard kb. a századfordulóig európai és amerikai csillagvizsgálók



63. ábra. A herényi obszervatórium képe 1884-ből



64. ábra. A Browning-teleszkóp 1883-ban

részére (sőt a jávai Lembangba is!) megrendelésre, különféle, a herényi műhelyből kikerült csillagászati műszereket szállított.

Gothard figyelme 1884-től kezdődően a fényképezés felé fordult, s annak tudományos, főként csillagászati alkalmazása terén elért sikerei útján írta be nevét maradandóan a tudománytörténet lapjaira. Mindenekelőtt egy fotokémiai laboratóriumot rendez be. Különféle átmérőjű és nyílászviszonyú asztrógráfokat készít (20 cm átmérőig). A Browning-reflektort alkalmassá teszi fényképezésre is, tökéletes óragépével több órás expozíció is lehetségessé válik, végül Münchenben Max Pauly-nál egy 25 cm átmérőjű, 5° törőelű objektívprizmát készíttet. Sohasem alkalmazta az akkoriban még széles körben használt nedves emulziót, a gyúlékony kollódiumos alapút. Lemezei eleinte saját készítésűek, később gyáriak, már részben orthochromatikus fényérzékeny rétegek, amelyeknek a mai szenzitometriai skálán mért érzékenységük 9–15° DIN között lehetett.

Eddig a legtöbb Gothard-életművet méltató írás Konkoly Thege Miklós és Harkányi Béla nekrológjai alapján indult el, és a legfontosabb eredménynek a Lyra planetáris köd (NGC 6720) centrális csillagának fotográfiai úton történt felfedezését tartották. A valóban nagy jelentőségű eredmény egyidejűleg a múlt században széleskörűen használt refraktorok felett is megkondította a harangot, mert azok általában csak a vizuális tartományban való használatra készültek. A legújabb Gothard-kutatások derítették fel azt, hogy a modern asztrofizikában használt ekvidenzitometriai módszert már 1888-ban alkalmazta ködök vizsgálatára. Ugyanebben az évben foglalkozott a kemolumineszcencia és az instrumentális polarizáció fotografikus mérésével. Veress Ferenc kolozsvári fényképésszel közösen koruk legjobb színes fényképeit készítették, laboratóriumban nagyfeszültségű elektromos kísérleteket regisztrált fényképein, ezen kívül többszínnyomású nyomdai eljárást dolgozott ki. A tudományos fényképezés területén kívül rendszeresen részt vett a nemzetközi művészi fotokiállításokon, több aranyéremmel kitüntetett fényképe maradt fenn. Az objektívprizma igen termékeny eszköznek bizonyult, mert használatával egyidejűleg több objektum spektruma regisztrálható, a halvány égitestek, ködök és nóvák színképének felvételére pedig más módszer nem bizonyult használhatónak. Ezzel zárul a herényi asztrófotográfia fénykorának is nevezhető korszak, kb. 1891-ben.

Az alapítástól számított tíz év alatt Gothard eredményesen dolgozott a spektroszkópia és asztrófotográfia területén. Azon fáradozott, hogy spektrográfokat építsen, a lemezek kimérésére pedig mérőmikroszkópot szerkesztett. Spektrálfotometriai tanulmányainak tárgyául gázködöket és nóvákat választott. Meggyőző erővel mutatta ki azok színképének hasonlóságát, utalt arra, hogy a planetáris ködök egykori nóvák maradványai (1892). Ez akkor történt, amikor még szinte semmilyen elképzelésünk nem volt a csillagok fejlődéséről. Mai ismeretanyagunk birtokában, feltétlenül ezt a tudományos eredményét kell első helyen említenünk.

A századforduló körüli időkben a gépészmérnökök nagy részének érdeklődése az új energiaforrás adta lehetőségek hasznosítása, az elektrotechnika felé irányult. Gothard technikai alkotó erejét ezek a kérdések kötik le ebben az időben. 1894—95-ben megépült az első magyar vízerőmű Ikerváron, Vas megyében. Az itt termelt villamos energia hasznosítására jött létre a Vasvármegyei Elektromos Művek Rt. Ennek első műszaki igazgatója Gothard Jenő volt. A tervezéseken és irányításon kívül saját maga készített néhány mérőműszert, a túlfeszültség védelmi rendszert szabadalmaztatta is. Megindult az ország első vidéki villamosvasútja is Szombathelyen, majd ezt követően Sopronban is, elgondolásai alapján. Megavolt nagyságrendű feszültséget előállító szikrainduktort épített. Ez a készülék a laboratóriumban végzendő spektroszkópiai vizsgálatok nélkülözhetetlen segédberendezése volt akkoriban. Egyidejűleg Jedlik Ányos osztógépével nagyméretű optikai rácst is készített és ezzel spektrográft, napfizikai tanulmányokhoz. (A spektrográfnak csak a fényképe maradt fenn az utókorra; maga a Rowland-rács az ötvenes évek végén a Központi Fizikai Kutató Intézetben egy kísérlet során véletlenül eltört.)

A nagy technikai alkotások, az említett Elektromos Művek és egy további, főként mezőgazdasági gépeket gyártó üzem irányítása szükségszerűen háttérbe szorította Gothard csillagászati kutatásait. Egészségét a megfeszített munka nagyon aláásta. Már csak rövid időre, 1901—1902 között tért vissza csillagászati témákra, a Nova Persei 1901 spektrumát tanulmányozta, valamint kiváló minőségű és nagy felbontóképességű színképeket készített a Napról.

Gothard az ezt követő időszakban, korán bekövetkezett haláláig (1909), főként gyógykezelési céllal sokat utazott, s eközben sokoldalúságának egy újabb érdekes arculata nyilvánul meg: természettudományi és régészeti gyűjtő szenvedélyének hódol. Ekkor alakul ki a közel 30 000 kötetet kitevő könyvtára és ősnymtatvány gyűjteménye, valamint ásványtani, zoológiai és paleontológiai tárgyak óriási halmaza, a régészeti és művészettörténeti dolgokról nem is szólva. Kár, hogy ez a módszeres kutatói és kísérletezői képességekkel rendelkező, a kortársak szerint igen vonzó egyéniségű és szerény ember olyan fiatalon eltávozott. Tárgyai, műszerei, nagy műszaki alkotásai és szellemi öröksége azonban az utókorra maradt.

II.

Az alapító halálát követő években a herényi intézet sorsában az első jelentős esemény 1918-ban történt. A Gothard-kastély eladásra került, következképpen az épület egyharmadát betöltő obszervatórium teljes felszerelését, továbbá az említett gyűjteményeket valahol el kellett helyezni. Az örökösök a szombathelyi Premontrei Főgimnáziumnak adományozták a teljes felszere-

lést és a gyűjteménytárgyakat örök alapítvány gyanánt, így az az iskola, ahol a három Gothard fivér érettségizett, egyszerűen nagy értékű, főleg pótolhatatlan egyedi darabokból, Gothard keze nyomán létrejött műszerkonstrukciókból álló példátlan gyűjtemény birtokosa és kezelője lett. A nagymúltú iskolában természettudományosan is jól képzett tanárok oktattak, az ott végzett növendékek közül igen sokan kerültek műszaki és természettudományi pályára. Detre László, a közelmúltban elhunyt világhírű változócsillagkutató is ennek az iskolának volt növendéke 1916—1924 között. Nem nehéz párhuzamot vonni az ő tudományos pályájának kibontakozása és középiskolájának az akkori magyar viszonyok között mindenestre páratlan értékű és felszereltségű Gothard-gyűjteménye, illetve utóbbinak érdeklődést felkeltő hatása között.

1918 után fél évszázadon át nem beszélhetünk herényi obszervatóriumról, ennek további sorsa azonos a Gothard-gyűjtemény történetével.

Molnár Szaniszló fizikatanár még az adományozás évében, 1918-ban nagy energiával fogott hozzá a gyűjtemény leltározásához, majd modern műszaki muzeológiai szempontból tekintve, a tárgyak leírásához. Összesen 93 darab különféle csillagászati és fizikai eszköz magas színvonalú leírását tartalmazó karton maradt fenn azonosító fényképekkel együtt, továbbá a gimnázium első jelentésének szövege az 1917/18-as tanévről. Mindebből kiviláglik a Gothard-alapítvány nagysága és értéke.

Őszinte elismeréssel kell adóznunk, hogy a gyűjteménytárgyakat kifogástalan állapotban megőrizte az 1918—1948 közötti időszakban a Premontrei Gimnázium. Adatunk van arról is, hogy a harmincas évek közepén kísérletet tettek az obszervatórium újraszervezésére is.

Háromnegyed évszázad távlatából kegyeletsértés nélkül állíthatjuk, hogy Gothardnál Konkoly Thege Miklós előrelátóbb volt, mikor intézetét még 1899-ben a magyar államnak adományozta, amely így napjainkban is létező akadémiai kutató intézetekké fejlődhetett. Igaz, hogy Gothard Jenő tragikus hirtelenséggel, végrendelet nélkül halt meg 1909-ben, törvényes örökösei 9 évig parlagon hagyták heverni a herényi intézetet, amelyben így az alapító elhunytával minden munka megszűnt, és még 1918-ban sem rendelkeztek az obszervatórium sorsáról a legszerencsésebb módon.

Történetünk szálait tovább vezetve a Gothard-gyűjtemény múltjában kedvező fordulat csak 1948-ban állt be, amikor az egyházi iskolákat állami kezelésbe vették. A Premontrei Gimnáziumból alakult szombathelyi Nagy Lajos Gimnázium akkori vezetősége és tanári kara felismerte a gyűjtemény nagy jelentőségét a természettudományos oktatás és a világnézeti nevelés szempontjából. Az 1949/50-es tanév folyamán közadakozásból és társadalmi munkával, a tanárok és diákok lelkesedésével és odaadó munkájával felépült a gimnázium tetején a csillagvizsgáló forgatható kupolája. A kupola építésszor felhasználták a félig rombadőlt herényi obszervatórium kupolaszerkezetének vázemeit is. A kupolába felállították a Browning-teleszkópot,

s azzal bemutatásokat tartottak. Ezzel alakult meg pár évvel később az akkori TIT Vas megyei Szervezetének keretében az első vidéki „Uránia Bemutató Csillagvizsgáló.” A szombathelyi Urániának vitathatatlan érdeme, hogy kulturális missziót teljesített a legszélesebb körben folytatott tevékenységével. De nem szabad elhallgatnunk ennek az időszaknak arnyoldalait sem. A korábban sértetlen és hiánytalan eredeti Gothard-gyűjteményt több csoportra osztották fel, és az Uránia kezelésében csak a csillagászati vonatkozású felszerelés maradt meg. Szemtanúk szerint a könyveket teherautó számra vitték zúzdába, az egyéb felszerelési tárgyakat pedig a megye különböző középiskoláinak fizikai, kémiai, biológiai stb. szertárai részére adták át, illetve kiselejtezték. Megjelentek az amatőr „műgyűjtők” is. A csillagászati gyűjtemény műszerállománya erősen megfogyatkozott, a Gothard-kéziratok mind eltűntek, a megmaradt műszerekből egy-egy lencse, prizma, valamint több egyéb használható és mozgatható alkatrész veszett el, vagy a hozzá nem értő kezelés következtében helyrehozhatatlanul megrongálódott. A tudománytörténet számára pótolhatatlan csillagászati felvételsorozatokból általában az első tag hiányzik, így pl. nincs meg az első Lyra-gyűrűs ködfelvétel, az első objektív-prizmás felvétel stb.

1954-ben kormányrendelet jelent meg a műszaki emlékek védelméről. Röviddel ezután a Művelődésügyi Minisztérium műszaki emlékek nyilvánította a Gothard-gyűjtemény még megmaradt tárgyait, ezzel az intézkedéssel a pótolhatatlan értékek egy részét az utókor számára megmentette. A magángyűjtők paradicsomi korszakának végül is Szombathely Város Tanácsa vetett véget 1957-ben azzal a pozitív intézkedésével, hogy a kibontakozásban levő, újjászülető csillagvizsgálót tanácsi kezelésbe vette. Felelős vezetőt bízott meg; szerény, de rendszeres költségvetési ellátmányt biztosított az intézménynek; továbbá lelkes, jól képzett amatőr csillagászokat alkalmazott tiszteletdíjas formában, egyidejűleg elrendelte a megmaradt felszerelési tárgyak leltározását. Így kerülhetett sor 1957-ben Gothard születésének századik évfordulóján, az akkor rendelkezésre álló anyag alapján, a Gothard testvérek tevékenységét bemutató, alkalmi dokumentumkiállításra. 1959-ben pedig éppen fél évszázaddal Gothard halála után, a szombathelyi Városi Tanács jelen sorok íróját nevezte ki az obszervatóriumhoz, és megbízta a tudományos és népművelési teendők irányításával.

Az 1973. év folyamán — de ekkor már Vas megye Tanácsának égisze alatt — nagy erőfeszítéseket tettünk annak érdekében, hogy az idők viharát átvészelt Gothard-gyűjtemény csillagászati vonatkozású, illetve ezzel kapcsolatos tárgyú darbjait állandó, tudománytörténeti kiállítás keretében bemutatthassuk. A műszaki emlék fogalmát kimerítő tárgyakat egyedileg tanulmányoztuk, restauráltuk, kikutattuk egykori készítési körülményeit, használatuk módját. Az összegyűjtött anyagból rendezett kiállítást 1973 októberében megnyitottuk a Múzeumi Hónap keretén belül.* (Azóta több

* Lásd: Csillagászati Évkönyv 1976.

ezren keresték fel, külföldről is szép számban, a páratlan értékű, XIX. sz. végi komplett csillagvizsgáló felszerelését bemutató és dokumentáló gyűjteményt.) Gothard Jenő tevékenységének tudományos feltárására is sor került. Eddig 101 darab Gothard-publikáció került elő, melyek a korábbiakban vázolt rövid tevékenység alatt: 1881—1893 és 1901—1902 között készültek. (Az egész kérdéskört összefoglalóan értékeli szerzőnek a Savaria Évkönyv 4. kötetében megjelent tanulmánya, ugyanitt kimerítő Gothard-bibliográfia is található.)

III.

Az első mesterséges holdak pályára juttatása után szükségessé vált egy magyar hold-megfigyelő hálózat megszervezése a Szovjet Tudományos Akadémia felkérésére. Kézenfekvőnek látszott, már csak a megmaradt felszerelés még mindig felbecsülhetetlen értéke és az adott körülmények miatt is, hogy az országban szervezett három állomás közül az egyik a szombathelyi Gothard Observatóriumba kerüljön. Az így létrejött 112. számú (később 1112. sz.) megfigyelő állomás, a COSPAR számozás szerint, feladatául azt kapta, hogy Moszkvából, a Kosmosz-központból távirati úton érkező pozíciós előrejelzés (efemeridák) alapján a mesterséges holdak pozícióiról megfigyeléseket végezzen, s az eredményeket jelentse Moszkvába. A munka színvonalának emelése érdekében az újjáéledő Gothard Observatóriumot a szombathelyi Városi Tanács az 1957—1965 közötti időszakban szinte erejét felülmúlva támogatta, fejlesztette. A műszaki emlékgyűjtemény mellé néhány korszerű mérőműszert, gépet szerzett be, és elkezdődhetett a szakkönyvtári anyag, így a folyóiratállomány gyarapítása is. A mesterséges holdak megfigyeléseit az MTA Mesterséges Égitestek Albizottsága erkölcsileg támogatta, és így sikerült különféle nem megyei segítséget is szerezni az intézmény további fejlődéséhez. A sok holdpozíció észlelés mellett kezdetben változócsillagokra vonatkozóan fotografikus megfigyelések is folytak, utóbbiak a felújított Browning-teleszkóppal történtek. Kezdetét vette a Gothard-anyag tudományos feldolgozása is. Ezen kívül, még az Uránia-időszak hagyományai nyomán, tovább folyt az ismeretterjesztő tevékenység is, kiterjesztve egész Vas megyére, valamint kiszélesítve a csillagász szakkör beindításával.

A Nagy Lajos Gimnázium tetejére került kupola mellé egy fából épült terasz készült a mesterséges holdak megfigyeléseire. A megfigyelő terasz a hatvanas évek közepére a természetes elhasználódás következtében szinte életveszélyessé vált, a megfigyelések hatékony elvégzését egyre inkább gátolta a város növekvő közvilágítása, és a kevés rendelkezésre álló munkatér, dolgozószoba stb. elhelyezése más szempontból sem volt megfelelő. A kedvezőtlen és a szakmai követelményeknek nem megfelelő helyzet 1965-ben már tarthatatlanná vált.

Ekkor lépett közbe Vas megye Tanácsa. Hatékony intézkedése révén 1966. január 1-től kezdődően az intézetet megyei kezelésbe vette, és egyedülálló muzeális értékű gyűjteményei miatt a Vas megyei Múzeumok Igazgatóságának egyik tagintézményévé tette. Megvásárolta özv. Gothard Sándor-nétől az 1840 körül épült herényi Gothard-kúriát, s itt jelölte ki az intézet új telephelyét (légvonalban mindegy 600 méternyire az 1881-ben alapított régi obszervatórium épületébe visszatelepülni objektív okok miatt lehetetlen lett volna, másrészt a mostani állapotra átalakított formája a szakmai követelményeket nem elégítette volna ki. Előbb tervtanulmány, majd kétütemű kivitelezési terv készült a Vas megyei Tanács Tervező Irodáján Zalotay Elemér generáltervező vezetésével. A tervek a szakmai követelmények megadása alapján készültek. A tervezett új épületek monolitbeton kivitelűek, melyek a megfigyelési célokat szolgálják. A tervek további része a Gothard-kúria felújítására és megfelelő átalakítására, valamint új melléképületek létrehozására vonatkozik.

Az első építési ütemben Vas megye Tanácsának bőkezűségével és a Magyar Tudományos Akadémia anyagi támogatásával mesterséges holdak megfigyelésére egy speciális épület készült el 1967—1968-ban, — tudásunk szerint — szocialista országokban ez az első amelyet kifejezetten erre a célra terveztek. A kivitelezést a Vas megyei Állami Építőipari Vállalat végezte, szinte kifogástalan minőségben. Maga az új épület sztatikai megoldása, merész vonalú csőfolyosója, építész körökben komoly elismerést aratott. Szakmai oldaláról tekintve a kérdést: a megfigyelő tér egyidejűleg négy közepes méretű műszer rezgésbiztos üzemelését teszi lehetővé, a műszerek felállítására a talajmechanikai adottságok folytán 3,80 m mélyen alapozott csonkagúla alakú 36 m² hasznos felületű betontalapzat szolgál, munkahe-lyenként kellő kábelcsatorna kiképzéssel. A csőfolyosó maga — a távlati fejlesztési terv figyelembevételével — különböző funkciókat láthat el. Elsőként, 1969 tavaszán felállításra került benne a Magyar Geodéziai Szolgálattal kötött tudományos együttműködés keretén belül egy IGN-típusú, nagy pontosságú fotokamra a fényesebb mesterséges holdak pozíciós asztrometriai megfigyelésére. Ugyanakkor elkészült egy félautomatikus fotometrikus teleszkóp is az intézet tervei alapján Cseke László főmérnök irányításával a szombathelyi Gépipari Technikumban. Ez a berendezés a holdat követi a látszólagos pályája mentén, miközben a róla reflektált fény intenzitása az idő függvényében, logaritmikuskálán folyamatosan regisztrálható. Ezzel a műszerrel azóta mesterséges holdakról sok fotometriai információ gyűlt össze.

1971 tavaszán az Űrkutatási Kormánybizottság és a megyei Tanács közösen a célra létrehozott beruházási alapjából valósult meg a második építési ütem kezdete. Az építési munkákat a Vas megyei Tanács Építőipari Vállalata végezte. Elkészült egy 6 m belső átmérőjű hengeres épület, melynek felső szintjén csillagvizsgáló kupola létesült. Az épületgépészeti munkák kivitelezésére a Vas-, Fém- és Gépipari Vállalat kőszegi üzemege vál-

lalkozott. Az acélvázás szerkezet beemelése 1972 márciusban megtörtént, 1 mm vastag vörösréz lemez fedése a nyár végére készen állt, forgató rendszere új tervezésű. Az intézeti laboratóriumban készült koordináta-transzformációs elektromechanikus berendezés biztosítja a távcső és a kupolanyílás összhangját. Hőszigetelés gyanánt egy angol eljárást alkalmaztunk (limpet asbestos). Az építőipari vállalat ezt követően felújította és átalakította a 130 éves Gothard épületet, melyben irodák, laboratóriumok, műhely, könyvtár, előadóterem, kiállítóhelyiség stb. létesültek; továbbá az 1584 négyszögölnyi ingatlan területen modern komfortos gondnoki lakás, egyéb melléképületek. Az egész létesítmény műszaki átadására 1972 december végén került sor. A második építési ütem kivitelezési minősége, sajnos, az elsőnek nyomába sem léphet, a monolitbeton felületek esztétikailag kifogásolhatóak. A minőségi és hiánypótlási, befejező munkák egy évig elartottak (65. ábra).

A Gothard Obszervatórium újjászervezése óta sok megfigyelési anyag gyűlt össze. Különösen a fotometriai mérések feldolgozása igen fáradságos munka, melynek feldolgozására 1973-ban az intézet számítógépet kapott, mely akkoriban a megye első ilyen gépe volt. Az új obszervatóriumban a fő munkaprofílt az adatfeldolgozási munkák képezik. Ide értjük a múlt század végén készített, igen jó állapotban fennmaradt csillagászati fényképfelvételek kiértékelését is, mivel ezek még feltehetően felhasználható infor-



65. ábra. A Gothard-kúria, a mai Obszervatórium központi épülete

mációt tartalmaznak főként a változócsillag kutatási területen. A jövő tervei is ilyen témát irányoznak elő. A kupolás épület mérete és műszaki adottságai olyanok — előzetes tudatos tervezés alapján —, hogy abba 60 cm átmérőjű, Cassegrain-típusú teleszkóp kerüljön, és így bekapcsolódjunk a nemzetközi szinten Detre László akadémikus által megkezdett, nagy hagyományokkal rendelkező, hazai változócsillag kutatásokba.

Az utóbbi tíz év folyamán összesen mintegy 10 millió forint beruházási és felújítási hitelek felhasználásával, kitartó és szívós munkával sikerült újra lerakni azokat az alapokat, melyek az immár közel 100 éve alapított intézmény megújulását eredményezték. A korszerű kutatóhely alapjait megvetettük, a befejezés a soron következő, V. ötéves terv folyamán reálisan várható.

Befejezésül álljon itt néhány számadat. A gyűjteményben kiállított tárgyak száma 105 db műszaki emlék. További közel száz darab vár restaurálásra, feldolgozásra. Fennmaradt 1051 darab csillagászati felvétel, közel ezer darab egyéb felvétel és dokumentum. A már modern könyvtárban jelenleg 7975 darab kötet van, évi gyarapodása mintegy 400 darab könyv, valamint 76 féle periodika, folyóirat. A modern szakmai felszerelés (műszerek, gépek, álló- és fogyóeszközök) együttes értéke több millió forint. Az Observatóriumban jelenleg 5 főhivatású és 3 részfoglalkozású dolgozó tevékenykedik.

FÉNYI GYULA
(1845—1927)

A Hold „túlso” oldalán közel tucat magyar származású tudósról neveztek el krátert. Közülük csak három olyan van, aki élete végéig hazánkban dolgozott: Eötvös Loránd, Bolyai János és Fényi Gyula. Az első kettő nevét és munkásságát minden művelt ember ismeri hazánkban — Fényi Gyuláról alig néhányan tudják, hogy ki volt. E nagy csillagász érdemeinek méltatásával meglehetősen mostohán bánt a magyar tudománytörténet. Születésének 100-ik évfordulója 1945 januárjára esett, amikor a különb gondok miatt senkinek sem jutott eszébe, hogy a magyar csillagászat e kiemelkedő alakjáról megemlékezzen. Idén lesz halálának 50-ik évfordulója. Élünk tehát most az alkalommal, és némiképp pótolva a mulasztást idézzük emlékezetünkbe Fényi Gyula személyét és munkásságát a Stella folyóirat 1928. évi 1. számában megjelent nekrológ nyomán.

Sopronban született 1845. január 8-án, idős szülei tizenegyedik gyermekeként. 8 éves korában elveszítette édesapját, majd 1857-ben édesanyját is. A soproni gimnázium elvégzése után oly súlyosan megbetegedett, hogy életben maradásáról is lemondtak. Állapota azonban váratlanul jobbra fordult, és meggyógyult. Minden bizonnyal ennek is tulajdonítható, hogy 1864 őszén belépett a jezsuita rendbe. 1871-ben ment először Kalocsára, ahol 1874-ig nevelőtanárként működött. 1874 és 1878 között az innsbrucki egyetemen tanult, ahol a teológia mellett matematikát és fizikát is hallgatott. 1880 és 1882 között a kalocsai Haynald Observatórium első igazgatójának, Braun Károlynak az asszisztense volt. 1882-től három évig Pozsonyban matematikát tanított, majd 1885-ben visszatért Kalocsára, és átvette az Observatórium igazgatását. Hosszas megfontolás után a Napon lejátszóó jelenségek megfigyelését és értelmezését választotta kutatási témájául, amiben talán az is közrejátszott, hogy ezen a területen rendtársai, Scheiner és Secchi korábban elévülhetetlen érdemeket szereztek. 1886-ban kezdte meg nagy szorgalommal és körültekintéssel végzett protuberancia-észleléseit. Figyelme az alakváltozás, a felszállási sebesség, a színképvonalak eltolódása mellett a protuberanciák és a földmágneses jelenségek kapcsolatára is kiterjedt. Ez a sokoldalúság teszi a homogenitás mellett Fényi észleléseit ma is tudományos értékűvé.

Fényi azonban nem szorítkozott a pusztá megfigyelésekre, hanem az észlelésekből a Napon lejátszódó jelenségek fizikai lényegére vonatkozóan is következtetéseket vont le. Az „Astronomische Nachrichten”-ben megjelent cikkében foglalta össze a napjelenségekre vonatkozó elképzeléseit „Über einen neuen Gesichtspunkt und neue Erklärungen der Erscheinungen auf der Sonne” címmel 1896-ban. Ebben a kromoszféra szerkezetére, a protuberanciák és a napfáklyák természetére, valamint a protuberanciák színkép-vonalainak eltolódására adott magyarázatot. Bár a konkrét számadatok ma már nem állják meg a helyüket, a protuberanciák mozgásának tanulmányozásából ő vonta le először azt a következtetést, hogy a felső kromoszféra sűrűsége nagyságrendekkel kisebb a napfelszín sűrűségénél.

Élénk vitába bocsátkozott azokkal, akik a protuberancia jelenségét optikai tüneményekkel próbálták magyarázni. Ezekről mondta: „Ha életében egyetlen kitérést egész lefolyása alatt látott volna, nem beszélne így. Ezek csak néznek, de nem észlelnek”.

130-nál több közleménye jelent meg tudományos folyóiratokban, illetve a „Publikationen des Haynald Observatoriums” című kiadványban, amely az alföldi kisváros, Kalocsa nevét ismertette az egész tudományos világ előtt. A „Publikationen” XI. kötetében foglalta össze 32 éves protuberancia-megfigyeléseinek eredményeit:

A napfoltok és a protuberanciák a Nap tevékenységének biztos jelei, közös eredetből származnak, de megjelenésük és vándorlásuk egymással semmiféle összefüggésben sincs.

Minimumban a protuberanciák gyakorisága a Nap egyenlítőjén a legkisebb, 50°-os heliografikus szélességnél a legnagyobb.

Maximum előtt kevés idővel a protuberanciák gyakoriságának legnagyobb értéke a sarkok környékére esik, maximumkor magukon a sarkokon is megjelennek a protuberanciák.

Maximumban éppen a sarkok környékén a legnagyobb a protuberanciák gyakorisága.

Maximum után a protuberanciák eltűnnek a sarkvidékekről, és ezek a területek 9-10 évig mentesek maradnak a protuberanciáktól. A napkorona alakváltozásai szigorúan követik a protuberanciák gyakoriságának változásait.

68 éves korában visszalépett az Observatórium igazgatásától, de még sokáig folytatta protuberancia-észleléseit, míg egyre súlyosbodó szembetegsége ezt lehetetlenné nem tette.

Élete utolsó 10 esztendejében rendezgette és sajtó alá készítette munkáit.

1916-ban a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagjává választották, 1913-ban pedig ő lett a „Stella” Csillagászati Egyesület tiszteletbeli elnöke. Ezenkívül több külföldi akadémia és tudományos társaság tiszteletbeli tagjának is megválasztották. A „Societa degli Spettroscopisti Italiani” 1909-ben külföldi tagjának választotta.

Fényi Gyula nemcsak tudományos működésével, hanem szimpatikus emberi tulajdonságaival is felhívta magára a figyelmet. Szerénységére és igénytelenségére jellemző, hogy rendtársainak néha fondorlatos módszerekhez kellett folyamodniuk, hogy régi kopott ruháját újjal cserélhessék ki. Híres volt szellemes ötleteiről, jókedvéről és humoráról is.

1922-ben gyenge szélütés érte, de erős szervezete ismét legyőzte a betegséget. 1927 végére azonban a tuberkolózis annyira elhatalmasodott szervezetében, hogy az orvosok már nem tudtak segíteni rajta, és 1927. december 21-én elhunyt.

Fényi Gyula pályája ékesen bizonyítja, hogy a téma megfontolt megválasztásával, kellő szorgalommal és körültekintéssel kis műszerekkel is lehet élővonalbeli kutatásokat végezni.

TARTALOM

Táblázatok, grafikonok

A Nap és a Hold kelte és fontosabb 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
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 megvilágításának adatai	50
A nappal tartama különböző északi földrajzi szélességű (φ) helyeken .	51
Csillagképek	52
Nagy radiális sebességű csillagok	58
A legfényesebb galaxisok	60
Magnitúdó különbségek átszámítása intenzitásviszonyokra	61
Kiegészítő tudnivalók a táblázathoz	62
A csillagos ég 1977-ben	63

Beszámolók

Szeidl Béla: A Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézetének működése	77
Dezső Loránt: A Magyar Tudományos Akadémia Napfizikai Observatóriumának működése	89
Almár Iván: A Penci Kozmikus Geodéziai Observatórium	93
Ponori Thewrewk Aurél: A TIT Uránia Bemutató Csillagvizsgálói és Planetárium az 1975. évben	102
Kanyó Sándor—Ponori Thewrewk Aurél: A TIT Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályainak működése	118

Cikkek

Szeidl Béla: A csillagászat legújabb eredményei	135
Szabados László: Pulzáló változócsillagok	144
Barcza Szabolcs: Különleges elemgyakoriságú csillagok	161
Ill Márton: Röntgensillagok	177
Balázs Béla: Aktív szakaszok a galaxisok életében	202
Ifj. Kálmán Béla: Napészlelő műszerek	216
Ludmány András: A naptevékenység földi hatásairól	258
Abonyi Ivánné: Húsz éves az űrkutatás	267
Bérczi Szaniszló: A Merkúr bolygó	285
Tóth György: A szombathelyi Gothárd Obszervatórium	299
Marik Miklós: Fényi Gyula	311

18	85
13	47
5	37

Megjelent 7500 példányban
19,75 (A/5) iv + 24 old. melléklet terjedelemben
Ez a könyv az MSZ 5601—59 és 5602—55 szabványok szerint készült

76-2227 Pécsi Szikra Nyomda — Felelős v.: Melles Rezső



37,— Ft

