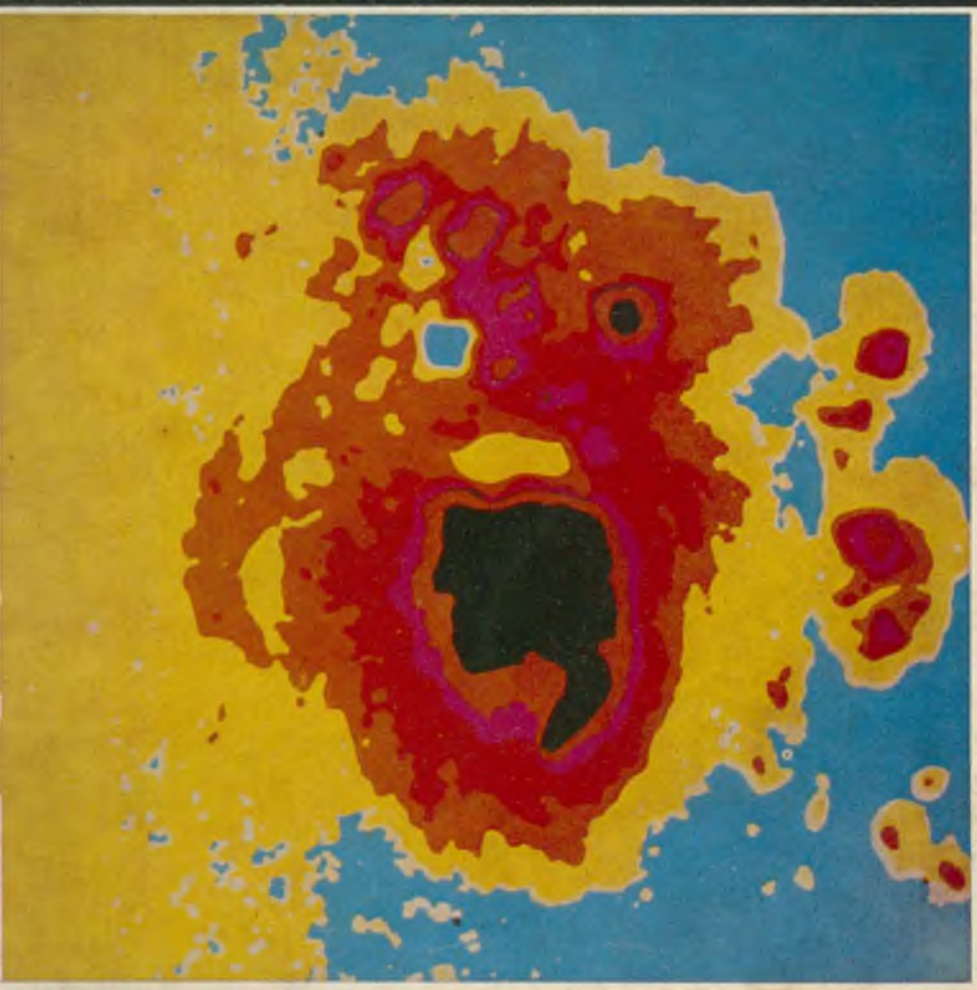


Csillagászati évkönyv 1980





CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

az 1980. évre

Szerkesztette

a TIT Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályainak
Országos Választmánya

az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Csillagászati Csoportjának
és
az MTESZ Központi Asztronautikai Szakosztályának
közreműködésével



Gondolat Kiadó • Budapest 1979

Címképünk: Egy nagy napfoltcsoport és fehér fler színes ekvidenzitogramja

ISSN 0526-233 X

© Gondolat Kiadó, 1979

CSILLAGÁSZATI ADATOK AZ 1980. ÉVRE

Az adatokat összeállították
az MTA Napfizikai Obszervatórium kutatói

I. JANUÁR

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

Hold: 8-án 09^h-kor földtávolban
20-án 03^h-kor földközelen

HÓNAP

0 ^b világidőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő (λ = 0 ^b -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...239,5	6 39 14,769	18 42,3	-23 05	16 18	5 31,2	+18 33
240,5	6 43 11,331	18 46,7	23 00	16 18	6 26,4	19 09
241,5	6 47 07,893	18 51,1	22 55	16 18	7 20,6	18 44
242,5	6 51 04,453	18 55,5	22 50	16 18	8 13,4	17 24
243,5	6 55 01,011	18 59,9	22 44	16 18	9 04,1	15 15
244,5	6 58 57,567	19 04,3	22 37	16 18	9 52,9	12 29
245,5	7 02 54,122	19 08,7	22 30	16 18	10 39,9	9 14
246,5	7 06 50,675	19 13,1	22 23	16 17	11 25,5	5 38
247,5	7 10 47,227	19 17,4	22 15	16 17	12 10,4	+ 1 51
248,5	7 14 43,779	19 21,8	22 07	16 17	12 55,2	- 2 02
249,5	7 18 40,331	19 26,1	21 58	16 17	13 40,7	5 52
250,5	7 22 36,885	19 30,5	21 49	16 17	14 27,7	9 32
251,5	7 26 33,441	19 34,8	21 39	16 17	15 16,7	12 52
252,5	7 30 29,999	19 39,1	21 29	16 17	16 08,4	15 41
253,5	7 34 26,559	19 43,5	21 19	16 17	17 03,0	17 47
254,5	7 38 23,120	19 47,8	21 08	16 17	18 00,3	18 57
255,5	7 42 19,682	19 52,1	20 57	16 17	18 59,8	19 00
256,5	7 46 16,244	19 56,3	20 45	16 17	20 00,3	17 49
257,5	7 50 12,803	20 00,6	20 33	16 17	21 00,6	15 28
258,5	7 54 09,360	20 04,9	20 21	16 17	21 59,8	12 05
259,5	7 58 05,914	20 09,1	20 08	16 17	22 57,3	7 58
260,5	8 02 02,465	20 13,3	19 55	16 17	23 53,1	- 3 24
261,5	8 05 59,016	20 17,6	19 41	16 17	0 47,6	+ 1 18
262,5	8 09 55,568	20 21,8	19 27	16 17	1 41,3	5 50
263,5	8 13 52,121	20 26,0	19 13	16 16	2 34,8	9 59
264,5	8 17 48,677	20 30,1	18 58	16 16	3 28,5	13 31
265,5	8 21 45,235	20 34,3	18 43	16 16	4 22,5	16 16
266,5	8 25 41,794	20 38,5	18 28	16 16	5 16,9	18 08
267,5	8 29 38,353	20 42,6	18 13	16 16	6 11,2	19 01
268,5	8 33 34,913	20 46,7	17 57	16 16	7 04,9	18 55
269,5	8 37 31,471	20 50,8	-17 40	16 16	7 57,5	+17 54

Föld: 3-án 15^b38^m-kor napközben (KözEi)

I. FEBRUÁR

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									
1	P	(5)	32	7 12	11 58	16 44	17 17	7 13	○ 03 22
2	Sz		33	7 11	11 58	16 46	18 18	7 45	
3	V		34	7 09	11 58	16 47	19 18	8 15	
4	H	6	35	7 08	11 58	16 49	20 18	8 41	
5	K		36	7 07	11 58	16 50	21 18	9 06	
6	Sz		37	7 05	11 58	16 52	22 19	9 31	
7	Cs		38	7 04	11 58	16 54	23 19	9 55	
8	P		39	7 02	11 58	16 55	—	10 22	
9	Sz		40	7 01	11 58	16 57	0 21	10 51	☾ 08 36
10	V		41	6 59	11 58	16 58	1 24	11 25	
11	H	7	42	6 58	11 58	17 00	2 26	12 05	
12	K		43	6 56	11 58	17 01	3 27	12 52	
13	Sz		44	6 54	11 58	17 03	4 26	13 50	
14	Cs		45	6 53	11 58	17 05	5 20	14 55	
15	P		46	6 51	11 58	17 06	6 07	16 07	
16	Sz		47	6 50	11 58	17 08	6 50	17 24	● 09 52
17	V		48	6 48	11 58	17 09	7 27	18 43	
18	H	8	49	6 46	11 58	17 11	8 01	20 02	
19	K		50	6 45	11 58	17 12	8 33	21 19	
20	Sz		51	6 43	11 58	17 14	9 05	22 35	
21	Cs		52	6 41	11 58	17 16	9 38	23 46	
22	P		53	6 39	11 58	17 17	10 13	—	
23	Sz		54	6 38	11 58	17 19	10 52	0 55	☽ 01 15
24	V		55	6 36	11 58	17 20	11 35	2 00	
25	H	9	56	6 34	11 57	17 22	12 22	2 58	
26	K		57	6 32	11 57	17 23	13 15	3 50	
27	Sz		58	6 30	11 57	17 25	14 11	4 34	
28	Cs		59	6 28	11 57	17 26	15 09	5 13	
29	P		60	6 27	11 57	17 28	16 09	5 47	

Hold: 5-én 03^h-kor földtávolban
17-én 10^h-kor földközeltben

HÓNAP

0 ^h világitőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő (λ = 0 ^h -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	° ′	h m	° ′
...270,5	8 41 28,028	20 54,9	-17 24	16 16	8 48,5	+16 02
271,5	8 45 24,582	20 59,0	17 07	16 15	9 37,8	13 28
272,5	8 49 21,135	20 03,1	16 50	16 15	10 25,4	10 22
273,5	8 53 17,686	21 07,1	16 32	16 15	11 11,5	6 52
274,5	8 57 14,236	21 11,2	16 14	16 15	11 56,7	+ 3 08
275,5	9 01 10,786	21 15,2	15 56	16 15	12 41,4	- 0 43
276,5	9 05 07,336	21 19,2	15 38	16 15	13 26,3	4 33
277,5	9 09 03,887	21 23,2	15 19	16 15	14 12,1	8 14
278,5	9 13 00,439	21 27,2	15 00	16 14	14 59,4	11 38
279,5	9 16 56,993	21 31,2	14 41	16 14	15 48,8	14 36
280,5	9 20 53,550	21 35,2	14 22	16 14	16 40,9	16 58
281,5	9 24 50,108	21 39,1	14 02	16 14	17 35,8	18 31
282,5	9 28 46,667	21 43,0	13 43	16 14	18 33,3	19 04
283,5	9 32 43,226	21 47,0	13 22	16 13	19 32,8	18 28
284,5	9 36 39,784	21 50,9	13 02	16 13	20 33,3	16 40
285,5	9 40 36,340	21 54,8	12 42	16 13	21 33,8	13 42
286,5	9 44 32,892	21 58,7	12 21	16 13	22 33,3	9 48
287,5	9 48 29,442	22 02,6	12 00	16 13	23 31,6	5 15
288,5	9 52 25,990	22 06,4	11 39	16 12	0 28,6	- 0 24
289,5	9 56 22,539	22 10,3	11 18	16 12	1 24,5	+ 4 23
290,5	10 00 19,089	22 14,1	10 56	16 12	2 19,8	8 49
291,5	10 04 15,642	22 18,0	10 35	16 12	3 14,8	12 37
292,5	10 08 12,196	22 21,8	10 13	16 12	4 09,7	15 39
293,5	10 12 08,753	22 25,6	9 51	16 11	5 04,4	17 45
294,5	10 16 05,310	22 29,4	9 29	16 11	5 58,7	18 52
295,5	10 20 01,867	22 33,2	9 07	16 11	6 52,2	19 00
296,5	10 23 58,423	22 37,0	8 44	16 11	7 44,6	18 13
297,5	10 27 54,977	22 40,7	8 22	16 10	8 35,5	16 34
298,5	10 31 51,530	22 44,5	- 7 59	16 10	9 24,8	+14 12

I. MÁRCIUS

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	(9)	61	6 25	11 56	17 29	17 09	6 17	○ 22 00
2	V		62	6 23	11 56	17 31	18 09	6 45	
3	H	10	63	6 21	11 56	17 32	19 09	7 10	
4	K		64	6 19	11 56	17 34	20 10	7 35	
5	Sz		65	6 17	11 56	17 35	21 10	7 59	
6	Cs		66	6 15	11 55	17 37	22 11	8 25	
7	P		67	6 13	11 55	17 38	23 12	8 53	
8	Sz		68	6 11	11 55	17 40	—	9 25	
9	V		69	6 09	11 55	17 41	0 13	10 00	
10	H	11	70	6 07	11 54	17 43	1 14	10 43	☾ 00 49
11	K		71	6 05	11 54	17 44	2 12	11 34	
12	Sz		72	6 03	11 54	17 45	3 07	12 33	
13	Cs		73	6 01	11 54	17 47	3 56	13 40	
14	P		74	5 59	11 53	17 48	4 40	14 54	
15	Sz		75	5 57	11 53	17 50	5 19	16 12	
16	V		76	5 55	11 53	17 51	5 54	17 31	● 19 57
17	H	12	77	5 54	11 52	17 53	6 28	18 51	
18	K		78	5 51	11 52	17 54	7 01	20 10	
19	Sz		79	5 49	11 52	17 56	7 34	21 27	
20	Cs		80	5 47	11 52	17 57	8 09	22 40	
21	P		81	5 45	11 51	17 58	8 49	23 49	
22	Sz		82	5 43	11 51	18 00	9 31	—	
23	V		83	5 41	11 51	18 01	10 18	0 52	☽ 13 32
24	H	13	84	5 39	11 50	18 03	11 10	1 47	
25	K		85	5 37	11 50	18 04	12 05	2 34	
26	Sz		86	5 35	11 50	18 05	13 03	3 14	
27	Cs		87	5 33	11 49	18 07	14 02	3 50	
28	P		88	5 31	11 49	18 08	15 02	4 21	
29	Sz		89	5 29	11 49	18 10	16 02	4 49	
30	V		90	5 27	11 49	18 11	17 02	5 14	
31	H	14	91	5 25	11 48	18 13	18 03	5 39	○ 16 15

Hold: 3-án 12^h-kor földtávolban
 16-án 22^h-kor földközeli
 30-án 13^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...299,5	10 35 48,081	22 48,2	- 7 36	16 10	10 12,6	+11 15
300,5	10 39 44,630	22 51,9	7 14	16 10	10 58,9	7 52
301,5	10 43 41,178	22 55,7	6 51	16 10	11 44,3	4 10
302,5	10 47 37,725	22 59,4	6 28	16 09	12 29,1	+ 0 20
303,5	10 51 34,253	23 03,2	6 04	16 09	13 14,0	- 3 31
304,5	10 55 30,821	23 06,9	5 41	16 09	13 59,3	7 15
305,5	10 59 27,371	23 10,6	5 18	16 09	14 45,8	10 44
306,5	11 03 23,923	23 14,3	4 55	16 08	15 33,9	13 48
307,5	11 07 20,476	23 18,0	4 31	16 08	16 24,1	16 19
308,5	11 11 17,031	23 21,7	4 08	16 08	17 16,6	18 07
309,5	11 15 13,588	23 25,3	3 44	16 07	18 11,5	19 02
310,5	11 19 10,145	23 29,0	3 21	16 07	19 08,5	18 54
311,5	11 23 06,702	23 32,7	2 57	16 07	20 07,0	17 37
312,5	11 27 03,256	23 36,4	2 33	16 07	21 06,3	15 12
313,5	11 30 59,809	23 40,0	2 10	16 06	22 05,5	11 44
314,5	11 34 56,358	23 43,7	1 46	16 06	23 04,4	7 26
315,5	11 38 52,905	23 47,3	1 22	16 06	0 02,6	- 2 37
316,5	11 42 49,452	23 51,0	0 59	16 06	1 00,3	+ 2 22
317,5	11 46 46,000	23 54,7	0 35	16 05	1 57,6	7 09
318,5	11 50 42,551	23 58,3	- 0 11	16 05	2 54,7	11 23
319,5	11 54 39,104	0 01,9	+ 0 13	16 05	3 51,6	14 50
320,5	11 58 35,659	0 05,6	0 36	16 05	4 48,2	17 19
321,5	12 02 32,216	0 09,2	1 00	16 04	5 44,0	18 45
322,5	12 06 28,772	0 12,9	1 24	16 04	6 38,8	19 09
323,5	12 10 25,328	0 16,5	1 47	16 04	7 32,0	18 34
324,5	12 14 21,882	0 20,2	2 11	16 03	8 23,4	17 07
325,5	12 18 18,435	0 23,8	2 34	16 03	9 13,0	14 54
326,5	12 22 14,986	0 27,4	2 58	16 03	10 00,9	12 04
327,5	12 26 11,535	0 31,1	3 21	16 03	10 47,4	8 46
328,5	12 30 08,083	0 34,7	3 45	16 02	11 32,8	5 08
329,5	12 34 04,630	0 38,3	+ 4 08	16 02	12 17,7	+ 1 18

Föld: 20-án 12^h10^m-kor tavasz kezdete (KözEI)

I. ÁPRILIS

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	h m
1	K	(14)	92	5 23	11 48	18 14	19 03	6 03	
2	Sz		93	5 21	11 48	18 15	20 05	6 28	
3	Cs		94	5 19	11 47	18 17	21 06	6 55	
4	P		95	5 17	11 47	18 18	22 07	7 25	
5	Sz		96	5 15	11 47	18 20	23 07	8 00	
6	V		97	5 13	11 47	18 21	—	8 40	
7	H	15	98	5 11	11 46	18 22	0 05	9 26	
8	K		99	5 09	11 46	18 24	1 00	10 21	(13 07
9	Sz		100	5 07	11 46	18 25	1 50	11 23	
10	Cs		101	5 05	11 45	18 27	2 33	12 31	
11	P		102	5 03	11 45	18 28	3 13	13 45	
12	Sz		103	5 01	11 45	18 29	3 49	15 02	
13	V		104	4 59	11 45	18 31	4 21	16 20	
14	H	16	105	4 57	11 44	18 32	4 55	17 39	
15	K		106	4 56	11 44	18 34	5 27	18 59	● 04 47
16	Sz		107	4 54	11 44	18 35	6 02	20 16	
17	Cs		108	4 52	11 44	18 36	6 40	21 29	
18	P		109	4 50	11 43	18 38	7 22	22 37	
19	Sz		110	4 48	11 43	18 39	8 08	23 37	
20	V		111	4 46	11 43	18 41	9 00	—	
21	H	17	112	4 44	11 43	18 42	9 56	0 30	
22	K		113	4 43	11 43	18 43	10 54	1 14	
23	Sz		114	4 41	11 42	18 45	11 53	1 52) 04 00
24	Cs		115	4 39	11 42	18 46	12 54	2 24	
25	P		116	4 37	11 42	18 48	13 54	2 53	
26	Sz		117	4 36	11 42	18 49	14 54	3 19	
27	V		118	4 34	11 42	18 50	15 54	3 43	
28	H	18	119	4 32	11 42	18 52	16 56	4 08	
29	K		120	4 31	11 41	18 53	17 57	4 32	
30	Sz		121	4 29	11 41	18 55	18 58	4 58	○ 08 36

Hold: 14-én 08^h-kor földközélen
26-án 21^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^h világitőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő ($\lambda = 0^{\text{h}}$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	lítésző sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...330,5	12 38 01,177	0 42,0	+ 4 31	16 02	13 02,5	- 2 36
331,5	12 41 57,725	0 45,6	4 54	16 02	13 47,8	6 24
332,5	12 45 54,274	0 49,3	5 17	16 01	14 34,1	10 00
333,5	12 49 50,825	0 52,9	5 40	16 01	15 21,8	13 13
334,5	12 53 47,378	0 56,6	6 03	16 01	16 11,3	15 54
335,5	12 57 43,933	1 00,2	6 26	16 00	17 02,7	17 53
336,5	13 01 40,490	1 03,9	6 48	16 00	17 56,1	19 02
337,5	13 05 37,047	1 07,5	7 11	16 00	18 51,2	19 13
338,5	13 09 33,604	1 11,2	7 33	16 00	19 47,6	18 20
339,5	13 13 30,159	1 14,9	7 55	15 59	20 44,7	16 22
340,5	13 17 26,713	1 18,6	8 17	15 59	21 42,0	13 21
341,5	13 21 23,264	1 22,2	8 39	15 59	22 39,3	9 27
342,5	13 25 19,813	1 25,9	9 01	15 58	23 36,5	- 4 53
343,5	13 29 16,361	1 29,6	9 23	15 58	0 33,7	+ 0 04
344,5	13 33 12,909	1 33,3	9 45	15 58	1 31,1	5 02
345,5	13 37 09,459	1 37,0	10 06	15 58	2 29,0	9 39
346,5	13 41 06,013	1 40,7	10 27	15 57	3 27,2	13 35
347,5	13 45 02,569	1 44,4	10 48	15 57	4 25,7	16 36
348,5	13 48 59,126	1 48,2	11 09	15 57	5 23,7	18 32
349,5	13 52 55,685	1 51,9	11 30	15 57	6 20,7	19 20
350,5	13 56 52,243	1 55,6	11 50	15 56	7 16,0	19 03
351,5	14 00 48,799	1 59,4	12 10	15 56	8 09,1	17 48
352,5	14 04 45,354	2 03,1	12 31	15 56	8 59,9	15 45
353,5	14 08 41,907	2 06,9	12 50	15 56	9 48,6	13 02
354,5	14 12 38,458	2 10,6	13 10	15 55	10 35,5	9 49
355,5	14 16 35,008	2 14,4	13 30	15 55	11 21,1	6 14
356,5	14 20 31,557	2 18,2	13 49	15 55	12 06,0	+ 2 24
357,5	14 24 28,106	2 22,0	14 08	15 55	12 50,7	- 1 32
358,5	14 28 24,655	2 25,8	14 27	15 54	13 35,9	5 26
359,5	14 32 21,206	2 29,6	+14 45	15 54	14 22,0	- 9 09

I. MÁJUS

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	Cs	(18)	122	4 27	11 41	18 56	20 01	5 28	
2	P		123	4 26	11 41	18 57	21 02	6 00	
3	Sz		124	4 24	11 41	18 59	22 02	6 38	
4	V		125	4 23	11 41	19 00	22 58	7 23	
5	H	19	126	4 21	11 41	19 01	23 48	8 14	
6	K		127	4 19	11 41	19 03	—	9 13	
7	Sz		128	4 18	11 41	19 04	0 34	10 19	☾ 21 51
8	Cs		129	4 16	11 41	19 06	1 13	11 29	
9	P		130	4 15	11 41	19 07	1 48	12 42	
10	Sz		131	4 14	11 40	19 08	2 21	13 57	
11	V		132	4 12	11 40	19 10	2 52	15 14	
12	H	20	133	4 11	11 40	19 11	3 23	16 31	
13	K		134	4 10	11 40	19 12	3 57	17 49	
14	Sz		135	4 08	11 40	19 13	4 32	19 04	● 13 01
15	Cs		136	4 07	11 40	19 15	5 11	20 17	
16	P		137	4 06	11 40	19 16	5 56	21 22	
17	Sz		138	4 05	11 40	19 17	6 47	22 20	
18	V		139	4 03	11 41	19 18	7 41	23 09	
19	H	21	140	4 02	11 41	19 20	8 40	23 51	
20	K		141	4 01	11 41	19 21	9 40	—	
21	Sz		142	4 00	11 41	19 22	10 42	0 26	☽ 20 17
22	Cs		143	3 59	11 41	19 23	11 43	0 56	
23	P		144	3 58	11 41	19 24	12 44	1 23	
24	Sz		145	3 57	11 41	19 25	13 44	1 48	
25	V		146	3 56	11 41	19 26	14 45	2 12	
26	H	22	147	3 55	11 41	19 27	15 46	2 35	
27	K		148	3 55	11 41	19 29	16 48	3 01	
28	Sz		149	3 54	11 41	19 30	17 51	3 29	
29	Cs		150	3 53	11 42	19 31	18 53	4 00	☉ 22 28
30	P		151	3 52	11 42	19 31	19 55	4 37	
31	Sz		152	3 52	11 42	19 32	20 53	5 19	

Hold: 12-én 14^h-kor földközélen
24-én 13^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...360,5	14 36 17,758	2 33,4	+15 03	15 54	15 09,7	-12 32
361,5	14 40 14,313	2 37,2	15 21	15 54	15 59,1	15 26
362,5	14 44 10,875	2 41,0	15 39	15 53	16 50,4	17 39
363,5	14 48 07,428	2 44,9	15 57	15 53	17 43,6	19 03
364,5	14 52 03,987	2 48,7	16 14	15 53	18 38,3	19 29
365,5	14 56 00,546	2 52,6	16 31	15 53	19 34,0	18 53
366,5	14 59 57,104	2 56,5	16 48	15 52	20 30,0	17 13
367,5	15 03 53,660	3 00,3	17 04	15 52	21 25,9	14 32
368,5	15 07 50,714	3 04,2	17 20	15 52	22 21,5	10 59
369,5	15 11 46,766	3 08,1	17 36	15 52	23 16,8	6 42
370,5	15 15 43,316	3 12,0	17 52	15 52	0 12,1	- 1 58
371,5	15 19 39,866	3 16,0	18 07	15 51	1 07,7	+ 2 57
372,5	15 23 36,418	3 19,9	18 22	15 51	2 04,2	7 43
373,5	15 27 32,972	3 23,8	18 37	15 51	3 01,7	12 00
374,5	15 31 29,529	3 27,8	18 51	15 51	4 00,2	15 31
375,5	15 35 26,088	3 31,7	19 05	15 51	4 59,2	18 00
376,5	15 39 22,649	3 35,7	19 19	15 50	5 57,9	19 20
377,5	15 43 19,710	3 39,7	19 32	15 50	6 55,3	19 30
378,5	15 47 15,770	3 43,7	19 45	15 50	7 50,6	18 36
379,5	15 51 12,328	3 47,7	19 58	15 50	8 43,5	16 46
380,5	15 55 08,884	3 51,7	20 10	15 50	9 33,8	14 12
381,5	15 59 05,438	3 55,7	20 22	15 49	10 21,8	11 04
382,5	16 03 01,990	3 59,7	20 34	15 49	11 08,1	7 32
383,5	16 06 58,542	4 03,7	20 45	15 49	11 53,2	+ 3 44
384,5	16 10 55,093	4 07,7	20 56	15 49	12 37,8	- 0 13
385,5	16 14 51,644	4 11,8	21 07	15 49	13 22,7	4 10
386,5	16 18 48,197	4 15,8	21 17	15 49	14 08,5	8 00
387,5	16 22 44,751	4 19,9	21 27	15 48	14 55,8	11 34
388,5	16 26 41,307	4 24,0	21 36	15 48	15 44,9	14 41
389,5	16 30 37,865	4 28,0	21 46	15 48	16 36,3	17 11
390,5	16 34 34,425	4 32,1	+21 54	15 48	17 29,7	+18 53

I. JÚNIUS

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	V	(22)	153	3 51	11 42	19 33	21 46	6 09	
2	H	23	154	3 50	11 42	19 34	22 34	7 06	
3	K		155	3 50	11 42	19 35	23 16	8 10	
4	Sz		156	3 49	11 42	19 36	23 53	9 19	
5	Cs		157	3 49	11 43	19 37	—	10 31	
6	P		158	3 48	11 43	19 38	0 25	11 44	(03 54
7	Sz		159	3 48	11 43	19 38	0 55	12 58	
8	V	24	160	3 47	11 43	19 39	1 25	14 13	
9	H		161	3 47	11 43	19 40	1 56	15 28	
10	K		162	3 47	11 44	19 40	2 29	16 43	
11	Sz		163	3 47	11 44	19 41	3 05	17 56	
12	Cs		164	3 46	11 44	19 42	3 47	19 04	● 21 39
13	P		165	3 46	11 44	19 42	4 33	20 06	
14	Sz		166	3 46	11 44	19 43	5 26	21 00	
15	V		167	3 46	11 45	19 43	6 24	21 47	
16	H	25	168	3 46	11 45	19 44	7 25	22 24	
17	K		169	3 46	11 45	19 44	8 27	22 57	
18	Sz		170	3 46	11 45	19 44	9 29	23 26	
19	Cs		171	3 46	11 45	19 45	10 31	23 52	
20	P		172	3 46	11 46	19 45	11 32	—) 13 33
21	Sz		173	3 47	11 46	19 45	12 32	0 16	
22	V		174	3 47	11 46	19 45	13 34	0 40	
23	H	26	175	3 47	11 46	19 45	14 35	1 04	
24	K		176	3 47	11 47	19 45	15 37	1 30	
25	Sz		177	3 48	11 47	19 45	16 40	2 00	
26	Cs		178	3 48	11 47	19 45	17 43	2 34	
27	P		179	3 49	11 47	19 45	18 44	3 14	
28	Sz		180	3 49	11 47	19 45	19 40	4 01	○ 10 03
29	V		181	3 50	11 48	19 45	20 32	4 56	
30	H	27	182	3 50	11 48	19 45	21 16	5 59	

Hold: 9-én 04^h-kor földközelen
21-én 07^h-kor földtávolban

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julian dátum 2444...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...391,5	16 38 30,986	4 36,2	+22 03	15 48	18 24,9	-19 38
392,5	16 42 27,548	4 40,3	22 11	15 48	19 21,1	19 19
393,5	16 46 24,108	4 44,4	22 18	15 48	20 17,6	17 54
394,5	16 50 20,667	4 48,5	22 25	15 47	21 13,6	15 27
395,5	16 54 17,223	4 52,6	22 32	15 47	22 08,9	12 07
396,5	16 58 13,777	4 56,8	22 39	15 47	23 03,4	8 03
397,5	17 02 10,329	5 00,9	22 45	15 47	23 57,3	- 3 30
398,5	17 06 06,881	5 05,0	22 50	15 47	0 51,2	+ 1 17
399,5	17 10 03,434	5 09,1	22 55	15 47	1 45,6	6 02
400,5	17 13 59,988	5 13,3	23 00	15 47	2 41,1	10 27
401,5	17 17 56,546	5 17,4	23 05	15 47	3 37,9	14 15
402,5	17 21 53,106	5 21,6	23 09	15 46	4 35,9	17 10
403,5	17 25 49,668	5 25,7	23 12	15 46	5 34,4	19 00
404,5	17 29 46,230	5 29,9	23 16	15 46	6 32,6	19 41
405,5	17 33 42,792	5 34,6	23 18	15 46	7 29,5	19 13
406,5	17 37 39,352	5 38,2	23 21	15 46	8 24,1	17 44
407,5	17 41 35,910	5 42,4	23 23	15 46	9 16,3	15 24
408,5	17 45 32,466	5 46,5	23 24	15 46	10 05,8	12 25
409,5	17 49 29,020	5 50,7	23 25	15 46	10 53,2	8 58
410,5	17 53 25,573	5 54,8	23 26	15 46	11 39,0	5 12
411,5	17 57 22,125	5 59,0	23 26	15 46	12 23,8	+ 1 16
412,5	18 01 18,677	6 03,2	23 26	15 46	13 08,5	- 2 43
413,5	18 05 11,230	6 07,3	23 26	15 46	13 53,7	6 37
414,5	18 09 11,785	6 11,5	23 25	15 46	14 40,2	10 18
415,5	18 13 08,341	6 15,6	23 23	15 46	15 28,5	13 37
416,5	18 17 04,899	6 19,8	23 22	15 46	16 19,1	16 23
417,5	18 21 01,459	6 23,9	23 20	15 46	17 12,2	18 25
418,5	18 24 58,021	6 28,1	23 17	15 45	18 08,5	19 32
419,5	18 28 54,583	6 32,2	23 17	15 45	19 04,5	19 35
420,5	18 32 51,144	6 36,4	+23 11	15 45	20 02,1	-18 30

Föld: 21-én 06^h47^m-kor nyár kezdete (KözEI)

DÁTUM	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)					A HOLD fényváltzásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	
1	K	(27)	183	3 51	11 48	19 45	21 55	7 08	
2	Sz		184	3 51	11 48	19 45	22 29	8 20	
3	Cs		185	3 52	11 48	19 44	23 01	9 33	
4	P		186	3 53	11 49	19 44	23 29	10 48	
5	Sz		187	3 53	11 49	19 44	23 59	12 02	(08 28
6	V		188	3 54	11 49	19 43	—	13 16	
7	H	28	189	3 55	11 49	19 43	0 30	14 29	
8	K		190	3 56	11 49	19 42	1 04	15 41	
9	Sz		191	3 57	11 49	19 42	1 42	16 50	
10	Cs		192	3 58	11 49	19 41	2 26	17 54	
11	P		193	3 58	11 50	19 40	3 15	18 50	
12	Sz		194	3 59	11 50	19 40	4 11	19 39	● 07 46
13	V		195	4 00	11 50	19 39	5 10	20 22	
14	H	29	196	4 01	11 50	19 38	6 12	20 57	
15	K		197	4 02	11 50	19 37	7 15	21 28	
16	Sz		198	4 03	11 50	19 37	8 17	21 55	
17	Cs		199	4 04	11 50	19 36	9 19	22 19	
18	P		200	4 05	11 50	19 35	10 19	22 43	
19	Sz		201	4 06	11 50	19 34	11 20	23 07	
20	V		202	4 07	11 50	19 33	12 21	23 33) 06 51
21	H		203	4 09	11 51	19 32	13 22	—	
22	K	30	204	4 10	11 51	19 31	14 25	0 00	
23	Sz		205	4 11	11 51	19 30	15 27	0 32	
24	Cs		206	4 12	11 51	19 28	16 29	1 08	
25	P		207	4 13	11 51	19 27	17 27	1 52	
26	Sz		208	4 14	11 51	19 26	18 22	2 43	
27	V		209	4 16	11 51	19 25	19 10	3 43	○ 19 54
28	H	31	210	4 17	11 51	19 24	19 53	4 51	
29	K		211	4 18	11 51	19 22	20 30	6 04	
30	Sz		212	4 19	11 50	19 21	21 03	7 21	
31	Cs		213	4 20	11 50	19 20	21 34	8 35	

Hold: 4-én 17^h-kor földközélen
 19-én 01^h-kor földtávoiban
 31-én 0^h-kor földközélen

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...421,5	18 36 47,704	6 40,5	+23 07	15 46	20 59,5	-16 19
422,5	18 40 44,261	6 44,6	23 03	15 45	21 56,0	13 09
423,5	18 44 40,816	6 48,8	22 58	15 45	22 51,3	9 12
424,5	18 48 37,369	6 52,9	22 53	15 45	23 45,6	- 4 44
425,5	18 52 33,920	6 57,0	22 48	15 45	0 39,2	0 00
426,5	18 56 30,473	7 01,1	22 42	15 45	1 32,7	+ 4 44
427,5	19 00 27,026	7 05,2	22 36	15 45	2 26,7	9 11
428,5	19 04 23,583	7 09,3	22 29	15 45	3 21,8	13 07
429,5	19 08 20,141	7 13,4	22 22	15 45	4 18,0	16 17
430,5	19 12 16,702	7 17,5	22 15	15 45	5 15,1	18 28
431,5	19 16 13,264	7 21,6	22 07	15 45	6 12,6	19 34
432,5	19 20 09,826	7 25,7	21 59	15 45	7 09,4	19 32
433,5	19 24 06,386	7 29,7	21 50	15 46	8 04,7	18 27
434,5	19 28 02,944	7 33,8	21 41	15 46	8 57,9	16 25
435,5	19 31 59,500	7 37,8	21 32	15 46	9 48,7	13 39
436,5	19 35 56,054	7 41,9	21 23	15 46	10 37,3	10 20
437,5	19 39 52,606	7 45,9	21 13	15 46	11 23,9	6 38
438,5	19 43 49,157	7 49,9	21 02	15 46	12 09,2	+ 2 44
439,5	19 47 45,708	7 54,0	20 52	15 46	12 53,9	- 1 15
440,5	19 51 42,260	7 58,0	20 41	15 46	13 38,7	5 11
441,5	19 55 38,813	8 02,0	20 29	15 46	14 24,3	8 56
442,5	19 59 35,367	8 06,0	20 17	15 46	15 11,4	12 22
443,5	20 03 31,923	8 09,9	20 05	15 46	16 00,6	15 21
444,5	20 07 28,481	8 13,9	19 53	15 46	16 52,3	17 41
445,5	20 11 25,041	8 17,9	19 40	15 46	17 46,6	19 11
446,5	20 15 21,602	8 21,8	19 27	15 46	18 43,2	19 40
447,5	20 19 18,162	8 25,7	19 14	15 47	19 41,2	19 02
448,5	20 23 14,721	8 29,7	19 00	15 47	20 39,9	17 13
449,5	20 27 11,278	8 33,6	18 46	15 47	21 38,1	14 19
450,5	20 31 07,832	8 37,6	18 32	15 47	22 35,3	10 30
451,5	20 35 04,384	8 41,4	+18 17	15 47	23 31,2	- 6 03

Föld: 5-én 18^h06^m-kor naptávolban (KözE1)

I. AUGUSZTUS

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

Hold: 15-én 19^h-kor földtávolban
27-én 20^h-kor földközélen

HÓNAP

0 ^h világitőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	" "	h m	° ' "
...452,5	20 39 00,934	8 45,3	+18 02	15 47	0 26,1	— 1 16
453,5	20 42 57,484	8 49,2	17 47	15 47	1 20,4	+ 3 33
454,5	20 46 54,035	8 53,0	17 31	15 47	2 14,7	8 08
455,5	20 50 50,589	8 56,9	17 16	15 47	3 09,3	12 12
456,5	20 54 47,146	9 00,7	17 00	15 48	4 04,7	15 32
457,5	20 58 43,704	9 04,6	16 43	15 48	5 00,8	17 57
458,5	21 02 40,263	9 08,4	16 27	15 48	5 57,1	19 20
459,5	21 06 36,823	9 12,2	16 10	15 48	6 53,2	19 38
460,5	21 10 33,381	9 16,0	15 53	15 48	7 48,2	18 52
461,5	21 14 29,938	9 19,8	15 35	15 48	8 41,5	17 09
462,5	21 18 26,493	9 23,6	15 17	15 48	9 32,8	14 37
463,5	21 22 23,045	9 27,4	15 00	15 49	10 21,9	11 28
464,5	21 26 19,595	9 31,2	14 41	15 49	11 09,2	7 53
465,5	21 30 16,145	9 34,9	14 23	15 49	11 55,0	4 01
466,5	21 34 12,694	9 38,7	14 04	15 49	12 39,9	+ 0 03
467,5	21 38 09,243	9 42,4	13 46	15 49	13 24,5	— 3 54
468,5	21 42 05,793	9 46,2	13 27	15 49	14 09,5	7 43
469,5	21 46 02,344	9 49,9	13 07	15 50	14 55,6	11 14
470,5	21 49 58,897	9 53,6	12 48	15 50	15 43,3	14 21
471,5	21 53 55,453	9 57,3	12 28	15 50	16 33,2	16 53
472,5	21 57 52,009	10 01,0	12 08	15 50	17 25,6	18 42
473,5	22 01 48,567	10 04,7	11 48	15 50	18 20,4	19 35
474,5	22 05 45,126	10 08,4	11 28	15 51	19 17,3	19 25
475,5	22 09 41,683	10 12,1	11 08	15 51	20 15,5	18 06
476,5	22 13 38,239	10 15,8	10 47	15 51	21 14,3	15 37
477,5	22 17 34,792	10 19,4	10 26	15 51	22 12,7	12 06
478,5	22 21 31,342	10 23,1	10 05	15 51	23 10,4	7 46
479,5	22 25 27,890	10 26,7	9 44	15 52	0 07,3	— 2 56
480,5	22 29 24,438	10 30,4	9 23	15 52	1 03,5	+ 2 04
481,5	22 33 20,987	10 34,0	9 02	15 52	1 59,3	6 54
482,5	22 37 17,538	10 37,6	8 40	15 52	2 55,3	+11 14

I. SZEPTEMBER

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	H	36	245	5 03	11 44	18 25	22 23	12 33	☾ 19 08
2	K		246	5 04	11 44	18 23	23 08	13 39	
3	Sz		247	5 05	11 43	18 21	23 59	14 40	
4	Cs		248	5 07	11 43	18 19	—	15 32	
5	P		249	5 08	11 43	18 17	0 54	16 18	
6	Sz		250	5 09	11 42	18 15	1 52	16 56	
7	V		251	5 11	11 42	18 13	2 54	17 29	
8	H	37	252	5 12	11 42	18 11	3 55	18 00	
9	K		253	5 13	11 41	18 09	4 57	18 25	● 11 01
10	Sz		254	5 15	11 41	18 07	5 58	18 50	
11	Cs		255	5 16	11 41	18 04	6 59	19 14	
12	P		256	5 17	11 40	18 02	8 00	19 38	
13	Sz		257	5 19	11 40	18 00	9 00	20 03	
14	V		258	5 20	11 40	17 58	10 01	20 30	
15	H	38	259	5 21	11 39	17 56	11 01	21 02	
16	K		260	5 23	11 39	17 54	12 02	21 38	
17	Sz		261	5 24	11 39	17 52	13 00	22 20	☽ 14 55
18	Cs		262	5 25	11 38	17 50	13 56	23 10	
19	P		263	5 27	11 38	17 48	14 48	—	
20	Sz		264	5 28	11 37	17 46	15 35	0 09	
21	V		265	5 29	11 37	17 44	16 17	1 15	
22	H	39	266	5 31	11 37	17 42	16 54	2 28	
23	K		267	5 32	11 36	17 40	17 28	3 44	
24	Sz		268	5 33	11 36	17 38	18 01	5 03	○ 13 09
25	Cs		269	5 35	11 36	17 36	18 32	6 23	
26	P		270	5 36	11 35	17 34	19 06	7 43	
27	Sz		271	5 37	11 35	17 32	19 40	9 02	
28	V		272	5 39	11 35	17 30	20 20	10 18	
29	H	40	273	5 40	11 34	17 28	21 04	11 29	
30	K		274	5 41	11 34	17 26	21 53	12 33	

Hold: 12-én 10^h-kor földtávolban
25-én 04^h-kor földközelen

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2444 ...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' ' "		h m	° ' ' "
...483,5	22 41 14,092	10 41,3	+ 8 18	15 53	3 51,5	+14 50
484,5	22 45 10,648	10 44,9	7 57	15 53	4 48,0	17 31
485,5	22 49 07,205	10 48,5	7 35	15 53	5 44,4	19 08
486,5	22 53 03,763	10 52,1	7 13	15 53	6 40,3	19 41
487,5	22 57 00,320	10 55,8	6 50	15 53	7 35,0	19 10
488,5	23 00 56,875	10 59,4	6 28	15 54	8 28,2	17 40
489,5	23 04 53,428	11 03,0	6 06	15 54	9 19,4	15 22
490,5	23 08 49,979	11 06,6	5 43	15 54	10 08,6	12 23
491,5	23 12 46,528	11 10,2	5 21	15 54	10 56,0	8 55
492,5	23 16 43,076	11 13,8	4 58	15 55	11 42,0	5 07
493,5	23 20 39,623	11 17,4	4 35	15 55	12 27,1	+ 1 09
494,5	23 24 36,170	11 21,0	4 12	15 55	13 11,7	- 2 51
495,5	23 28 32,718	11 24,5	3 49	15 55	13 56,5	6 43
496,5	23 32 29,268	11 28,1	3 26	15 56	14 42,0	10 20
497,5	23 36 25,819	11 31,7	3 03	15 56	15 28,8	13 34
498,5	23 40 22,372	11 35,3	2 40	15 56	16 17,3	16 16
499,5	23 44 18,926	11 38,9	2 17	15 56	17 07,8	18 17
500,5	23 48 15,482	11 42,3	1 54	15 57	18 00,5	19 29
501,5	23 52 12,039	11 46,1	1 31	15 57	18 55,3	19 43
502,5	23 56 08,596	11 49,7	1 07	15 57	19 51,6	18 52
503,5	0 00 05,151	11 53,2	0 44	15 57	20 49,0	16 53
504,5	0 04 01,704	11 56,8	+ 0 21	15 58	21 46,9	13 49
505,5	0 07 58,254	12 00,4	- 0 03	15 58	22 44,7	9 49
506,5	0 11 54,802	12 04,0	0 26	15 58	23 42,3	- 5 06
507,5	0 15 51,349	12 07,6	0 49	15 59	0 39,7	0 00
508,5	0 19 47,896	12 11,2	1 13	15 59	1 37,2	+ 5 06
509,5	0 23 44,446	12 14,8	1 36	15 59	2 34,9	9 51
510,5	0 27 40,998	12 18,4	2 00	15 59	3 33,0	13 53
511,5	0 31 37,554	12 22,0	2 23	16 00	4 31,3	16 58
512,5	0 35 34,111	12 25,6	- 2 46	16 00	5 29,4	+18 58

Föld: 22-én 22^h09^m-kor ősz kezdete (KözE1)

I. OKTÓBER

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

Hold: 9-én 16^h-kor földtávolban
23-án 15^h-kor földközélen

HÓNAP

0 ⁿ világidőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő (λ = 0 ⁿ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...513,5	0 39 30,668	12 29,3	— 3 10	16 00	6 26,6	+19 48
514,5	0 43 27,225	12 32,9	3 33	16 00	7 22,3	19 31
515,5	0 47 23,780	12 36,5	3 56	16 01	8 16,1	18 13
516,5	0 51 20,334	12 40,1	4 19	16 01	9 07,7	16 04
517,5	0 55 16,885	12 43,8	4 42	16 01	9 57,1	13 14
518,5	0 59 13,435	12 47,4	5 05	16 02	10 44,6	9 51
519,5	1 03 09,983	12 51,1	5 28	16 02	11 30,5	6 07
520,5	1 07 06,530	12 54,7	5 51	16 02	12 15,6	+ 2 09
521,5	1 11 03,077	12 58,4	6 14	16 02	13 00,1	— 1 52
522,5	1 14 59,625	13 02,1	6 37	16 03	13 44,8	5 49
523,5	1 18 56,175	13 05,8	7 00	16 03	14 30,1	9 33
524,5	1 22 52,726	13 09,4	7 22	16 03	15 16,6	12 55
525,5	1 26 49,279	13 13,1	7 45	16 03	16 04,4	15 47
526,5	1 30 45,833	13 16,9	8 07	16 04	16 54,1	18 01
527,5	1 34 42,390	13 20,6	8 29	16 04	17 45,5	19 27
528,5	1 38 38,947	13 24,3	8 52	16 04	18 38,6	19 58
529,5	1 42 35,504	13 28,0	9 14	16 05	19 33,0	19 29
530,5	1 46 32,060	13 31,8	9 36	16 05	20 28,4	17 56
531,5	1 50 28,615	13 35,5	9 57	16 05	21 24,3	15 20
532,5	1 54 25,167	13 39,3	10 19	16 05	22 20,4	11 45
533,5	1 58 21,717	13 43,1	10 40	16 06	23 16,6	7 22
534,5	2 02 18,266	13 46,8	11 02	16 06	0 13,2	— 2 26
535,5	2 06 14,814	13 50,6	11 23	16 06	1 10,3	+ 2 45
536,5	2 10 11,364	13 54,4	11 44	16 07	2 08,3	7 48
537,5	2 14 07,917	13 58,3	12 05	16 07	3 07,4	12 20
538,5	2 18 04,473	14 02,1	12 25	16 07	4 07,4	16 00
539,5	2 22 01,031	14 05,9	12 46	16 07	5 07,7	18 33
540,5	2 25 57,591	14 09,8	13 06	16 08	6 07,4	19 52
541,5	2 29 54,150	14 13,7	13 26	16 08	7 05,5	19 57
542,5	2 33 50,708	14 17,5	13 46	16 08	8 01,4	18 55
543,5	2 37 47,264	14 21,4	—14 05	16 08	8 54,6	+16 56

I. NOVEMBER

DÁTUM	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)					A HOLD fény-változásai
				Budapest					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(44)	306	6 28	11 28	16 27	—	14 08	
2	V		307	6 29	11 28	16 26	0 42	14 36	
3	H	45	308	6 31	11 28	16 24	1 43	15 00	
4	K		309	6 32	11 28	16 22	2 44	15 24	
5	Sz		310	6 34	11 28	16 21	3 45	15 47	
6	Cs		311	6 36	11 28	16 20	4 45	16 11	
7	P		312	6 37	11 28	16 18	5 47	16 37	● 21 43
8	Sz		313	6 39	11 28	16 17	6 48	17 05	
9	V		314	6 40	11 28	16 15	7 50	17 38	
10	H	46	315	6 42	11 28	16 14	8 50	18 15	
11	K		316	6 43	11 28	16 13	9 47	18 59	
12	Sz		317	6 45	11 28	16 12	10 40	19 49	
13	Cs		318	6 46	11 29	16 10	11 28	20 47	
14	P		319	6 48	11 29	16 09	12 12	21 51	
15	Sz		320	6 49	11 29	16 08	12 49	23 00	∪ 16 48
16	V		321	6 51	11 29	16 07	13 23	—	
17	H	47	322	6 52	11 29	16 06	13 54	0 12	
18	K		323	6 53	11 29	16 05	14 24	1 26	
19	Sz		324	6 55	11 30	16 04	14 55	2 43	
20	Cs		325	6 56	11 30	16 03	15 26	4 02	
21	P		326	6 58	11 30	16 02	16 02	5 21	
22	Sz		327	6 59	11 30	16 01	16 42	6 40	○ 07 40
23	V		328	7 01	11 31	16 00	17 29	7 55	
24	H	48	329	7 02	11 31	16 00	18 21	9 05	
25	K		330	7 03	11 31	15 59	19 20	10 04	
26	Sz		331	7 05	11 32	15 58	20 22	10 54	
27	Cs		332	7 06	11 32	15 57	21 26	11 35	
28	P		333	7 07	11 32	15 57	22 30	12 10	
29	Sz		334	7 09	11 33	15 56	23 33	12 40	∪ 10 59
30	V		335	7 10	11 33	15 56	—	13 06	

Hold: 5-én 18^h-kor földtávolban
21-én 02^h-kor földközelen

HÓNAP

0 ^h világitidőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
...544,5	2 41 43,818	14 25,4	-14 24	16 09	9 45,1	+14 13
545,5	2 45 40,370	14 29,3	14 44	16 09	10 33,2	10 55
546,5	2 49 36,921	14 33,2	15 02	16 09	11 19,5	7 13
547,5	2 53 33,470	14 37,2	15 21	16 09	12 04,5	+ 3 16
548,5	2 57 30,020	14 41,1	15 40	16 10	12 49,0	- 0 47
549,5	3 01 26,570	14 45,1	15 58	16 10	13 33,5	4 48
550,5	3 05 23,121	14 49,1	16 16	16 10	14 18,6	8 39
551,5	3 09 19,674	14 53,1	16 33	16 10	15 04,8	12 12
552,5	3 13 16,228	14 57,1	16 50	16 10	15 52,6	15 16
553,5	3 17 12,785	15 01,1	17 07	16 11	16 42,1	17 43
554,5	3 21 09,344	15 05,2	17 24	16 11	17 33,2	19 23
555,5	3 25 05,903	15 09,3	17 41	16 11	18 25,9	20 10
556,5	3 29 02,463	15 13,3	17 57	16 11	19 19,7	19 57
557,5	3 32 59,021	15 17,4	18 13	16 12	20 14,0	18 42
558,5	3 36 55,579	15 21,5	18 28	16 12	21 08,4	16 27
559,5	3 40 52,134	15 25,6	18 43	16 12	22 02,7	13 15
560,5	3 44 48,687	15 29,8	18 58	16 12	22 56,9	9 14
561,5	3 48 45,239	15 33,9	19 13	16 12	23 51,2	- 4 36
562,5	3 52 41,790	15 38,1	19 27	16 13	0 46,1	+ 0 25
563,5	3 56 38,341	15 42,2	19 41	16 13	1 42,2	5 30
564,5	4 00 34,895	15 46,4	19 54	16 13	2 39,9	10 18
565,5	4 04 31,452	15 50,6	20 07	16 13	3 39,3	14 28
566,5	4 08 28,012	15 54,8	20 20	16 13	4 40,0	17 39
567,5	4 12 24,574	15 59,1	20 32	16 14	5 51,4	19 37
568,6	4 16 21,137	16 03,3	20 44	16 14	6 42,0	20 17
569,5	4 20 17,699	16 07,5	20 56	16 14	7 40,7	19 41
570,5	4 24 14,259	16 11,8	21 07	16 14	8 36,7	17 59
571,5	4 28 10,817	16 16,1	21 18	16 14	9 29,5	15 25
572,5	4 32 07,372	16 20,4	21 28	16 15	10 19,3	12 12
573,5	4 36 03,925	16 24,7	-21 38	16 15	11 06,7	+ 8 33

I. DECEMBER

DÁTUM	A hét napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben (KözEI)					A HOLD főny- váltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	H	49	336	7 11	11 33	15 55	0 35	13 29	
2	K		337	7 12	11 34	15 55	1 36	13 52	
3	Sz		338	7 14	11 34	15 54	2 36	14 16	
4	Cs		339	7 15	11 34	15 54	3 37	14 40	
5	P		340	7 16	11 35	15 54	4 39	15 07	
6	Sz		341	7 17	11 35	15 54	5 41	15 38	
7	V		342	7 18	11 36	15 53	6 42	16 14	● 15 36
8	H	50	343	7 19	11 36	15 53	7 41	16 56	
9	K		344	7 20	11 37	15 53	8 37	17 44	
10	Sz		345	7 21	11 37	15 53	9 28	18 41	
11	Cs		346	7 22	11 38	15 53	10 13	19 42	
12	P		347	7 23	11 38	15 53	10 52	20 50	
13	Sz		348	7 24	11 39	15 53	11 27	22 00	
14	V		349	7 25	11 39	15 53	11 58	23 13	
15	H	51	350	7 25	11 39	15 53	12 27	—	⊃ 02 48
16	K		351	7 26	11 40	15 54	12 56	0 26	
17	Sz		352	7 27	11 40	15 54	13 25	1 40	
18	Cs		353	7 27	11 41	15 54	13 57	2 57	
19	P		354	7 28	11 41	15 55	14 33	4 14	
20	Sz		355	7 29	11 42	15 55	15 15	5 29	
21	V		356	7 29	11 42	15 56	16 04	6 41	○ 19 09
22	H	52	357	7 30	11 43	15 56	17 00	7 46	
23	K		358	7 30	11 43	15 57	18 01	8 42	
24	Sz		359	7 31	11 44	15 57	19 07	9 29	
25	Cs		360	7 31	11 44	15 58	20 13	10 07	
26	P		361	7 31	11 45	15 59	21 17	10 40	
27	Sz		362	7 32	11 45	15 59	22 21	11 08	
28	V		363	7 32	11 46	16 00	23 23	11 33	
29	H	53	364	7 32	11 46	16 01	—	11 56	⊃ 07 33
30	K		365	7 32	11 47	16 02	0 24	12 20	
31	Sz		366	7 32	11 47	16 03	1 25	12 44	

Hold: 3-án 05^h-kor földtávoiban
 19-én 06^h-kor földközelen
 31-én 0^h-kor földtávoiban

HÓNAP

0 ^b világidőkor						
Julián dátum 2444...	Csillagidő ($\lambda = 0^{\text{h}}$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...574,5	4 40 00,477	16 29,0	—21 48	16 15	11 52,4	+ 4 36
575,5	4 43 57,029	16 33,3	21 57	16 15	12 37,0	+ 0 32
576,5	4 47 53,581	16 37,6	22 05	16 15	13 21,3	— 3 33
577,5	4 51 50,134	16 42,0	22 14	16 15	14 06,1	7 30
578,5	4 55 46,689	16 46,3	22 22	16 15	14 52,0	11 11
579,5	4 59 43,246	16 50,7	22 29	16 16	15 39,4	14 27
580,5	5 03 39,804	16 55,1	22 36	16 16	16 28,7	17 09
581,5	5 07 36,364	16 59,4	22 43	16 16	17 19,9	19 07
582,5	5 11 32,926	17 03,8	22 49	16 16	18 12,9	20 11
583,5	5 15 29,488	17 08,2	22 54	16 16	19 07,1	20 16
584,5	5 19 26,049	17 12,6	23 00	16 16	20 01,8	19 17
585,5	5 23 22,609	17 17,0	23 04	16 16	20 56,4	17 16
586,5	5 27 19,167	17 21,4	23 09	16 16	21 50,4	14 18
587,5	5 31 15,722	17 25,8	23 12	16 17	22 43,8	10 32
588,5	5 35 12,276	17 30,3	23 16	16 17	23 36,7	6 08
589,5	5 39 08,828	17 34,7	23 19	16 17	0 29,6	— 1 21
590,5	5 43 05,381	17 39,1	23 21	16 17	1 23,2	+ 3 36
591,5	5 47 01,935	17 43,6	23 23	16 17	2 18,1	8 25
592,5	5 50 58,492	17 48,0	23 25	16 17	3 14,9	12 47
593,5	5 54 55,053	17 52,4	23 26	16 17	4 13,7	16 23
594,5	5 58 51,615	17 56,9	23 26	16 17	5 14,1	18 55
595,5	6 02 48,179	18 01,3	23 26	16 17	6 15,1	20 13
596,5	6 06 44,743	18 05,7	23 26	16 17	7 15,3	20 12
597,5	6 10 41,305	18 10,2	23 25	16 17	8 13,6	18 59
598,5	6 14 37,865	18 14,6	23 24	16 17	9 09,0	16 43
599,5	6 18 34,422	18 19,1	23 22	16 17	10 01,2	13 40
600,5	6 22 30,977	18 23,5	23 20	16 17	10 50,5	10 05
601,5	6 26 27,530	18 27,9	23 17	16 17	11 37,5	6 09
602,5	6 30 24,083	18 32,4	23 14	16 17	12 22,9	+ 2 03
603,5	6 34 20,635	18 36,8	23 10	16 17	13 07,5	— 2 04
604,5	6 38 17,189	18 41,2	—23 06	16 17	13 52,1	— 6 06

Föld: 21-én 17^h56^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 ₀
	°	°	°		°	°	°
I. 5	+ 0,5	-3,4	252,5	VII. 3	- 1,7	+3,1	36,7
10	- 1,9	4,0	186,7	8	+ 0,6	3,7	330,6
15	4,3	4,5	120,8	13	2,8	4,2	264,4
20	6,6	5,0	55,0	18	5,0	4,7	198,2
25	8,9	5,4	349,2	23	7,2	5,1	132,1
30	11,0	5,8	283,3	28	9,3	5,5	65,9
II. 4	13,1	6,2	217,5	VIII. 2	11,3	5,9	359,8
9	15,0	6,5	151,7	7	13,2	6,2	293,7
14	16,8	6,8	85,8	12	15,0	6,5	227,6
19	18,5	7,0	20,0	17	16,7	6,8	161,5
24	20,0	7,1	314,1	22	18,3	7,0	95,4
29	21,4	7,2	248,3	27	19,8	7,1	29,4
III. 5	22,6	7,3	182,4	IX. 1	21,1	7,2	323,3
10	23,6	7,2	116,5	6	22,3	7,3	257,3
15	24,5	7,2	50,6	11	23,4	7,2	191,2
20	25,2	7,0	344,7	16	24,3	7,2	125,2
25	25,8	6,9	278,8	21	25,0	7,1	59,2
30	26,1	6,6	212,9	26	25,6	6,9	353,2
IV. 4	26,3	6,3	146,9	X. 1	26,0	6,7	287,2
9	26,3	6,0	80,9	6	26,3	6,4	221,3
14	26,1	5,7	14,9	11	26,3	6,1	155,3
19	25,8	5,2	308,9	16	26,2	5,8	89,4
24	25,2	4,8	242,8	21	25,9	5,4	23,4
29	24,5	4,3	176,8	26	25,4	4,9	317,5
V. 4	23,6	3,8	110,7	31	24,8	4,4	251,7
9	22,5	3,3	44,6	XI. 5	23,8	3,9	185,6
14	21,2	2,7	338,4	10	22,7	3,4	119,7
19	19,8	2,2	272,3	15	21,4	2,8	53,8
24	18,2	1,6	206,2	20	19,9	2,2	347,9
29	16,5	1,0	140,0	25	18,3	1,6	281,9
VI. 3	14,6	-0,4	73,8	30	16,4	1,0	216,1
8	12,7	+0,2	7,7	XII. 5	14,5	+0,3	150,2
13	10,6	0,8	301,5	10	12,4	-0,3	84,3
18	8,5	1,4	235,3	15	10,1	1,0	18,4
23	6,2	2,0	169,1	20	7,8	1,6	312,5
28	-4,0	+2,6	102,9	25	5,5	2,2	246,7
				30	+ 3,0	-2,8	180,8

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

III. A holdkorong sugara
0^b világidőkor

Dátum	' "	Dátum	' "	Dátum	' "
I. 1	15 31	V. 3	15 11	IX. 3	15 40
4	15 06	6	15 38	6	15 11
7	14 48	9	16 09	9	14 51
10	14 50	12	16 29	12	14 43
13	15 16	15	16 17	15	14 50
16	15 56	18	15 39	18	15 19
19	16 25	21	15 02	21	16 04
22	16 20	24	14 46	24	16 40
25	15 55	27	14 53	27	16 34
28	15 27	30	15 14	30	15 55
31	15 04				
II. 3	14 48	VI. 2	15 38	X. 3	15 15
6	14 45	5	16 00	6	14 51
9	15 03	8	16 15	9	14 42
12	15 42	11	16 12	12	14 46
15	16 25	14	15 46	15	15 06
18	16 38	17	15 11	18	15 44
21	16 11	20	14 49	21	16 28
24	15 32	23	14 51	24	16 44
27	15 03	26	15 14	27	16 16
		29	15 44	30	15 29
III. 1	14 47	VII. 2	16 04	XI. 2	14 55
4	14 43	5	16 10	5	14 42
7	14 54	8	16 02	8	14 46
10	15 24	11	15 43	11	15 02
13	16 09	14	15 15	14	15 29
16	16 42	17	14 52	17	16 06
19	16 32	20	14 48	20	16 35
22	15 50	23	15 08	23	16 28
25	15 09	26	15 44	26	15 48
28	14 47	29	16 14	29	15 06
31	14 42				
IV. 3	14 51	VIII. 1	16 18	XII. 2	14 45
6	15 13	4	16 02	5	14 47
9	15 49	7	15 38	8	15 04
12	16 28	10	15 13	11	15 26
15	16 39	13	14 53	14	15 52
18	16 09	16	14 45	17	16 16
21	15 24	19	14 58	20	16 23
24	14 52	22	15 34	23	15 59
27	14 43	25	16 16	26	15 20
30	14 52	28	16 33	29	14 51
		31	16 14		

IV. A szabad szemmel

Merkur

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 m
I. 1	17 51,0	−24 00	2,42	1,38	−0,4	6 49	10 57	15 05
	6 18 24,9	24 25	2,37	1,41	0,5	7 05	11 11	15 17
	11 18 59,5	24 16	2,34	1,43	0,6	7 20	11 26	15 33
	16 19 34,5	23 32	2,34	1,43	0,7	7 31	11 42	15 53
	21 20 09,9	22 11	2,35	1,42	0,8	7 39	11 58	16 16
26 20 45,3	20 12	2,40	1,39	1,0	7 44	12 13	16 43	
31 21 20,4	17 34	2,48	1,35	1,0	7 46	12 29	17 12	
II. 5	21 54,7	14 21	2,61	1,28	1,1	7 44	12 43	17 42
	10 22 27,1	10 39	2,82	1,18	1,0	7 39	12 55	18 12
	15 22 55,4	6 48	3,14	1,06	0,9	7 30	13 03	18 37
20 23 16,0	3 21	3,61	0,93	−0,6	7 14	13 03	18 52	
25 23 24,5	1 05	4,23	0,79	0,0	6 52	12 50	18 49	
III. 1	23 18,9	0 40	4,87	0,69	+0,9	6 23	12 24	18 24
	6 23 03,0	2 08	5,32	0,63	2,0	5 54	11 48	17 42
	11 22 46,0	4 34	5,38	0,62	2,6	5 28	11 12	16 55
16 22 36,0	6 47	5,12	0,65	2,0	5 09	10 43	16 17	
21 22 35,8	8 08	4,72	0,71	1,4	4 56	10 24	15 52	
26 22 44,0	8 29	4,31	0,77	1,0	4 47	10 13	15 39	
31 22 58,7	7 58	3,95	0,85	0,8	4 40	10 09	15 37	
IV. 5	23 17,9	6 40	3,63	0,92	0,6	4 34	10 08	15 43
10 23 40,6	4 43	3,37	0,99	0,5	4 29	10 12	15 54	
15 0 05,9	− 2 12	3,14	1,06	0,3	4 24	10 17	16 11	
20 0 33,6	+ 0 49	2,95	1,13	+0,1	4 19	10 26	16 33	
25 1 03,8	4 15	2,79	1,20	−0,1	4 14	10 36	16 58	
30 1 36,7	8 01	2,67	1,25	0,4	4 11	10 50	17 29	
V. 5	2 12,7	12 01	2,57	1,30	0,7	4 09	11 07	18 04
	10 2 52,4	16 01	2,53	1,32	1,2	4 10	11 27	18 44
	15 3 35,4	19 43	2,54	1,32	1,7	4 14	11 50	19 27
	20 4 20,2	22 42	2,61	1,28	1,7	4 23	12 16	20 09
	25 5 04,4	24 40	2,77	1,21	1,3	4 35	12 40	20 45
30 5 45,4	25 32	2,99	1,12	0,9	4 51	13 01	21 11	
VI. 4	6 21,7	25 28	3,28	1,02	−0,4	5 07	13 17	21 27
	9 6 52,3	24 41	3,62	0,92	+0,1	5 22	13 27	21 32
	14 7 16,6	23 25	4,01	0,83	0,4	5 34	13 31	21 28
	19 7 34,2	21 53	4,46	0,75	0,8	5 40	13 28	21 16
	24 7 44,3	20 18	4,93	0,68	1,1	5 38	13 18	20 57
29 7 46,5	+18 53	5,38	0,62	+1,5	5 28	12 59	20 31	

látható bolygók adatai

Merkur

Dátum	C ^b 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
VII. 4	7 40,9	+17 49	5,74	0,58	+1,9	5 07	12 33	19 59
9	7 29,4	17 17	5,88	0,57	2,4	4 39	12 02	19 25
14	7 16,1	17 20	5,73	0,58	3,0	4 06	11 29	18 53
19	7 06,3	17 53	5,31	0,63	2,8	3 34	11 00	18 27
24	7 04,5	18 47	4,74	0,71	2,1	3 09	10 40	18 11
29	7 13,0	19 44	4,14	0,81	1,3	2 53	10 29	18 06
VIII. 3	7 32,1	20 24	3,60	0,93	+0,6	2 50	10 30	18 10
8	8 01,0	20 24	3,16	1,06	0,0	3 00	10 40	18 20
13	8 37,3	19 25	2,84	1,18	-0,6	3 22	10 57	18 31
18	9 17,2	17 20	2,62	1,27	1,1	3 54	11 17	18 41
23	9 57,1	14 21	2,50	1,34	1,4	4 29	11 37	18 46
28	10 34,9	10 47	2,44	1,37	1,5	5 04	11 55	18 47
IX. 2	11 09,9	6 56	2,42	1,38	1,3	5 36	12 10	18 44
7	11 42,2	+ 3 01	2,44	1,37	1,0	6 06	12 23	18 39
12	12 12,4	- 0 50	2,48	1,34	0,6	6 33	12 33	18 33
17	12 40,9	4 33	2,55	1,31	0,4	6 58	12 42	18 25
22	13 08,0	8 03	2,64	1,26	-0,2	7 21	12 49	18 17
27	13 33,9	11 18	2,76	1,21	0,0	7 42	12 55	18 08
X. 2	13 58,5	14 13	2,92	1,15	0,0	8 00	13 00	17 59
7	14 21,6	16 46	3,12	1,07	+0,1	8 16	13 03	17 50
12	14 41,8	18 48	3,38	0,99	0,2	8 26	13 03	17 40
17	14 57,7	20 12	3,72	0,90	0,3	8 29	12 58	17 28
22	15 06,0	20 41	4,15	0,80	0,4	8 19	12 46	17 13
27	15 02,6	19 49	4,63	0,72	0,7	7 50	12 21	16 53
XI. 1	14 45,4	17 15	4,95	0,67	1,3	6 59	11 44	16 28
6	14 22,7	13 41	4,83	0,69	3,0	6 00	11 02	16 04
11	14 10,2	11 13	4,29	0,78	1,9	5 18	10 31	15 45
16	14 14,3	11 00	3,70	0,80	+0,6	5 02	10 17	15 32
21	14 31,1	12 16	3,24	1,03	-0,1	5 06	10 15	15 24
26	14 55,1	14 40	2,92	1,15	0,4	5 22	10 20	15 17
XII. 1	15 23,0	17 06	2,69	1,24	0,5	5 43	10 28	15 13
6	15 53,1	19 24	2,54	1,31	0,5	6 05	10 39	15 12
11	16 24,7	21 25	2,44	1,37	0,5	6 28	10 51	15 13
16	16 57,4	23 01	2,37	1,41	0,6	6 50	11 04	15 17
21	17 31,1	24 10	2,33	1,43	0,6	7 11	11 18	15 25
26	18 05,6	24 47	2,31	1,44	0,6	7 29	11 33	15 36
31	18 40,7	-24 50	2,32	1,44	-0,7	7 45	11 48	15 51

IV. A szabad szemmel

Vénusz

Dátum	0 ^h világidőkor					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	20 57,5	—19 06	6,24	1,35	—3,4	9 28	14 03	18 38
6	21 22,3	17 16	6,37	1,32	3,4	9 23	14 08	18 53
11	21 46,4	15 14	6,50	1,29	3,4	9 18	14 12	19 07
16	22 10,0	13 03	6,65	1,27	3,4	9 11	14 16	19 21
21	22 33,0	10 43	6,80	1,24	3,5	9 04	14 19	19 35
26	22 55,6	8 16	6,97	1,21	3,5	8 55	14 22	19 49
31	23 17,7	5 45	7,15	1,18	3,5	8 46	14 25	20 03
II. 5	23 39,5	3 10	7,34	1,15	3,5	8 37	14 27	20 16
10	0 01,0	— 0 33	7,55	1,11	3,6	8 27	14 28	20 29
15	0 22,3	+ 2 05	7,78	1,08	3,6	8 17	14 30	20 43
20	0 43,5	4 41	8,03	1,05	3,6	8 07	14 31	20 55
25	1 04,6	7 15	8,30	1,01	3,6	7 57	14 33	21 08
III. 1	1 25,6	9 45	8,60	0,98	3,7	7 47	14 34	21 21
6	1 46,7	12 10	8,92	0,94	3,7	7 37	14 35	21 34
11	2 07,8	14 28	9,28	0,91	3,8	7 28	14 37	21 46
16	2 28,9	16 38	9,68	0,87	3,8	7 18	14 38	21 58
21	2 50,1	18 39	10,11	0,83	3,8	7 09	14 40	22 10
26	3 11,3	20 29	10,60	0,79	3,8	7 01	14 41	22 22
31	3 32,4	22 08	11,14	0,76	3,9	6 53	14 43	22 32
IV. 5	3 53,2	23 35	11,74	0,72	3,9	6 46	14 44	22 42
10	4 13,7	24 49	12,42	0,68	4,0	6 39	14 44	22 50
15	4 33,6	25 49	13,18	0,64	4,0	6 33	14 45	22 57
20	4 52,8	26 37	14,04	0,60	4,1	6 27	14 44	23 01
25	5 10,8	27 11	15,01	0,56	4,1	6 21	14 42	23 03
30	5 27,3	27 32	16,11	0,52	4,1	6 15	14 39	23 02
V. 5	5 41,9	27 40	17,36	0,48	4,2	6 09	14 33	22 58
10	5 54,2	27 38	18,76	0,45	4,2	6 01	14 25	22 50
15	6 03,6	27 25	20,32	0,41	4,2	5 52	14 15	22 37
20	6 09,6	27 02	22,04	0,38	4,2	5 41	14 01	22 21
25	6 11,5	26 29	23,85	0,35	4,1	5 26	13 42	21 59
30	6 09,1	25 45	25,65	0,33	4,0	5 08	13 20	21 31
VI. 4	6 02,3	24 51	27,27	0,31	3,8	4 47	12 53	20 59
9	5 51,8	23 45	28,48	0,30	3,5	4 23	12 23	20 22
14	5 39,0	22 30	29,04	0,29	3,1	3 58	11 50	19 42
19	5 25,9	21 12	28,85	0,29	2,7	3 33	11 18	19 02
24	5 14,5	20 00	27,94	0,30	3,1	3 09	10 47	18 24
29	5 06,3	+19 01	26,50	0,32	—3,5	2 47	10 19	17 52

látható bolygók adatai

Vénusz

Dátum	0 ^h világitókor					KözEI-ben Budapesten			
	RA	D	látszó sugár	r	m	kei	delei	nyug-szik	
	h m	° ′	″	cs. e.	magn.	h m	h m	h m	
VII. 4	5 02,1	+18 19	24,77	0,34	-3,8	2 27	9 56	17 24	
	9	5 01,9	17 56	22,96	0,37	4,0	2 10	9 36	17 03
	14	5 05,5	17 50	21,20	0,40	4,1	1 54	9 20	16 47
	19	5 12,4	17 56	19,57	0,43	4,2	1 41	9 08	16 35
	24	5 22,2	18 10	18,10	0,46	4,2	1 30	8 58	16 26
VIII. 29	5 34,4	18 30	16,78	0,50	4,2	1 21	8 51	16 20	
	3	5 48,6	18 51	15,61	0,54	4,2	1 14	8 46	16 17
	8	6 04,6	19 10	14,58	0,58	4,1	1 09	8 42	16 15
	13	6 22,1	19 24	13,67	0,62	4,1	1 05	8 40	16 14
	18	6 40,8	19 32	12,86	0,65	4,0	1 04	8 39	16 14
IX. 23	7 00,4	19 31	12,13	0,69	4,0	1 04	8 39	16 14	
	28	7 20,9	19 21	11,49	0,73	4,0	1 06	8 40	16 14
	2	7 42,1	18 59	10,91	0,77	3,9	1 09	8 41	16 13
	7	8 03,8	18 26	10,40	0,81	3,9	1 14	8 43	16 12
	12	8 25,8	17 40	9,93	0,85	3,8	1 20	8 46	16 11
X. 17	8 48,1	16 43	9,51	0,88	3,8	1 28	8 48	16 08	
	22	9 10,5	15 33	9,13	0,92	3,8	1 36	8 51	16 05
	27	9 32,9	14 12	8,78	0,96	3,7	1 46	8 54	16 01
	2	9 55,4	12 41	8,46	0,99	3,7	1 56	8 56	15 57
	7	10 17,8	10 59	8,17	1,03	3,7	2 06	8 59	15 52
XI. 12	10 40,2	9 08	7,90	1,06	3,6	2 18	9 02	15 46	
	17	11 02,5	7 10	7,66	1,10	3,6	2 29	9 04	15 39
	22	11 24,8	5 05	7,43	1,13	3,6	2 41	9 07	15 33
	27	11 47,0	2 55	7,22	1,16	3,6	2 53	9 09	15 26
	1	12 09,3	+ 0 41	7,03	1,20	3,5	3 06	9 12	15 16
XII. 6	12 31,7	- 1 36	6,86	1,23	3,5	3 18	9 15	15 11	
	11	12 54,3	3 53	6,69	1,26	3,5	3 31	9 17	15 04
	16	13 17,0	6 10	6,54	1,29	3,5	3 44	9 21	14 57
	21	13 40,0	8 25	6,40	1,31	3,5	3 57	9 24	14 50
	26	14 03,3	10 36	6,27	1,34	3,4	4 11	9 27	14 44
XII. 1	14 27,0	12 41	6,15	1,37	3,4	4 25	9 32	14 38	
	6	14 51,2	14 39	6,03	1,39	3,4	4 39	9 36	14 33
	11	15 15,8	16 29	5,93	1,42	3,4	4 53	9 41	14 29
	16	15 41,0	18 08	5,83	1,44	3,4	5 06	9 46	14 27
	21	16 06,6	19 35	5,74	1,47	3,4	5 20	9 52	14 25
XII. 26	16 32,6	20 49	5,66	1,49	3,4	5 33	9 59	14 25	
	31	16 59,1	-21 48	5,58	1,51	-3,4	5 45	10 06	14 26

IV. A szabad szemmel

Mars

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látszó sugár	r	m	kel	decel	nyug- szik
	h m	° ′	″	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
I. 1	11 05,8	+ 9 12	4,84	0,97	+0,2	21 22	4 10	10 54
11	11 10,8	9 02	5,28	0,89	-0,1	20 48	3 36	10 19
21	11 11,4	9 19	5,76	0,81	0,3	20 08	2 57	9 42
31	11 07,1	10 05	6,22	0,75	0,5	19 21	2 13	9 02
II. 10	10 58,0	11 16	6,62	0,71	0,7	18 27	1 25	8 19
20	10 44,7	12 42	6,86	0,68	0,9	17 28	0 32	7 33
III. 1	10 29,6	14 05	6,89	0,68	1,0	16 25	23 33	6 44
11	10 15,4	15 11	6,70	0,70	0,8	15 27	22 39	5 56
21	10 04,4	15 48	6,35	0,74	0,6	14 34	21 49	5 09
31	9 58,1	15 55	5,91	0,79	0,4	13 48	21 04	4 25
IV. 10	9 56,9	15 35	5,45	0,86	-0,1	13 10	20 24	3 43
20	10 00,2	14 52	5,02	0,93	+0,1	12 37	19 49	3 04
30	10 07,4	13 50	4,62	1,01	0,3	12 11	19 17	2 27
V. 10	10 17,6	12 32	4,28	1,09	0,5	11 48	18 48	1 52
20	10 30,4	11 00	3,98	1,18	0,7	11 29	18 21	1 18
30	10 45,1	9 16	3,72	1,26	0,8	11 12	17 57	0 46
VI. 9	11 01,4	7 21	3,50	1,34	1,0	10 58	17 34	0 14
19	11 18,9	5 17	3,30	1,42	1,1	10 45	17 12	23 39
29	11 37,5	3 05	3,14	1,49	1,2	10 34	16 51	23 08
VII. 9	11 57,1	+ 0 46	2,99	1,56	1,2	10 25	16 32	22 38
19	12 17,5	- 1 38	2,87	1,63	1,3	10 16	16 13	22 09
29	12 38,8	4 05	2,76	1,70	1,4	10 09	15 55	21 40
VIII. 8	13 01,0	6 34	2,66	1,76	1,4	10 03	15 37	21 12
18	13 24,1	9 03	2,58	1,81	1,4	9 58	15 21	20 45
28	13 48,1	11 30	2,51	1,87	1,5	9 54	15 06	20 18
IX. 7	14 13,1	13 51	2,44	1,92	1,5	9 50	14 52	19 53
17	14 39,3	16 06	2,39	1,96	1,5	9 48	14 38	19 29
27	15 06,6	18 11	2,34	2,00	1,5	9 46	14 26	19 06
X. 7	15 35,1	20 03	2,29	2,04	1,5	9 45	14 15	18 46
17	16 04,7	21 39	2,25	2,08	1,5	9 44	14 06	18 27
27	16 35,5	22 56	2,22	2,11	1,5	9 43	13 57	18 11
XI. 6	17 07,3	23 52	2,19	2,14	1,5	9 41	13 50	17 58
16	17 39,9	24 23	2,16	2,17	1,5	9 37	13 43	17 49
26	18 13,1	24 28	2,14	2,19	1,4	9 31	13 37	17 42
XII. 6	18 46,6	24 07	2,11	2,21	1,4	9 23	13 31	17 38
16	19 20,2	23 18	2,09	2,24	1,4	9 13	13 25	17 37
26	19 53,5	-22 02	2,07	2,26	+1,4	8 59	13 19	17 38

látható bolygók adatai

Jupiter

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 m
I. 1	10 48,6	+ 8 47	19,04	4,83	-1,9	21 06	3 53	10 35
11	10 47,4	8 57	19,57	4,70	1,9	20 25	3 12	9 55
21	10 45,1	9 14	20,05	4,58	2,0	19 42	2 31	9 15
31	10 41,7	9 37	20,44	4,50	2,0	18 58	1 48	8 34
II. 10	10 37,5	10 04	20,72	4,44	2,0	18 12	1 04	7 53
20	10 32,7	10 33	20,86	4,41	2,1	17 26	0 20	7 11
III. 1	10 27,8	11 03	20,86	4,41	2,0	16 39	23 32	6 29
11	10 23,0	11 31	20,71	4,44	2,0	15 53	22 48	5 47
21	10 18,7	11 55	20,42	4,50	2,0	15 07	22 04	5 05
31	10 15,2	12 14	20,03	4,59	2,0	14 23	21 21	4 24
IV. 10	10 12,7	12 26	19,56	4,70	1,9	13 40	20 40	3 43
20	10 11,4	12 32	19,04	4,83	1,8	12 59	19 59	3 03
30	10 11,1	12 32	18,49	4,97	1,8	12 20	19 20	2 24
V. 10	10 12,1	12 25	17,94	5,12	1,7	11 42	18 41	1 45
20	10 14,2	12 12	17,41	5,28	1,6	11 06	18 04	1 07
30	10 17,3	11 52	16,90	5,44	1,6	10 31	17 28	0 29
VI. 9	10 21,3	11 28	16,43	5,59	1,5	9 58	16 53	23 48
19	10 26,2	10 59	16,01	5,74	1,5	9 26	16 18	23 11
29	10 31,7	10 25	15,63	5,88	1,4	8 55	15 45	22 35
VII. 9	10 37,9	9 48	15,29	6,01	1,4	8 25	15 12	21 59
19	10 44,6	9 07	15,01	6,12	1,3	7 55	14 39	21 23
29	10 51,6	8 24	14,77	6,22	1,3	7 26	14 07	20 47
VIII. 8	10 59,1	7 38	14,58	6,30	1,3	6 58	13 35	20 12
18	11 06,7	6 50	14,44	6,37	1,2	6 30	13 03	19 37
28	11 14,6	6 00	14,34	6,41	1,2	6 02	12 32	19 01
IX. 7	11 22,5	5 10	14,29	6,43	1,2	5 34	12 00	18 26
17	11 30,5	4 19	14,29	6,43	1,2	5 06	11 29	17 51
27	11 38,5	3 28	14,33	6,41	1,2	4 39	10 57	17 16
X. 7	11 46,3	2 38	14,42	6,37	1,2	4 11	10 26	16 41
17	11 54,0	1 49	14,56	6,31	1,3	3 43	9 54	16 06
27	12 01,4	1 02	14,75	6,23	1,3	3 14	9 22	15 30
XI. 6	12 08,5	+ 0 18	14,98	6,13	1,3	2 45	8 50	14 55
16	12 15,1	- 0 24	15,27	6,02	1,4	2 16	8 17	14 19
26	12 21,2	1 01	15,61	5,89	1,4	1 45	7 44	13 43
XII. 6	12 26,7	1 34	16,00	5,74	1,5	1 13	7 10	13 07
16	12 31,3	2 02	16,44	5,59	1,5	0 41	6 35	12 30
26	12 35,2	- 2 24	16,92	5,43	-1,6	0 07	6 00	11 53

IV. A szabad szemmel látható bolygók adatai
Szaturnusz

Dátum	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	11 52,4	+ 3 11	8,15	9,15	+1,2	22 35	4 56	11 14
11	11 52,5	3 13	8,29	9,00	1,1	21 56	4 17	10 35
21	11 52,0	3 19	8,43	8,85	1,1	21 15	3 37	9 55
31	11 50,8	3 30	8,55	8,72	1,0	20 34	2 57	9 16
II. 10	11 49,1	3 44	8,66	8,61	1,0	19 52	2 16	8 36
20	11 46,8	4 00	8,74	8,53	0,9	19 09	1 34	7 55
III. 1	11 44,2	4 19	8,80	8,47	0,9	18 26	0 52	7 15
11	11 41,4'	4 38	8,83	8,45	0,8	17 42	0 10	6 34
21	11 38,5	4 57	8,82	8,46	0,8	16 59	23 24	5 53
31	11 35,7	5 15	8,78	8,49	0,9	16 15	22 42	5 12
IV. 10	11 33,1	5 31	8,71	8,56	0,9	15 32	22 00	4 32
20	11 31,0	5 44	8,62	8,65	1,0	14 50	21 18	3 51
30	11 29,3	5 53	8,51	8,77	1,0	14 08	20 38	3 11
V. 10	11 28,1	5 59	8,38	8,90	1,1	13 27	19 57	2 31
20	11 27,6	6 00	8,24	9,05	1,1	12 47	19 17	1 51
30	11 27,7	5 57	8,10	9,21	1,2	12 09	18 38	1 12
VI. 9	11 28,5	5 50	7,95	9,38	1,2	11 31	18 00	0 33
19	11 29,8	5 40	7,82	9,54	1,3	10 53	17 22	23 50
29	11 31,7	5 26	7,68	9,70	1,3	10 17	16 44	23 12
VII. 9	11 34,2	5 08	7,56	9,86	1,4	9 41	16 07	22 33
19	11 37,1	4 48	7,45	10,00	1,4	9 07	15 31	21 56
29	11 40,4	4 25	7,36	10,14	1,4	8 32	14 55	21 18
VIII. 8	11 44,1	4 00	7,28	10,25	1,4	7 58	14 19	20 40
18	11 48,1	3 33	7,21	10,35	1,3	7 25	13 44	20 03
28	11 52,3	3 05	7,16	10,42	1,3	6 52	13 09	19 26
IX. 7	11 56,8	2 36	7,12	10,47	1,3	6 19	12 34	18 49
17	12 01,3	2 07	7,10	10,50	1,2	5 47	11 59	18 12
27	12 05,8	1 37	7,10	10,50	1,2	5 14	11 25	17 35
X. 7	12 10,4	1 09	7,12	10,48	1,2	4 41	10 50	16 58
17	12 14,8	0 41	7,15	10,43	1,2	4 08	10 15	16 21
27	12 19,1	+ 0 14	7,20	10,36	1,2	3 35	9 40	15 44
XI. 6	12 23,2	— 0 11	7,26	10,27	1,2	3 02	9 05	15 07
16	12 27,0	0 33	7,34	10,16	1,2	2 28	8 29	14 30
26	12 30,4	0 53	7,44	10,03	1,1	1 53	7 53	13 53
XII. 6	12 33,4	1 10	7,55	9,88	1,1	1 18	7 17	13 15
16	12 35,9	1 23	7,67	9,73	1,1	0 42	6 40	12 37
26	12 37,8	— 1 32	7,80	9,56	+1,0	0 06	6 02	11 59

IVa. Az Uránusz és Neptunusz adatai

Dátum	0 ^h világidőkor					KözEI-ben Budapesten		
	RA	D	látzó sugár	r	m	kel	delel	nyug-szik
	h m	° ′	″	cs. e.	magn.	h m	h m	h m
Uránusz								
I. 1	15 27,0	—18 31	1,77	19,40	+6,0	3 52	8 31	13 09
31	15 31,6	18 47	1,81	18,96	5,9	2 00	6 37	11 14
III. 1	15 33,2	18 53	1,86	18,46	5,9	0 05	4 41	9 17
31	15 31,6	18 47	1,90	18,02	5,8	22 00	2 41	7 18
IV. 30	15 27,4	18 32	1,93	17,77	5,8	19 57	0 39	5 17
V. 30	15 22,3	18 14	1,93	17,77	5,8	17 52	22 32	3 16
VI. 29	15 18,3	17 59	1,90	18,03	5,8	15 49	20 30	1 15
VII. 29	15 16,6	17 53	1,86	18,47	5,9	13 49	18 30	23 12
VIII. 28	15 18,0	17 59	1,81	18,97	5,9	11 53	16 34	21 15
IX. 27	15 22,3	18 16	1,77	19,42	6,0	10 01	14 40	19 20
X. 27	15 28,8	18 40	1,74	19,70	6,0	8 12	12 49	17 26
XI. 26	15 36,4	19 07	1,73	19,76	6,0	6 23	10 59	15 34
XII. 26	15 43,6	—19 31	1,75	19,57	+6,0	4 35	9 08	13 41
Neptunusz								
I. 1	17 20,9	—21 47	1,17	31,21	+7,8	6 03	10 24	14 45
31	17 25,1	21 51	1,18	30,92	7,8	4 10	8 30	12 51
III. 1	17 27,8	21 52	1,20	30,47	7,8	2 15	6 35	10 55
31	17 28,4	21 51	1,22	29,96	7,7	0 17	4 38	8 58
IV. 30	17 27,0	21 49	1,24	29,53	7,7	22 14	2 38	6 59
V. 30	17 24,0	21 46	1,25	29,29	7,7	20 12	0 37	4 58
VI. 29	17 20,6	21 43	1,25	29,30	7,7	18 11	22 32	2 57
VII. 29	17 17,8	21 41	1,24	29,56	7,7	16 10	20 31	0 57
VIII. 28	17 16,5	21 42	1,22	30,00	7,7	14 11	18 32	22 53
IX. 27	17 17,3	21 44	1,20	30,50	7,8	12 14	16 35	20 56
X. 27	17 20,0	21 48	1,18	30,95	7,8	10 19	14 40	19 00
XI. 26	17 24,3	21 53	1,17	31,21	7,8	8 26	12 46	17 06
XII. 26	17 29,1	—21 57	1,17	31,24	+7,8	6 33	10 53	15 13

V. Bolygók héliocentrikus

DÁTUM	MERKUR		VÉNUSZ		FÖLD	
	λ	β	λ	β	λ	β
	°	°	°	°	°	0,001°-ban
I. 2	244,7	-2,1	358,0	-3,3	100,3	-4
12	272,3	-4,9	13,9	-3,0	110,5	-4
22	302,1	-6,8	29,9	-2,5	120,7	-3
II. 1	338,3	-6,6	45,9	-1,7	130,9	-3
11	26,5	-2,6	61,9	-0,8	141,0	-2
21	87,3	+4,5	78,0	+0,1	151,1	-2
III. 2	145,3	+6,9	94,2	+1,1	161,2	-1
12	188,8	+4,4	110,4	+1,9	171,2	0
22	221,9	+0,7	126,6	+2,6	181,1	0
IV. 1	250,3	-2,7	142,8	+3,1	191,0	+1
11	278,0	-5,4	159,1	+3,4	200,8	+2
21	308,7	-6,9	175,3	+3,4	210,6	+2
V. 1	346,9	-6,1	191,5	+3,1	220,4	+3
11	38,0	-1,2	207,6	+2,5	230,0	+3
21	100,0	+5,6	223,6	+1,8	239,7	+4
31	155,3	+6,7	239,6	+1,0	249,3	+4
VI. 10	196,1	+3,7	255,5	0,0	258,8	+4
20	227,9	-2,0	271,4	-0,9	268,4	+4
30	255,9	-3,3	287,2	-1,8	277,9	+4
VII. 10	283,9	-5,8	303,0	-2,5	287,5	+4
20	315,7	-7,0	318,8	-3,0	297,0	+3
30	356,1	-5,5	334,6	-3,3	306,6	+3
VIII. 9	50,1	+0,3	350,5	-3,4	316,1	+2
19	112,3	+6,3	6,4	-3,2	325,7	+2
29	164,6	+6,3	22,3	-2,7	335,4	+1
IX. 8	203,1	+2,9	38,3	-2,1	345,1	+1
18	233,7	-0,7	54,4	-1,3	354,8	0
28	261,4	-3,9	70,4	-0,3	4,6	-1
X. 8	289,9	-6,2	86,6	+0,6	14,4	-1
18	323,0	-7,0	102,7	+1,5	24,3	-2
28	5,9	-4,7	118,9	+2,3	34,3	-3
XI. 7	62,7	+1,8	135,2	+2,9	44,3	-3
17	124,2	+6,8	151,4	+3,3	54,4	-3
27	173,4	+5,7	167,7	+3,4	64,5	-4
XII. 7	209,8	+2,2	184,0	+3,2	74,6	-4
17	239,4	-1,4	200,0	+2,8	84,8	-4
27	267,0	-4,5	216,1	+2,2	95,0	-4

λ : ekliptikai hosszúság

β : ekliptikai szélesség

ekliptikai koordinátái (0^b világidőkor)

DÁTUM	MARS		JUPITER		SZATURNUSZ	
	λ	β	λ	β	λ	β
	°	°	°	°	°	°
I. 2	131,5	+1,8	150,7	+1,0	170,8	+2,1
12	136,0	+1,8	151,5	+1,0	171,1	+2,1
22	140,4	+1,8	152,3	+1,0	171,4	+2,1
II. 1	144,8	+1,8	153,0	+1,0	171,8	+2,1
11	149,1	+1,8	153,8	+1,1	172,1	+2,1
21	153,5	+1,8	154,6	+1,1	172,5	+2,1
III. 2	157,9	+1,7	155,4	+1,1	172,8	+2,1
12	162,2	+1,7	156,1	+1,1	173,2	+2,2
22	166,6	+1,6	156,9	+1,1	173,5	+2,2
IV. 1	171,0	+1,6	157,7	+1,1	173,8	+2,2
11	175,4	+1,5	158,4	+1,1	174,2	+2,2
21	179,9	+1,4	159,2	+1,1	174,5	+2,2
V. 1	184,3	+1,3	160,0	+1,1	174,9	+2,2
11	188,9	+1,2	160,7	+1,1	175,2	+2,2
21	193,3	+1,1	161,5	+1,1	175,5	+2,2
31	197,9	+1,0	162,3	+1,2	175,9	+2,2
VI. 10	202,6	+0,8	163,0	+1,2	176,2	+2,2
20	207,2	+0,7	163,8	+1,2	176,6	+2,2
30	212,0	+0,5	164,6	+1,2	176,9	+2,2
VII. 10	216,8	+0,4	165,3	+1,2	177,2	+2,2
20	221,7	+0,2	166,1	+1,2	177,6	+2,2
30	226,6	+0,1	166,9	+1,2	177,9	+2,3
VIII. 9	231,7	-0,1	167,6	+1,2	178,3	+2,3
19	236,8	-0,2	168,4	+1,2	178,6	+2,3
29	242,0	-0,4	169,2	+1,2	178,9	+2,3
IX. 8	247,3	-0,6	169,9	+1,2	179,3	+2,3
18	252,7	-0,7	170,7	+1,2	179,6	+2,3
28	258,2	-0,9	171,5	+1,2	180,0	+2,3
X. 8	263,7	-1,1	172,2	+1,2	180,3	+2,3
18	269,4	-1,2	173,0	+1,2	180,6	+2,3
28	275,2	-1,3	173,7	+1,3	181,0	+2,3
XI. 7	281,0	-1,5	174,5	+1,3	181,3	+2,3
17	287,0	-1,6	175,3	+1,3	181,6	+2,3
27	293,0	-1,7	176,0	+1,3	182,0	+2,3
XII. 7	299,1	-1,7	176,8	+1,3	182,3	+2,3
17	305,3	-1,8	177,5	+1,3	182,6	+2,3
27	311,5	-1,8	178,3	+1,3	183,0	+2,3

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

Nap	Január		Február	
	a holdak a bolygó		a holdak a bolygó	
	nyugati oldalon	keleti oldalon	nyugati oldalon	keleti oldalon
	22 ^h		20 ^h	
1	1.	.2 ..43	4...32	.1
2	2.	1. 3. .4	3. .1	.4 .2
3	.2 .1	.3 .4	.3 2.	1. .4
4	3.	..12 4.	.23.1.	.4
5	.3	.12. 4.	1.	.2 .3 .4
6	.3.2.1	4.		.1.2 .3 4.
7	.2	.1..34	21..	3. 4.
8	1.4.	.2 .3	.2.3	.1 4.
9	4.	.2.1 3.	3. 1.	24..
10	4. 2. .1	3.	.3	...421
11	4. 3.	..21	24...3.1	
12	.4 3. .1	2.	4.	.2..13
13	.4 .32. 1.		4.	.12. .3
14	.4 .2	..13	.4 2.1.	3.
15	.4.1	.2 .3	.4 .23.	.1
16	4.	..21 3.	4. 3. 1.	.2
17	2. .1	3. .4	3..4	.2.1
18	3. 2.	1. .4	234....1	
19	3. .1	2. .4		...2134
20	.3 2.	.1 4.	1.	2. ..34
21	.2 3.	.1 4.	2.1.	3. .4
22	1.	.2 .3 4.	.2	.3.1 4.
23		..1234..	3.1.	.2 4.
24	2.1.	43..	3.	2..1 4.
25	432...	.1	2..3.1	4.
26	43.. .1	2.	2.	..31.4
27	4. .3 2.	1.	41..	2. .3
28	4. .231..		4. 2.1.	3.
29	.4 1.	.2.3	4. .2	.1.3
30	.4	.1.2 3.		
31	.4 2.1.	3.		

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

Dátum	h m	hold	jelenség	Dátum	h m	hold	jelenség		
I.	1	3 14	k 2	f	II.	2	2 48 21 35	k 2 v 4	f m
	2	23 31	k 2	e		3	21 01 22 01	k 2 k 2	a e
	3	0 16 2 22	v 2 v 2	e		4	3 34	k 1	a
	4	1 27 2 09 5 35	v 3 k 3 v 3	e e		5	0 43 3 44 22 03	k 1 k 3 k 1	f f a
	5	1 33 2 34 22 40	k 1 k 1 k 1	e		6	21 55	v 1	m
	6	1 58 22 17 23 16	v 1 v 1 v 1	m e		8	21 15 22 44	v 3 v 3	a e
	8	23 02	v 4	e		10	21 40 23 36	k 4 k 2	a a
	9	23 58	k 2	a		11	1 00 2 03 2 31	k 4 v 4 v 2	e a a
	10	1 54 2 51	k 2 v 2	e		12	2 37 22 03	k 1 v 2	f m
	11	1 51 23 48	k 3 v 2	a m		13	21 05 23 39	k 1 v 1	f m
	12	3 26	k 1	a		14	20 41 20 55	v 1 v 1	a e
	13	0 33 3 46 21 54 22 48	k 1 v 1 k 1 k 1	f m e		15	21 39 22 34	k 3 k 3	a e
	14	22 56	v 3	m		16	1 12 2 01	v 3 v 3	a e
	16	22 57	v 4	f		18	2 12 2 33	k 2 k 2	a e
	17	2 57	k 4	m		19	21 13	k 2	f
	19	2 08	v 2	m		20	0 17 1 50 22 59	v 2 k 1 k 1	m a f
	20	2 27 23 48	k 1 k 1	f		21	1 23 20 23	v 1 k 1	m e
	21	2 04 23 59	v 1 v 1	a m		23	1 38 1 50	k 3 k 3	a e
	22	2 23	v 3	m		26	23 41	k 2	m
	25	3 42	k 4	a		27	2 37	v 2	f
	26	0 14	k 2	f		28	0 49 3 12 20 50	k 1 v 1 v 2	m f e
	27	22 37	v 2	e		29	21 41	v 1	f
	28	1 41 22 49 23 46	k 1 k 1 k 3	a f f					
	29	1 44 22 26 23 01	v 1 v 1 v 1	m a e					

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

Z h	Március				Április			
	a holdak a bolygó				a holdak a bolygó			
	nyugati oldalán		keleti oldalán		nyugati oldalán		keleti oldalán	
	20 ^h				21 ^h			
1	4.	3.	1.	.2	4.	..23	.1	
2	.4	3.		12..	4.	.1	.23	
3	.4	3.2.	.1		4.		1..2 .3	
4		.4	.2	.3.1	.4	2. .1	3.	
5		.4	.1	.2 .3	.4	.2	1.	
6			4.	..21 3.	.4	3. 1.	2.	
7		.2	1.	3. .4		.3.4 2.		
8		3.	1.	.2 .4		..23.4	.1	
9		3.		..12 .4		1.	...234	
10		.3.2.1					12.. ..34	
11		2.3.		1. .4		2. .1	3. .4	
12		.1		.2.3 4.		.2	.3.1 4.	
13				.2.1 4..3		3. 1.	.2 4.	
14		.2	1.	4.3.		3. 2.	4.	
15		43..		..21		..32	.1 4.	
16		4.3.		.12.		1.	...324	
17	4.	.3	2..1			4.	.1.2 .3	
18	.4		.23.	.1		4. 2..1	3.	
19	.4		.1	..23		4. .2	3..1	
20	.4			21.. 3.	.4	3. 1.	.2	
21		.4	2. .1	3.	.4	3.	.12	
22			.4 3.	.12	.4	..32		
23		3.		..14.2		.4 1.	.32	
24		.3	21.	.4		.4	.1.2 .3	
25		.2.3		.1 .4		21.	3.	
26		.1		..23 4.		.2	13.. .4	
27				2..1 .3 4.		3.1	.2 .4	
28		2. .1		3. 4.		3.	.12 .4	
29		23.		.1 4.		.3.2 1.	4.	
30		3. 1.		24.		3.	4.	
31		.3	2.1.					

Vib. A Jupiter holdak jelenségei (KözEI-ben)

Dátum	h m	hold	jelenség	Dátum	h m	hold	jelenség
III. 4	23 10	v 3	f	IV. 5	21 53	k 3	e
5	1 54	k 2	m	6	0 09	k 2	m
6	2 33	k 1	m	1 19	k 1	e	e a
	20 11	k 2	e	1 23	v 3	e	
	20 44	k 2	a	1 30	k 3	a	
	22 04	k 4	m	22 30	k 1	m	
7	2 06	v 1	e	7	1 43	v 1	f
	2 22	v 1	a	21 33	v 2	e	e a
	20 59	k 1	m	22 01	v 1	e	
8	20 32	v 1	e	22 56	v 1	a	
	20 51	v 1	a	23 25	v 2	a	
11	22 03	k 3	m	13	1 26	k 3	e
	3 09	v 3	f	14	0 19	k 1	m
13	22 28	k 2	e	21 03	k 2	e	e a
	23 21	k 2	a	21 35	k 1	e	
14	1 22	v 2	e	22 35	k 1	a	
	1 34	k 1	e	23 08	k 2	a	
	22 44	k 1	m	23 50	v 1	e	
15	1 30	v 1	f	23 58	v 2	e	
	20 29	k 1	a	15	0 50	v 1	a
	21 02	v 2	f	22 07	v 1	f	
19	1 23	k 3	m	16	23 03	v 3	f
	21	0 45	k 2	e	17	21 41	k 4
1 58		k 2	a	18	1 42	v 4	a
22	0 29	k 1	m	21	23 24	k 1	e
	3 25	v 1	f	23 30	k 2	e	
	21 03	v 3	a	22	0 30	k 1	a
	21 46	k 1	e		1 39	v 1	e
	23 36	v 2	f		1 46	k 2	a
23	21 53	v 1	f	23	0 02	v 1	f
	22 44	v 4	f	21 13	v 1	a	
28	3 05	k 2	e	22 29	v 3	m	f m
29	21 31	k 3	a	23 10	v 2	f	
	21 50	k 2	m	23 33	k 3	f	
	21 55	v 3	e	25	23 49	v 4	m
30	1 01	v 3	a	29	1 15	k 1	e
	23 48	v 1	f	22 28	k 1	m	
31	20 08	k 4	e	30	1 58	v 1	f
	20 14	v 1	e	21 58	v 1	e	m a
	20 48	v 2	a	22 41	k 3	m	
				23 07	v 1	a	

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

n Z	Május		Június	
	a holdak a bolygó		a holdak a bolygó	
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán
	21 ^h		21 ^h	
1		.1 2..3 4.	1.	3. .4
2	1..2	4.3.	3.	.1.2 4.
3	.2	.4..13	3. 1..2	4.
4	43...1	.2	.3.2	.1 4.
5	43..	21.	.1	.2.4
6	4. .3.1 .2			.1.2 .3
7	.4 13.		4.2.	3.
8	.4	.31	4. 21.	3.
9	.4 1..2	.3	4. 3.	.1 .2
10	.4 2.	.13.	.4 3. 1.2.	
11	41...3	.2	.4 .3 .2	.1
12	3.	.4..12	.4 1.3.	.2
13	.3 2. .1	.4	.4	1.2. .3
14	.32	.1 .4	2.41..	.3
15		.3.2 .4	.2	.1 .43
16	1.	.3 4.	3.	.12. .4
17	2.	.1 3. 4.	3. 1.	.4
18	1.	.2 4.	.3 .2	.1 4.
19	3.	12..4.	1. .3	.2 4.
20	3. 2. .1			1.2..3 4.
21	4..3.2	1.	2. .1	4.3
22	4.	.3 .2	.2	4.3.
23	4. 1.	.3	4.	.2
24	.4 2.	.1 3.	43.. 1.	
25	.4 1.	3.2	4. .32.	.1
26	.4 3.	1..2	.4 1.3	.2
27	3..4 2..1		.4	1..32
28	.32..4	1.	.4 2..1	.3
29		3. .42	.4 .2	1. 3.
30		2. .34	.4	.2
31	2.	3. .4		

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

Dátum	h m	hold	jelenség	Dátum	h m	hold	jelenség	
V. 1	14 45	v	2	f	VI. 5	21 59	v 3	m
7	21 35	k	1	e a	7	20 59	k 1	m
	22 47	k	1		8	21 38	v 1	a
	23 04	k	2			22 40	k 2	m
	23 50	v	1		10	22 59	v 2	a
8	22 22	v	1	f	12	22 33	k 3	m
9	23 13	v	2		14	22 57	k 1	m
11	21 26	k	3		15	21 18	k 1	a
14	23 28	k	1	e	22 24	v 1	e	
	16	21 25	v 1	a	22 06	k 1	e	
		22 57	k 2	a	23	21 22	k 3	a
23 17	v 2	e	21 49	k 4		a		
18	23 47	v	3	e	30	21 00	k 3	e
20	21 41	k	4	e		21 24	k 1	m
22	22 37	k	1	m				
23	21 06	k 1	a	e e a	<p><i>k</i> vagy <i>v</i> betű azt mutatja, hogy a szomszédos oszlop időadata a jelenség kezdetére, ill. végére vonatkozik-e.</p> <p>A többi betű:</p> <p><i>f</i> = fogyatkozás van (a Jupiter-hold fogyatkozásban van, tehát a Jupiter árnyékkupjába került),</p> <p><i>m</i> = a hold a Jupiter korongja mögött (Földünkről nem látszik),</p> <p><i>e</i> = a hold a Jupiter korongja előtt (a hold látszólagosan a bolygó korongján van),</p> <p><i>a</i> = a hold „fekete” árnyéka vetődik a Jupiter korongjára (a Jupiteren teljes napfogyatkozás van).</p>			
	22 06	v 1						
	23 00	k 2						
	23 20	v 1						
25	22 46	v	2	f				
29	22 36	v	4	f				
	22 58	v	3	f				
30	21 46	k	1	e				
	23 00	k	1	a				
31	22 36	v	1	f				

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

N. sz.	November		December	
	a holdak a bolygó		a holdak a bolygó	
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán
	4 ^h		4 ^h	
1	3. 21.	4.	3. 1.	4. 2
2	.3	.12 4.	2..3	.1 .4
3	1..3	2. 4.	2..1	.3 .4
4	2.	1..3.4		.21 .3 .4
5	2.1	.3	.1	2.3. 4.
6	4.	2..3	2. 3.	.1 4.
7	4. 2.		3. 21..	4.
8	4. 3..2 1.		.3 1.	4. 2
9	.4 3.	..21	4.3	.1
10	.4 3..1	2.	4. 21.	.3
11	.4 2.	.31	4.	..21 .3
12	.4 1.2	.3	.4 1.	2.3.
13	.4	.1 2.3	.4 2. 3.	1.
14		.4	.4 3. 2..1	
15	32. 1.	.4	.4.3	.2
16	3.	.2.1 .4	.4.3	..21
17	.31.	2. .4	2.1.	.3
18	2.	.3.1 4.		2..1.4 .3
19	.21	.3 4.	1.	2.3. 4
20		1. 23. 4.	2.	.1 .4
21	.1	.2.3.4	3. 2.1	4.
22	2.3.		3.	.2 4.
23	3.4.	.1	3.	.12 4.
24	4. .3 1.	.2	2. 1.	.3 4.
25	4. 2.	.1		4.1 .3
26	.4 ..21	.3	14.	2. 3.
27	.4	1..2 3.	4. 2.	.3 .1
28	.4 .1	23..	4. 3..2.1	
29	.4..23		.4 3.	1. 2
30	3. 42.		.4 .3	2.
31			.4 2.	.3

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

Dátum	h m	hold	jelenség	Dátum	h m	hold	jelenség	
XI. 7	4 02	k	2	XII. 1	2 47	v	1	
	4 10	v	3		3 53	v	1	
	4 26	k	3		2	2 54	k	3
	5 06	v	2			4 09	v	2
14	4 56	k	2	7	5 10	k	1	
	4 58	k	3		8	2 26	k	1
	5 03	k	1	3 35		k	1	
15	3 13	k	1	4 41		v	1	
	4 32	v	1	5 49	v	1		
	5 28	v	1	9	3 00	v	1	
16	4 17	v	2		4 08	k	2	
	22	4 10	k		1	4 33	v	2
5 11		k	1	13	4 46	v	3	
23	4 39	v	1		15	4 20	k	1
	3 12	k	3	5 31	k	1		
30	3 17	v	4	16	4 24	k	2	
	3 17	k	1	4 55	v	1		
	4 44	k	2	17	2 13	v	1	
				18	4 26	v	2	
				20	3 53	v	3	
					5 48	k	3	
				23	3 24	k	1	
				24	2 56	v	1	
					4 08	v	1	
				25	4 10	k	4	
					5 31	v	4	
				27	4 46	k	3	
				30	5 17	k	1	
				31	2 35	k	1	
					2 39	v	3	
3 49	k	1						
4 49	v	1						

VII. A MARS és a JUPITER centrálmeridiánjának planetografikus

0 ^h világidőkor		MARS	JUPITER		SZATURNUSZ	
		°	I. °	II. °	<i>a</i>	<i>b</i>
Január	4	324	77	331	41,22	1,24
	8	287	349	213	41,51	1,24
	12	250	261	94	41,79	1,23
	16	214	173	336	42,07	1,21
	20	178	85	217	42,35	1,18
	24	142	357	99	42,61	1,14
	28	106	269	340	42,86	1,08
Február	1	70	181	222	43,10	1,02
	5	35	93	104	43,33	0,95
	9	360	6	345	43,53	0,87
	13	325	278	227	43,72	0,78
	17	290	190	109	43,90	0,69
	21	255	102	350	44,04	0,59
	25	220	14	232	44,17	0,48
	29	185	286	114	44,27	0,37
Március	4	150	198	355	44,35	0,26
	8	116	110	237	44,40	0,14
	12	81	22	118	44,43	0,02
	16	45	294	359	44,43	0,10
	20	10	206	241	44,40	0,21
	24	334	118	122	44,35	0,33
	28	298	30	3	44,27	0,44
Április	1	262	302	245	44,17	0,54
	5	226	213	126	44,04	0,64
	9	190	125	7	43,90	0,73
	13	153	36	248	43,73	0,81
	17	116	308	129	43,54	0,89
	21	79	219	10	43,33	0,96
	25	42	131	251	43,11	1,01
	29	4	42	131	42,88	1,06
Május	3	327	313	12	42,63	1,10
	7	289	224	253	42,37	1,12
	11	251	136	133	42,10	1,14
	15	214	47	14	41,82	1,15
	19	176	318	255	41,54	1,15
	23	137	229	135	41,26	1,13
	27	99	140	15	40,97	1,11
	31	61	50	256	40,68	1,08
Június	4	22	321	136	40,39	1,04
	8	344	232	16	40,11	0,99
	12	305	143	257	39,82	0,94
	16	267	54	137	39,55	0,87
	20	228	325	17	39,27	0,80
	24	189	235	258	39,00	0,73
	28	151	146	138	38,74	0,64

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	2	112	57	18	38,49	0,55
	6	73	327	258	38,25	0,46
	10	34	238	138	38,01	0,36
	14	355	149	18	37,79	0,26
	18	316	59	258	37,57	0,15
	22	277	330	139	37,36	0,03
	26	238	241	19	37,17	0,08
	30	199	151	259	36,99	0,20
Augusztus	3	160	62	139	36,82	0,32
	7	121	333	19	36,66	0,45
	11	81	243	259	36,51	0,58
	15	42	154	139	36,38	0,71
	19	3	65	19	36,25	0,84
	23	324	335	260	36,14	0,98
	27	285	246	140	36,05	1,11
	31	246	157	20	35,96	1,25
Szeptember	4	207	67	260	35,89	1,39
	8	167	338	140	35,83	1,53
	12	128	249	21	35,79	1,67
	16	89	159	261	35,76	1,81
	20	50	70	141	35,74	1,95
	24	11	341	21	35,74	2,09
	28	332	252	261	35,75	2,23
	2	293	163	142	35,77	2,37
Október	6	254	73	22	35,81	2,52
	10	214	344	262	35,86	2,66
	14	175	255	143	35,92	2,80
	18	136	166	23	36,00	2,94
	22	97	77	264	36,09	3,07
	26	58	348	144	36,19	3,21
	30	19	259	25	36,31	3,35
	3	340	170	265	36,44	3,48
November	7	301	81	146	36,58	3,61
	11	261	352	26	36,74	3,74
	15	222	263	267	36,91	3,86
	19	183	174	147	37,09	3,99
	23	144	86	28	37,28	4,11
	27	105	357	269	37,48	4,22
	1	66	268	150	37,70	4,33
	5	26	180	30	37,92	4,44
December	9	347	91	271	38,16	4,54
	13	308	2	152	38,40	4,64
	17	268	274	33	38,66	4,73
	21	229	185	274	38,92	4,82
	25	190	97	155	39,19	4,90
	29	150	8	36	39,46	4,97

A Jupiter esetében az I. és a II. ádatok 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	93	31	86	44	92	32
11	97	19	84	47	94	29
21	100	8	81	51	95	25
31	99	11	79	55	97	19
II. 10	94	34	76	59	99	12
20	65	73	73	63	100	5
III. 1	21	126	69	68	100	5
11	1	166	65	72	99	12
21	17	131	61	78	97	19
31	39	103	56	83	95	25
IV. 10	55	84	51	89	94	29
20	68	69	45	96	92	33
30	81	51	38	104	91	35
V. 10	95	26	30	113	90	37
20	99	11	22	125	89	38
30	82	50	12	139	89	39
VI. 9	58	81	4	158	89	39
19	37	105	0	176	89	39
29	19	128	4	163	89	38
VII. 9	5	155	12	140	90	38
19	2	163	21	126	90	37
29	18	130	30	114	90	36
VIII. 8	49	91	37	105	91	35
18	84	47	44	97	92	34
28	99	10	50	90	92	33
IX. 7	97	18	55	84	93	31
17	91	35	60	79	93	30
27	84	48	64	74	94	29
X. 7	73	62	68	69	94	27
17	58	81	72	64	95	26
27	31	113	75	60	96	24
XI. 6	2	170	78	56	96	23
16	26	120	81	51	97	21
26	67	70	84	47	97	20
XII. 6	88	41	86	43	97	18
16	96	24	88	40	98	17
26	99	12	90	36	98	15

K: a bolygó korongjának a Nap által megvilágított hányada;

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

Magyarázatok a IX/a, b, c, d, e, f táblázatokhoz

A IX/a, b, c, táblázatokban az ADATOK-rovat felső sorában tüntettük fel a lehetséges adatok jeleit, az alattuk levő oszlopok pedig azt tartalmazzák, hogy milyen mértékegységben és milyen pontossággal szerepelnek az adott táblázatban. Az „egyéb” oszlopban és a táblázatok többi helyein a megadott mennyiségek után szögletes zárójelben szerepel a mértékegység és pontosság.

RA: rektaszncenzió

D: deklináció

Δ RA, Δ D: a rektaszncenzió és deklináció megváltozása

ep.: epocha

SM: sajátmozgás

SM: sajátmozgás abszolút nagysága

m: vizuális látszólagos fényesség

m_{tot} : fotografikus látszólagos fényesség,

m_s : szupernóva-,

m_g : galaxis-,

m_* : ködcsillag-,

m_n : köd fényessége

M: abszolút fényesség, az m és M alatti számok mindig a magnitúdóban megadott pontosságot jelentik

Sp: spektráltípus

Sp: kétparaméteres megadás

RS: radiális sebesség

p: parallaxis

p_e : évi-, p_n : napi parallaxis

r: távolság

r_o : Naptól-, r_b : bolygótól-,

r_F : Földtől való távolság

a IX/c táblázat „távolság” oszlopában szereplő adatok bolygók és kisbolygók esetén r_o -t, holdak esetén r_b -t, üstökösök esetén perihélium és aphélium értékeket jelentenek

d: szögtávolság

R: rotációra vonatkozó adat

FK4: Fourth Fundamental Catalogue-sorszám

CI: színindex

*-szám: a csillagképben található csillagok száma

NGC: New General Catalogue-sorszám

M: Messier-katalógusbeli sorszám

l, b: galaktikai koordináták

P: periódus, keringési idő

Δ P (pulzárknál): perióduslassulás

\varnothing : átmérő

μ : tömeg,

ρ : sűrűség

a IX/c táblázat \varnothing , μ , ρ oszlopaiban

F a Földre, H a Holdra, v a vízre vonatkoztatott adatot jelöl

R_b : bolygósugár

AE: asztronómiai egység

i: pályahajlás az ekliptikához

e: pálya excentricitása

v: pályamenti sebesség

V: szökési sebesség

g: gravitációs gyorsulás

l: ekliptikai hosszúság l_Ω : felszálló

csomó-, l_{ph} : perihélium ekliptikai hosszúsága)

ϵ : lapultság;

η : egyenlítőhöz viszonyított hajlásszög

S: felszín

A: albedo

T: hőmérséklet

rev.: forgás iránya

Pe-dátum: üstökös legközelebbi perihéliumának várható időpontja

I: intenzitás

λ, φ : földrajzi hosszúság és szélesség

ω : szögsebesség

l_H, b_H : szelenografikus koordináták

t_{N-F} : Nap—Föld távolság megtételéhez szükséges idő

E_e, E_p, E_a : elektron-, proton-, α -rész energiája

B, L: heliografikus koordináták

imp.: fler nagysága

AR-szám: aktív terület száma az IAU Quarterly Bulletin of Solar Activity szerint.

IX/a. A Csillagászati Évkönyv korábbi köteteiben

TÁRGY- KÖR	ELREN- DEZÉS	„HATÁROK” VAGY OBJEKTUMOK	ÉV- FOLYAM	OLDAL	TÁBLÁ- ZAT SOR- SZÁMA	
Csillagkatalógusok	RA	$D > -30^\circ$ (és α Cen), $m < 3^m$	1954	64—65	—	
	RA	$D > -30^\circ$ (és α Cen), $m < 3^m$	1955	57—58	—	
	RA	$D > -30^\circ$ (és α Cen), $m < 3^m$	1956	52—53	VII	
	RA	$D > -30^\circ$ (és α Cen), $m < 3^m$	1958	48—49	VII	
	CSKÉP	$D > -40^\circ$ $m < 4^m$	1959	42—53	V	
	RA	$D > -40^\circ$ $m < 4^m$	1960	42—53	V	
	RA	$D > -40^\circ$ $m < 3,5^m$	1961	43—45	V	
	CSKÉF	$D > -40^\circ$ $m < 3,7^m$	1962	44—53	V	
	RA	$D > -40^\circ$ $m < 3,7^m$	1963	40—47	V	
	RA	$D = \pm 80^\circ$ „fényesebb, fontosabb”	1964	42—55	V, Va, Vb	
	CSKÉP	$D = \pm 90^\circ$ „fényesebb, fontosabb”	1965	44—63	V	
	RA	$D = \pm 90^\circ$ $m < 3,5^m$	1967	56—63	XII	
	CSKÉP	$D = \pm 90^\circ$ $m < 3,5^m$	1968	48—55	X	
	RA	$D = \pm 90^\circ$	1969	48—57	X	
	RA	$D = \pm 90^\circ$ $m < 4,5^m$	1970	48—58	X	
	RA	$D = \pm 90^\circ$ $m < 3^m$	1971	48—52	X	
	RA	$D = \pm 90^\circ$ $m < 2,5^m$	1972	48—49	IX	
	CSKÉP	$D = \pm 90^\circ$ $m < 2,5^m$	1973	52—55	X	
	RA	$D = \pm 90^\circ$ $m < 4^m$	1974	48—53	IX	
	A	$D = \pm 90^\circ$ $m < 4,5^m$	1975	48—65	IX	
	RA	$D = \pm 90^\circ$ $m < 2,8^m$	1976	55—57	XII	
	RA	$D > -40^\circ$ $m < 3,5^m$	1978	52—59	X	
	RA	$D = \pm 90^\circ$ $m < 4^m$	1979	52—60	X	
	Csillag- képek	CSKÉP	$D = \pm 90^\circ$ $m = 4^m$ -ig	1974	58—59	XII
		CSKÉP	$D = \pm 90^\circ$, * $m = 4^m$ ill $m = 6^m$ -ig	1977	52—57	X

megjelent fontosabb táblázatos adatok

ADATOK											
RA	D	ep.	$\Delta RA; \Delta D$	m	M	Sp	RS	p	r	d	egyéb
1 ^s	1'	1950		0,01	0,01	Sp	km/s		0,01pc		R
1 ^s	1'	1950		0,01	0,01	Sp	km/s		0,01pc		R
1 ^s	1'	1950		0,01	0,01	Sp	km/s		0,01pc		R
1 ^s	1'	1950		0,01	0,01	Sp	km/s		0,1f.év		R
0 ^m ,1	1'	1950		0,01	0,1	Sp	km/s	0,0001	f. év		
0 ^m ,1	1'	1950		0,01	0,1	Sp	km/s	0,0001	f. év		
0 ^m ,1	1'	1950	SM/100 év: (0,1; 0,1)	0,01	0,1	Sp	km/s	0,0001	f. év		
0 ^m ,1	1'	1950	SM/100 év: (0,1; 0,1)	0,01	0,1	Sp	km/s		f. év		
1 ^m	1'			0,1		Sp					
1 ^m	1'	1950		0,1		Sp					
0 ^m ,1	1'	1950	vált./év: (0,1; 0,1)	0,1	0,1	Sp					
0 ^m ,1	1'	1970	vált./év: (0,1; 0,1)	0,1		Sp		0,0001			
1 ^m	1'		SM/év: (0,01; 0,01)	0,1							
0 ^m ,1	1''	1970		0,1							
1 ^m	1'	1972	SM/év: [0,01]	0,1	0,1		0,1 km/s			1'	
0 ^m ,1	1'	1972		0,1		Sp		0,0001			
0 ^m ,1	1'	1973		0,1		Sp		0,0001			FK4
0 ^s ,1	1''			0,1							
0 ^s ,1	1''	1975	vált./év: (0,01; 0,1)	0,1		Sp					
0 ^s ,1	1''	1975		0,1		Sp					
0 ^m ,1	1'	1980		0,1					f. év	1''	CI
0 ^s ,1	1''	1979		0,1					f. év		

név és rövidítés	terület [°]	*-szám	{RA [1 ^m] D [1°]} a középpontra {RA [0 ^m ,1] D [1'] (1975), m [0,01]} a legfényesebb *-ra
név és rövidítés	terület [°]	*-szám	

IX/b. A Csillagászati Évkönyv korábbi köteteiben

TÁRGYKÖR	ELRENDEZÉS	„HATÁROK” VAGY OBJEKTUMOK	ÉV- FOLYAM	OLDAL	TÁBLÁZAT SOR- SZÁMA
speciális csillaglista	RA	$ RSI \approx 250$ km/s	1977	58	XI
	r	$r \approx 17$ f. év	1973	56—57	XI
	RA	közeliek vagy fényesebbek	1962	56—59	VI
	r	$r \approx 5$ pc	1961	49—50	VIIIa
	m	a 20 legfényesebb csillag	1961	47	VII
változócsillagok	CSKÉP	$D > -20^\circ$, fényesebbek	1976	58—61	XIII
	RA	$D > -20^\circ$,	1973	64—66	XIV
	CSKÉP	$D > -20^\circ$, periodikusak	1965	64—66	VI
		20 fényesebb	1959	55	VIb
kettőscsillagok	CSKÉP	$D > -20^\circ$, kis távcsővel észl.	1965	67—69	VII
rádióforrások	RA	legerősebbek	1971	53	XI
rádióforrások	RA	legerősebbek	1979	61	XI
rádiócsillagok	RA	legerősebbek $\lambda = 31$ cm-nél	1967	65	XIV
pulzárak	RA		1973	62—63	XIII
pulzárak	felfedezés	1967. aug. — 1969. ápr.	1970	66	XIV
szupernóvák ” és nóvák	felfedezés	extragalaktikusak	1973	58—61	XII
	felfedezés	galaktikusak	1971	54—59	XII
galaxisok galaxisok galaxisok	RA	legfényesebbek: $m_{r01} < 9,5^m$	1977	60	XII
	r	lokális galaxiscsoport	1974	57	XIb
	RA		1967	64	XIII
galaxishalmazok			1974	56	XIa
galaktikus ködök	RA		1976	54	XI
Messier- katalógus	RA		1968	56—58	XI
	sorszám		1968	59	XI
halmazok stb.	típus	szabad szemmel láthatók	1959	54	VIa
gömbhalmazok	RA	Messier-katalógusból	1963	50	VIc
planetáris ködök	RA	ismert centrális csillag	1963	51	VIb

megjelent fontosabb táblázatos adatok

A D A T O K							
név	RA	D	ep.	r	m	kiterjedés	egyéb
csnév	0 ^m ,1	1'	1900				RS [km/s], l[°], b[°]
csnév	1 ^m	1'	1970	0,1f. év	0,1		SM/év [0',1], Sp, RS [km/s], p[0'',001]
csnév	1 ^m	0°,1			0,01		SM/év[0'',01], <i>d</i> RS [km/s], p[0'',001]
csnév	0 ^m ,1	1'		0,01pc	0,1; M[0,1]		SM/év [0'',01], RS [km/s]
csnév	0 ^m ,1	1'		0,01pc	0,1; M[0,1]		SM/év [0'',01]
csnév	0 ^m ,1	1'	1950		0,1 (max,min)		P, típus
csnév	0 ^m ,1	1'	1950		0,1 (max,min)		P [10 ⁻⁴ nap]
csnév	0 ^m ,1	1'			0,1 (max,min)		P [nap], típus
csnév					0,1 (max,min)		P, típus
csnév	0 ^m ,1	1'			0,1;		<i>d</i> [0'',1]
csnév	1 ^m	1'	1970				megj.
csnév	0 ^m ,1	1'	1980				megj.
csnév	0 ^m ,1	1'		f. év		rádió ~	flux [10 ⁻²⁶ W/m ² Hzs]
csnév	1 ^m	1'	1950				P [10 ⁻⁸ s], l[°], b[°], ΔP [10 ⁻¹⁸ s/s]
csnév	0°,1	1'	1950				P [10 ⁻⁶ s]. felf. ideje, megj.
NGC	1 ^m	0°,1	1950		1m(m _* ,m _n)		max. ideje [hónap]
csnév	1 ^m	1'	1900		0,1		l[°], b[°]
NGC, <i>M</i>	0 ^m ,1	1'	1980	10 ³ f.év	0,1 (m _{rot})	'X'	típus
NGC, <i>M</i>				10 ³ f.év		∅ 10 ³ f.év	μ [m _⊙]
NGC, <i>M</i>	0 ^m ,1	1'		10 ³ f.év	0,1	'X'	RS [km/s], CSKÉP, típus
név				10 ⁰ pc		∅ látász[1°]	RS [km/s], gal. száma
NGC, <i>M</i>	0 ^m ,1	1'	1970	10 ³ f. év	1m (m _* ,m _n)	1'	típus, CSKÉP
NGC, <i>M</i>	1 ^m	1'	1950	10 ³ f.év		'X'	CSKÉP
<i>M</i>	1 ^m		1950				típus
NGC, <i>M</i>				10 ² f.év	0,1	∅ [1', f.év]	CSKÉP
NGC, <i>M</i>	1 ^m	1'		10 ³ f.év	0,1	∅ 0',1	CSKÉP
NGC, <i>M</i>	1 ^m	1'		10 ³ f.év	0,1 (m _* , m _* +m _n)	∅ 0',1	CSKÉP

IX/c. A Csillagászati Évkönyv korábbi kötetében

TÁRGYKÖR	ELRENDEZÉS	„HATÁROK” VAGY OBJEKTUMOK	ÉV- FO- LYAM	OLDAL	TÁBLÁ- ZAT SOR- SZÁMA
bolygók	\bar{r}_\odot		1971	70—71	XIVa
bolygók	\bar{r}_\odot		1966	50	VI
bolygók	\bar{r}_\odot		1964	56	Vla
bolygók	\bar{r}_\odot		1960	69	—
bolygók	r_\odot		1957	49	VIII
bolygók bolygók	dátum dátum	1700—1849; öt nagybolygó 1850—2000; öt nagybolygó	1967 1966	50—55 44—49	XI V
holdak	bolygók, r_b		1978	51	IX
holdak	bolygók, r_b		1971	72	XIVb
holdak	bolygók, r_b		1964	57	Vlb
holdak	bolygók, r_b		1961	48	VIII
holdak	bolygók, r_b		1957	51	VIII/2
kisbolygók	felfed. éve	a jelentősebbek	1963	48	Vla
üstökösök	P	legalább 3 napközeli észlelték	1963	49	Vlb
üstökösök	napközeli	1960—2000 között valószínűen visszatérők	1960	65—66	XIV—XV
meteorrajok	gyak. max.	a nálunk észlelhető legfeltűnőbbek	1959	33	IIc
meteorrajok	gyak. max.	a nálunk észlelhető legfeltűnőbbek	1969	58	XIa
meteorkráterek			1969	59	XIb
meteoritok	μ	$\mu > 10t$	1969	59	XIc

megjelent fontosabb táblázatos adatok

ADATOK									
\emptyset	μ	ρ	P	távolság	i	e	m	v	egyéb
10 ² km, F	F	F	^d , év	10 ⁻² AE, 10 ⁶ km 10 ⁻¹ AE	0°,1	10 ⁻²	m	km/s 0,1 km/s	V, g, R, l_{Ω} , l_{ph} , S V, l_{Ω} mozgás/nap V, ϵ , η
10 ³ km, F km, F km	10 ²⁴ g, F F F	F v	^m ^d , év 10 ⁻⁵ év	10 ⁻¹ AE, 10 ⁶ km 10 ⁻² AE, 10 ⁴ km 10 ⁻⁶ AE, 10 ³ km	0°,1 0°,01 1''	10 ⁻² 10 ⁻⁴ 10 ⁻³	m	km/s; 0,01 km/s	g, ϵ , n , A, T V / 100 ^{-d} -nként / 100 ^{-d} -nként
km km			0 ^h ,1 0 ^d ,1 ^h	km, 1' 10 ³ km, 0,1 R,	1°		m		felfedezés felfedezés
km km km	10 ²⁴ g H	g/cm ³ v	0 ^h ,1 ^m	10 ³ km 10 ² km 10 ² km			m m		felfed., rev. rev. felfedezés
km			10 ⁻² év	10 ⁻² AE	1°	10 ⁻²	m		
			10 ⁻¹ év 10 ⁻² év	10 ⁻¹ AE 10 ⁻² AE	1°	10 ⁻²			felfedezés felfedezés, Pe-dátum
rad. pont: RA[1°], D[1°] (1950)									
rad. pont: RA[1°], D[1°] (1950), észl. seb. [km/s], kapcs. üstökös									
\emptyset_{max} [méter], hely, λ [1°], φ [1°], kráterszám, felfedezés éve									
lelőhely, μ [t],					felfedezés éve				

IX/d. A Csillagászati Évkönyv korábbi kötetében

TÁRGYKÖR	EL-RENDEZÉS	„HATÁROK” VAGY OBJEKTUMOK	ÉV-FO- LYAM	OLDAL	TÁBLÁ- ZAT SOR- SZÁMA
Nap helyzete	óra-hónap	Budapesten a hó 15. napjára	1958	44	VI2
Nap delelése	dátum- φ	$0^\circ \leq \varphi \leq 65^\circ$; havonta 3 napra	1954	60	IV 4
	dátum- φ	$0^\circ \leq \varphi \leq 65^\circ$; havonta 3 napra	1955	55	IV 4
	dátum- φ	$0^\circ \leq \varphi \leq 65^\circ$; havonta 3 napra	1956	46	IV 4
	dátum- φ	$0^\circ \leq \varphi \leq 65^\circ$; havonta 3 napra	1958	45	VI 3
nappal	dátum- φ	$0^\circ \leq \varphi \leq 65^\circ$, havonta 3 napra	1954	58	IV 2
	dátum- φ	$0^\circ \leq \varphi \leq 65^\circ$, havonta 3 napra	1955	53	IV 2
	dátum- φ	$0^\circ \leq \varphi \leq 65^\circ$, havonta 3 napra	1956	44	IV 2
	dátum- φ	$0^\circ \leq \varphi \leq 65^\circ$, havonta 3 napra	1958	46	IV 4
nappal, szürkület	dátum- φ	$\varphi: +46^\circ, +47^\circ, +48^\circ$,	1952	51—52	IV 1
	dátum- φ	havonta 5 napra	1953	52—53	IV 1
	dátum- φ	$\varphi: +46^\circ, +47^\circ, +48^\circ$,	1954	56—57	VI 1
	dátum- φ	havonta 5 napra	1955	51—52	IV 1
	dátum- φ	$\varphi: +46^\circ, +47^\circ, +48^\circ$,	1956	42—43	IV 1
	dátum- φ	havonta 5 napra	1957	42—43	VI 1
nappal, szürkület	dátum- φ	$\varphi: +45^\circ,5, +46^\circ,5, +47^\circ,5, +48^\circ,5$	1967	66—67	XV
	dátum- φ	5 naponként	1976	64—65	XVI
szürkület	φ -dátum	$0^\circ \leq \varphi \leq 65^\circ$, évszakkezdetkor	1954	59	IV 3
	φ -dátum	$0^\circ \leq \varphi \leq 65^\circ$, évszakkezdetkor	1955	54	IV 3
	φ -dátum	$0^\circ \leq \varphi \leq 65^\circ$, évszakkezdetkor	1956	45	IV 3
	φ -dátum	$0^\circ \leq \varphi \leq 65^\circ$, évszakkezdetkor	1958	47	VI 5
időgyenlet	dátum	naponta	1962	28—29	Ia
	dátum	havonta 2 napra	1959	61	—
fél napi iv	D	$\varphi = +47^\circ,5$ esetén	1962	60	VIIa
időszámítás	földrészek zónák zónák országok	időzónák	1957	44—47	VI
			1966	54—57	X
			1974	61	XIIIa
			1974	62—65	XIIIb
	év	hazánkban, 1941—1956	1957	42	—
	év	hazánkban, 1941—1956	1958	40	—
	év	1801—2000	1964	60	VIe
év	1801—2100	1979	62—63	XII	

megjelent fontosabb táblázatos adatok

A D A T O K	
z [°]	
magasság [°]	
magasság [°]	
magasság [°]	
magasság [°]	
időtartam [m]	
időtartam [m]	
időtartam [m]	
időtartam [m]	
időtartam [m]	
időtartam [m]	
időtartam [m]	
időtartam [m]	
időtartam [m]	
időtartam [m]	
időtartam [m]	
időpont [°]	
időpont [°]	
időtartam [m]	
eltérés KözEI-től	
zónaszám, eltérés KözEI-től [m], ország ill. terület	
zónaszám, eltérés UT-től [30 ^m], idő elnevezése	
ország neve, eltérés UT-től [30 ^m]	
nyári időszámítás tartama	
nyári időszámítás tartama	
húsvéti dátumok	
húsvéti dátumok	

IX/e A Csillagászati Évkönyv korábbi köteteiben

TÁRGYKÖR	ELRENDEZÉS	„HATÁROK” VAGY OBJEKTUMOK	ÉV- FO- LYAM	OLDAL	TÁBLÁ- ZATSOR- SZÁMA
Hold	kvadráns I _H	fontosabb alakzatok fontosabb alakzatok	1964 1967	59 29	Vid III
	p	$52'0'' \leq p \leq 62'0''$	1967	31	IVb
	Mars	név	jellegzetes vidékek	1964	58
naptevékenység	év	1749—1961	1963	62—63	VIII
bolygóközi tér	sebesség	szoláris részecskék	1970	65	XIII
napkitörések	dátum	H-alfa flerek, imp. ≥ 2 ; 1964—1969	1970	60—64	XII
	dátum	H-alfa flerek, imp. ≥ 2 ; 1936—1953	1971	60—69	XIII
	dátum	H-alfa flerek, imp. ≥ 2 ; 1955—1963	1972	50—74	X
	dátum	H-alfa flerek, imp. ≥ 2 ; 1971—1974	1976	63	XV
	dátum	fehér flerek	1976	62—63	XIV
holdfogyatkozások	dátum	1976—2000	1976	51	IX
napfogyatkozások	dátum	1976—1999	1976	52—53	X
Föld		$0^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ, \Delta\varphi = 1^\circ$ -onként	1957	48	VII
		$0^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ, \Delta\varphi = 5^\circ$ -onként	1960	57	IX
		$0^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ, \Delta\varphi = 5^\circ$ -onként	1961	51	IX
Sarkcsillag	csillagidő	$\varphi = +47^\circ, 5$ -on	1959	41	IV
	csillagidő	$\varphi = +47^\circ, 5$ -on	1960	54	VI
	csillagidő	$\varphi = +47^\circ, 5$ -on	1961	46	VI

megjelent fontosabb táblázatos adatok

A D A T O K

l_H [°], b_H [°]
 l_H [°], b_H [°], kvadráns

p [′], látszó sugár [′], r [0,001 R_F : 10 km]

aerografikus koordináták

évi átlagos napfolt-relatívszám

v [km/s], t_{N-F} [°], E_e , E_p , E_a [eV]

kezdet [m], tartam [m], McMath No. B [°], L [°], obsz.

kezdet [m], tartam [m], AR-szám, B [°], L [°], obsz.

kezdet [m], tartam [m], AR-szám, B [°], L [°], obsz.

kezdet [m], tartam [m], McMath No. B [°], L [°], obsz.

kezdet [m], tartam [m], int. max. [m], B [°], L [°], obsz.

típus, fogy. nagys. [0,01], tot. tartam [m], λ_{zen} [°], φ_{zen} [°]

típus, telj. max. ideje [°], max. fázis [0,01], hol látszik

1° koordináta különbséghez tartozó távolság [méter]

1° koordináta különbséghez tartozó távolság [méter]

1′ és 1″ koordináta különbséghez tartozó távolság [méter]

zenittávolság és azimut [′]

zenittávolság és azimut [′]

zenittávolság és azimut [′]

IX/f A Csillagászati Évkönyv korábbi köteteiben

TÁRGYKÖR	ELREN- DEZÉS	„HATÁROK” VAGY OBJEKTUMOK	ÉV- FO- LYAM	OLDAL	TÁBLÁ- ZATSOR- SZÁMA
észlelési korrekciók	z	60°-ig 10°, 80°-ig 5°-onként, 80°-tól 1°-onként.	1957 1958	42 40	VI VI
	z	75°-ig 5°, 75°-tól 1°-onként.	1960	56	VIII
	z	20°-ig 5°, 56°-ig 1°, 70°-ig 0,5-, 80°-ig 10°-ként.	1969	62—63	XIII
	B—T	z: 10°—80° 10°-ként B: 620 mm—760 mm 10 mm-ként T: —10 C°— +35 C° 5 C°-ként.	1969	63	XIII
	z	60°-ig 20°-ként, 90°-ig 10°-ként.	1975	66—67	Xa
	T—β	T: —20 C° — +8 C° 2 C°-ként B: 630—800 mm, 10 mm-ként.	1975	68	Xb
	z	15°-tól 88°-ig 1°-ként	1975	69	XI
	RA—D	—20° ≤ D ≤ +80°, 20°-ként; RA-ban 2 ^h -ként	1957 1958 1960	43 41 55	V2 V2 VII
	RA—D	RA: 18 ^h -ig 30 ^m -ként D: +85°-tól 70°-ig 5°, 70°-tól —30°-ig 10°-ként	1969	60—61	XII
	RA—D	RA: 18 ^h -ig 30°-ként; D: —85°-tól —70°-ig 5°, —70°-tól +70°-ig 10°, +70°-tól +85°-ig 5°-ként	1978	60—61	XI
segédtablák	h, m, s		1959	62—63	—
	h, m, s		1964	62—63	VIIb
	h, m, s		1976	66—67	XVIIa,b
	h, m, s		1962	61	VIIb
	o, ' , 0, ^d 1—0, ^d 01		1966	53	IX
	h, m		1964	61	VII
	h, m		1970	68—69	XVI
	r _F	200 km ≤ r _F ≤ 378 000 km	1966	51	VII
	pé	0,001 ≤ pé ≤ 0,100	1968	61	XIII
	pé	távolságok a Naprendszeren kívül	1969	65	XIVb
	p _n	távolságok a Naprendszerben	1969	64	XIVa
	RA—D	20 ^m , ill. 10°-onkénti RA és D pozíciókhoz	1963	52—61	VII
	m—m ₀	0,0 ≤ m—m ₀ ≤ 10,0	1966	52	VIII
	m—m ₀	0,0 ≤ m—m ₀ ≤ 0,0	1977	61	XIII
	λ	10 Å < λ < 1000 km	1970	67	XV
λ _{geogr.}	magyarországi megfigyelőhelyek koordinátái	1974	66	XIV	

A D A T O K

refrakció [0,“1] extinkció [0,01 magn.]
 refrakció [0,“1] extinkció [0,01] magn.]
 refrakció [“] extinkció [0,01 magn.]
 refrakció [“]

légnomási (B) és hőmérsékleti (T) korrekció

refrakció [0,“1]
 hőmérsékleti (T) és légnomási (B) korrekció

extinkció [0,01 magn]
 évi precesszió D-ben és RA-ban [0,‘01 ill. 0,‘11]
 évi precesszió D-ben és RA-ban [0,‘01 ill. 0,‘1]
 évi precesszió D-ben és RA-ban [0,‘01 ill. 0,‘1]
 precesszió per 50 év D-ben [0,‘1] és RA-ban [0,“01]

precesszió per 50 év D-ben [0,‘1] és RA-ban [0,“01]

középidő—csillagidő (és csillagidő-középidő) átszámítás [0,‘01]
 középidő—csillagidő (és csillagidő-középidő) átszámítás [0,‘01]
 középidő—csillagidő (és csillagidő-középidő) átszámítás [0,‘01]
 időadat [°] — szögmérték [1“] átszámítás
 szögmérték [1‘] — időadat [°] átszámítás
 időadatok átszámítása [0,‘01 — ‘,“]
 időadatok átszámítása [‘,“ — 0,‘001]

r_F [km], v [0,1 km/s], P [“], ω [fok/min]
 p_e [0,“001] — r [f.év] átszámítás
 p_e [0,“001] — r [AE; km; f.év; pc] átszámítás
 p_n [0,‘1] — r [R_F ; AE; km], fényidő [0,‘1]
 l [°], b [°]

$m-m_0$ [0,1] — I/I_0 [0,0001] átszámítás
 $m-m_0$ [0,1] — I/I_0 [0,0001] átszámítás
 hullámhossz — frekvencia átszámítás
 λ [0,“1; 0,‘00001; 0,‘1], φ [0,“1; 0,‘00001]
 tengerszint feletti magasság [m], geocentrikus koordináták

Kiegészítő tudnivalók a táblázatokhoz

(a táblázatokban nem közölt jelölések magyarázatai)

„RA” és „D”: az I., IV. és IVa. táblázatokban rektaszcenziót, ill. deklinációt jelent. A koordináták 1979-re vonatkoznak.

„m”: a IV. és IVa. táblázatokban magnitúdókban megadott vizuális, lát-szölgos fényességek.

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.

A CSILLAGOS ÉG 1980-BAN (Időpontok KözEi-ben)

Január

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 20-ig a Nyilas, utána a Bak csillagképben. A hó első napjaiban fél órával kel a Nap előtt, és napkelte előtt még megkereshető a délkeleti égbolton. 21-én felső együttállásban a Nappal. 1-én fényessége $-0,4$ magnitúdó, fázisa $0,93$, mindkettő növekedő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 13-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. A hó folyamán három órával nyugszik a Nap után, és mint alkonycsillag a kora esti órákban látható a délnyugati égbolton. Fázisa 16-án $0,83$, csökkenő; fényessége $-3,4$ magnitúdó, növekedő.

Mars: 17-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hó elején az esti, a végén a kora esti órákban kel, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. Februári oppozíciójához közeledve, a hó végén átmérője $12,4''$ -re, fényessége $-0,5$ magnitúdóra növekszik, úgyhogy felületének megfigyelése is megkísérelhető.

Jupiter: hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Az esti órákban kel, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető.

Szaturnusz: 8-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Az esti órákban kel, és az egész éjszaka folyamán látható.

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	
3	—	Quadrantidák meteorraj gyakorisági maximuma. Kékes fényűek, kis fényességűek gyakoribbak.
3	19,4	Algol minimumban.
6	08	Regulus $0,6^\circ$ -kal északra a Holdtól.
7	05	Jupiter $0,3^\circ$ -kal északra a Holdtól.

Nap	Óra	
7	17	<i>Mars</i> 2°-kal északra a Holdtól.
13	05	<i>Juno</i> szembenállásban a Nappal.
13	07	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól.
15	10	<i>Neptunusz</i> 4°-kal délre a Holdtól.
18	03,5	<i>Algol</i> minimumban.
20	00,3	<i>Algol</i> minimumban.
20	14	<i>Vénusz</i> 1°-kal délre a Holdtól. Ez alkalommal már kisebb távcsővel tőlünk is megfigyelhető, amint a nappali égbolton a Hold a Vénuszt elfedi. Belépés a holdkorong megvilágítatlan oldalán: 12 óra 56 perckor, kilépés a Hold fényes pereme mögül: 14 óra 13 perckor.
23	21,1	<i>Algol</i> minimumban.
26	17,9	<i>Algol</i> minimumban.
27	06	<i>Aldebaran</i> 0,3°-kal délre a Holdtól.

Február

Bolygók

Merkur: 25-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. 5-ig a Bak, 5-től 19-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben tartózkodik. A hó elején fél, a közepén másfél, a végén egy órával nyugszik a Nap után. Az egész hó folyamán megfigyelhető, a hó elején napnyugta után, a hó közepétől az esti szürkületben, a délnyugati égbolton. 19-én legnagyobb keleti kitérésben, 18° távolságra a Naptól. 17-én fényessége $-0,8$ magnitúdó, fázisa 0,76, mindkettő csökkenő.

Vénusz: előretartó mozgást végez a Halak csillagképben, 14-től 16-ig a Cet csillagképet is érintve. Három és fél órával nyugszik a Nap után, és mint alkonyicsillag a kora esti órákban látható a nyugati égbolton. 17-én fázisa 0,74, csökkenő. Fényessége $-3,6$ magnitúdó, növekedő.

Mars: hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Napnyugtakor kel, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 25-én szembenállásban a Nappal. Pozitív deklinációja jó alkalmat nyújt megfigyelésére, de az idej oppozíciója a legnagyobb távolságúak közé tartozik, ezért felületi struktúrájának vizsgálatára nem a legkedvezőbb. Látszó átmérője a hó elején 12,6'', fényessége $-0,6$ magnitúdó; a hó végi szembenállásakor pedig 13,8'', illetve $-1,0$ magnitúdó. Földközelsége 26-án kerül amikor is távolsága a Földtől 101 millió km. **Jupiter:** hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 24-én szembenállásban a Nappal.

Szaturnusz: hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. A kora esti órákban kel, és az egész éjszaka folyamán látható.

Uránusz: 29-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfél után kel, és a hajnali égbolton már megfigyelhető.

Neptunusz: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
2	16	<i>Regulus</i> 0,5°-kal északra a Holdtól.
3	09	<i>Jupiter</i> 0,5°-kal északra a Holdtól.
3	21	<i>Mars</i> 3°-kal északra a Holdtól.
4	21	<i>Szaturnusz</i> 0,1°-kal délre a Holdtól.
9	17	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól.
10	02,0	<i>Algol</i> minimumban.
11	21	<i>Neptunusz</i> 4°-kal délre a Holdtól.
12	22,8	<i>Algol</i> minimumban.
15	19,6	<i>Algol</i> minimumban.
16	10	<i>Teljes napfogyatkozás</i> . Tőlünk nem látható. A teljes fogyatkozás vonala Afrika egyenlítői vidékén, az Indiai-óceán északi részén, Indián és Délkelet-Ázsia déli részén halad át.
17	15	<i>Merkur</i> 2°-kal északra a Holdtól.
19	06	<i>Vénusz</i> 4°-kal északra a Holdtól.
29	22	<i>Regulus</i> 0,5°-kal északra a Holdtól.

Március

Bolygók

Merkur: 18-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez. 11-ig a Halak, utána a Vizöntő csillagképben tartózkodik. A hó első napjaiban háromnegyed órával nyugszik a Nap után, és napnyugta után még megfigyelhető a délnyugati égbolton. A hó második és harmadik harmadában háromnegyed órával kel a Nap előtt, és újra látható napkelte előtt a délkeleti égbolton. 6-án alsó együttállásban a Nappal. 1-én fényessége +0,9 magnitúdó, fázisa 0,21, mindkettő csökkenő. 20-án fényessége +1,5 magnitúdó, fázisa 0,15, mindkettő növekedő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 5-ig a Halak, 5-től 29-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. Négy órával nyugszik a Nap után, és mint alkonyicsillag

látható a kora esti órákban a nyugati égbolton. 16-án fázisa 0,63, csökkenő, fényessége —3,8 magnitúdó, növekedő.

Mars: hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Napkelte előtt nyugszik és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető.

Jupiter: hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Napkelte előtt nyugszik, és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető.

Szaturnusz: hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 14-én szcmenállásban a Nappal.

Uránusz: hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfél előtt kel, és a hajnali égbolton figyelhető meg.

Neptunusz: 24-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Kigyótartó csillagképben. Éjfél után kel, és a hajnali órákban újra látható a délkeleti égbolton.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	09	<i>Mars</i> 4°-kal északra a Holdtól.
1	09	<i>Jupiter</i> 0,9°-kal északra a Holdtól.
1	—	<i>Részleges holdfogyatkozás a félárnyékban.</i> Tőlünk is látható. Belépés a félárnyékba: 19 óra 43,3 perckor, legnagyobb fázis: 21 óra 45,2 perckor, kilépés a félárnyékból: 23 óra 47,1 perckor. A fogyatkozás nagysága a félárnyékban 0,68 holdátmérő.
2	20	<i>Mars</i> 3°-kal északra a Jupitertől.
3	01	<i>Szaturnusz</i> 0,2°-kal északra a Holdtól.
3	00,5	<i>Algol</i> minimumban.
6	21,3	<i>Algol</i> minimumban.
9	18,2	<i>Algol</i> minimumban.
10	06	<i>Neptunusz</i> 3°-kal délre a Holdtól.
12	—	<i>Szaturnusz</i> gyűrűje élével fordul felénk.
15	14	<i>Merkur</i> 3°-kal északra a Holdtól.
17	22	<i>Mars</i> 4°-kal északra a Regulustól.
19	21	<i>Vénusz</i> 7°-kal északra a Holdtól.
21	19	<i>Aldebaran</i> 0,4°-kal délre a Holdtól. Ez alkalommal tőlünk is megfigyelhető, amint a Hold az Aldebarant elfedi. Belépés a Hold mögé a sötét perem északi felén: 19 óra 53 perckor, kilépés a fényes holdperem mögül: 20 óra 46 perckor.
25	—	<i>Hydridák</i> meteorraj (március 12-től április 4-ig) gyakorisági maximuma.
26	23,1	<i>Algol</i> minimumban.
28	00	<i>Mars</i> 4°-kal északra a Holdtól.

Nap	Óra	
28	04	<i>Regulus</i> 0,5°-kal északra a Holdtól.
28	09	<i>Jupiter</i> 1°-kal északra a Holdtól.
29	19,9	<i>Algol</i> minimumban.
30	03	<i>Szaturnusz</i> 0,4°-kal északra a Holdtól.

Április

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 10-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben, 18-tól 22-ig a Cet csillagképet érintve. A hó elején háromnegyed, a végén fél órával kel a Nap előtt. A hó első felében még látható napkelte előtt a délkeleti égbolton. 2-án legnagyobb nyugati kitérésben, 28° távolságra a Naptól. 5-én fényessége +0,6 magnitúdó, fázisa 0,47, mindkettő növekedő.

Vénusz: előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. Négy és fél órával nyugszik a Nap után, és mint alkonycsillag látható a kora esti órákban a nyugati égbolton. 5-én legnagyobb keleti kitérésben, 46° távolságra a Naptól. 17-én fázisa 0,47, csökkenő, fényessége —4,1 magnitúdó, növekedő.

Mars: 7-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hajnali órákban nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

Jupiter: 26-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hajnali órákban nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

Szaturnusz: hátráló mozgást végez 2-ig a Szűz, utána az Oroszlán csillagképben. A hajnali órákban nyugszik, és az egész éjszaka folyamán látható.

Uránusz: hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Az esti órákban kel, és az éjszaka második 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	—	<i>Virginidák</i> meteorraj (március 21-től május 10-ig) gyakorisági maximuma.
5	06	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól.
6	13	<i>Neptunusz</i> 3°-kal délre a Holdtól.
10	04	<i>Plútó</i> szembenállásban a Nappal.
18	05	<i>Aldebaran</i> 0,6°-kal délre a Holdtól.
18	10	<i>Vénusz</i> 9°-kal északra a Holdtól.
18	21,6	<i>Algol</i> minimumban.

Nap	Óra	
21	—	<i>Lyridák</i> meteorraj (április 19-től 24-ig) gyakorisági maximuma.
24	08	<i>Mars</i> 2°-kal északra a Holdtól.
24	10	<i>Regulus</i> 0,3°-kal északra a Holdtól.
24	12	<i>Jupiter</i> 1°-kal északra a Holdtól.
26	06	<i>Szaturnusz</i> 0,3°-kal északra a Holdtól.
30	00	<i>Mars</i> 2°-kal északra a Regulustól.

Május

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 3-ig a Halak, 3-tól 13-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. A hó utolsó harmadában egy órával nyugszik a Nap után. Ekkor napnyugta után újra látható a délnyugati égbolton. 13-án felső együttállásban a Nappal. 27-én fényessége —1,2 magnitúdó, fázisa 0,89, mindkettő csökkenő.

Vénusz: 24-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. 12-ig a Bika, utána az Ikrek csillagképben látható. A hó elején még négy, a végén már csak másfél órával nyugszik a Nap után. A hó elején a kora esti órákban, a hó végén már csak az esti szürkületben látható a nyugati égbolton. Legnagyobb fényességét (—4,2 magnitúdó) 9-én éri el, fázisa ugyanekkor 0,31.

Mars: előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfél után nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

Jupiter: előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfél után nyugszik, és a késő esti órákig megfigyelhető.

Szaturnusz: 23-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfél után nyugszik, és az éjszaka első felében figyelhető meg.

Uránusz: hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 14-én szembenállásban a Nappal.

Neptunusz: hátráló mozgást végez a Kigyóirtató csillagképben. A kora esti órákban kel, és a késő esti óráktól kezdve figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	10	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól.
3	17	<i>Neptunusz</i> 3°-kal délre a Holdtól.
4	—	η <i>Aquaridák</i> meteorraj (április 22-től május 12-ig) gyakorisági maximuma. Maradandó nyommal.
4	07	<i>Mars</i> 0,8°-kal északra a Jupitertől.

Nap	Óra	
15	15	<i>Aldebaran</i> 0,6°-kal délre a Holdtól.
17	05	<i>Vénusz</i> 8°-kal északra a Holdtól.
21	18	<i>Regulus</i> 0,02°-kal délre a Holdtól.
21	21	<i>Jupiter</i> 0,6°-kal északra a Holdtól.
22	07	<i>Mars</i> 0,4°-kal északra a Holdtól.
23	11	<i>Szaturnusz</i> 0,1°-kal északra a Holdtól.
26	04,2	<i>Algol</i> minimumban.
28	14	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól.
30	22	<i>Neptunusz</i> 3°-kal délre a Holdtól.

Június

Bolygók

Merkur: 27-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez az Ikrek csillagképben. Ez évben e hó folyamán kerül megfigyelésére legkedvezőbb helyzetbe. A hó elején másfél, a közepén egy és háromnegyed, a végén háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Az egész hó folyamán megfigyelhető az esti szürkületben, a nyugati égbolton. 1-én egyharmad fokkal a Vénusz felett látható, és szabad szemmel is könnyen megkereshető. 14-én legnagyobb keleti kitérésben, 24° távolságra a Naptól. 8-án fényessége 0,0 magnitúdó, fázisa 0,60, mindkettő csökkenő.

Vénusz: hátráló mozgást végez 6-ig az Ikrek, utána a Bika csillagképben. A hó első napjain másfél órával nyugszik a Nap után, és napnyugta után mint alkonyicsillag még megfigyelhető a nyugati égbolton. A hó utolsó napjaiban egy órával kel a Nap előtt, és mint hajnalcillag újra látható napkelte előtt a keleti égbolton. 15-én alsó együttállásban a Nappal. 4-én fényessége —3,8 magnitúdó, fázisa 0,08, mindkettő csökkenő. 28-án fényessége —3,4 magnitúdó, fázisa 0,03, mindkettő növekedő.

Mars: előretartó mozgást végez 27-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. Éjfélkor nyugszik, és az esti órákban figyelhető meg.

Jupiter: előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és a kora esti órákban figyelhető meg a nyugati égbolton.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfélkor nyugszik, és a késő esti órákig megfigyelhető.

Uránusz: hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfél után nyugszik, és az esti órákban figyelhető meg.

Neptunusz: hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 12-én szembenállásban a Nappal.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	19	<i>Merkur</i> 0,3°-kal északra a Vénusztól.
12	01	<i>Aldebaran</i> 0,7°-kal délre a Holdtól.
14	—	<i>Scorpius</i> — <i>Sagittaridák</i> meteorraj (április 20-tól július 30-ig) gyakorisági maximuma.
14	21	<i>Merkur</i> 4°-kal északra a Holdtól.
16	—	<i>Lyridák</i> meteorraj (június 10-től 21-ig) gyakorisági maximuma. Kékes meteorok, halvány nyommal.
18	02	<i>Regulus</i> 0,3°-kal délre a Holdtól.
18	02,7	<i>Algol</i> minimumban.
18	11	<i>Jupiter</i> 0,01°-kal délre a Holdtól.
19	15	<i>Mars</i> 2°-kal délre a Holdtól.
19	20	<i>Szaturnusz</i> 0,3°-kal délre a Holdtól.
23	22	<i>Merkur</i> 8°-kal délre a Polluxtól.
24	20	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól.
25	14	<i>Mars</i> 1,7°-kal délre a Szaturnusztól.
27	05	<i>Neptunusz</i> 3°-kal délre a Holdtól.

Július

Bolygók

Merkur: 22-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez az Ikrek csillagképben. A hó közepén fél órával, a végén másfél órával kel a Nap előtt. A hó második felében figyelhető meg napkelte előtt, a hó végén a hajnali szürkületben is, a keleti égbolton. 11-én alsó együttállásban a Nappal. 30-án fényessége +1,2 magnitúdó, fázisa 0,21, mindkettő növekedő.

Vénusz: 6-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. A hó elején másfél, a végén három órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcsillag látható a hajnali szürkületben, a keleti égbolton. Legnagyobb fényességét (—4,2 magnitúdó) 22-én éri el, fázisa ugyanekkor 0,24; növekedő.

Mars: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A késő esti órákban nyugszik, és a kora esti órákban még megfigyelhető a nyugati égbolton.

Jupiter: előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hó elején két, a végén másfél órával nyugszik a Nap után. Az esti szürkületben figyelhető meg a nyugati égbolton.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez 10-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és a kora esti órákban még megfigyelhető.

Uránusz: 30-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben.

Éjfélkor nyugszik, és a kora esti órákban még megfigyelhető a délnyugati égbolton.

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

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	22	<i>Merkur</i> 10°-kal délre a Polluxtól.
8	04,4	<i>Algol</i> minimumban.
9	08	<i>Aldebaran</i> 0,6°-kal délre a Holdtól.
9	20	<i>Vénusz</i> 0,2°-kal délre a Holdtól.
11	01,2	<i>Algol</i> minimumban.
13	22,0	<i>Algol</i> minimumban.
15	10	<i>Regulus</i> 0,4°-kal délre a Holdtól.
16	04	<i>Jupiter</i> 0,6°-kal délre a Holdtól.
17	08	<i>Szturnusz</i> 0,7°-kal délre a Holdtól.
18	05	<i>Mars</i> 4°-kal délre a Holdtól.
22	—	<i>Szturnusz</i> gyűrűje élével fordul felénk.
22	04	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól.
24	13	<i>Neptunusz</i> 3°-kal délre a Holdtól.
27	—	<i>Részleges holdfogyatkozás a félárnyékban.</i> Tőlünk részben látható. Belépés a félárnyékba: 18 óra 55,8 perckor, legnagyobb fázis: 20 óra 8,1 perckor, kilépés a félárnyékból: 21 óra 20,5 perckor. A fogyatkozás nagysága a félárnyékban: 0,28 holdátmérő. A Hold 19 óra 10 perckor kel.
28	—	δ <i>Aquaridák</i> meteorraj (július 15-től augusztus 15-ig) gyakorisági maximuma. Kettős radiánssal.
31	02,9	<i>Algol</i> minimumban.

Augusztus

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 7-ig az Ikrek, 7-től 18-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. A hó elején másfél, a közepén egy órával kel a Nap előtt. A hó első felében látható a hajnali szürkületben a keleti égbolton. 1-én legnagyobb nyugati kitérésben, 19° távolságra a Naptól. 26-án felső együttállásban a Nappal. 3-án fényessége +0,6 magnitúdó, fázisa 0,32, mindkettő növekedő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 2-ig a Bika, utána az Ikrek csillagképben. A hó elején három, a végén négy órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcsillag látható a hajnali keleti égbolton. 24-én legnagyobb nyugati kitérésben, 46°-ra a Naptól. 19-én fázisa 0,45, növekedő, fényessége —4,0 magnitúdó, csökkenő.

Mars: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Az esti órákban nyugszik, és az esti szürkületben még megfigyelhető a délnyugati égbolton.

Jupiter: előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó elején két, a végén egy órával nyugszik a Nap után, és az esti szürkületben még megkereshető a nyugati égbolton.

Uránusz: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Neptunusz: hátráló mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfél előtt nyugszik, és a kora esti órákban még megkereshető a délnyugati égbolton.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	—	<i>Capricornidák</i> meteorraj (július 15-től augusztus 15-ig) gyakorisági maximuma. Sárga tűzgömbökkel.
2	23,8	<i>Algol</i> minimumban.
5	07	<i>Merkur</i> 8°-kal délre a Polluxtól.
5	14	<i>Aldebaran</i> 0,5°-kal délre a Holdtól.
6	—	<i>Aquaridák</i> meteorraj (július 15-től augusztus 25-ig) gyakorisági maximuma. Kettős radiánssal.
7	03	<i>Vénusz</i> 0,3°-kal délre a Holdtól.
9	11	<i>Merkur</i> 2°-kal északra a Holdtól.
10	20	<i>Gyűrűs napfogyatkozás</i> , tőlünk nem látható. A gyűrűs fogyatkozás vonala a keleti Csendes-óceán egyenlítői vidékein és Perun meg Bolivián halad át.
12	—	<i>Perseidák</i> meteorraj (július 25-től augusztus 18-ig) gyakorisági maximuma. Fényes, széttöredező meteorok, halvány nyommal.
12	22	<i>Jupiter</i> 1°-kal délre a Holdtól.
13	20	<i>Szaturnusz</i> 1°-kal délre a Holdtól.
15	22	<i>Mars</i> 5°-kal délre a Holdtól.
18	02	<i>Mars</i> 2°-kal északra a Spicától.
18	12	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól.
20	—	× <i>Cygnidák</i> meteorraj (augusztus 11-től 21-ig) gyakorisági maximuma. Robbanó tűzgömbökkel.
20	21	<i>Neptunusz</i> 3°-kal délre a Holdtól.
23	01,5	<i>Algol</i> minimumban.

Nap	Óra	
25	22,3	<i>Algol</i> minimumban.
26	—	<i>Részleges holdfogyatkozás a félárnyékban</i> , tőlünk részben látható. Belépés a félárnyékba: 2 óra 41,2 perckor, legnagyobb fázis: 4 óra 30,5 perckor. A Hold 4 óra 55 perckor lenyugszik. A fogyatkozás nagysága a félárnyékban: 0,73 holdátmérő.
28	19,1	<i>Algol</i> minimumban.

Szeptember

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 6-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. A hó második felében fél órával nyugszik a Nap után, és napnyugta után kísérhető meg keresése a délnyugati égbolton. 28-án fényessége 0,0 magnitúdó, fázisa 0,83, mindkettő csökkenő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 4-ig az Ikrek, 4-től 24-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. Négy órával kel a Nap előtt, és mint hajnalcillag látható a hajnali keleti égbolton. 16-án fázisa 0,59, növekedő, fényessége —3,8 magnitúdó, csökkenő.

Mars: előretartó mozgást végez 9-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jupiter: előretartó mozgást végez 22-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 13-án együttállásban a Nappal.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 23-án együttállásban a Nappal.

Úránusz: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Neptunusz: 1-én stacionárius, utána előretartó mozgást végez a Kigyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	19	<i>Aldebaran</i> 0,5°-kal délre a Holdtól.
5	11	<i>Vénusz</i> 0,04°-kal délre a Holdtól.
8	00	<i>Regulus</i> 0,4°-kal délre a Holdtól.
9	14	<i>Merkur</i> 1,4°-kal délre a Szaturnusztól.
12	—	<i>Piscidák</i> meteorraj (augusztus 16-tól október 8-ig) gyakorisági maximuma.

Nap	Óra	
12	03,2	<i>Algol</i> minimumban.
13	19	<i>Mars</i> 6°-kal délre a Holdtól.
14	21	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól.
15	00,0	<i>Algol</i> minimumban.
17	05	<i>Neptunusz</i> 3°-kal délre a Holdtól.
17	20,8	<i>Algol</i> minimumban.
25	03	<i>Merkur</i> 1°-kal északra a Spicától.
29	02	<i>Aldebaran</i> 0,7°-kal délre a Holdtól. Ez alkalommal tőlünk is megfigyelhető, amint a Hold az Aldebarant elfedi. Belépés a Hold megvilágított pereménél: 1 óra 16 perckor, kilépés a Hold sötét pereme mögül: 2 óra 26 perckor.

Október

Bolygók

Merkur: 23-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. 7-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben tartózkodik. A hó első felében háromnegyed órával nyugszik a Nap után. Napnyugta után kísérelhető meg keresése a délnyugati égbolton. 11-én legnagyobb keleti kitérésben, 25° távolságra a Naptól. 10-én fényessége +0,1 magnitúdó, fázisa 0,70, mindkettő csökkenő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 24-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. Három és fél órával kel a Nap előtt, és a hajnali keleti égbolton látható mint hajnalcsillag. 14-én fázisa 0,71, növekedő, fényessége —3,6 magnitúdó, csökkenő.

Mars: előretartó mozgást végez 11-ig a Mérleg, 11-től 22-ig a Skorpió, utána a Kigyóirtató csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jupiter: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó elején másfél, a végén három órával kel a Nap előtt. Újra megfigyelhető a hajnali szürkület előtt a keleti égbolton.

Szturnusz: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Uránusz: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Neptunusz: előretartó mozgást végez a Kigyóirtató csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
3	01	<i>Mars</i> 1°-kal délre az Uránusztól.
4	17	<i>Vénusz</i> 0,3°-kal délre a Regulustól.
5	01,7	<i>Algol</i> minimumban.
5	06	<i>Regulus</i> 0,5°-kal délre a Holdtól. Ez alkalommal tőlünk is megfigyelhető, amint a Hold a Regulust elfedi. Belépés a Hold megvilágított pereme mögé: 4 óra 27 perckor, kilépés a Hold sötét pereme mögül: 5 óra 38 perckor.
5	07	<i>Vénusz</i> 0,8°-kal délre a Holdtól.
7	10	<i>Jupiter</i> 2°-kal délre a Holdtól.
7	22,5	<i>Algol</i> minimumban.
10	19,3	<i>Algol</i> minimumban.
11	05	<i>Merkur</i> 8°-kal délre a Holdtól.
12	06	<i>Uránusz</i> 5°-kal délre a Holdtól.
12	19	<i>Mars</i> 6°-kal délre a Holdtól.
14	13	<i>Neptunusz</i> 3°-kal délre a Holdtól.
18	—	γ <i>Cygni</i> maximumban.
20	05	<i>Pallas</i> szembenállásban a Nappal.
21	—	<i>Orionidák</i> meteorraj (október 16-tól 27-ig) gyakorisági maximuma. Többszörös radiánssal, maradandó nyommal.
24	17	<i>Mars</i> 4°-kal északra az Antarestől.
25	03,4	<i>Algol</i> minimumban.
27	00,2	<i>Algol</i> minimumban.
30	21	<i>Vénusz</i> 0,5°-kal északra a Jupitertől.
30	21,0	<i>Algol</i> minimumban.

November

Bolygók

Merkur: 12-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez. 6-ig a Mérleg, 6-tól 17-ig a Szűz, utána újból a Mérleg csillagképben tartózkodik. A hó második felében egy és háromnegyed órával kel a Nap előtt, és a hajnali szürkületben látható a délkeleti égbolton. 3-án alsó együttállásban a Nappal. 19-én legnagyobb nyugati kitérésben, 20° távolságra a Naptól. 23-án fényessége —0,3 magnitúdó, fázisa 0,57; mindkettő növekvő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 29-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. A hó elején három és fél, a végén két és fél órával kel a Nap előtt. Mint hajnal-

csillag látható a hajnali délkeleti égbolton. 15-én fázisa 0,81, növekedő, fényessége —3,5 magnitúdó, csökkenő.

Mars: előretartó mozgást végez 16-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jupiter: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél után két órával kel, és a hajnali keleti égbolton figyelhető meg.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó elején három, a végén öt órával kel a Nap előtt. A hajnali órákban látható a keleti égbolton.

Uránusz: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 18-án együttállásban a Nappal.

Neptunusz: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
2	17,8	<i>Algol</i> minimumban.
3	23	<i>Vénusz</i> 0,6°-kal délre a Szaturnusztól.
4	02	<i>Jupiter</i> 3°-kal délre a Holdtól.
4	11	<i>Szaturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól.
4	12	<i>Vénusz</i> 2°-kal délre a Holdtól.
9	—	<i>Tauridák</i> meteorraj (október 18-tól november 30-ig) gyakorisági maximuma. Kettős radiánssal, gyakori tűzgömbökkel.
10	14	<i>Mars</i> 2°-kal délre a Neptunusztól.
10	20	<i>Mars</i> 5°-kal délre a Holdtól.
10	20	<i>Neptunusz</i> 3°-kal délre a Holdtól.
17	—	<i>Leonidák</i> meteorraj (november 15-től 19-ig) gyakorisági maximuma. Fényesek, maradandó nyommal.
17	01,9	<i>Algol</i> minimumban.
17	15	<i>Vénusz</i> 4°-kal északra a Spicától.
19	22,7	<i>Algol</i> minimumban.
22	19,6	<i>Algol</i> minimumban.
22	23	<i>Aldebaran</i> 0,9°-kal délre a Holdtól.
28	19	<i>Regulus</i> 1°-kal délre a Holdtól.

December

Bolygók

Merkur: előretartó mozgást végez 7-ig a Mérleg, 7-től 10-ig a Skorpió, 10-től 22-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A hó elején egy, a közepén fél órával kel a Nap előtt. Napkelte előtt figyelhető meg a hó első felében a délkeleti égbolton. 31-én felső együttállásban a Nappal. 1-én fényessége $-0,5$ magnitúdó, fázisa 0,80, mindkettő növekedő.

Vénusz: előretartó mozgást végez 19-ig a Mérleg, 19-től 23-ig a Skorpió, utána a Kígyótartó csillagképben. A hó elején két és fél, a végén másfél órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcsillag látható a hajnali szürkületben, a délkeleti égbolton. 13-án fényessége $-3,4$ magnitúdó, fázisa 0,88, előbbi csökkenő, utóbbi növekvő.

Mars: előretartó mozgást végez 30-ig a Nyilas, utána a Bak csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jupiter: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél után kel, és a hajnali órákban látható a keleti égbolton.

Szaturnusz: előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó elején két órával éjfél után, a hó végén éjfélkor kel. A hajnali keleti égbolton figyelhető meg.

Uránusz: előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Neptunusz: előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 14-én együttállásban a Nappal.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	18	<i>Jupiter</i> 3° -kal délre a Holdtól.
1	22	<i>Szaturnusz</i> 2° -kal délre a Holdtól.
3	15	<i>Merkur</i> $0,9^\circ$ -kal északra az Uránusztól.
4	22	<i>Vénusz</i> 4° -kal délre a Holdtól.
6	01	<i>Uránusz</i> 5° -kal délre a Holdtól.
7	03,6	<i>Algol</i> minimumban.
9	00,4	<i>Algol</i> minimumban.
9	22	<i>Mars</i> 4° -kal délre a Holdtól.
11	14	<i>Merkur</i> 5° -kal északra az Antarestől.
12	21,3	<i>Algol</i> minimumban.
14	—	<i>Geminidák</i> meteorraj (december 7-től 15-ig) gyakorisági maximuma. Gyakran tűzgömbökkel, sok teleszkopikus meteorral.
15	18,1	<i>Algol</i> minimumban.

16	03	<i>Vénusz</i> 1°-kal északra az Uránusztól.
20	09	<i>Aldebaran</i> 0,9°-kal délre a Holdtól.
22	—	<i>Ursidák</i> meteorraj (december 17-től 24-ig) gyakorisági maximuma.
25	05	<i>Vénusz</i> 6°-kal északra az Antarestől.
26	04	<i>Regulus</i> 1°-kal délre a Holdtól.
29	08	<i>Jupiter</i> 3°-kal délre a Holdtól.
29	09	<i>Szturnusz</i> 2°-kal délre a Holdtól.
30	02,2	<i>Algol</i> minimumban.

G. I.

Az épülő Szegedi úti obszervatórium. Az épület két végében láthatók a letolható tetejű megfigyelő állások



AZ MTA CSILLAGVIZSGÁLÓ INTÉZET BESZÁMOLÓJA AZ 1978. ÉVRŐL

A Bjurakani Asztrofizikai Observatóriumnak az Örmény és a Magyar Tudományos Akadémia együttműködése keretében megépített fotométert felszereltük és üzembe helyeztük a 2,6 m-es teleszkópon.

A piszkés-tetői observatóriumban tovább folytattuk a fejlesztő munkákat. Megterveztük az időrendszer vevőfokozati részeit és azt egy példányban elkészítettük az 50 cm-es teleszkóphoz. Megoldottuk az 1 m-es teleszkóp fotométeren a szűrők automatizált váltását. Beszereltünk két CAMAC rendszerű mikroprocesszort 3,8 millió Ft értékben, melyekkel majd kisebb távcsöveinken is automatizáljuk az adatgyűjtést és redukálást. Elkészítettünk több real-time programot, részben a módosított berendezések vezérlésére. Így elkészültek a koordinátamezők mérésére és eltárolására, a nagysebességű fotometriai mérések vezérlésére, a háromszín-fotométer automatikus szűrőváltással történő vezérlésére, a sziderikus időskála automatikus beállítására és a szekvensek gyors mérésére szolgáló programok. Ezekon kívül több kisebb programot is készítettünk a display, az XY-író és más berendezések vezérlésére. Rendszeresen elvégeztük az időösszehasonlító méréseket az Országos Mérésügyi Hivatal cézium standardjával.

Újraalumínioztattuk a jénai Zeiss-műveknél az 1 m-es és az 50 cm-es tükröket.

Baján folytatódott a Szegedi úti observatórium kiépítése. 1978 decemberében átadták a mintegy 400 m-es felújított útszakaszt. Elkészült a közel 90 m mélyű kút is.

Az ŰKB által biztosított kb. 2 millió Ft-os beruházásból a Műszeripari Kutatóintézet elkészítette a digit-vizuális távcsövet (DVT), melyet mesterséges égitestek észlelésére kívánunk használni. Az új műszert 1978 szeptemberében kaptuk meg. Minthogy új konstrukcióról van szó, először azt vizsgáljuk meg, hogy a műszer mennyire elégíti ki a támasztott követelményeket, illetve, hogy milyen esetleges módosításokra van szükség.

* * *

Az egyes tudományos témákban a következő eredményeket kaptuk:

Változócsillagok

A változócsillagok észlelésére a szabadság-hegyi 60 cm-es és a piszkés-tetői 1 m-es távcső, valamint az év utolsó harmadában az 50 cm-es távcső állt rendelkezésre. A Szabadság-hegyen összesen 107 éjszaka folyt észlelés, de csak 30 teljesen derült éjszaka volt. A használható éjszakák hónapok szerinti megoszlása a következő volt: január 6, február 4, március 14, április 4, május 10, június 5, július 15, augusztus 16, szeptember 12, október 15, november 2, december 4 éjszaka. A legtöbb teljes derült éjszaka júliusra (9), augusztusra (5), márciusra és októberre (4-4) jutott.

A többszörös periódusú RR Lyrae típusú csillagok közül az RR Lyr és RS Boo változókat figyeltük meg legintenzívebben. Az RR Lyr nagyamplitúdójú szekunder változásokat mutatott. Az RS Boo-ra az Oosterhoff által talált Blasko-periódust lényegében sikerült megerősíteni, de kimutattuk, hogy a többi többszörös periódusú RR Lyrae-től eltérő tulajdonságokkal rendelkezik. A szekunder változásra szuperponált ingadozások természetét tovább vizsgáljuk. Megfigyeltük még a TT Cnc és XZ Dra Blasko-effektusos változókat is. Folytattuk az állandó fénygörbéjű RR Lyrae típusú változók periódusváltozásainak vizsgálatát, melynek során többek között megfigyeltük az RR Gem, TW Her, TU UMa, UY Cyg stb. változókat.

Tovább gyűjtöttük az anyagot a gömbhalmazok RR Lyrae változóinak vizsgálatához, az 1 m-es távcsővel 83 felvétel készült (az M3-ról 19, az M5-ről 14, az M13-ról 7 és az M15-ről 43). Az M5-ről, az M13-ról és az M15-ről a felvételek B és V színben készültek.

Lezártuk az 5 és 10 nap közötti periódusú cefeidák megfigyelési programját, az anyag feldolgozása befejezéséhez közeledik. Mintegy 350 fotoelektromos megfigyelést végeztünk lényegében a 10 napnál hosszabb periódusú cefeidákról. A BD + 4°4009 jelű csillag kb. 7,5 napos periódusú cefeidának bizonyult.

Folytattuk a törpe cefeida változók periódusváltozásának vizsgálatát. Kimutattuk, hogy rájuk igen jellemző az ugrásszerű periódusváltozás. A V624 Tau és a BN Cnc Delta Scuti típusú változókról — kisamplitúdójú változásaik analizésére — mintegy 13—13 órás anyag gyűlt össze, és ennek Fourier-analizise is befejeződött. Különböző perióduskereső eljárások alapján számított periodogrammok szórásainak analitikus kifejezését vizsgáltuk Gauss-féle additív zaj esetén.

Vörös törpe csillagok vizsgálata során kimutattuk, hogy a Gliese 83,3 jelű csillag BY Dra típusú változó. Az M3 gömbhalmaz vörös óriásainak vizsgálata során kiderült, hogy a v.Z.1397 jelű csillag változó, körülbelül 216 napos periódussal. Összefüggést kaptunk az M3 vörös óriásainak instabilitása és színindexe között.

Fedési változók vizsgálata során különösen nagy anyagot gyűjtöttünk az AB And, SV Cam és a BH Dra A—B kettősökről.

Stellárstatisztika

Fotografikus, illetve fotoelektromos megfigyeléseinket a Schmidt-, illetve az 1 m-es RCC-távcsővel végeztük. A Schmidt-távcsővel 554 felvétel készült az alábbi megoszlásban:

Szupernóvák keresése	310
UBV-fotometria	111
5°-os prizmával szinképfelvétel	47
flerkeresés	68 (405 expozíció)
egyéb felvételek	18

A korábban kimért fotografikus UBV-fotometriai anyag alapján meghatároztuk az NGC 2420 nyílthalmaz térbeli szerkezetét. Kimutattuk, hogy a kisebb tömegű csillagok felé haladva a halmaz magja körüli korona egyre erőteljesebben jelentkezik.

A Cepheus OB2 asszociációban a csillagok térbeli eloszlásának meghatározása során újabb bizonyítékokat találtunk az NGC 7160 és az IC 1396-os nyílthalmaz közötti fizikai kapcsolatra vonatkozóan.

Folytattuk a *nyílthalmazok távolságkorrekciójára* vonatkozó korábbi vizsgálatokat a nyílthalmazok átlagos átmérőjének, mint a galaktocentrikus távolság esetleges függvényének a feltételezésével. Kiadásra előkészítettük a „Catalogue of Star Clusters and Associations” c. társszerzős kiadvány első kiegészítését 30 ív terjedelemben, 16 400 irodalmi referenciával.

A *közepes szélességeken levő területek vizsgálata* során elkezdtük az IC 4665-ös halmaz vidékéről készített észlelési anyag feldolgozását. A vizsgálatokat további területekre terjesztettük ki.

Folytattuk a *flercsillagok* felkutatását fiatal halmazokban. A Schmidt-teleszkóppal a Plejádok, a Praesepe, a Coma Berenices, az NGC 7023; az RCC teleszkóppal az NGC 2264 és 7023 nyílthalmazokról készítettünk felvételeket. A Plejádok flercsillagairól fotoelektromos észleléseket végeztünk a bjurakani 2,6 m-es távcsővel.

A *szupernóvák* felkutatására az év folyamán 87 területről készítettünk felvételeket és az Anonym ($7^{\text{h}} 47^{\text{m}},0; + 73^{\circ}27'$) galaxisban egy 18 magnitúdós szupernóvát találtunk. Az előző év végén talált Apolló-típusú kisbolygóról (1977 YA) több felvételt készítettünk a pontos pozíciók meghatározására.

Égi mechanika és alkalmazásai

A tárgyévben is folytattuk a rutinszerű munkákat (vizuális és fotografikus észlelések, Atmoszféra-program, felvételek kimérése). Emellett az alábbi témákban végeztünk kutatómunkát:

Az általánosan elterjedt King—Hele-féle képletek alapján számolva gyakran nagyon hibás élettartamot lehet kapni. A kérdés tisztázására 40 olyan holdat használtunk, amelynek tényleges élettartama ismert és 1—3 év nagyságrendű.

Az elemzések egyértelműen kimutatták, hogy a fellépő 100—250%-os hibát a *felsőléggör sűrűségváltozásai* okozzák. Ezek közül a 27 napos periódusú csúszó közepeléssel eltüntethető, de a féléves effektus hatását csak a mainál jobb légköri modellel, vagy megfelelő időszakból származó észlelések segítségével lehet kiküszöbölni.

Hét évre terjedő, 52 000 sűrűségadat felhasználásával kapott sűrűségi maximumok időpontjait összehasonlítottuk az $F_{10,7}$ rádiósugárzás maximumainak időpontjaival. A még ellenőrzésre szoruló eredmények szerint a rádiósugárzás 74 maximumát átfogó időintervallumban a sűrűség 158 időpontban mutat maximumot. Utóbbiakat meg lehetne magyarázni egy eddig figyelembe nem vett fűtési mechanizmussal.

A *skálamagassági profilvizsgálatokat* folytatva egyértelműen megállapítottuk, hogy a profildeformációk jelenléte és azok térbeli terjedése a felsőléggör jellemző sajátja, amely további elemzéseket érdemel. A nagyszámú adat lehetővé tette, hogy a skálamagasság napszakos változásait, illetve a felsőléggör napszakos hőmérsékletváltozásait tanulmányozzuk. Az eredmények szerint a hőmérséklet nemcsak a késő délutáni órákban mutat maximumot, hanem a hajnali órákban is kimutatható egy mellékmaximum. Utóbbi létezését más kutatók különféle technikával mért adataiban is ki tudtuk mutatni.

Foglalkoztunk a *korlátozott háromtest-probléma* síkbeli, kétszeresen közepelt változatának analitikus megoldásával, illetve az eredmények alkalmazásával.

Egyéb témák

A negatív hidrogénionok stacionárius sajátértékeit térben rögzített két pozitív töltés terében mozgó elektron energiaállapotai adják. A számítástechnikai feladat megoldása után sikerrel járt az aszimptotikus sajátértékek kis és nagy távolságra érvényes meghatározása.

A *magnetohidrodinamikai dinamóelméleti kutatások* a napfelületi mágneses észlelésekből levezethető dipólus szerkezet változásának vizsgálatára és az elméletben fellépő számítástechnikai feladatok megoldására szorítottak. Fontos eredményünk a hullámpár-modell kiterjesztése az interplanetáris mágneses tér vizsgálatára, mely azt ígéri, hogy a fotoszférikus kvadrupólus hullámpár paraméterei is meghatározhatók lesznek.

A *galaxiskozmogóniai és kozmológiai vizsgálatok* során sikerült igazolni, hogy bizonyos csillagrendszerek — kettőscsillagok, galaxisok, galaxishalmazok — méreteik és tömegük tekintetében eleget tesznek néhány eddig ismeretlen, az elméletben megsejtett összefüggésnek. Az új eredmények alapján a szóba jövő kozmológiai modellek köre lényegesen szűkült, és a csillagrendszerek fejlődésére vonatkozóan is tehetünk megszorításokat.

* * *

Az intézet személyzete

Az intézet személyi állományában 1978-ban említésre méltó változás nem volt. A stellárstatisztikai osztály élére az év elejétől dr. Balázs Lajos kandidátus került.

Nemzetközi kapcsolataink, kutatóink oktató és népszerűsítő tevékenysége, részvételük a tudományos közéletben

Kutatóink számos hazai és külföldi tudományos rendezvényen vettek részt.

Budapesten tanácskozott a szocialista országok akadémiai többoldalú csillagászati együttműködésének Probléma Bizottsága, melyen intézetünket Jankovics, Kanyó és Szabados képviselték. Az 5. albizottság budapesti ülését és szimpozionját Jankovics szervezte. A mágneses csillagok albizottság szimpozionján Prágában 1978 februárjában Barlai Katalin, Oláh Katalin és Barcza vettek részt.

Az Interkozmosz Kozmikus Fizikai Állandó Bizottsága ülésén Prágában 1978 júniusában Ill képviselte intézetünket, a 6. Szekció szimpozionján Olsztyanban (Lengyelország), szeptemberben Illés Erzsébet, Both és Ill vettek részt.

Az IAU uppsalai regionális konferenciáján Balázs B. és Balázs L., a COSPAR innsbrucki kongresszusán Illés Erzsébet és Ill voltak jelen. Csada Toulouseban részt vett az Európai Napfizikai Konferencián (1978 március), Paál pedig a krakkói kozmológiai iskolán (1978 szeptember). A Bjurakani Asztrofizikai Observatóriumban dolgozott Rupp Erzsébet, Jankovics és Virághalmy több mint 1—1 hónapot. Both az Asztroszovjetben töltött 2 hetet. Veres októberben tért haza a Szovjetunióból 1 éves ösztöndíjról, Horváth a teljes évet Keldis-ösztöndíjjal a Szovjetunióban töltötte. Patkós augusztus elején fejezte be az NSZK-beli 10 hónapos ösztöndíjas kutatását. Oláh Katalin és Szeidl 2, illetve 1 hetet töltött Varsóban, lengyel meghívásra. Szeidl osztrák, illetve NSZK meghívásra 1—1 hetet töltött Bécsben, illetve Münchenben és Bonnban. Kutatóink külföldi tartózkodásuk során számos előadást is tartottak eredményeikről.

Kutatóink igen aktívak voltak a hazai rendezvényeken is. Ezek közül a jelentősebbek a Magnetoszféra-fizikai Téli Iskola (Tihany, január), a Földfotó Ankét (Budapest, március), a Hell Miksa emlékünnepe (Eger, április) és az Ionoszféra-Magnetoszféra Fizikai Szeminárium (Harkány, október) voltak. Intézetünkben kéthetenként rendszeresen tartottunk szemináriumokat, és részt vettünk az Országos Csillagászati Szeminárium ülésein, valamint esetenként más intézmények tudományos ülésein.

Ismét számos külföldi kutatót fogadtunk, akik közül többen hosszabb ideig is intézetünkben dolgoztak, és előadást tartottak az intézeti szemináriumon: L. M. Karamjan, G. B. Oganjan, A. A. Bojarczuk, O. B. Dluzsnyevszkaja, E. Ergma, E. E. Hacsikjan, A. G. Maszevics, L. V. Mirzojan, E. Popova,

V. Sztrelnyickij, M. K. Ruuzalepp, J. B. Zeldovics, J. A. Medvegyev, V. G. Karetnyikov szovjet, J. Smolinski, J. Smak, J. Ziolkowski, K. Borkowski lengyel, W. Pfau, C. Friedemann, J. Gürtler, S. Marx, G. Ruben, W. Schöneich, S. Rössiger, H. Lorentz NDK-beli, M. Cvetkov, K. P. Cvetkova, M. Popova bolgár, J. Horn, J. Ruprecht, J. Tremko, J. Grygar csehszlovák, C. Cristescu, I. Todoran román, A. Schnell, A. Purgathofer osztrák, V. Szebehely amerikai, H. A. Mařdy egyiptomi, H. Elsässer, P. Brosche NSZK, J. Balogh angol, G. Beekman holland és F. Ciatti olasz kutatók.

Kutatóink jelentős részt vállaltak az egyetemi oktatásban, mind az ELTE-n, mind pedig a JATE-n. Ill a JATE címzetes docense lett. Aktív népszerűsítő munkát is végeztek, főleg a TIT keretén belül.

A kutatók közleményei

- Balázs B.: *Catalogue of Star Clusters and Associations, Suppl*; Akadémiai Kiadó (T.: J. Ruprecht, R. E. White).
- Balázs L.: *A közeli csillagok*; Csillagászati Évkönyv 1979, 127.
- Barcza Sz.: *Energy Levels in Debye Field*; Astronomy and Astrophys. 72, 26—30.
A csillagok élete; Gondolat Zsebkönyv, 128 old.
Hidrogén vonalak a csillagok szinképében; kandidátusi értekezés.
- Both E.: *Mesterséges holdak élettartamának meghatározása*; Nabl. ISZ 17 és Asztronautikai Közöny.
- Csada I.: *Progressive Dipole Waves as the Constituents of the 22-year Magnetic Cycle*; Solar Physics 58, 423—427.
Solar Magnetic Field; Colloque international du CNRS No. 282, 69—72. old.
- Horváth A.: *Use of Optical Observations of Intercosmos Satellites for Estimation and Improvement of Navigation Tie Accuracy*; Nabl. ISZ 17 (T.: Kaszimenko, Lurje, Jankovszkaja, Kugaenko, Povitskaja).
Obrabotka informácij polucsennih po programme Interkozmosz; Nauka, 1979.
- Ill M.: *Determination of Scale Height Profiles*; Space Research vol. 19.
On the Variations of Scale Height; Nabl. ISZ 17.
- Illés E.: *Investigation of the 27-Day Periodicity in Thermospheric Density Fluctuations*; Space Research vol. 19.
Ponyizsenyija intenzivnosztyi galaktyicseszkih koszmicseszkih lucsej i fluktuácii plotnosztyi; Nabl. ISZ 17
Analiz izmenenyija plotnosztyi verhnyej atmosferü sz 27 dnyevnum ciklom; Nabl. ISZ 16
Correlation between Equivalent Durations and the D_{st} Geomagnetic Index; Nabl. ISZ 16.

- Jankovics I.: *New Flare Stars in the Praesepe Region*; IBVS 1454 (T.: K. P. Tsvetkova, M. K. Tsvetkov).
Flare Observations in the Pleiades Region; IBVS 1455 (T.: G. B. Oganjan).
- Flare Observations in the Pleiades Region*; IBVS 1456 (T.: K. P. Tsvetkova, M. K. Tsvetkov).
A csillagfejlődés kezdetei; Csillagászati Évkönyv 1979, 141. old.
- Kun M.: *Space Distribution of Stars and Diffuse Material in the Region of IC 1396*; Mitt. Sternw. Ung. Akad. Wiss. Nr. 72.
- Lovas M.: *Precise Positions of 1977YA (1977t)*; IAU Circ. 3162 and 3165.
Supernova in Anonym Galaxy (7^h47^m0, +73°27'); IAU Circ. 3305
- Oláh K.: *A BY Draconis típusú csillagok*; Csillagászati Évkönyv 1979, 162. old.
Variability of Red Giants in M3; Mitt. Sternw. Ung. Akad. Wiss. Nr. 73.
- Paál Gy.: *Universal Cyclicity in a Non-Cyclic Univers*; Acta Geologica Acad. Sci. Hung.
Large Number Coincidences and the Cosmic Evolution; Acta Geologica Acad. Sci. Hung.
- Szeidl B.: *Bemerkungen über Zwergcepheiden*; Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft 7/1978, 1098. old.
Periodic Changes in the Radiation of Stars; Abstracts of the V-th Symposium on the Material and Energy Flows, Comm. on Geonomy, Hung. Acad. Sci. 74 old.
- Veres F.: *A pályaelemek analitikus kifejezései a korlátozott síkbeli háromtest problémában a pericentrum cirkulációja esetén*; Asztron. Zsurnal.
Két speciális megoldás a korlátozott síkbeli közepelt háromtest problémában; Asztron. Zsurnal.

**A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
NAPFIZIKAI OBSZERVATÓRIUMÁNAK MŰKÖDÉSE
AZ 1976—78. ÉVEKBEN**

A naptevékenység kutatása az Observatórium tudományos főfeladata. Ezen sokrétű és szerteágazó, komplex problémakörön belül az Observatórium kezdettől fogva néhány alapvetően fontos kérdéscsoportra koncentrált kutatásait. Így elsősorban a Nap optikailag észlelhető rétegeiben közvetlenül megfigyelhető mozgások, főleg a napfoltok és protuberanciák tanulmányozására, és annak vizsgálatára, hogy ezen mozgások milyen kapcsolatban állnak a szoláris mágneses terekkel és a napkitörésekkel, vagy más szóval a fler-jelenséggel.

A naptevékenység kutatása kitüntetett jelentőségű feladat mind az egész csillagászat szémszögéből nézve, mind interdiszciplináris és gyakorlati vonatkozásai, a Nap földi hatásai miatt. Ez ma már világviszonylatban is mindezt igen fontosnak tartott tudományos kutatási feladat.

Az Observatórium tudományos programja, ennek csaknem minden konkrét részfeladata vagy egy nemzetközi egyezményen alapuló munkatervhez, vagy különböző külföldi kutatóhelyekkel történt megállapodáshoz kapcsolódik, a korábbi évek során, illetve a nemzetközi tudományos közéletben kialakult gyakorlatnak megfelelően. Így az Observatórium közreműködik különféle, általában nemzetközileg koordinált és szervezett kooperációs kutatásokban és észlelésekben, és ezekhez kapcsolódóan rendszeres vagy ad hoc közvetlen adatszolgáltatásban is.

A baráti szocialista országok, illetve akadémiák multilaterális egyezményeiben rögzített kötelezettségvállalással, a korábbi évekhez hasonlóan, a beszámolási időszak folyamán az Interkozmosz és KAPG szervezet keretében működött legintenzívebben az Observatórium.

1976-ban a Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) Napaktivitás Bizottsága felkérte az Observatóriumot, hogy vállalja el 1977. január 1-től kezdődően a „greenwichi fotohéliográf program” folytatását, amelyet több mint 100 éven keresztül a Greenwichi Csillagvizsgáló végzett. A felkérés az Observatórium fotoszféra-észleléseinek megtisztelő elismerését jelentette. A program elvállalásával azt kell biztosítani, hogy minden egyes naptári napról legyen legalább egy, a teljes napkorongot felölelő fotoszféra-fotohéliogram,

ami alkalmas a napfoltok héliografikus pozícióinak és területi adatainak meghatározásához. Biztosítani kell továbbá, hogy az Observatórium által publikált vonatkozó mérési adatok — a korábbi greenwichi mérésekkel együtt — homogén észlelési adatsorokat képezzenek. Ezen felül az Observatóriumnak gondoskodni kell az eredeti héliogramok archiválásáról, hogy szükség esetén azok egyéb kutatási célokra is rendelkezésre álljanak. (Már az eddigiek során is több ilyen kérés érkezett az Observatóriumhoz.)

Héliogramjaival a beszámolási időszak alatt is közreműködött az Observatórium a Rómában megjelenő nemzetközi havi kiadvány, a „Photographic Journal of the Sun” megjelentetésében (az Observatórium a hat Contributing Institution egyike). Ez a speciális kiadvány három spektrálvidékről is közöl minden napról egy-egy kisméretű héliogramot (átlátszó filmen).

Az Observatórium kutatási módszere induktív és kísérleti fizika jellegű; a Nap fotoszférájára és kromoszférajára, valamint a protuberanciákra vonatkozó észlelési anyagok zömét általában saját, különféle fotografikus észlelései képezik.

A beszámolási időszak három éve alatt az Observatórium fotoszférazsleléseket főleg csak Gyulai Megfigyelő Állomásán végzett. Az eredmény több mint 10 000 olyan héliogram, amelyen a napkorong átmérője körülbelül 10 cm. A felvételek zöme a sárga spektráltartományban történt, főleg 100 Å sávzélességű fém-interferenciaszűrőkön keresztül. Az észlelések nagy része a KAPG, egy kisebb része pedig az Interkozmosz kutatási programok céljait szem előtt tartva történt.

1977 és 1978 nyarán a debreceni koronagráffal és 0,5 Å sávzélességű H-alfa Lyot-monokromátorral a KAPG együttműködés egyik észlelési programjának keretében végezte az Observatórium észleléseit. Az így nyert fotografikus megfigyelések általában az érdekesebb napfoltcsoportok felett elhelyezkedő naplégkör jelenségeinek tanulmányozására alkalmasak. Ez a megfigyelési anyag H-alfa fényben készült, és csak a napkorong egy-egy kisebb részét mutató héliogramokból áll.

Kiemelkedőbb kutatási eredmények adódtak a szoláris aktivitási zónák keletkezésére és fejlődésére vonatkozó nagyobb észlelési sorozataink alapján. A széles nemzetközi kooperációban, KAPG-keretben folytatott megfigyeléseket a Szovjet Tudományos Akadémia Krími Asztrofizikai Observatóriumából koordinálták.

Eredményeink egy része az Irkutszkban, 1976 júliusában, másik része a Wrocławban, 1978 szeptemberében tartott nemzetközi konferencián került bemutatásra. Az Interkozmosz—7 és —11 (azaz a 3—IK—3 és a 3—IK—4) szputnyikok repülési időszakaiban, valamint a közvetlenül ezt megelőző és követő naprotációk folyamán gyűjtött észleléseink részletes feldolgozását és kiértékelését nemzetközi fórumon, 1977 augusztusában mutattuk be.

Észleléseink közül talán azok a legjelentősebbek, amelyeket 1978 júliusában végeztünk. Megfigyelési sorozataink vannak arról a rendkívül erős fler-

tevékenységet mutató szoláris aktív vidékről, amelyben július 11-én fehér flert is észleltünk. Debrecenben a koronagráffal a H-alfa spektrumvonalban, míg Gyulán a sárga folytonos színeképtartományban folytattunk csaknem egyidejűleg észleléseket. Az 1978. augusztusi és a szeptemberi nemzetközi napfizikai konferencián (Oslóban, illetve Wrocławban) adtunk hírt először erről a sikeres fehér fler észlelésről. A I—VI. táblákon látható néhány kép az Observatórium idevágó észlelési anyagából.

Az Observatórium kutatói létszáma 1978 végén 11 fő volt. Az Observatórium csaknem minden észlelési és kutatási programjában bizonyos fokig, több-kevesebb mértékben, de minden egyes kutató részt vesz. Néhány kivételtől eltekintve a kutatások kollektív munkavégzés keretében történnek. Így például a fent említett nemzetközi konferenciákon bemutatott 7 observatóriumi tudományos dolgozat szerzői között, egy kivételével, az Observatórium minden kutatója szerepel, legtöbbször többször.

Az elsődlegesen kollektív munkát igénylő, már említett kutatások mellett főleg a következők érdemelnek még külön említést. A Krími Asztrofizikai Observatóriummal kooperációban Kálmán Béla tudományos munkatárs két napfoltcsoport mágneses terére vonatkozó krími mérések és a foltcsoportok sajátmozgására vonatkozó debreceni mérések felhasználásával folytatott széles körű tanulmányokat. Győri Lajos tudományos munkatárs, valamint Kondás László és Rostás Sándor tudományos segédmunkatársak pedig a potsdami Einstein-torony Napfizikai Observatórium néhány mágneses napfolt mérése és a mi foltmozgásaink között kíséreltek meg korrelációt keresni. Említett kutatóink, valamint Gesztelyi Lidia tudományos munkatárs vizsgálatakat folytattak arra vonatkozóan is, hogy héliográfjaink speciális felállítási és egyéb instrumentális adottságai, valamint a differenciális refrakció következtében fellépő effektusokat hogyan lehet figyelembe venni, hogy héliografikus pozícióink pontossága optimálisan megbízható legyen. Gerlei Ottó tudományos munkatárs pedig főleg észlelő műszereink tökéletesítésével foglalkozott legtöbbször az utóbbi időben. Guman István tudományos munkatárs az ekvidenzimetriai eljárások napfizikai alkalmazásával foglalkozott. (Erről szóló cikke az Évkönyvnek ebben a kötetében található.)

Külföldi felkérésre az Observatórium szervezte meg és bonyolította le az első Interkozmosz Napfizikai Szimpoziumot. Ez Debrecenben, az Observatóriumban került megrendezésre, 1977. augusztus 22. és 27. között. A szimpozium célja az 1969 óta felbocsátott, napfizikai méréseket végző Interkozmoszszputnyikok, valamint a Vertikál—1 és —2 rakéták fedélzeti méréseinek és a kapcsolódó egyidejű földi észlelések összefoglalása, megvitatása és kiértékelése volt. Mivel várható volt, hogy a legérdekesebb és legfontosabb eredmények az 1972. és 1974. évi magas fler-tevékenység időszakára vonatkoznak, ezért a szimpozium elsődlegesen ezekkel foglalkozott. Ezen időszakokban azonban a KAPG keretében is folytak azonos célú megfigyelések, így

a KAPG-kutatások is helyet kaptak a szimpozionon. A szimpozionon bemutatott orosz és angol nyelvű dolgozatok az Observatórium Közleményeinek 3. kötetében jelentek meg.

Egy évvel korábban 1976. január 19. és 23. között még egy másik zártkörű nemzetközi konferenciára is sor került az Observatóriumban. Ez volt a szocialista államok csillagászati nemzeti bizottságai vezetőinek 3. tanácskozása.

Az Observatóriumban tartott zen két nemzetközi összejövetel alkalmából számos jól ismert külföldi csillagász járt Debrecenben. Rajtuk kívül több külföldi napfizikus is felkereste még az Observatóriumot. Így akadémiai meghívásra M. N. Gnyevisev igazgató Kiszlovodszkból, 1976 augusztusában, kooperációs megbeszélésekre és előadások tartására érkezett. Magyarországi tartózkodása alatt Debrecenen kívül Sopronban és Budapesten is tartott előadást.

H. Künzel Potsdamból 1977 és 1978 novemberében 1-1 hétre közös kutatásainkkal kapcsolatos konzultációra, 1977 szeptemberében P. Ambroz Ondřejovból 4 hétre, Simona Dinulescu pedig Bukarestből 1 hétre tudományos tapasztalatcsere céljából kereste fel az Observatóriumot. Csupán 2-2 napos látogatást tett B. Valnicek Ondřejovból 1976 márciusában, 1977 augusztusában pedig Vincze István a belgrádi csillagvizsgáló munkatársa. Fentiek kívül az Observatóriumban járt még Szebehelyi Győző a texasi egyetem professzora és N. Sahovszkaja a Krími Asztrofizikai Observatóriumból. Végül jelentős eseménynek számított C. de Jager professzornak 1976. novemberi, valamint Edith A. Müller IAU főtítkárnak 1977. szeptemberi rövid látogatása.

Az Observatórium kutatói több ízben jártak külföldön. Utazásaik célja konferenciákon való részvétel és előadások tartása, illetve tudományos tapasztalatcsere vagy kooperációs munkák megbeszélése volt.

A 8. és 9. Regionális Napfizikai Konferencián Irkutzkban, 1976 júliusában (az Observatórium igazgatója és Gyertyános Gyöngyi, Kálmán Béla, Kovács Ágnes, Ludmány András tudományos munkatársak); Wrocławban, 1978 szeptemberében (Dezső, Gerlei, Gesztelyi, Kovács, Kálmán); az IAU 1976. évi kongresszusán, Grenoble-ban az Observatórium igazgatója, valamint Kálmán és Kovács vettek részt. A kongresszus után Kálmán még 2 hétig a Meudon-i napfizikai observatórium vendége volt. Az Observatórium igazgatója részt vett az IAU 44. Kollokviumán, Oslóban, 1978 augusztusában, továbbá mint az MTA Csillagászati Bizottságának elnöke a szocialista országok nemzeti bizottsága vezetőinek 4. összejövetelén Tbiliszi-ben, 1978 áprilisában, és mint az akadémiai Szoláris-Terresztrikus Programok Albizottságának vezetője részt vett Innsbruckban a SCOSTEP General Meeting-jén, 1978 májusában.

Az Interkozmosz Kozmikus Fizikai Munkacsoportjának 1976. évi ülészakán Neubrandenburgban Dezső; az 1978. évi ülészakon Prágában Kálmán képviselte az Observatóriumot. „A szoláris mágneses terek gyors változása”

KAPG-programmal kapcsolatos tudományos tanácskozáson és KAPG-munka-értekezleten, a pulkovói csillagvizsgálóban, 1977 áprilisában az Observatórium igazgatója és Ludmány vettek részt. 1977 márciusában az Observatórium igazgatója a R. Greenwich Observatory-t kereste fel a greenwichi fothéliográf program átvállalásával kapcsolatos tárgyalások miatt.

Az Observatóriumnak legrégebbi kapcsolata a pulkovói csillagvizsgáló Kaukázusban levő kiszlovodszki napfizikai obszervatóriumával van, és a legtöbb segítséget a greenwichi fothéliográf-program folytatásával kapcsolatban a jövőben is tőlük várjuk (a Magyarországon hiányzó észlelési napok pótlására). Ezért 1-1 hétre a kiszlovodszki obszervatóriumban járt 1976-ban Gesztelyi és Győri, 1977-ben az Observatórium igazgatója, Kovács és Ludmány, 1978-ban pedig Kondás és Rostás. Végül 1978 szeptemberében Ludmány Kijevben felkereste az Ukrán Tudományos Akadémia Főcsillagászati Observatóriuma Napfizikai Osztályát a jövőbeni együttműködés érdekében, Kálmán pedig 1976-ban és 1977-ben a Krími Asztrofizikai Observatóriumban dolgozott 2—2 hétig.

Az utóbbi évek során sikerült az Observatórium műszerezettségét is továbbfejleszteni.

A Csehszlovák Tudományos Akadémia Csillagászati Intézetének Ondřejovi Observatóriumban B. Valnicek az általa kifejlesztett polarizációs H-alfa monokromátor egy példányát elkészítette az Observatórium számára is, amely lehetővé teszi nagy radiális sebességű protuberanciák észlelését.

1977 elején a Gyulai Megfigyelő Állomás fothéliográfja új, masszív, elektromos óragéppel ellátott, Zeiss parallaktikus montázst (tengelykeresztet) kapott, így a 40 m-nél magasabban elhelyezett héliográfot kevésbé zavarja a szeles időjárás. Új felállításában az észlelőkerékhez rögzített héliográfhoz egy elgördíthető hangárt is kellett készíteni, melyet az Observatórium mechanikai műhelye kivitelezett.

Igen nagy jelentősége van annak, hogy a csaknem két évtized óta ideiglenes felállítású 10—5''-es kettős fothéliográfunk 1978. év végére megfelelő felállítást nyert, a lényegileg házilag tervezett és saját vállalkozásban kivitelezett egymillió Ft-os beruházás révén. Az észlelő műszer objektívje most mintegy két emelet magasságba került, a jobb leképezés érdekében. A mozgó padlóval és új, legördíthető hangárral ellátott speciális épületszerkezet biztosítja, hogy a kettős távcső észleléskor gyakorlatilag a szabad levegőn áll, éppen úgy, mint a gyulai héliográfunk.

Az Observatórium kutatóinak elgondolása alapján a Kossuth Lajos Tudományegyetem Kísérleti Fizikai Tanszéke elvállalta egy televíziós technika alapuló területmérő berendezés megtervezését és kivitelezését. Az új műszerrel lehetséges héliogramokon, azaz fotonegativokon szoláris objektumok, elsősorban napfoltok umbra és penumbra területeinek pontos meghatározása. Az Observatóriumnak a greenwichi fothéliográf-program folytatása miatt van elsősorban szüksége erre a mérőműszerre.

AZ ELTE CSILLAGÁSZATI TANSZÉKÉNEK MŰKÖDÉSE
AZ 1977—78. ÉVEKBEN

A Csillagászati Tanszék személyi állománya a beszámolási időszakban a következő volt:

- Dr. Balázs Béla* kandidátus, tanszékvezető egyetemi docens,
Dr. Marik Miklós kandidátus, egyetemi docens,
Dr. Tóth György tudományos munkatárs, obszervatóriumvezető*,
Dr. Érdi Bálint adjunktus,
Dr. Szécsényi-Nagy Gábor tanársegéd,
Vizi Zsuzsanna tanársegéd,
Bérczi Szaniszló tudományos segédmunkatárs,
Vető Balázs tudományos segédmunkatárs*,
Cseke László műszaki tanácsadó (részfoglalkozásban)*,
Vámosi László tanszéki mérnök*,
Horváth József műszaki tudományos ügyintéző*,
Kovács Gedeonné előadó,
Németh Rozália adminisztrátor*,
Csejtej Ferencné gondnok, hivatalsegéd*,
László Mártonné takarítónő (részfoglalkozásban).
Dr. Almár Iván kandidátus, megbízott előadó,
Dr. Balázs Lajos kandidátus, megbízott előadó,
Dr. Barcza Szabolcs kandidátus, megbízott előadó,
Dr. Szabó Árpád tud. doktora, megbízott előadó,
Dr. Szeidl Béla kandidátus, megbízott előadó.

* Az 1978. július 1-vel átvett szombathelyi Gothard Asztrofizikai Obszervatórium dolgozói.

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

Kötelező előadások:

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

I. éves földrajz—biológia szakosoknak.

(Marik Miklós, Gábris Gyula egy. adjunktus)

A Naprendszer. Heti 3+0 óra, II. félév;

I. éveseknek, a földtudományi alapképzés keretében.

(Marik Miklós, Bérczi Szaniszló)

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

II. éves fizikus hallgatók számára.

(Balázs Béla, Barta György egyetemi tanár)

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

II. éveseknek, a földtudományi alapképzés keretében.

(Bérczi Szaniszló)

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

IV. éves kémia—fizika szakos hallgatók számára.

(Szécsényi-Nagy Gábor)

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

IV. éves matematika—fizika szakos hallgatók számára.

(Ma.ik Miklós)

Csillagász szakosoknak kötelező, mat—fiz, kém—fiz, fizikus és földtudományi szakos hallgatók számára speciális előadások:

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

III-V. éves hallgatók számára.

(Balázs Béla)

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

III. éves hallgatók számára.

(Szécsényi-Nagy Gábor)

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

IV-V. éves hallgatók számára.

(Marik Miklós)

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

III-V. éves hallgatók számára.

(Szeidl Béla)

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

IV. éves hallgatók számára.

(Almár Iván)

- Mesterséges holdak mozgása.* Heti 2+0 óra, I. félév;
IV éves hallgatók számára.
(Érdi Bálint)
- Bevezetés az égi mechanikába.* Heti 2+0 óra, I-II. félév;
III. éves hallgatók számára.
(Érdi Bálint)
- A háromtest probléma.* Heti 2+0 óra, I. félév;
V. éves hallgatók számára.
(Érdi Bálint)
- A Hold mozgása.* Heti 2+0 óra, II. félév;
V. éves hallgatók számára.
(Érdi Bálint)
- A csillagászat története.* Heti 2+0 óra, I. félév;
III-V. éves hallgatók számára.
(Szabó Árpád)
- A csillagászat legújabb eredményei.* Heti 1+1 óra, I-II. félév;
III-V. éves hallgatók számára.
(Balázs Lajos, Barcza Szabolcs)
- Csillagászati laboratórium.* Heti 0+3 óra, I. félév;
III. éves hallgatók számára.
(Szécsényi-Nagy Gábor)
- Seminárium a szakdolgozat témaköréből.* Heti 0+10 óra, I-II. félév;
V. éves csillagász szakos hallgatók számára.
(Balázs Béla, Marik Miklós, Érdi Bálint, Szécsényi-Nagy Gábor)

Speciális előadások:

- Bevezetés a csillagászatba I.* Heti 2+1 óra, I-II félév;
I. éves hallgatóknak.
(Marik Miklós, Vizi Zsuzsanna)
- Bevezetés a csillagászatba II.* Heti 2+1 óra, I-II. félév;
II. éves hallgatóknak.
(Vizi Zsuzsanna)
- A Tejútrendszer szerkezete.* Heti 2+0 óra, I-II. félév;
III-V. éves hallgatók számára.
(Balázs Béla)
- Napfizika.* Heti 2+0 óra, I. félév;
II-III. éves hallgatóknak.
(Marik Miklós)
- Extragalaktikus csillagászat.* Heti 2+0 óra, I. félév;
III-V. éves hallgatóknak.
(Szécsényi-Nagy Gábor)

Csillagászati megfigyelési gyakorlatok. Heti 0+2 óra, II. félév;

IV. éves tanárszakos hallgatóknak.

(Bérczi Szaniszló)

A szakdolgozattal kapcsolatos észlelések. Heti 0+10 óra, I-II. félév;

IV-V. éves csillagász szakosoknak.

(Balázs Béla, Szécsényi-Nagy Gábor)

A gyakorlatokat részben a tanszéki laboratóriumban, részben az egyetem Múzeum körüli épületének toronyhelyiségeiben (10 cm-es refraktor, cölosztát, fotólabor), részben pedig az MTA Csillagvizsgáló Intézete szabadsághegy 6-os kupolájában rendelkezésre álló 20 cm-es refraktor segítségével tartjuk.

Legutóbbi beszámolónk óta az alábbi egyetemi jegyzetek készültek:

Balázs Béla—Barta György: *Kozmikus fizika* (II. éves fizikusoknak),

Bérczi Szaniszló: *Planetológia* (II. éveseknek a földtudományi alapképzés keretében),

Tanszéki kollektíva: *Bevezetés a csillagászatba* (IV. éves tanárszakosoknak).

Az 1973-ban alakult *Csillagászati Tudományos Diákkör* Érdi Bálint vezetésével továbbra is élénk tevékenységet folytat. A Diákkör a beszámolási időszakban négyszer rendezett több napos diákköri iskolát, melyek helyszíne általában az ELTE visegrádi üdülője volt. Évente kétszer a Kossuth Klubban nyilvános diákköri ülésre került sor. A Diákkör jelentős részt vállalt a Csillagász Klub munkájából is.

1977-ben a *XIII. Országos Diákköri Konferencián* Szabó Róbert „A napfoltokban észlelt hullámok eredete” című dolgozatával különdíjat nyert. 1978-ban a kari diákköri konferencián Kiszél Vilmos „A Mars ösléggökre a kráttersűrűség-diagramok alapján” és Molnár Sándor „A Jupiter tömegének meghatározása rezonáns kisbolygók segítségével” című dolgozatáért első díjat kapott. A Diákkör titkári teendőit a beszámolási időszakban Pásztor Emília látta el.

1977-ben, illetve 1978-ban a következő hallgatók kaptak csillagász részszakos diplomát: Kókai Éva, Kondás László, László István, Pap Judit, Rostás Sándor, Schlosser Tamás, Timon Ildikó, Vető Balázs.

Tanszékünk továbbra is elősegíti a csillagász szakemberek szakmai továbbképzését. Fontos részt vállal a még 1972-ben beindított országos csillagászati szeminárium szervezésében, amely az egész hazai csillagász társadalom szakmai fóruma. A beszámolási időszakban átlagosan havonta egyszer került sor szemináriumi előadásokra (nagy többségükben egyetemünk egyik előadótermében).

Örvendetes tény, hogy a tanszék mérőlaboratóriumának műszerparkja az elmúlt két évben több millió Ft értékkel gyarapodott, és a laboratóriumi helyiségek problémáját is megoldotuk. A beszerzések közül kiemelkedik a jénai Zeiss cég kis számítógéppel ellátott félautomata ASCOIRIS-fotométere, amely csillagászati fényképlemezek fotometriai és asztrometriai kiértékelését teszi lehetővé egy munkafolyamatban. (Emellett új rácsokkal és egy Schmidt—Cassegrain-kamerával egészült ki UAGS spektrográfunk, megérkezett az Abbe-komparátor, és több kisebb kiértékelő műszert, valamint oktatástechnikai segédeszközt szereztünk be.)

Tanszékünk fokozatos továbbfejlesztése terén komoly előrelépést jelentett, hogy a KM, OM és PM közös döntése értelmében (az illetékes központi és megyei pártszervek hathatós támogatásával) a szombathelyi Gothard Asztrofizikai Observatórium 1978. július 1-vel teljes költségvetésével és személyi állományával együtt az ELTE-hez került, és a Csillagászati Tanszék részévé vált. Az observatórium épülethozzájárulásában több iroda, 10 ezer kötetes könyvtár, tudománytörténeti kiállítás, kisebb elektronikus és fotólaboratórium, egy 6 m átmérőjű kupolaépület, műhely, raktárak, továbbá gondnoki lakás és garázs foglal helyet. Az observatórium egyben keretet ad az átvétellel megalakult asztrofizikai csoportnak, amelynek célja a Tanszék eddigi kutatási profiljához, illetve a csillagászképzéshez kapcsolódó megfigyelési és adatfeldolgozási, kutatói, illetve oktatói tevékenység segítése. Tervezett fő észlelő eszköze a jénai Zeiss cég egy (megfelelő perifériákkal ellátott) 60 cm-es Cassegrain-távcsőve, amely előre láthatólag 1980-ban kerül beszerelésre.

Tanszékünkön a beszámolási időszakban az alábbi témakörökben folytak kutatások:

Nyílthalmazok fotometriai vizsgálata. (Témafelelős: dr. Balázs Béla. Kooperációban az MTA Csillagvizsgáló Intézetével.)

A Lin-féle gravitációs sűrűség hullám-elmélet obszervációs ellenőrzése keretében vizsgáltuk az egyes optikai spirálkar-indikátorok alkalmazhatóságát és megbízhatóságát. A témakörben érdekes eredményeket kaptunk a fiatal nyílthalmazok távolságkorrekciójára, amelyek az egész galaktikus távolságskálára kihatással lehetnek. A munkát a témafelelős pozitív visszhang mellett ismertette az AG baseli közgyűlésén és az IAU uppsalai regionális konferenciáján.

Tovább folytattuk a nyílthalmazok fler-csillagainak fotografikus fotometriai statisztikai vizsgálatát (kooperációban a Padovai Egyetem Csillagászati Intézetével). A témakörből Szécsényi-Nagy Gábor egyetemi doktori értekezést írt és védett meg.

„A csillagok fizikája és fejlődése” elnevezésű szocialista akadémiai többoldalú együttműködés keretében további észlelési anyagot gyűjtöttünk a meg-

állapodásban rögzített nyílthalmazokról, és részt vettünk az 1977-es budapesti csillagalmaz-szimpozion szervezésében.

A témakörben megjelent tudományos publikációk:

Balázs Béla: *Neue Entfernungsbestimmungen für die jungen offenen Sternhaufen anhand der Eggen'schen modifizierten ZAMS-Diagramme*; Mitt. Astron. Ges., 43, 254, 1978.

Szécsényi-Nagy Gábor—(T.: Rosino, L.): *Flare Stars and Flare-ups in the Pleiades Region*; IBVS No. 1528, 1978.

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

Egyelőre lezártuk „A Nap légkörének szerkezete” című témát (bár a kapott eredmények megfelelő nemzetközi visszhangot keltettek), mivel a felhasznált módszert jelenleg további csillagokra célszerű kiterjeszteni. Egyidejűleg beindítottuk a mágneses csillagok vizsgálatát, és próbaészleléseket végeztünk az MTA Csillagvizsgáló Intézete Piszkés-tetői Observatóriumában. A témakörön belül „csillagfolt-tevékenységgel” is foglalkozunk. A beszámolási időszakban megjelent idevágó tudományos publikáció:

Marik Miklós: *A Theoretical Model of the Solar Chromosphere*; Publ. Debrecen Heliophysical Obs., Vol. 2, No. 9.

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

A kutatások a beszámolási időszakban is elsősorban a trójai kisbolygók mozgásának vizsgálatára irányultak. Az előző jelentésünkben referált aszimptotikus megoldási módszert (a kisbolygók pályaelemeinek szekuláris változásaira) több konkrét esetben sikerrel alkalmaztuk. 1977—78-ban megjelent publikációk:

Érdi Bálint: *An Asymptotic Solution for the Trojan Case of the Plane Elliptic Restricted Problem of Three Bodies*; Celestial Mechanics, 15, 367, 1977.
The Three-dimensional Motion of Trojan Asteroids; Celestial Mechanics, 18, 141, 1978.

Egyéb munkák.

Előtanulmányokat és próbaészleléseket végeztünk az UAGS spektrográffal végzendő kutatásokkal kapcsolatban. Interdiszciplináris szempontból foglalkoztunk a Galaxisban végbemenő nagyléptékű ciklikus folyamatokkal, és a szakkollégák számára feldolgoztunk több, általános érdeklődésre számító csillagászati témát. A Gothard Observatóriumban interdiszciplináris témaként vizsgálták a holdfázisok, a naptevékenység és a földmágnesség hatását egyes rovarfajták magatartására. Idevágó cikkek:

Balázs Béla: *Large-Scale Cyclic Processes in the Galaxy*; Az MTA Geonómiai Bizottsága V. Anyag- és Energiaáramlási Szimpozionjának anyaga, 75, 1978.

Aktív szakaszok a galaxisok életében; Csillagászati Évkönyv az 1977-es évre, 202.

Marik Miklós: *A marskutatók és eredményei; Magyar Tudomány, XXII., 559, 1977.*

Szécsényi-Nagy Gábor: *Contributions au Rapport d'Activité de l'Observatoire de Haute-Provence 1976; C. N. R. S., pp. 7., 23—24, 1977.*

Tóth György—(T.: Novinszky László—Ekk István—Kiss Miklós—Szabó Sándor): *Fénycsapdás gyűjtést módosító környezeti tényezők II.: A Nap és a földmágnesség hatása; VEAB díjazott pályamű, 85 p.*

A populációs koefficiens és alkalmazása a Lymantria dispar, valamint a Hyphantria cunea előrejelzésében; VEAB értesítő, III. 115, 1978.

Tanszékünk oktatói továbbra is tevékenyen részt vettek különböző nemzetközi, illetve hazai tudományos szervezetek munkájában, és emellett kiterjedt nemzetközi kapcsolatokat tartottak fenn egyetemünk kétoldalú egyezményei keretében is. A beszámolási időszakban a moszkvai Lomonoszov Egyetem, a prágai Károly Egyetem, a Belgrádi Egyetem, a Bécsi Egyetem, a jénai F. Schiller Egyetem, a Padovai Egyetem és a kolozsvári Babes—Bolyai Egyetem szak kollégái látogatták meg tanszékünket. Oktatói és kutatói feladataik ellátása mellett munkatársaink lényeges részt vállaltak a TIT munkájában és általában a csillagászati ismeretterjesztében.

TIT BUDAPESTI URÁNIA BEMUTATÓ CSILLAGVIZSGÁLÓ
ÉS PLANETÁRIUM
AZ 1978. ÉVBEN

TIT Budapesti Uránia

Az Uránia napi feladatai — egyéni és csoportos látogatók fogadása, felvilágosítás, eszközkészítés, tanácsadás stb. — ugyan nem változtak, de országos gondjai megnöttek. Egyre több bemutató csillagvizsgálóval és szakkörrel kell egyre szorosabb kapcsolatot tartania, segítenie, elsősorban a színvonal emelése sőt személyi problémák terén is. Az Uránia gyakorlatilag eddig is operatív intéző központja volt a TIT Csillagászati és Űrkutatási Választmányának, és ez a szerepe Róka Gedeon választmányi titkár 1974. évi sajnálatos halála után sem csökkent, minthogy a választmányi referens — Zombori Ottó — az Uránia munkatársa. Az intézményre több országos rendezvény gondja nehezedik. A beszámolás évében a legjelentősebb ilyen összejövetel a *Csillagászat Baráti Köre X. Országos Találkozója* volt a fővárosban.

A rendelkezésre álló keretek között folyt az Uránia további korszerűsítése. A legkiemelkedőbb eredmény e téren az esti bemutatók legnagyobb részét tartó külső, társadalmi munkatársak tartózkodási helyének szánt helyiség kialakítása volt.

Az 1979. évi Évkönyvben beszámoltunk arról, hogy a csaknem három évtizede az Urániában őrzött, értékes, régi csillagászati műszereket átadtuk az Országos Műszaki Múzeumnak. A felszabadult helyiséget nagyrészt saját erőből végzett munkával átalakítva, rendbehozva és a szükséges bútorzattal ellátva, a beszámolási év végére sikerült teljesen berendeznünk, készen a munkatársaknak való átadásra. Ezzel a tatarozások megkezdése — 1975 — óta meglevő, égető hiányt tudtuk megszüntetni.

Közönségfogadás

A napi egyéni és csoportos látogatók fogadásán, mint fő feladaton kívül az Uránia változatlanul megtartotta a hagyományos tavaszi és őszi csütörtöki előadássorozatot. A beszámolás évében a tavaszi csütörtöki előadássorozat programja a következő volt:

Ponori Thewrewk Aurél: A Naprendszer felfedezése; Kelemen János: Tágabb hazánk, a Naprendszer; dr. Marik Miklós: Csillagunk a Nap; Bérczi Szaniszló:

A Naprendszer, I.; Zombori Ottó: A Naprendszer, II.; Illés Erzsébet: A kisbolygók; dr. Hédervári Péter: A bolygók holdjai; Szüle Dénes: Mesterséges holdak a bolygók közelében; Schalk Gyula: Bolygórendszerünk a Galaxisban.

Az őszi csütörtöki előadássorozat programja volt: *dr. Kulin György: A csillagászat modern világképe; Taracsák Gábor: A ma és a holnap távcsövei; Bardócz András: A csillagok színe; dr. Marik Miklós: Molekulák a világűrben; ifj. Kálmán Béla: Százmilliárd átlagszillag; Kelemen János: Születő csillagok; Zombori Ottó: A csillagok életútja; dr. Balázs Béla: A Tejútrendszer szeméyleírása; dr. Balázs Lajos: A Galaxis fejlődése; Paál György: A Tejútrendszertől a Világmindenségig.*

Az Uránia munkatársainak kezdeményezésére megindult, szabadegyetem jellegű tudományági előadássorozatainkat — Bevezetés a csillagászatba I. és II. — a megszokott érdeklődés mellett folytattuk. Ezekon kívül az Urániában egy általános és egy középiskolai, továbbá — az 1962-ben létesült állandó — felnőttzakkör működött.

A sorozatokat és a szakköröket az Uránia munkatársai vezették.

Ugyancsak folytattuk a nappali és esti bemutatásokat az Uránia citadellai részlegében, május és október között. Itt és magában az Urániában az év folyamán összesen mintegy 40 000 látogatót fogadtunk.

A Csillagászat Baráti Köre vezetése

A Baráti Kör felső ügyintézése és vezetése a tervezettnél megfelelően folyt. A „rejtett tagság”, vagyis a tagkönyvcseréből valamilyen okból kimaradt, de a Föld és Ég előfizetését folyamatosan megújító régi BK-tagok felkutatása érdekében elkértük a Posta Központi Hírlap Irodától az előfizetők jegyzékét, és összehasonlítottuk a mintegy 14 000 egykori tag törzskartonjával. Az így kiszűrt, egykori tagok névjegyzékét a megyei ügyintézőkhöz juttattuk, akik belépési felkérő lapot küldtek a megadott címekre. Ennek nyomán sokan jelentkeztek, így a Baráti Kör taglétszáma 1978 végére 4555-re nőtt.

Mint az várható volt, a megyékben — többnyire a megyeszékhelyeken működő TIT-szervezetek mellett — tevékenykedő BK-ügyintéző szorosabb és közvetlenebb kapcsolatot tud tartani a tagsággal, mint azt az Uránia központi-
lag tette.

A CSBK vezetősége az év végén megbeszélést tartott a megyei ügyintézőkkel, továbbá minden megyei BK-találkozón képviseltette magát: a Szabolcs-Szatmár megyein (Nyíregyháza), a Komárom megyein (Tata), a budapestin (Budapesti Planetárium) és a Veszprém megyein (Veszprém).

A Baráti Kör 1963-ban alakult, és 1978-ig kilenc országos találkozót rendezett — kivétel nélkül vidéki városokban. A kettős jubileum alkalmával a fővárosban, a TIT új intézményében, a Planetáriumban került megrendezésre a *X. Országos Találkozó*, 1978. augusztus 11—13-án. (XVI. tábla).

A főváros a mintegy 300 résztvevő számára sok előny mellett több hátrányt is

jelentett az eddigi találkozókkal összevetve. Az utóbbiak közül megemlíthető az óbudai szálláshely nagy távolsága a rendezvények fő színhelyétől.

A találkozó programjának emlékezetes színfoltja volt a Csepeli Féművekben tett gyárlátogatás, továbbá a Csepeli Munkásotthonban rendezett amatőr-távcső-kiállítás, szakmai filmvetítés és a közös vacsora.

A szakmai program keretében *dr. Kulin György*, a CSBK örökös elnöke az amatőr-csillagászok feladatairól, *Ponori Thewrewk Aurél*, a BK elnöke a mozgalom két év alatti fejlődéséről adott tájékoztatást, *dr. Ill Márton* Égi mechanika és űr kutatás, *ifj. Gazda István* A csillagászat úttörői címen tartott előadást. *Zombori Ottó*, a CSBK titkára vezetésével a találkozó szervezeti kérdéseket tárgyalta meg, és elfogadta a CSBK Ügyrendjének módosított szövegét.

A találkozón Csehszlovákia, az NDK, Románia és a Szovjetunió amatőr-csillagászaik képviselői is részt vettek, és röviden beszámoltak hazájuk amatőrmozgalmának jellegzetességeiről. Kiemelendő a TIT testvérszervezete, a *Znanyije Társulat* (SZU) üdvözlőlevele, melyet a találkozó résztvevőinek küldött és amelyet *Falkó Gyula* adott át. A magyar amatőrök ez alkalommal találkozhattak utoljára *Írimesz Romulusszal*, a kolozsvári (Cluj—Napoca) *Victor Anestin* Csillagászati Kör elnökével, aki több mint egy évtizeden át vett részt a CSBK találkozóin és más összejövetelein.

Természetes, hogy a találkozó kihasználta a rendezvény színhelyének adottságait, és planetáriumi műsorokkal színesítette az összejövetelt. A Planetárium ez alkalommal mutatta be első ízben a nyilvánosság előtt német nyelvű műsorát (*Der Sternenhimmel über Ungarn*).

Külföldi kapcsolatok

A beszámolás évében négy hivatalos szakmai külföldi utat tettek meg az Uránia munkatársai.

Nemzetközi Amatőrök Találkozója, Tatranská Lomnica (Csehszlovákia), 1978. augusztus 3—9. Ezen a találkozón az Uránia társadalmi munkatársai közül a *Hurbanovó-i (Ógyalla) Körzeti Népi Csillagvizsgáló* meghívására *Aradi Katalin* és *Deicsics László* vettek részt.

A *Petřin-i Népi Csillagvizsgáló* (Prága, Csehszlovákia) fennállásának 50. évfordulója alkalmából rendezett ünnepi megemlékezésen (1978. szeptember 25—27.) az intézet igazgatója, *dr. Oldřich Hlad* meghívására *Ponori Thewrewk Aurél* igazgató vett részt. A gazdag programból kiemelhető a prágai csillagászati emlékek megtekintése. (Az ünnepségről a Planetárium működéséről beszámoló részben is megemlékezünk.)

Hurbanovo (Ógyalla, Csehszlovákia) meghívta az 1979-ben megrendezésre kerülő Csillagászati Szakkörvezetők IV. Találkozásának résztvevőit. *Ponori Thewrewk Aurél* és *Zombori Ottó* 1978. november 1-én tárgyalásokat folytatott az egykori első korszerű, magyar alapítású csillagvizsgálóban e találkozó és tanulmányi kirándulás részleteiről.

A romániai Cluj—Napoca-i (Kolozsvár) Victor Anestin Csillagászati Kör 1978-ban ünnepelte fennállása 20. évfordulóját. Az 1978. december 11—12-én rendezett ünnepségre a hazai CSBK elnökét és titkárát — Ponori Thewrewk Aurélt és Zombori Ottót —, továbbá a szolnoki BK-i csoportból Sándor Bélát és feleségét, valamint Szatmári Antalt hívta meg a Victor Anestin Kör elnöke, Irimeş Romulus, aki azonban már nem vehetett részt az ünnepségen, mert néhány héttel előtte váratlanul elhunyt. A romániai amatőrökkel való szorosabb személyes kapcsolatfelvételt azért tartjuk fontosnak, mert több más népi demokratikus állam amatőrszervezeteivel már régóta élénk együttműködés folyik.

Észlelőmunka

Az Urániában, elsősorban annak főműszerével, a 200/3000-es Heyde-refraktorral, tovább folytak a Hold-, bolygó- és változóészlelések. A főváros kedvezőtlen, világos, szennyezett égboltja miatt a komolyabb észlelések súlypontja vidékre tolódott. Kihasználva a Miskolctól nem messze fekvő bükki Róka-farm-észlelőbázis adta lehetőségeket, az Uránia a beszámolás évében három alkalommal is észlelőtábort rendezett.

A tavaszi táborozás 1978. április 2—4-ig tartott. A megfigyelések a Virginiádák meteorrajra, változókra és a Bradfield-üstökösre irányultak (10 fő).

A nyári II. Amatőrcsillagász Észlelő-, Építőtábor (1978. július 4—13.) legnevezetesebb észlelési eredménye a július 11-én, 11:50-kor első ízben Kelemen János által észlelt hármass fler-felvillanás volt. A fő program változó-, Nap- és meteormegfigyelés, mélyég-objektumok keresése és csillagászati fényképezés volt (25 fő).

Az őszi táborozás — 1978. október 27—29. — fő programja a Tauridák, a Nap és néhány mélyég-objektum megfigyelése volt (10 fő).

Az Uránia műhelyeinek tevékenysége

A mechanikai és optikai műhelyben a beszámolás évében az előző évi termeléshez viszonyítva kevesebb, de azzal kb. meggyező értékű eszköz készítése folyt. Összesen 450 tükör és 313 kész távcső készült el, ez utóbbiak között 3 Orgoványi-féle, félvillás rendszerű reflektor a vidéki bemutatóhelyek számára. A Baráti Kör tagjai által kedvezményesen beszerezhető optikai eszközök és távcsőalkatrészek közül a tükrökön kívül keresett cikkek voltak az okulárok és a házilag összeállítható, hordozható reflektorok. Az 56/600-as tükörrel el látott kis távcső leképezését igen jónak mondják tulajdonosai.

Személyi ügyek

A beszámolás évében Zombori Ottó tudományos munkatárs az Uránia csoportvezetője lett. Ezzel — legalábbis nagyrészt — megoldódott a két, egymástól távoleső, csillagászati ismeretterjesztést szolgáló TIT-intézmény, az Uránia és a Planetárium egyszemélyi vezetésének problémája.

Zombori Ottó különben az év folyamán az MTA Csillagvizsgáló Intézet külső munkatársa lett.

A megnövekedett számú feladatok elvégzésére az Uránia betöltötte a több év óta szabadon álló munkatársi álláshelyet: novembertől Bardócz András az Uránia harmadik tudományos munkatársa.

A műhelyben teljes állású műszerészként augusztustól Marinka Tóth József mechanikai műszerész dolgozik. Staszinszky Miklós részfoglalkozású műszerész megvált az Urániában addig betöltött állásától.

A személyi állományban 1978 folyamán nem volt más változás.

Nagyobb mozgás — természetszerűen — a külső, társadalmi munkatársak között mutatkozott. A beszámolás évében alkalmilag díjazott előadók, bemutatók voltak: Aradi Katalin, Bán András, Bartók Nagy János, Berencsi Béla, Csépany László, Deicsics László, E. Kovács Zoltán, Erdős Tamás, Gecse Csaba, Holl András, Jáhl Attila, Janeczky László, Kovács Katalin, Makovecz Benjámín, Marinka Tóth József, Mizser Attila, Mohay Péter, Molnár László, Molnár Tamás, Pap Judit, Róka László, Spányi Péter, Steiner András, Szabados Pál, Szalma Sándor, Szécsy Ilona, Tarnay Kálmán, Torma Tibor, Varga Géza, Závodi László és Zombori Judit.

Egyéb tevékenységek

Az Uránia az év folyamán két ízben rendezett vizsgákat a TIT Csillagászati és Űrkutatási Választmánya által meghirdetett levelező tanfolyam kérdéseiből. Az év folyamán összesen 84-en vizsgáztak, közülük 49-en kiváló eredménnyel.

A IV. Csillagász Napot 1978. november 8-án az Urániában rendezték.

Az Uránia munkatársai részt vettek az 1978. április 7—8-án Egerben tartott Hell Miksa Emlékülés rendezésében.

Továbbra is az Uránia munkatársai szerkesztésében jelent meg az észlelő amatőrök kéthavi folyóirata, a Meteor.

Az Uránia most első ízben adott ki olyan táblázatokat, amelyek a Nap, a Hold, a Merkúr, a Vénusz, a Mars, a Jupiter, a Szaturnusz és az Uránusz keltének és nyugtának időpontját és láthatóságát tüntetik fel grafikusán. Új Tájékoztató készült az Uránia műhelyei által előállított optikai cikkekről, és külön útmutatót adtunk ki az 56/600-as reflektor szereléséhez. Újra kiadtuk a Választmány levelező tanfolyamának vizsgakérdéseit, kibővített irodalomjegyzékkel.

TIT Budapesti Planetárium

1978 volt az 1977 augusztusában megnyílt Planetárium működésében az első teljes naptári év.

Műsorok

A Planetárium negyedévenként többnyire háromféle műsort adott a nagyközönségnek. Ezek közül kettő általában a szaktudomány egy-egy szűkebb területét világította meg, egy pedig elsősorban valamilyen világnézeti problémát tárgyalt, általános nézetet cáfolt. A tanulóifjúság továbbra is háromféle műsort kapott, korosztályának megfelelően. Néhány szakműsort is kidolgoztunk a felsőoktatásban részesülő hallgatók számára.

Német, angol és eszperantó nyelvre fordítva adhattunk műsort az idegen ajkúak számára. Az előadás témája: Magyarország csillagos égboltja. Folyamatban van több más idegen nyelvre való átdolgozása.

A beszámolási év fő nagyközönségi műsorai voltak:

I. negyedév: *A Nap, A csillagok között, A betlehemi csillag, Élet a Naprendszerben;*

II. negyedév: *Utazás a Holdra, A csillagászat évezredei, Pillantás a végtelenbe, Vendégek a világűrből?;*

III. negyedév: *Idegen égboltok, A Nap, Sorsunk és a csillagok;*

IV. negyedév: *Verne és a csillagászat, Földünk bolygótestvérei, Helyünk a Világegyetemben, A betlehemi csillag.*

A régebbi műsorokat felújítás előtt általában átdolgoztuk, a tapasztalt gyengeségeket, hiányosságokat megszüntettük, kihagytunk és beletoldottunk a szövegbe, többnyire új hangszalagra vettük, címét azonban nem változtattuk meg. Működése első időszakában a Planetárium átlag egy új műsorral jelentkezett havonként. Ez igen nagy megterhelést rótt a műsorkészítő munkatársakra, és tulajdonképpen igény sem volt a program ilyen gyors ütemű változtatására, a műsorok gyors cseréjére. A közönségtől a beszámolási év második felétől kezdve igen sok visszajelzést kaptunk a kibocsátott statisztikai felmérőlapok adataiból és a körfolyosóban elhelyezett vendégkönyv bejegyzéseiből. Ezekből megállapítható, hogy a legkedveltebb műsoraink voltak: *A négy évszak, Verne és a csillagászat* és *A betlehemi csillag*, továbbá, hogy a kísérőzene általában minden látogatóknak megnyerte tetszését.

Műsoraink forgatókönyvét hangszalagra vétel előtt minden esetben lektoráltattuk, és arra törekedtünk, hogy a nagyközönség elé vitel előtt egy szűkebb, komplex összetételű bizottságnak bemutassuk. Ezt tettük régebbi, átdolgozás előtt álló műsorainkkal is.

Látogatottság

A közönség áramlása időszakonként igen hullámzó volt. Általában a tavaszi és az őszi hónapok voltak igen népesek, a heti műsorok közül pedig elsősorban a vasárnapiakat látogatta a legnagyobb számban a közönség. Igen sok iskola a délutáni műsorainkon kívánt részt venni, a heti háromszori délelőtti ifjúsági előadások helyett. Ez két szempontból is előnytelen jelenség: a tanulók nem a nekik összeállított, a tananyaghoz simuló ismereteket kapják, másrészt elveszik a helyet a felnőtt látogatók elől. Ezeken kívül tapasztalataink szerint egyes korúak környezetében nehezebben lehet fegyelmet tartani a tanulók között. A fővárosi iskolák azzal érveltek, hogy a délelőtti tanítási rendben sok tanóra elmaradna egy-egy planetáriumi látogatáson és oktató műsoron való részvétel alkalmával. Ezért év közben úgy változtattuk műsorrendünket, hogy a hét két napján, kedden és csütörtökön adunk csak iskolai műsorokat, de ezeken a napokon du. 2 órakor is. Az azóta szerzett tapasztalatok szerint a változtatás beváltotta a hozzá fűzött reményeinket, az iskolák kedvezően fogadták az új műsorrendet.

A 100 000. látogatót 1978. február 10-én fogadta a Planetárium. Ebből arra következtettünk, hogy — a tervezett egyhavi nyári szünetet beleszámítva — egy év alatt nem lesz kétszer ennyi a látogatók száma. Valóban: 1978. január 1. és december 31. között 174 107 látogatót fogadtunk. Az összesen 914 előadásból 337 volt iskolai műsor. Ha arra gondolunk, hogy a Planetárium létesítését megelőző években egy év alatt 100 és 140 ezer között mozgott az egész ország területén rendezett valamennyi csillagászati rendezvényen az összes résztvevők száma, felmérhetjük a Planetárium jelentőségét és a benne tevékenykedők felelősségét. Mindehhez még azt is hozzá kell számítanunk, hogy egy átlagos TIT-előadás, a maga szerényebb eszközeivel, általában bizonyára kevésbé emlékezetes, így kevésbé hatásos, mint bármelyik planetáriumi műsor. Természetesen az átlagos kb. 52%-os teremkihasználtsággal nem lehetünk elégedettek, és mindent megteszünk, hogy egyenletesebb közönségáramlással növeljük a látogatók számát.

Műszaki felszerelés és fejlesztés

A fő műszer, a Zeiss Universal vetítőberendezés csaknem egy évtizedig raktárban várta felállítását, és nem olyan masszív elemekből épült, mint a régebbi konstrukciók, így elsősorban a Planetárium technikai munkatársainak köszönhető, hogy műszaki okokból csak egyetlen alkalommal nem tudtuk megtartani a meghirdetett műsört.

Idővel minden planetárium létrehozza a maga segédberendezés-parkját, amellyel a fő műszer lehetőségein túl, színesebbé, sokoldalúbbá teheti műsorait.

A Planetárium műszaki gárdája a jól felszereltnek mondható kis műhelyben

elkészített egy Galaxis-vetítőt, egy csillagfejlődés-projektort és egy gumi-optikával felszerelt vetítőt. Mindezeket már felhasználtuk műsorainkban.

Tervek készültek a kezelőpult megnagyobbítására, beépített keskenyfilm-vetítővel és több más, fontos szerelvénnel.

Felismerve a hangosítás, a minőségi zenekíséret fontosságát, tovább folytattuk a hangosító berendezés felújítását és tökéletesítését. A belső kupola mögé felszereltünk két HOX—12 típusú, 100 W-os hangsugárzó dobozt. Beszereztük a hozzájuk való végerősítőket, üzembe állítottunk egy AET 453 típusú keverőerősítőt. A műsorok hanganyagának gazdagítása céljából beszereztünk egy AH—3 típusú szintetizátort.

Sok esetben fogadta az esti előadásról távozó látogatókat holdas, csillagos égbolt. Néhány esetben a munkatársak által behozott távcsövön át nézhatték az égbolt látnivalóit. A közönség ilyen irányú igényeinek kielégítésére és a csillagászati jelenségek házi megfigyelésére vásároltunk egy Zeiss Telementor refraktort.

Szervező- és propagandamunka

A propaganda elsődleges célja a Planetárium létének tudatosítása és műsorrendjének ismertetése volt. A Magyar Rádió mindennap sugározza az aznapi műsorok címét és kezdési időpontját. Ezt közli hetenként a Pesti Műsor is. A Ferenc körút és az Üllői út kereszteződésénél az aluljáróban bérelünk egy hirdetőszekrényt, ahol a közönség a havi műsorrendet tanulmányozhatja. Nagyméretű utcai plakátot terveztettünk és ragasztattunk ki. A negyedéves műsorfüzetünket 20 000 példányban nyomatjuk ki, és külön műsorfüzet készült a tanintézetek számára. A füzeteket az ország minden iskolája, művelődési háza és sok nagyüzeme, vállalata megkapja.

Reklámfilmeket készítettünk és sugároztatunk időnként a televízióban. A tv-ben különben a beszámolási év folyamán ezenkívül három alkalommal is láthatott-hallhatott ismertetést a Planetáriumról a közönség (A Hét, a közművelődési rovat és a Pedagógusok fóruma keretében). Néhány alkalommal a Magyar Rádióban is elhangzott a Planetáriumról szóló, vagy azt legalább megemlítő műsor.

Mind a tv-, mind a rádióadások hatása a műsort követő napokban lemérhető volt a megnövekedett forgalmon, de ezek az adások sem tudták megszüntetni az évszakos nagy létszám-hullámzást, a hétfégi kampányszerű megrohanásokat és a hétköznapi műsorok viszonylagos csekély látogatottságát. Propagandamunkánkat tehát elsősorban ilyen irányban kell továbbfejleszteni.

Külföldi kapcsolatok

Az év folyamán több népi demokratikus és tőkés állam planetáriumainak munkatársa járt az intézményben (Ausztria, Csehszlovákia, NDK, USA).

Nagyobb arányú és jelentőségű találkozás jött létre külföldi szakemberekkel Prágában, a Petřin-i népi csillagvizsgáló alapításának 50. évfordulójára rendezett, háromnapos ünnepségen (1978. szeptember 25—27.), amelyen Ponori Thewrewk Aurél igazgató vett részt a magyar bemutató csillagvizsgálók és planetáriumok képviselőiben. A találkozóra Bulgária, Lengyelország, az NDK, a Szovjetunió — és természetesen Csehország és Szlovákia népi csillagvizsgálóinak és planetáriumainak vezetőit hívta meg a jubiláns csillagvizsgáló vezetősége.

Planetáriumi szakmai szempontból a legérdekesebb program a Prágai Planetáriumban zajlott le, ahol Antonín Růkl igazgató mutatta be az intézmény technikai felszerelését és adott ízelítőt a nagyközönségnek és a kisgyermekeknek készült programokból.

Személyi ügyek

Az intézmény személyi állományában nem állt be különösebb változás az elmúlt évihez viszonyítva. Élesen kiütközött a tudományos munkatársi állomány elégtelen volta: három fő ilyen forgalmat lebonyolító, és ennyi előadást, ennyifele programot adó ismeretterjesztő intézményben nyilvánvalóan kevés. Amíg a munkatársi létszám nem bővíülhet, addig nem oldható meg pl. a kívánatos hétvégi előadásszám-bővítés sem.

Egyéb ügyek

A Planetárium szép épülete 1978-ban nívódíjat kapott. Benne reprezentatívabb összejöveteleket, ünnepségeket is tartott a TIT vezetősége. Így ott zajlott le a TIT újjáalakításának 25. évfordulójára rendezett ünnepség, 1978. április 28-án. Kihhasználva az adottságot, Ponori Thewrewk Aurél igazgató rövid planetáriumi műsor keretében bemutatta az újjáalakulás idején volt égboltot.

1978. július 31-én dr. Kurucz Imre főtitkár vezetésével a Planetárium vezetősége sajtótájékoztatót adott, részben az egyéves működési tapasztalatokról, részben az új évad műsorairól.

Már megemlékeztünk arról, hogy a Csillagászat Baráti Köre a Planetárium-ban rendezte X. Országos Találkozóját. A szép épület méltó keretet adott a 15 éves mozgalom jubiláris találkozásának.

A Planetárium egész július folyamán nyári szünetet tartott. Erre részben a fő műszer minden részletre kiterjedő karbantartási munkái, részben az ott dolgozók szabadságolása miatt volt szükség. A forgalom az ezt megelőző hetekben

már igen megcsappant, így bizonyossá vált, hogy éppen a nyári időszak a legalkalmasabb a nagyjavítási, karbantartási, szabadságot tartására.

A nyáron belső erővel végeztük el a nagyterem világos lambériájának sötétre festését, továbbá a túl magasra tervezett ruhatári fogasok paneljeinek lejjebb szerelését.

A TIT Budapesti Planetárium a állandó jó kapcsolatot tart fenn a TIT Mecseki Stúdiójában működő kisplanetáriummal, és több ízben adott tanácsadást és más segítséget a TIT Bács és Csongrád megyei Szervezeteinek a tervezett kecskeméti, illetve szegedi planetáriumok ügyében.

A TIT CSILLAGÁSZATI ÉS ŪRKUTATÁSI VÁLASZTMÁNYÁNAK
ÉS SZAKOSZTÁLYAINAK 1978. ÉVI TEVÉKENYSÉGE

A Választmány munkája

1978-ban 4 vezetőségi és 2 plenáris ülést tartottunk.

Vezetőségi ülések:

1978. március 15. TIT Planetárium

- A Vas megyei szakosztály munkájának tapasztalatai (Dr. Tóth György).
- A tavaszi plenáris ülés előkészítése (Zombori Ottó).
- Előkészítés a Választmány rendezvényeivel és kiadványaival kapcsolatos előkészületi munkálatokról (Dr. Kanyó Sándor).
- A megyei (budapesti) szakosztályok munkaterveinek értékelése (Dr. Balázs Béla).

1978. június 14. TIT Planetárium

- A Veszprém megyei és Hajdú-Bihar megyei szakosztályok munkájának tapasztalatai (Vértes Ernő és Dr. Guman István).
- A szabadegyetemi ismeretterjesztési tevékenység tapasztalatai, a Választmány feladatai e forma továbbfejlesztése érdekében (Dr. Tihanyi László).
- A magyarországi amatőrcsillagászati kiadványok helyzete (Dr. Kanyó Sándor).

1978. október 18. TIT Planetárium

- A Tolna megyei szakosztály munkájának tapasztalatai.
- Az őszi plenáris ülés előkészítése (Zombori Ottó).
- A Választmány 1979. évi munkatervjavaslata (Dr. Kanyó Sándor).
- A csillagászati szakkörök problémáinak megvitatása (Vértes Ernő és Zombori Ottó).

1978. december 13. TIT Planetárium

- A Somogy megyei és a Csongrád megyei szakosztályok munkájának tapasztalatai.
- A decemberi előadói konferencia előkészítése (Zombori Ottó).
- A vezetőség megyei látogatásának tapasztalatai (Dr. Kanyó Sándor és Pónori Thewrewk Aurél).
- Tájékoztató a Csillagászati Évkönyv előkészületi munkálatáról (Dr. Almár Iván).

Plenáris ülések:

1978. április 25. TIT Stúdió

- Beszámoló az 1977-ben végzett csillagászati és űrkutatási ismeretterjesztő tevékenységről és a Választmány munkájáról (Dr. Almár Iván).
- A szakosztályvezetőségek újjáalakulásának tapasztalatai, valamint a Választmány és a szakosztályvezetőségek közötti együttműködés, munkakapcsolatok fejlesztésének feladatai (Dr. Kanyó Sándor).
- Szakmai továbbképző előadás: Illés Erzsébet—Bérczi Szaniszló: A Nap kisebb égitestjei.

1978. november 3. TIT Stúdió

- A Választmány vezetőségének beszámolója (Dr. Almár Iván).
- „A Társulat időszerű feladatai a politikai és ideológiai nevelésben” című Országos Elnökségi állásfoglalásból a Választmányra háruló tennivalók (Dr. Kanyó Sándor).
- Tájékoztató a Választmány rendezvényeiről (Zombori Ottó).
- A vezetőség javaslata a Választmány 1979. évi munkatervére (Dr. Kanyó Sándor).
- Szakmai továbbképző előadás: Benkó György: Az Interkozmosz-program.

A plenáris ülés elfogadta a Választmány 1979. évi munkatervét.

A Választmány vezetőségéből az alábbi központi rendezvényeken vettek részt:

- A Választmány elnöke és referense részt vettek az Országos Elnökség ülésein.
- 1978. szeptember 21. TIT Központ: titkári és szakreferensi értekezlet.
- 1978. október 21. Kossuth Klub: alelnök és titkár a TIT II. budapesti MSZMP aktívaértekezletén vett részt.

A Választmány vezetőségének létszáma: 7 fő, szakreferens: 1 fő.

Egyéb rendezvények:

- Hell Miksa emlékülés: Eger, 1978. április 7—8.
 - Csillagászati Baráti Kör X. Országos Találkozója Budapest, 1978. augusztus 10—13.
 - Központi előadói konferencia: TIT Stúdió, Budapest, 1978. október 27.
- Választmányi vizsgát 1978. év folyamán 84 fő tett.
- 1978 decemberében nyomdába adtuk a Csillagászati Értesítő című előadói segédanyagunk 1978/1 és 1978/2-es számát.

A szakosztályok működése

A TIT Budapesti Csillagászati és Űrkutatási Szakosztálya

A TIT Budapesti Csillagászati és Űrkutatási Szakosztály 1978. évi tevékenységét a 9 választott és 2 — teljes jogú — állandó meghívott szakosztályvezetőségi tag irányította, a jóváhagyott éves munkaterv szellemében.

Területi előadások, foglalkozások

Tematikajavaslataink a TIT Budapesti Szervezet kiadványaiban láttak napvilágot. Tematikáinkban súlyozottan szerepeltek a modern természettudományos világkép kialakítását célzó összeállítások, valamint a csillagászat és űrkutatás új eredményeit feldolgozó sorozatok.

Az ismeretterjesztő programok igényelőinek körét bővítette a TIT Budapesti Szervezet és a Fővárosi Tanács V. B. művelődési főosztálya közös akciója, amelynek keretében a középfokú tanintézetek, működési engedéllyel rendelkező (nem tanintézeti) ifjúsági klubok és több tucat általános iskola térítésmentesen rendelhetett előadásokat, szakköri programokat.

Előadások: 1978-ban az előző évhez képest 10%-kal több, összesen 394 előadást tartottunk. Ezek bizonyos százalékában vizsgáltuk az előadó szakmai, módszertani, világnézeti vonatkozású munkáját, valamint az előadás körülményeit.

Tudománybaráti körök (szakkörök): A tárgyév elején 1, második felében 8 (általános és középiskolai) kört indítottunk be; ezekből 1 egyéni, 1 intézményi, a többi térítésmentes volt. A körök tematikus programja évi 16 foglalkozást (2—2 óra) biztosít.

Nyilvános rendezvények

Szabadegyetem: A TIT budapesti József Attila Szabadegyetem 1978/79-es évében 2 kollégiumot indítottunk: *A modern csillagászat alapjai* (15 előadás és egy planetáriumi gyakorlat) 68 beiratkozott hallgatóval, *Az égitestek mozgása (égi mechanika)* című sorozat 32 fővel, 9 előadásban futott. Néhány statisztikai adat: a hallgatók nagy része érettségivel, illetve felsőfokú végzettséggel (62, ill. 75%) rendelkezik. A munkások aránya: 37, ill. 50%. A hallgatóság zömmel 30 év alatti.

A XXVII. Csillagászati Hét (1978. október 8—14.) programját *A ma csillagászata* címmel a TIT Budapesti Planetáriumában rendeztük meg (8 előadásban, 6 — erre a célra tervezett — rövid planetáriumi műsorral, vetített képekkel és mozgófilmekkel szemléltetve). Látogatottsága: 1904 fő, ez elmaradt az előző évitől, azonban még így is 26%-kal jobb volt, mint a Planetárium látogatottsága a rendezvényünk előtti és utáni időszakban.

Szakosztályi élet

Tagság: A tárgyévre 59 fő fizetett tagdíjat. A tagság soraiba 7 főt vett fel a szakosztályvezetőség. A foglalkoztatottság 64%-os volt.

Munkabizottságok: A csillagásztörténeti bizottság egy alkalommal tartott ülést. Az általa összeállított és szerkesztett *Csillagásztörténet '78* című szakosztályi füzet a nyomda hibájából nem jelent meg 1978-ban. A szemléltetőtári munkacsoport a szakosztályi diaállomány fejlesztése után a régi anyagok selejtezését, majd a teljes diakészlet katalogizálását végezte el.

Előadói konferenciák, klubestek:

Saját rendezvény:

— Csillagász Klub 10 alkalommal (részben előadói, részben kötetlen klubest)

— Előadói konferencia: a csillagászat legújabb eredményei (1 alkalommal)

A fizikai szakosztállyal közösen:

— Doppler munkássága és hatása mai természettudományos világképünkre (1 alkalommal, előadói konferencia)

Az ELTE Csillagászati Tudományos Diákkörével közösen:

— nyilvános diákköri ülés (2 alkalommal, előadói konferencia)

IV. Csillagásznapi közös rendezésben az MTA Csillagvizsgáló Intézettel, az ELTE Csillagászati Tanszékével és a TIT Uránia Csillagvizsgálóval.

Együttműködés: A fent felsorolt intézményekkel az eddigi jó munkakapcsolat még szorosabbra fonódott. Gyakran kérünk előadókat a FÖMI Kozmikus Geodéziai Observatóriumból, az MTA Debreceni Napfizikai Observatóriumból, az MTA Csillagvizsgáló Intézet Bajai Observatóriumából.

A TIT Pest megyei Szervezete Csillagászati és Űrkutatási Szakosztályát rendszeresen tájékoztatjuk rendezvényeinkről. Több megyei szakosztállyal, szakkörrel van alkalomszerű, de hatékony munkakapcsolatunk.

Bács-Kiskun megye

A feladatokat, amelyeket a munkatervben a szakosztályvezetőség maga elé tűzött, szinte maradéktalanul megvalósította szakosztályunk.

Az előadások mindegyikén használtak szemléltető eszközöket. A központilag kibocsátott szemléltető anyagokon kívül a szakosztály kecskeméti tagjai bővítették a szemléltetési lehetőséget.

A szakosztályvezetőség 1978 májusában új tematikai összeállítást készített, amely 53 előadás címét tartalmazza.

A szakosztály taglétszáma 1978. december 31-én: 20 fő; mindössze 2 fővel nőtt.

1978. október 30. és november 21. között került megrendezésre a megyei „*Csillagászati Hetek*” című rendezvénysorozat. Ennek fő eseménye a Kecskeméten megrendezett előadássorozat volt, amelynek hat előadásán átlagosan 180 főnyi közönség vett részt. Ugyanebben az időszakban megye-

szerte 51 csillagászati-űrkutatói előadás volt 1720 főnyi hallgatóság előtt. A TIT Országos Központtól erre az időre kaptunk néhány nagykövetségi filmet, amelyeket 15 alkalommal vetítettünk, 1122 néző előtt.

A csillagászati szakköri munka bővült, mert a TIT saját szervezésében indult egy szakkör Kecskeméten, felnöttek számára; így jelenleg a megyében 5 helyen működik csillagászati szakkör.

Az év elején elkészített munkaterv szerint a szakosztályvezetőség két alkalommal ülésezett.

Előadói konferencia: 1978. okt. 31. Dr. Ill Márton: „Mi újság a világűrben?”

Egyéb rendezvények:

- Hell Miksa emlékülés: 1 főt delegáltunk.
- Rókafarmi észlelő- és építőtábor: 2 fiatal vett részt.
- A CSBK X. Országos Találkozója: Papp Sándor, Balogh István, Károlyi Sándor vettek részt.

Békés megye

A megyei elnökség — figyelembe véve a csillagászati ismeretterjesztés fontos világnézeti jelentőségét — a járási-városi titkárok közreműködésével nagy segítséget nyújtott a szakosztály munkájához.

A szakosztály taglétszáma 30 főre emelkedett.

Öröndetesen növekszik a fiatalok érdeklődése előadásaink iránt. A művelődési házakban megynként több szakkör működik. A szakkörök igen gyakran igénylik a szakosztály tagjainak, előadóinak munkáját.

A Csillagászati Hét keretében megszerezte 58 előadást tartottunk. Ez alkalommal 36 távcsöves bemutatóra került sor. Az előadásokat a szakosztály tagjai tartották. A távcsöves bemutatók tartásába bevontuk a Baráti Kör saját távcsövel rendelkező tagjait.

A csillagászati előadói konferenciákra megyénk különböző településein került sor, amelyeket a helyi TIT szervezetek nagy érdeklődése kísért.

Az elmúlt évben fejeződött be Békéscsabán egy csillagászati tanfolyam 15 fiatal résztvevővel. A tanfolyam tematikáját az Országos Választmány által kidolgozott vizsgakérdések alapján állítottuk össze. Minden résztvevő sikeres vizsgát tett a Választmány által kiküldött vizsgabizottság előtt.

A komplex ismeretterjesztésben 8 előadással vettünk részt. „A néphit és a tudományos világnép” című TIT-sorozatot 8-8 előadással 3 községben tartottuk.

A Baráti Kör tagjainak létszáma növekszik.

Az előadások szemléltetését főként diafilmek, magnófelvételek segítségével oldottuk meg, és gyakran alkalmaztunk távcsövet is.

A szakosztályvezetőség titkára, Kókai László megyei komplex témajavaslatot dolgozott ki „Csillagvárosok (galaxisok, extragalaxisok)” címmel. A ve-

zetőség az előadói konferenciák és reprezentatív előadások témaira is ajánlatot dolgozott ki. A szakosztály vezetősége megtartotta három vezetőségi ülését.

Csongrád megye

Az utolsó négyéves időszakról a következő statisztikai adatokat közöljük:

Év	1974	1975	1976	1977	1978
Rendezvények száma	86	124	215	153	150
Részvevők száma	3000	3000	7000	5226	6141

A csillagászati szakosztály tagságának létszáma 1978. január 15-ig: 15 fő (7 egyetemi, illetve főiskolai diplomás, 3 hallgató, 5 egyéb); tudományos fokozattal rendelkezik: 3 fő; 1 tagunk nő. Községben lakó szakosztályi tagok száma: 3 fő. A Baráti Köri tagság létszáma: 230 fő; a szakkörök száma: 2 vidéki, 6 szegedi, 4 egyéb városi, összesen: 12. A szakköri tagság száma átlagosan 150 fő.

Alap- és középfokú csillagászati vizsgát 1974 és 1978 között 48-an tettek.

Rendszeressé tettük, és ez évben másodszor indítottuk meg csillagászati szabadegyetemünket (1977-ben 13 előadással, 1978-ban 10 előadással). A szabadegyetemek — az egyetemi-főiskolai tanuló fiatalság tanulmányi rendjéhez illeszkedően — tanév beosztásúak. Látogatottságuk változó: 200—250 főtől 80—100 főig fluktuál.

Évente helyi csillagászati előadói vizsgát bonyolítunk le meghívott vizsgáztatók segítségével. (1977-ben 26 fő, 1978-ban 12 fő tett sikeres vizsgát.)

Évente planetárium látogatást szervezünk Budapestre a főiskolai fiatalság és a város érdeklődő polgárai számára. (1977-ben 114 fő; 1978-ban 189 fő, ebből 47 felnőtt, 14 általános iskolai tanuló, 41 gimnáziumi tanuló, 87 főiskolai hallgató.)

Folytatásos cikksorozatot indítottunk a Csongrád megyei Hírlap és a Dél-magyarország hasábjain a csillagos égbolt havonta látható csillagképeiről (összesen 16 cikk).

Planetárium előkészítő bizottságot hoztunk létre a tervezett, Szegeden létesítendő, ZKP—2-es planetárium beruházásának előmozdítására.

Vidéki előadásokat tartottunk az elmúlt évek során (Pusztamérgesen, Zsombón, Hódmezővásárhelyen, Szentesen, Csongrádon, Makón, Kistelken) az üzemek és termelőszövetkezetek szocialista brigádjainak.

Fejér megye

Tartalmi célkitűzések:

- Az előadások minőségét az előadók felkészültségével fejlesztettük, de a mennyiséget lényegesen nem tudtuk emelni.
- Az üzemi szervezeteken keresztül javult a dolgozók természettudományos ismereteinek bővítése. Az iskolai területen ez nem sikerült.
- Az 1977. XII. 9-én felavatott megyei Urániában heti három alkalommal (felhőtlen idő esetén) bemutató estéket tartunk.
- Az Ifjúság Háza vezetőségével sikerült létrehozni egy általános iskolai tanulókból álló szakkört.
- Az országos (választmányi) és megyei előadói konferenciákon két-három fővel vettünk részt.
- Saját rendezvényeinkre többségében (90%) központi előadókat hívtunk meg.
- Fiatal értelmiségiek bevonása a TIT-munkába csak részben sikerült.
- A szakköri munkában új módszert vezettünk be: négyéves turnusban osztályos csillagászok nevelése, képzése.

Rendezvények:

- A szakosztályi vezetőségi üléseket megtartottuk.
- A központi előadásokat a terv szerint hajtottuk végre.
- Az őszi csillagászati hét előadásait (egy kivételével) nagy közérdeklődéssel tartottuk meg.
- Egy sikeres klubnapot tartottunk.
- A csillagos égbolt bemutatása az Uránián keresztül sikeres volt.
- A Megyei Találkozót 1978. május 7-én tartottuk, sok értékes határozat született, mint például a bicskei Uránia történelmi anyagának megmentése.
- A Velencei Nyár rendezvénye — több száz résztvevővel — sikeres volt.

Egyéb feladatok:

- Az Uránia szabályzatának előterve elkészült.
- A szakköri munkában a tervezetet végrehajtottuk, kivéve a technikai eszközök fejlesztését.
- A Baráti Kör fejlesztése területén a létszámot túlteljesítettük (215 fő); a Megyei Találkozót megtartottuk.
- A Planetáriumba látogattunk 208 fővel.
- A szakosztályi tagság növelése nem sikerült.

Heves megye

Megrendeztük április 7—8-án az egri Csillagvizsgáló alapításának 200. évfordulója alkalmából a Hell Miksa emlékülést.

Részt vettünk augusztus 10—13. között a CSBK X. Országos Találkozó-ján (2 fővel).

A II. Észlelő-építő AmatőrCsillagász Táborban megyénket 1 fő képviselte. Megtartottuk a Csillagászati Hét rendezvénysorozatát Eger és Hatvan városokban. Előadásokat tartottunk a megye több településén, a rendezvény keretén belül.

Az egeri 7—8. osztályos általános iskolai tanulók részére a világnézeti nevelést elősegítő rendezvénysorozatot tartottunk. (Kis Csillagász Hetek).

A levelező csillagász tanfolyam központi vizsgáját 2 szakköri tag eredményesen letette.

Felülvizsgáltuk a Baráti Kör megyei névsorát, és a felülvizsgálat alapján a tagsági létszám 247-re emelkedett.

1978-ra szóló általános célkitűzéseink legnagyobb részét megvalósítottuk. A megyében összesen 81 előadást tartottunk. A vezetőségi üléseket megtartottuk.

Nógrád megye

Az elmúlt évi munkatervi célkitűzéseinket sajnos csak részben tudtuk teljesíteni. A várt számszerű növekedés nem következett be. Ennek okai jórészt annak tudhatók be, hogy sok előadást rendező szerv, intézmény, üzem elsősorban komplex sorozatokat igényelt, amelyekben igen kevés csillagászati téma volt.

Munkánk tartalmi vonatkozásban viszont mégis fejlődött, mert mind a témák, mind az előadók kiválasztása zömmel tervezett volt. A szervezést illetően törekedtünk a rétegszemlélet biztosítására, s így tevékenységünk hatásosabbnak bizonyult. A szemléltetés lényeges problémát nem okozott, távcsövekkel, audiovizuális anyagokkal, diákkal jól el vagyunk látva, s ezeket használják is előadóink.

Sikerült biztosítani, hogy a hallgatóság foglalkozás szerinti megoszlásának arányai tovább javuljanak. Elsősorban a fiatalok körében végzett ismeretterjesztő tevékenységet igyekeztünk eredményesebbé tenni.

1978 őszén sikerült csillagászati szabadegyetemi sorozatot indítani, melyre 43 fő jelentkezett. Az előadásokat budapesti csillagászok tartják.

Baráti Körünk taglétszáma közel 100 fő, ami jelentős létszámnövekedést mutat. Sajnos rendszeres foglalkozások biztosításával (a szabadegyetemi látogatásokon, valamint az évi egy-két találkozó megszervezésén túl) — anyagi lehetőségeink korlátozott volta miatt — nem tudtunk foglalkozni.

Szakszintű tagságunk más szakszintű csoportokban is tevékenykedőkből áll össze (földtudomány, fizika, műszaki), s így még nem kielégítő a létszám.

Szakszintű vezetése (betegség miatt) az év utolsó hónapjaiban nem volt zökkenőmentes.

Pest megye

Szervezeti élet: A szakosztály munkáját Pelsőci Lászlónak, a szakosztály elnökének 1978 tavaszán bekövetkezett súlyos betegségéig, majd haláláig háromtagú vezetőség irányította. A szakosztályvezetőség létszámának kiegészítése rövidesen megtörténik. Előadónk száma 1978-ban két fővel gyarapodott, így jelenleg 19 fő.

A Csillagászat Baráti Köre tagjainak száma az 1978. évben örvendetesen emelkedett, és a tavalyi 187-ről az év végére már 290 főre nőtt.

Mennyiségi és tartalmi jellemzők: Csillagászati rendezvényeink száma az 1978. évben az előző évhez viszonyítva némileg csökkent. Összesen 137 előadást és egyéb rendezvényt tartottunk. Rendezvényeinken, előadásainkon összesen 4859 hallgató vett részt, ami alkalmanként 35 főt jelent. Az előadások területi megoszlását vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a legtöbb a budai járásban (26), a váci járásban (22) és a ráckevei járásban (21) hangzott el. Az előadások jelentős részét budapesti előadók tartották. A váci járásban a pencsi Kozmikus Geodéziai Observatóriumban dolgozó TIT tagjaink aktivitásának köszönhető a nagy előadásszám.

Tematikailag az előadások fele űrkutatósi, fele pedig csillagászati témával foglalkozott. Az űrkutatósi témák közül elsősorban az aktuális kérdéseket tárgyaltuk. Sok esetben az űrkutatósi és csillagászati előadásokból sorozatokat rendeztünk.

Az előadók továbbképzése érdekében két előadói ankétot rendeztünk az elmúlt évben, az elsőt 1978. január 30-án Nagykovácsán. A második előadói ankét megrendezése 1978. május 11-én került sorra a pencsi Kozmikus Geodéziai Observatóriumban. Penci ankétunkra meghívtuk a földtudományi és fizikai szakosztály tagságát is.

Tolna megye

1978-ban eredményes munkát végzett szakcsoportunk. A szakcsoport tevékenysége 1977-hez képest kb. 30%-kal nőtt. Rendkívül nagy sikerrel bonyolítottuk le a „*Csillagászati Hónap*” rendezvényeit.

Szakosztályunk tagsága jelentősen erősödött új belépő tagokkal, illetve pártoló tagokkal egyaránt. Az 1977-ben működő 5 tag mellé sikerült újabbakat beszervezni, úgyhogy jelenleg taglétszámunk 9 fő.

Tervünk egyik igen lényeges és kiemelten fontos pontja volt a csillagászat és űrkutatósi szakmai-módszertani színvonalának emelése. A középiskolák igazgatóinak a következő rövid sorozatot ajánlottuk: „A színes csillagvilág”, „A Naprendszer keletkezése”, „Az élet kialakulása”, „Utak a kozmoszba”. Az előadások szemléltetésére 16 mm-es filmeket, illetve a megyei szervezeteknél található audiovizuális műsorokat használtunk. Felhívásunkra a megye középiskolái közül 7 kérte az előadásokat.

A „Világnézetünk alapjai” tantárgy megyei szakfelügyelőjével megállapodtunk abban, hogy az őszi folyamán előadást tartunk a tantárgy új tantervének természettudományos problémáiról a tantárgyat oktató tanárok részére. Az előadásra Zombori Ottót kértük fel. Az MSZMP Oktatási Igazgatóságon dr. Balázs Béla „Csillagászat és világnézet” címmel előadást tartott. Az előadáson 60 fő vett részt.

Előadóink felkészítését és továbbképzését helyileg megoldani nem tudtuk, a „Csillagászati Hónap” központi előadók által tartott előadásait használtuk fel továbbképzésre.

Tavaly ké.ésünkre a csillagászati hét rendezvénysorozatát a Megyei Tanács felvette a nagyrendezvények sorozatába. A tervezett több mint ötven előadás közül mindössze egy maradt el. Az előadásokon 30—60 fő között volt a résztvevők száma. Különösen sikeresek voltak a paksi értelmiségiek részére szervezett előadások.

Távcsövünk építése miatt tapasztalatcsere céljából meglátogattuk a Fejér megyei bemutató csillagvizsgálót.

Szakköri helyzet területén sajnos visszaesés mutatkozik, s 1978-ban csak paksi szakkörünk működött rendszeresen, a bonyhádi időszakosan, a szekszárdi és a dombóvári pedig nem működött. Öröndetes tény viszont az, hogy Szekszárdon 8—10 felnőtt érdeklődőt sikerült összegyűjteni. Talán a következő évben tudunk részükre rendszeres összejöveteli lehetőséget biztosítani.

Vezetőségi ülések: a három vezetőségi ülést megtartottuk. Vezetőségünk 1978. október 18-án számolt be munkájáról a Választmány vezetőségi ülésén. Munkánk értékelésénél a vezetőség csak a hibákra hívta fel a figyelmet, eredményeinket nem méltatta.

Vas megye

A Vas megyei csillagászati szakcsoport az összevont fizikai—kémiai—matematikai—csillagászati szakosztály keretében működik. Jelenlegi taglétszáma a megyében mindössze 5 fő, közülük 3—4 fő aktív előadó. Csillagászati ismeretterjesztés az alábbi területeken folyik:

Művelődési házak, klubok, üzemek: a területen folyó csillagászati ismeretterjesztés iránti igény 1978. évben csökkent. Vas megyében mindössze 31 csillagászati előadást tartottunk (az előző évi 39-cel szemben). Szombathely városban 12 előadást tartottunk. A tematika alakulásánál feltűnő az űrkutatás iránti érdeklődés igen nagymértékű csökkenése. Előadásaink 90%-a csillagászati témájú.

A Csillagászati Hét a szakosztály saját rendezvényeként került megrendezésre a TIT megyei klubjában, 1978 novemberében. Ez alkalommal dr. Kanyó Sándor, dr. Balázs Béla és dr. Tóth György tartott vetítettképes előadásokat, az előző éveknél nagyobb érdeklődés mellett.

A Vas megyei Baráti Kör taglétszáma jelenleg 63 fő. Az elmúlt évben kéthetente

tartottak rendszeres összejöveteleket, a TIT-klubban és a Csillagvizsgáló Intézetben. Klubfoglalkozásokon a csillagászati levelező tanfolyam anyagából tartottak konzultációkat, a Csillagvizsgáló Intézetben pedig az intézet vezetőjének és munkatársainak irányításával távcsövet építettek.

A Baráti Kör tevékenységét a megyei Szervezet és a — 1979. január 1-től már az ELTE intézeteként működő — Csillagvizsgáló Intézet továbbra is támogatja. Igen nagy problémát jelent azonban a megépített távcső elhelyezése oly módon, hogy a Kör tagjai bármikor hozzáférhessenek és megfigyeléseket végezhesenek. Problémájukkal a megyei Szervezethez fordultak segítségért, de végleges megoldás csak a következő években létrejövő új TIT-székházban lesz.

Zala megye

A megyében 1978-ban 94 előadás hangzott el csillagászati témában. Ezen belül nőtt a komplex és végyes sorozatú előadások száma.

Két előadói konferenciát rendeztünk központi előadóval.

A CSBK tagok számát tovább növeltük, felkészítésüket 1979-re tervezzük, bentlakásos tanfolyam formájában.

Két csillagászati szakkört működtetünk (Ifjúsági és Úttörőház, 407. sz. Ipari Szakmunkásképző Intézet).

Az 1977-ben átadott Csillagda jól tölti be hivatását, tevékenységét az alábbiakban foglaljuk össze:

A Csillagdát 1977 novemberében adták át, majd ezt követően Hold-bemutató sorozatot tartottunk. Munkahelyi csoportok és zömmel iskolások jöttek megnézni a megye legnagyobb távcsövet. Május elején nyílt hetet tartottunk, melynek keretében minden este űrkutatási filmeket vetítettünk, előadást és — az időjárástól függően — bemutatót tartottunk. 1978 augusztusától minden hónapban 1 héten át a Holdat mutattuk be, távcsővel illusztrált előadások keretében. A vendégek száma esténként a 100 főt is meghaladta. A kor és foglalkozás szerinti összetétel heterogén volt. 1978-ban 24 ilyen rendezvényt tartottunk, körülbelül 2400 fő részvételével.

A CSILLAGÁSZAT LEGÚJABB EREDMÉNYEIBŐL

Az 1978-as év is gazdag volt csillagászati felfedezésekben, olyannyira, hogy egy ilyen cikk keretein belül maradva a teljességre való törekvés pusztán illúzió lehet csak. Így tehát csak a legfontosabb eredményekre szorítkozhatunk. De melyek is ezek? Minden csillagász a saját kutatási területének és ízlésének megfelelően válogatná össze a legjelentősebbnek ítélt eredményeket. Érthető, ha ez a cikk is a szerzők ízlését tükrözi. Így előre is elnézést kérünk az Olvasótól, ha cikkünkben nem pontosan az ő értékelése szerinti legérdekesebb és legfontosabb eredményeket találja.

Változik a Nap hőmérséklete?

Már általánosan elfogadott Eddynek az az eredménye, hogy a XVII. században mintegy 50 évig nem volt jelentős folttevékenység a Napon. Nagyon érdekes, hogy ez az 1650 és 1700 közötti időszak, vagy más néven *Maunders-minimum* Európában meglehetősen hűvös időjárással párosult — ezért „mini jégkorszaknak” is nevezik. Eddy azóta több ilyen — feltehetően a naptevékenységgel kapcsolatban álló — hűvös időszakot talált az elmúlt 5000 évben. A Föld időjárása és a naptevékenység közötti kapcsolat minden kétséget kizáróan létezik, de ennek hatásmechanizmusát még nem sikerült kielégítő módon megtalálni. Sokan úgy vélik, hogy a napszél hiánya vagy jelentős legyengülése befolyásolhatja a földi klíma alakulását.

Az előbb elmondottak értelmében nem érdektelen a napsugárzás mennyiségének (a napállandónak), vagy ami ezzel (bizonyos feltételek mellett) egyenértékű, a Nap felszíni hőmérsékletének vizsgálata. A napállandó változásának kimutatására szolgáló kísérletek eddig ellentmondásos eredményeket hoztak, ezért most Liwingston igen körültekintő vizsgálatokba kezdett a Nap effektív hőmérsékletének változását kimutatandó. A spektroszkópiai mérések szerint 1975-ben és 1976-ban (amikor a napfolt-relatívszám értéke is viszonylag alacsony és nagyjából állandó volt) a Nap effektív hőmérséklete is $\pm 1,2$ K-es pontossággal állandó maradt. 1977-ben azonban, amikor a 21. napfoltciklus

„beköszöntével” a relatív szám emelkedni kezdett (elérve a 40-es félévi átlagértéket), a *Nap felszíni hőmérséklete* minden kétséget kizáróan mintegy 6 K -t csökkent. Ez persze a napsugárzás mennyiségének, a napállandónak csak $0,4\%$ -os csökkenését jelenti. Mindenesetre az 1979. évben várható napfoltmaximum idején széles körű vizsgálatokat terveznek a napállandó esetleges nagyobb mértékű változásainak kimutatására.

Egy kettős kisbolygó?

1978. június 7-én az 532-es „rendszámú” *Herculina* nevű kisbolygó elfedett egy 6 magnitúdós csillagot, a Szűz csillagképben levő SAO 120774-et. A kisbolygó fényessége ekkor $9,^m5$ volt. Ez a ritka tünemény, amely az Egyesült Államok Arizona, Nevada és California államaiban volt megfigyelhető, széleskörű észlelési kampány szervezésére sarkallta az érintett terület csillagászait. Részt vett az észlelésben többek között E. Bowell és M. A'Hearn a Lowell Obszervatórium 107 cm-es teleszkópjával. Itt a csillag mindössze 2° -kal volt a horizont felett, de a kitűnő légköri átlátszóság mégis lehetővé tette az észlelést.

A három különböző helyen végzett mérés adatait összehasonlítva a *Herculina* átmérőjére (gömb alakot feltételezve) 243 km -t kaptak, ami 10% -kal több a korábban ismert értéknél. Így a *Herculina* lett a legnagyobb S típusú (kő vagy szilikát felületű) kisbolygó.

A fedés bekövetkezése előtt $1,5$ perccel a Lowell Obszervatóriumban, de a tőle 550 km -re levő Boron (California) közelében is észlelték a csillag fényének 5 másodperces lecsökkenését. Ebből arra a következtetésre jutottak, hogy a *Herculina* előtt (ismét gömb alakot feltételezve) egy $45,6 \pm 3,6\text{ km}$ átmérőjű test is elfedte a csillagot. A két égitest távolságának az éggömb „síkjára” való vetülete: 1000 km . Ez persze csak a két égitest minimális távolsága.

Nem lehet kizárni annak a lehetőségét sem, hogy két egymástól távoli, de majdnem egy irányban látszó kisbolygót figyeltek meg, mégis nagyon valószínű, hogy a *Herculina* egy ikerkisbolygó, vagy ha nagyon hatásosan akarunk fogalmazni: *a Herculínának holdja van*. Ha az észlelés helyes, akkor a *Herculina* az első, holddal rendelkező kisbolygó.

Egy újabb extrém kisbolygó

Az elmúlt év újdonságai közé tartozott a Naptól legtávolabb keringő kisbolygónak (vagy ha tetszik kis nagybolygónak), a Chironnak a felfedezése. 1978-ban a másik véletlet is sikerült megtalálni. Az 1978 RA jelű aszteroida, melynek felfedezője, E. Halin a *Shalom* nevet javasolta, az eddig ismert legkisebb perihéliumtávolságú kisbolygó. Perihéliumban $0,47$ csillagászati egységre

van a Naptól, azaz valamivel távolabb, mint a Merkúr. Aphéliumpontjának naptávolsága 1,20 csillagászati egység. A kisbolygó átmérője 3—4 km, és mintegy 12 óra alatt fordul meg a tengelye körül.

Lajstromba vették a 2000. kisbolygót

A lajstromozott kisbolygók száma elérte a kétezret. Amikor 1923-ban az 1000. aszteroidát vették fel a hivatalos listára, az 1000. körülíket a kisbolygó-kutatásban komoly érdemeket szerzett kutatókról nevezték el. A régi tradíciót folytatva a 2000. körülíek is olyan tudósokról kapták a nevüket, akik nagymértékben növelték a Naprendszerre vonatkozó ismereteinket. Ezek a következők: 1996: *Adams*, 1997: *Leverrier*, 1998: *Titius*, 1999: *Hirayama*, 2000: *Herschel*, 2001: *Einstein*, 2002: *Euler*, 2003: *Harding*.

Újdonságok a Plútóról

A Plútó pályájának fél nagytengelye 39,5; a Neptunuszé 30 csillagászati egység. Mivel azonban a Plútó elnyúlt ellipszis alakú pályán kering a Nap körül ($e = 0,247$), perihéliumban 29,7; aphéliumban pedig 49 csillagászati egységre van a Naptól. Így a Plútó minden 249 éves keringése folyamán rövid időre közelebb kerül a Naphoz, mint a nagyjából körpályán keringő Neptunusz. A két bolygó 1979. január 23-án volt egyenlő távolságra a Naptól, és ettől kezdődően egészen 1999. március közepéig a Plútó közelebb lesz a Naphoz, mint a Neptunusz.

A Plútó átlagsűrűségére az 50-es években 40—80 g/cm³ értéket kaptak, ami érthetetlenül magasnak tűnt. Ma a Plútó tömegére 0,11 földtömeg, átmérőjére pedig 5000 km az IAU által is elfogadott érték. Ez mintegy 10 g/cm³-es átlagsűrűségnek felel meg.

A Hawaii Egyetem három kutatója az egyesült államokbeli Kitt Peak Obszervatórium 4 m-es távcsövével megvizsgálta a Plútóról visszaverődő napfény színképét az infravörös tartományban, és azt találta, hogy a Plútó felszínét szilárd halmazállapotú metán borítja. Ez egyben azt is jelenti, hogy a Plútó albedója nagyobb a korábban feltételezettnél, és ennek következtében átmérője is kisebb, mint 5000 kilométer. *A Plútó tehát továbbra is érthetetlenül sűrű.*

1965-ben, 1970-ben és 1978-ban is észrevették, hogy az US Naval Observatory-ban, a 155 cm-es teleszkóppal készített felvételeken (amelyekre a Plútó véletlenül került rá), a bolygó nem pontosan kör alakot mutat. Ez persze lemezhibák véletlen összeeséseként is értelmezhető, ezért ellenőrző felvételeket készítettek a Plútóról az előbb már említett 155 cm-es teleszkóppal és a Cerro Tololo Interamerican Observatory 4 m-es távcsövével is. A felvételek egyértel-

műen megerősítették, hogy a „púp” reális képződmény, és 6,39 napos periódussal jár körbe. Semmi kétség sem férhet tehát ahhoz, hogy a *Plútó körül* mintegy 20 000 km sugarú pályán egy 1000—2000 km átmérőjű *hold kering*. Mivel a 6,39 nap megegyezik a bolygó tengely körüli forgásának periódusával, a hold kötött módon kering a Plútó körül. A Plútó-hold felfedezője, J. W. Christy a *Charon* nevet javasolta a Naprendszer 37. ismert holdjának.

Érdekes, a külső bolygók tárgykörébe tartozó újdonság, hogy 1978. november 2-án K. Matthews, G. Neugebauer és P. Nicholson, a Californiai Technológiai Intézet munkatársai *lefényképezték az Uránusz 1977-ben felfedezett gyűrűjét*.

Egy lassú nóva ?

Az AS 239 jelű csillagot Merill és Burwell fedezte fel a Be szinképtípusú csillagok után kutatva, még 1940-ben. Ekkor a csillag fényessége 12 magnitúdó volt. A nagy hidrogén-emisszió miatt azonban lehetséges, hogy $V = 13^m$ — 14^m (az UBV fotometriai rendszer V szűrőjével mért fényessége) lehetett — de ezt utólag nehéz megállapítani. 1950-ben a csillag fényessége 15^m körül volt, és vörös színűnek látszott. 1976 májusában a csillagot a Siding Spring-ben levő 120 cm-es Schmidt-teleszkóp felvételén 18—19 magnitúdójúnak észlelték, míg 1978 első hónapjaiban az „anglo-ausztrál” teleszkóppal már csak 19—20 magnitúdót kaptak. Így az AS 239 fényessége az elmúlt 30 év alatt legalább 7 magnitúdót csökkent, színe pedig B-ről M-re változott. Allen feltételezi, hogy egy lassú nóvával állunk szemben, amely valamivel 1940 előtt lehetett maximumban.

Az 1054-es szupernóva megfigyelése a Közel-Keleten

A Bika csillagképben levő Rák-köd az égbolt egyik legérdekesebb objektuma, és minden kétséget kizáróan egy felrobbant szupernóva maradványa. A Rák-köd helyén kínai és japán csillagászok 1054. július 4-én egy, a Vénusznál is fényesebb, „vendégcsillagot” figyeltek meg, amely 23 napig még nappal is látható volt. Sokaknak feltűnt, hogy ezt a szupernóvat sem az európaiak, sem az arabok nem vették észre. A szupernóva legalább fél évig olyan feltűnő volt, hogy mindenképpen észre kellett volna venni. Az sem valószínű, hogy Európában és a Közel-Keleten is ilyen hosszú ideig borult lett volna, ezért többen kétségbe vonták a kínai és japán észlelések hitelességét, és azt hangoztatták, hogy a Rák-köd egy esetleg tízezer évvel ezelőtt felrobbant szupernóva maradványa is lehet.

A Nature című folyóiratban M. Kenneth és munkatársai most arról adnak hírt, hogy *Ibn Butlan* bagdadi származású konstantinápolyi orvos (és asztrológus) feljegyzésében a következő olvasható: „A mi időnk egyik legnagyobb

járványa akkor tört ki, amikor egy feltűnő csillag jelent meg az Ikrék csillagképben Hegira 446. évében”. Hegira 446. éve a keresztény időszámítás szerint 1054. április 12-től 1055. április elsejéig tartott. Az Ikrék zodiakális jegye pedig tartalmazhatta azt a területet is, ahol ma a Rák-köd van. Az arab orvos feljegyzése tehát megerősíti azoknak a véleményét, akik a Rák-ködöt egy 1054-ben fellobbant szupernóva maradványának tekintik. Ugyanakkor ma sem világos, hogy miért nem látták a csillagot Európában?

Szupernóva 1181-ben?

Történeti feljegyzéseink az elmúlt ezer évben négy szupernóvarobbanásról tesznek említést. Ezek a következők: 1006 (marokkói, bizonytalan), 1054 (kínai), 1572 (Tycho Brahe-féle) és 1604 (Kepler-féle). Most úgy tűnik, hogy az észlelt szupernóvák száma ötre emelkedik.

A kínai Szung-dinasztia hivatalos krónikája szerint 1181. augusztus 6-án egy, a Szaturnusznál is fényesebb, „vendégcsillag” jelent meg a Cassiopea csillagképben és hat hónapon keresztül látható maradt. F. R. Stephenson már 1971-ben felvetette a gondolatot, hogy a „vendégcsillag” esetleg szupernóva lehetett és maradványa megegyezik a 3C 58 jelű rádióforrással. Ezt a sejtését arra alapozta, hogy a 3C 58 rádióforrás és az 1054-es szupernóva maradványának rádiósugárzása sok hasonlóságot mutat. 1977 októberében a Palomar-hegyi 5 m-es teleszkóppal van den Berghnek sikerült a 3C 58 optikai megfelelőjét megtalálni, amely szintén szupernóvamaradvány benyomását kelti. A hidrogén 21 cm-es rádióvonalán a westerborki rádiótávcsővel végzett vizsgálatok is megerősítik a szupernóva-hipotézist. A mérések szerint a 3C 58 rádióforrás 26 000 fényévre van tőlünk, tehát a feltételezett szupernóva is ilyen távol lobbant fel. A fényességének így $—4^m$ -nak kellett lennie, ami nem a Szaturnusz, hanem a Vénusz fényességének felel meg. Lehetséges azonban, hogy valami (például porfelhők) gyengítették a szupernóva fényét, és ezért látszott valamivel halványatobbnak. Ha valóban szupernóvamaradvánnyal állunk szemben, akkor a ködben valószínűleg pulzár is található. Most folynak a kutatások a pulzár kimutatására. Ha ez is sikerül, akkor teljesen biztosak lehetünk abban, hogy 1181-ben is fellobbant egy szupernóva Tejútrendszerünkben. Addig azonban csak azt mondhatjuk: nagyon valószínű.

Új műszer az ESO genfi központjában

1978 folyamán állították üzembe az ESO (European Southern Observatory) svájci laboratóriumában azt az új, nagy pontosságú koordinátamérő műszerrel is egybeépített, és számítógéppel is összekapcsolt mikrodenzitómétert, amely a szervezethez tartozó minden ország kutatóinak rendelkezésére áll. Az S-3000

típusú elektronikus optikai berendezés mérőasztalára 14 hüvelyknél (355,6 mm) nem nagyobb oldalhosszúságú fotólemezeket lehet felerősíteni, de több részletben még ennél nagyobb fotók is kimérhetők vele. A műszer által megadott pozíciók hibája kisebb mint egy mikrométer (10^{-6} m); a denzitométer érzékenységi tartománya 0—3-ig terjed, a szokásos logaritmikus skálán. Ez utóbbival elérhető az a pontosság, ami eddig csak a Perkin—Elmer cég által gyártott PDS-mikrodenzitométerrel volt lehetséges.

A denzitás és a pozícióadatok a mérések során mágnesszalagra kerülnek, és az intézetben kidolgozott vagy másutt megírt számítógépes programok segítségével feldolgozhatók és kiértékelhetők. A Grant-készülék kozmikus objektumok radiális sebességének meghatározására is rendkívül alkalmas, tekintve, hogy igen nagy pontossággal képes megállapítani az égitestek színképében levő vonalak relatív helyzetét az összehasonlító spektrumokban levő emissziós vonalakhoz képest.

Száz Napnál is nagyobb tömegű csillagot találtak Galaxisunkban

A HRD elemzőinek egybehangzó véleménye szerint a legkorábbi színkép-típusú fősorozati csillagoknak (O-csillagok) mintegy százszor akkora tömegűeknek kell lenniök, mint a Nap. A nagy luminozitású csillagokkal foglalkozó két francia kutató, *Conti* és *Burnichon*, még 1975-ben beszámolt arról, hogy vizsgálataik szerint az η Carinae csillag körüli fényes ködben levő OB színkép-típusú objektumok valóban fősorozati csillagok. Azt már korábban is tudtuk, hogy a Tejútrendszer ismert csillagai közül ezek a legnagyobb abszolút fényességűek, érdemesnek látszott tehát megpróbálkozni tömegük meghatározásával.

Ennek a vizsgálatnak az az egyik támpontja, hogy fotometriai jellemzők alapján (a spektroszkópiai észlelések feldolgozása útján) meghatározható a csillagok felszínén uralkodó gravitációs gyorsulás értéke és az objektumok sugara. A két utóbbi összevetéséből pedig megkaphatjuk az égitest tömegét.

Tekintettel arra, hogy a fentebb említett objektum a déli égbolton található, a kieli (NSZK) Elméleti Fizikai Intézet kutatója, *R. P. Kudritzki* és munkatársai a Chilében felállított 152 cm tükörátmérőjű, Coudé-rendszerű teleszkóppal végezték megfigyeléseiket. Céljuk az volt, hogy olyan nagy diszperziós színképeket nyerjenek az égitestekről, amelyeken felismerhető legalább egy-két — a semleges héliumtól származó — színképvonal. Ezek ugyanis azok a spektrális jellemzők, amelyek alapján következtetni lehet az ilyen csillagok felszíni hőmérsékletére. Az általában IIa-O típusú fotolemezzel dolgozó csillagászok ezúttal a sokkal kisebb zajú, finomabb szemcsészetű és kontrasztosabb képet adó IIIa-J jelű lemezre készítették felvételeiket, és nem is eredménytelenül. A *HD 93250* katalógusszámú csillagról sikerült három olyan spektrumot nyerniök, amelyen felismerhető volt a HeI 4471 Å hullámhosszúsá-

gú, rendkívül gyenge vonala. Elméleti számítások alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a semleges héliumtól származó 5876 Å hullámhosszúságú vonalnak mintegy kétszer olyan erősnek kell lennie, mint ugyanezen elem kék színtartományban levő vonalának. Ezért a csillag színképének vörös részét is lefényképezték, és valóban azonosítani is tudták benne e vonalat.

A fent említett két héliumvonal és még néhány más színképvonal profiljának elemzése során a kutatók megállapították, hogy a vizsgált csillag hőmérséklete:

$$T_{eff} = 52\,500\text{ K}$$

és hogy az égítést felszínén uralkodó gravitációs gyorsulás (CGS egységekben mért) értékének logaritmus:

$$\log g = 3,95$$

Az is kiderült, hogy a HD 93250 anyagában a hélium gyakorisága nem tér el a normálistól. Ezen adatok elemzése arra a következtetésre vezette a csillagászokat, hogy *a vizsgált égítést tömege legalább százhuszszor akkora, mint a Napé.* Ez utóbbi eredmény próbájaképpen más módon is megbecsülték a gigantikus csillag tömegét. Abból indultak ki, hogy a *Tr 16* katalógusszámú nyílt csillaghalmaz — amelyhez ez az égítést is tartozik — $3 \pm 0,4$ kpc távolságra van tőlünk, s hogy eszerint a HD 93250 luminozitása a Napénak hozzávetőlegesen két és félmilliószorosa. Ebből és a korábban megállapított hőmérsékletértékből meghatározható az objektum sugara, ami tizenkilencszer nagyobb, mint a Napé. Összevetve e rádiuszadatot a csillag felszínén érvényesülő gravitációs gyorsulás értékével, ismét mintegy százhuszszor akkora tömegértékhez jutottak, mint amekkoráival a mi csillagunk rendelkezik. Így tehát elmondhatjuk, hogy *végre teljes bizonyossággal ismerünk legalább egy olyan fősorozati csillagot, amelynek tömege két nagyságrenddel nagyobb, mint az átlagcsillagnak tartott Napé.*

A Tejútrendszer össztömegének új értéke

Csillagrendszerünk tömegét a 20. század folyamán sokszor meghatározták. Az utóbbi két évtizedben kapott eredmények alig-alig tértek el egymástól, így mindenki elfogadta a legutóbb — 1966-ban — *P. W. Hodge* és *K. A. Inna*. en által megerősített adatokat.

Éppen ezért az elmúlt évek egyik legérdekesebb csillagászati felfedezésének tűnik az, amiről *F. D. A. Hartwick* (Victorai Egyetem) és *W. L. W. Sargent* (Hale Obszervatóriumok) számoltak be az *Astrophysical Journal* hasábjain. Ők a Kitt Peak Nemzeti Obszervatórium négy méter tükörátmérőjű távcsövén

keresztül egy közepes diszperziójú (kékben: $80 \text{ \AA}/\text{mm}$) Cassegrain-spektrográfra szerelt három lépcsős Carnegie képerősítő-csővel készítették (2 mm-re szélesített) színeképeket a Galaxis centrumától távoli gömbhalmazok csillagairól, és néhány spektrumot a legközelebbi elliptikus extragalaxisokról. A kapott színeképeket a KPNO PDS-mikrodenzitométerével kimérve megállapították a halmazok, illetve a csillagrendszerek valószínű radiális sebességét. Figyelembe véve a Föld és a Naprendszer mozgását, ezen adatok alapján kiszámítható volt az említett objektumok — a Tejútrendszer centrumára vonatkoztatott — sebességeinek egyik komponense. Ez utóbbiak értékét az elméleti Galaxis-modellek alapján számítottakkéval összevetve kiderült, hogy a Tejútrendszer össz tömege lényegesen nagyobb, mint azt a korábbi mérések alapján várni lehetett. Hartwick és Sargent számításai szerint *az új tömegérték $1,9 \times 10^{11}$ és $9,7 \times 10^{11}$ naptömeg között van*, de nagyon valószínű, hogy legalább 5×10^{11} (azaz félbilliárd) naptömeg. Ez azt jelenti, hogy csillagrendszerünk minimálisan háromszor akkora tömegű, mint azt eddig gondoltuk. A nagy különbség azonban nem a korábbi mérések pontatlansága miatt állt elő, hanem azért, mert az új módszer a Galaxis nagyobb részének gravitációs hatására érzékeny, mint az eddig alkalmazottak. Míg a korábbi mérések és számítások általában csak a centrum körüli 10—12 kpc sugarú gömbben levő anyagmennyiséget vették figyelembe, addig a mostaniak már a szimmetriacentrumtól 43—79 kpc-ig „érzékelték” a csillagokat és az intersztelláris anyagot.

Ezek a mérések már azt is sejtetik, hogy a Tejútrendszer átmérője is nagyobb kell legyen az általánosan elfogadott 50 kpc-nél. Néhány távoli gömbhalmaz (PAL 3, PAL 4 és PAL 14) — amelyek még kétségkívül Galaxisunk része — ugyanis legalább kétszerekkora gömbbe fér csak bele.

Nemzetközi űrobservatórium: IUE

1978. január 26-án bocsátották Föld körüli pályára az *International Ultraviolet Explorer* (IUE — nemzetközi ibolyántúli kutatóállomás) elnevezésű űrlaboratóriumot, amellyel lehetővé válik tetszőleges helyzetű égi objektumok ibolyántúli sugárzásának részletes vizsgálata. A csillagászok számára számos új lehetőséget teremtő berendezés elkészítésében és üzemeltetésében az amerikai NASA-n kívül részt vett, illetve részt vesz az Európai Űrügynökség (ESA — European Space Agency) és az angol Tudományos Kutatási Tanács (SRC — United Kingdom Science Research Council) is.

Az IUE az első olyan űrteleszkóp, amely a nagy földi obszervatóriumok távcsöveihez hasonlóan hosszabb-rövidebb időre olyan kutatóknak is rendelkezésére áll, akik nem a most megalakított intézet, a European Satellite Tracking Station (ESTEC — Európai Műholdkövető Állomás) alkalmazottai. A Földről vezérelhető mesterséges holdat minden, a vállalkozásban részt vevő ország kutatói használhatják. Aki az IUE műszereivel Európából akar mérése-

ket végezni, annak a spanyolországi Villafrancában levő irányítóközpontba kell utaznia, ahonnan telexgéphez hasonló klaviatúrájú elektronikus berendezésekkel adhat utasítást a műholdnak. Az amerikai csillagászok saját, az ittenihez hasonló vezérlőközponttal rendelkeznek.

Az IUE legfontosabb műszere a 45 cm szabad nyílású, Ritchey—Chrétien optikai rendszerű, 675 cm effektív gyújtótávolságú tükörteleszkóp, amelynek látómezeje 16 ívperc szögátmérőjű. A távcső fókuszfelületén 1 mm-es távolság felel meg 30,6 ívmásodperc égi szögtávolságnak. A berendezéssel készíthető képeken felismerhető legkisebb elemek 3 ívmásodperc átmérőjű foltoknak felelnek meg. A fent bemutatott műszer által összegyűjtött fény két échelle-spektrográffal tanulmányozható, amelyek közül az egyik az 1150 Å-től 2000 Å-ig, a másik pedig az 1800 Å-től 3200 Å-ig terjedő színképtartomány vizsgálatára alkalmas. A két színképelemző hagyományos rácsspektrográfként is használható (ekkor 8 Åmm⁻¹-es diszperzió érhető el velük). Échelle-üzem módban a spektrográfok feloldóképessége 10⁴ nagyságrendű. A színképelemző eszközökkel előállított spektrumokat Vidicon-kamerák alakítják elektromos jelekké, és ezeket a jeleket juttatják rádiókapcsolat révén a földi irányítóközpontokba. A távcső irányzására használt követő és stabilizáló berendezés a kiválasztott objektumok 1 ívmásodperces pontosságú követését teszi lehetővé. Ha a megfigyelni kívánt égitest túlságosan halvány, akkor a látómező bármely, 14 magnitúdónál nem halványabb csillagát vagy galaxisát vezető-objektumnak választhatják. A színképek felvételéhez a spektrográfok két különböző nyílással rendelkeznek. Közülük az egyik kör alakú, a neki megfelelő égi terület átmérője 3'', míg a másik téglalap alakú, és 10'' × 20''-es égi területről engedi át a fényt.

Az IUE megtervezésekor az alábbi vizsgálatok céljaira fejlesztették ki annak berendezéseit:

- a legkülönbözőbb típusú csillagok színképi vizsgálata fizikai tulajdonságaik jobb megismerése céljából;
- kettőscsillagokban és körülöttük megfigyelhető gázaramok elemzése; csillagok, galaxisok és kvazárok színképeinek kis diszperzióval történő tanulmányozása;
- bolygók és üstökösök színképeinek vizsgálata;
- változó színképű objektumok spektrumának elemzése;
- a kozmikus objektumok fényének az intersztelláris térben való megváltozását leíró törvények pontos meghatározása.

Az év folyamán megindultak az űrtávcsővel való észlelések, és az eddigi eredmények alapján egyértelműen megállapítható, hogy ez a tudományos vállalkozás az utóbbi évek csillagászati szempontból legfontosabb „nagyberuházása”.

A HOLD LÉZERES ÉS VLBI-MEGFIGYELÉSE

A Föld—Hold távolság meghatározását a klasszikus csillagászati módszerek után először radarmérések alapján végezték el, 1946-ban. A mérésekből nyert eredmények valamivel pontosabbak voltak, mint a klasszikus, indirekt módszerek által nyert adatok. A radarmérésekhez hasonló módon lézerek segítségével is végeztek méréseket 1962-ben, de ezekkel a pontosságot nem sikerült lényegesen javítani. A Hold igen változatos felszíni viszonyai következtében a Holdról visszaverődő jel ugyanis erősen „szétkenődött”. Az Apollo—11, —14, és —15 űrhajók legénységei valamint a Luna—17 (Lunohod—1) és a Luna—21 (Lunohod—2) által elhelyezett visszaverő lézertükrök alapvetően megváltoztatták a helyzetet, és ma lehetővé teszik a Föld—Hold távolság minden eddiginél jóval megbízhatóbb meghatározását. A távolságmérések jelenlegi megbízhatósága ± 8 —15 cm, s a közeli jövőben várhatóan ± 3 cm lesz a mérési pontosság. A Hold-lézerek igen nagy mérési megbízhatósága teszi lehetővé például az 1977-ben elkezdett EROLD (*Earth Rotation from Lunar Distances*) nemzetközi kozmikus geodéziai program végrehajtását. Ez a program a Föld forgási sebességének és forgástengelye irányának meghatározását tűzte ki célul.

Az Apollo—12, —14, —15, —16, —17 űrhajók legénységei által elhelyezett ún. ALSEP (*Apollo Lunar Surface Experiments Package*)-adókra történő VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*)-mérések pedig irányadatokat szolgáltatnak, így a lézeres távolságmérések mellett iránymérések is rendelkezésre állnak. Ez utóbbiak megbízhatósága hamarosan körülbelül $\pm 0,005''$ alatt lesz, ami szintén kiemelkedően jó érték. A távolság-és iránymérések együttes felhasználása a meghatározandó paraméterek nagyobb pontosságát eredményezi.

Megjegyezzük, hogy a Holdra történő lézeres távolságmérések és az ALSEP-adókra, valamint a kvazárokra történő VLBI-iránymérések „geodéziáját” az angol nyelvű szakirodalom *extraterrestrial geodesy*, azaz *Földön kívüli geodézia* fogalom alatt tartja számon; utalva arra, hogy a célpont, amelyre a geodéziai célú mérés történik, a Földön kívül —a Holdon, a kozmoszban — van.

A továbbiakban bemutatjuk a Holdra történő lézeres és VLBI-mérések alkalmazásait és lehetőségeit. Ismertetjük az eddig elért eredményeket is. „A Holdra történő lézeres távolságmérések tudományos alkalmazásai” címmel 1976 júniusában rendezett nemzetközi szimpozion mintegy 30 előadása is a téma különös érdekességéről és fontosságáról tanúskodik. A megjelenő nagyszámú szakirodalom is ezt bizonyítja.

Hold-lézer és VLBI-állomások

Az első lézeres távolságmérési jelet 1969. augusztus 1-én a kaliforniai Lick Observatóriumban észlelték, az Apollo—11 legénysége által 1969. július 20-án

1. táblázat

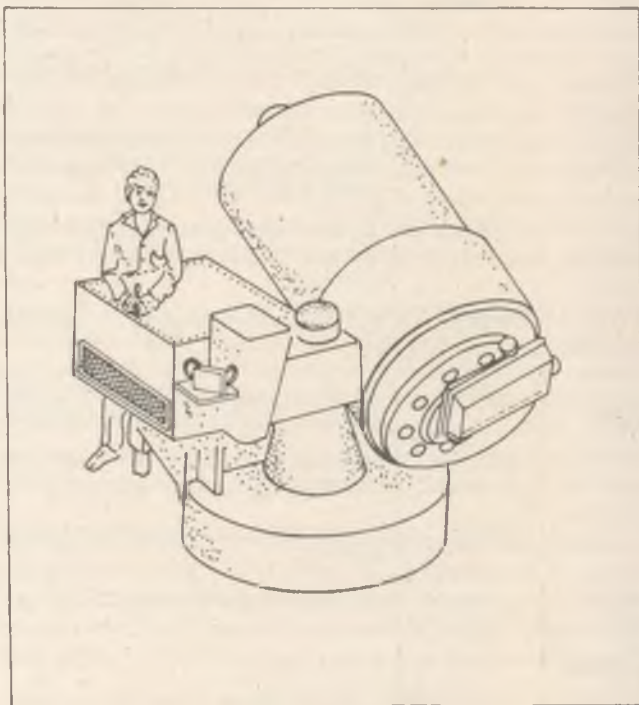
Az EROLD-kampányban részt vevő Hold-lézer állomások

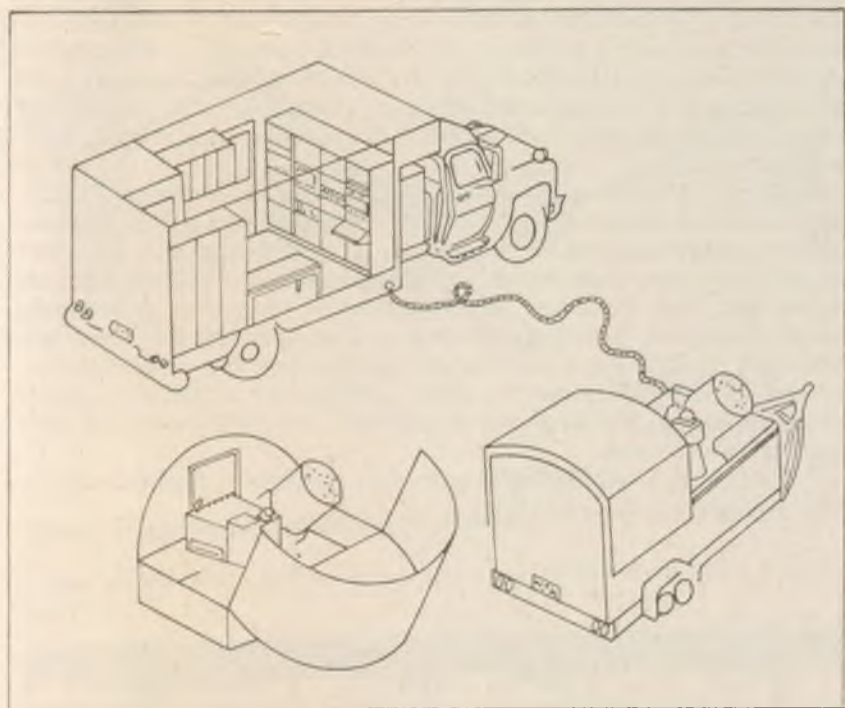
Hold-lézer állomás	Mérési pontosság	Megjegyzés
McDonald (USA)	$\pm 8-15$ cm	1969. augusztus óta folyamatosan üzemel
Haleakala (Hawaii, USA)	± 5 cm	Visszaverődő jelet 1975 augusztusa óta szóróványosan észleltek. Folyamatos üzemelés valószínűleg 1978. július 1-től.
Orroral (Ausztrália)	± 30 cm	Az első visszaverődő jelet 1976 augusztusában észlelték. Folyamatos észlelést 1978. július 1-től tervezték.
Grasse (Franciaország)	± 10 cm	1978. július 1-től tervezték a folyamatos észlelést.
Szimeiz (Szovjetunió)	± 25 cm	Az első visszaverődő jelet 1970 decemberében észlelték. Jelenleg folyamatosan üzemel.
Dodaira (Japán)	± 30 cm	Holdlézer-rendszer kiépítés alatt áll. Folyamatos üzemelést 1978. július 1-től tervezték.
Wetzell (NSZK)	± 5 cm	A műholdkövető lézerrendszert fejlesztik Hold-lézerré is.
Hordozható Hold-lézer állomások (USA tervezése)	± 5 cm	Az első példány elkészítését 1978-ra tervezték.

elhelyezett lézertükörről. Ezt követően 1969. augusztus 20-án a texasi McDonald Observatórium végzett lézeres távolságmérést ugyanerre a reflektorra. További lézeres jeleket észleltek még az arizonai Tucson közelében, a francia Pic du Midi obszervatóriumban és a japán Okayamai állomáson. A felsorolt néhány állomás áthelyezésével és újabb állomások telepítésével az 1977-ben indult EROLD-kampány keretében az 1. táblázatba összegyűjtött obszervatóriumok vesznek részt. A táblázat az egyes állomások távolságmérési megbízhatóságait is tartalmazza. A szállítható holdlézer-rendszer első példányának elkészítését 1978-ra tervezték. Távlati képe az 1. ábrán látható.

Az öt ALSEP-adóra a VLBI-méréseket a NASA Űrhajókövetési és Adatgyűjtő Hálózat állomásai (Madrid, Ascension, Merritt, Goldstone) végzik, 1973 márciusa óta. A Hold-lézer és VLBI-állomások eloszlását a Föld felszínén a 2. ábra mutatja be.

1. ábra. Hordozható Hold-lézer állomás sematikus képe





Megjegyezzük, hogy a jelenlegi VLBI-teleszkópok 30—100 m-es átmérőjű antennákkal rendelkeznek (a VLBI-technikáról részletes cikket Fejes István írt a Csillagászati Évkönyv 1974-es számában). A Jet Propulsion Laboratory nemrégiben kifejlesztett 10 m-es átmérőjű antennákkal rendelkező, hordozható VLBI-berendezéseket is. A Massachusetts Institute of Technology pedig 3 m-es átmérőjű antennákkal rendelkező VLBI-állomások kiépítését javasolta.

Lézertükrök és ALSEP-adók a Hold felszínén

Mint említettük, a Holdra az Apollo—11, —14 és —15 legénysége, valamint a Luna—17 (Lunohod—1) és a Luna—21 (Lunohod—2) vitt lézertükröt. Ez utóbbiak francia készítésű reflektorok. A Lunohod—1 lézertükrre jelenleg alkalmatlan lézeres mérésekre, mert valószínűleg por fedte be. A lézertükrök tervezésénél számos követelményt vettek figyelembe, így a lézertükrök 3,8 cm átmérőjű visszaverő prizmbából állnak. Az Apollo—11 és —14 (a továbbiakban

A—11 és A—14 lézertükrök 100 darabból (az összfelületük 46 cm × 46 cm, összsúlyuk mindössze 8 kp), az A—15 300 darabból készült (3. ábra); így ez utóbbi geofizikai és szelenofizikai célokra is jól felhasználható. Az A—11, —14 és —15 lézertükrök a Hold felszínén egymástól körülbelül 1250, 1100 és 970 km-re vannak elhelyezve; ezáltal a Hold tengely körüli forgása és librációi jól meghatározhatók.

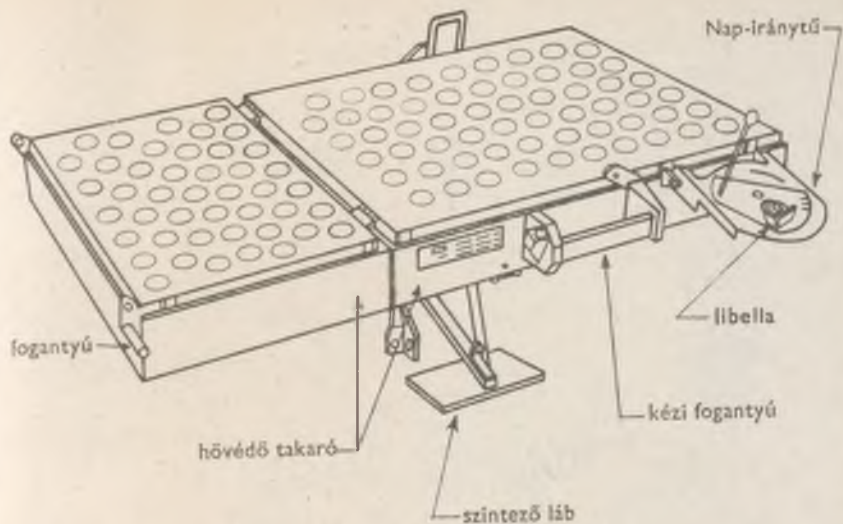
Az Apollo—12, —14, —15, —16 és —17 legénysége által elhelyezett ALSEP-műszer-csomagok feladata kiterjedt fizikai vizsgálatok végzése a Hold felszínén. Egy-egy ALSEP-kutatóegység összetétele alkalomról alkalomra változott. Az Apollo—16 legénysége által elhelyezett műszer-csomag például egy központi rádióadóból, egy plutónium izotópgenerátorból, napszélspektrométerből, hosszú élettartamú, háromtengelyű szeizmométerből és hőáramlásmérő műszerből áll (4. ábra). Az ALSEP-adó (a műszer-csomag központi rádióadója, 5. ábra) kristályoszillátorból áll, amely a VLBI-iránymérésekhez 13 cm-es hullámhosszúságú, fázisstabil jeleket szolgáltat. Az ALSEP-adók 2,3 GHz frekvencián sugároznak.

A lézertükrök és ALSEP-adók egymáshoz viszonyított elhelyezkedését a Hold felszínén a 6. ábra mutatja be.

2. ábra. Hold-lézer és VLBI-állomások eloszlása a Föld felszínén

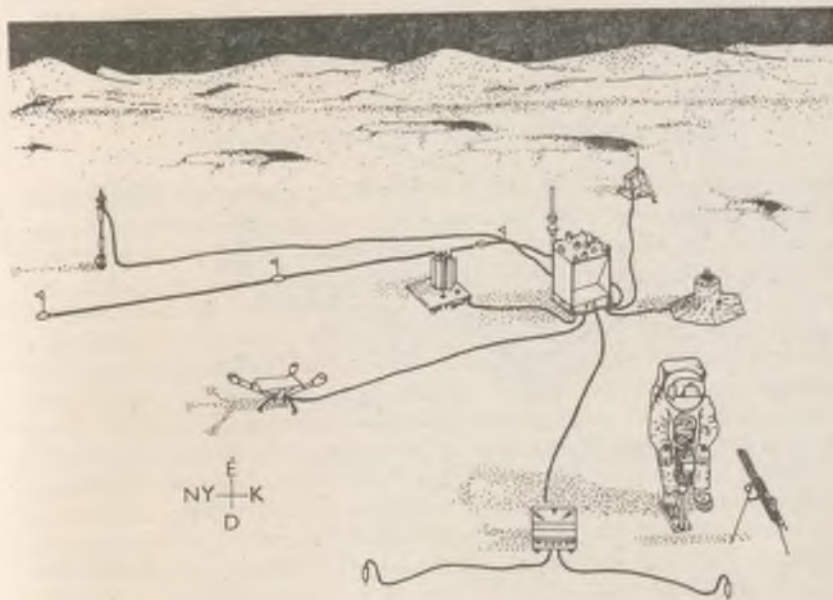


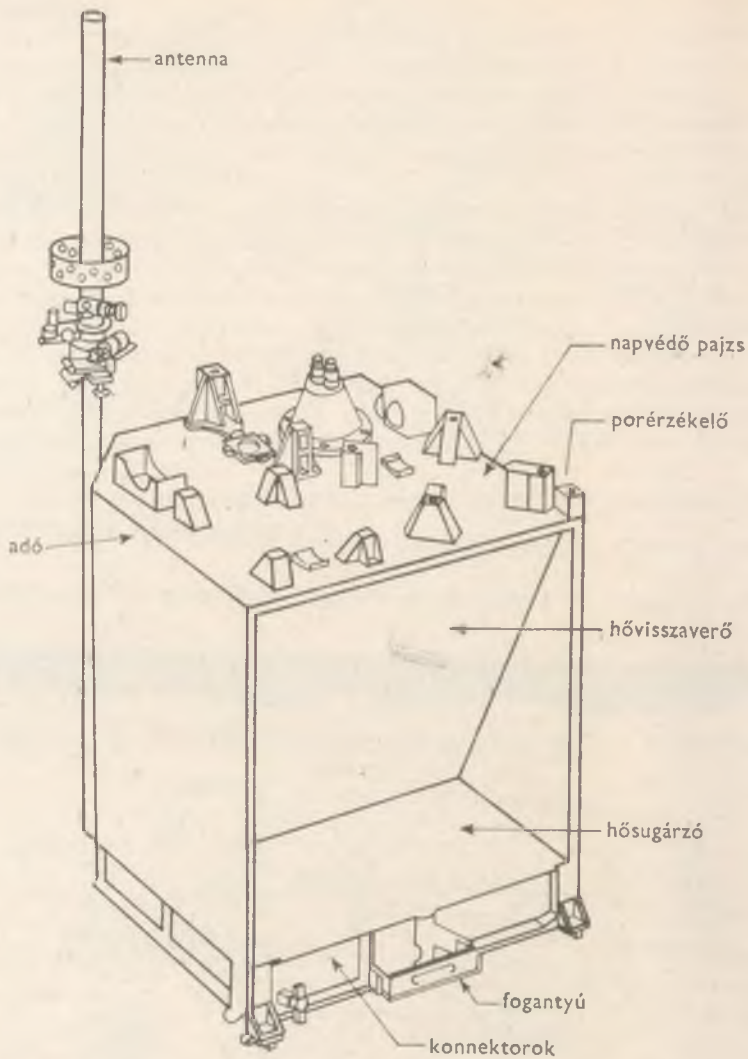
▲ Hold-lézer állomások ● VLBI-állomások



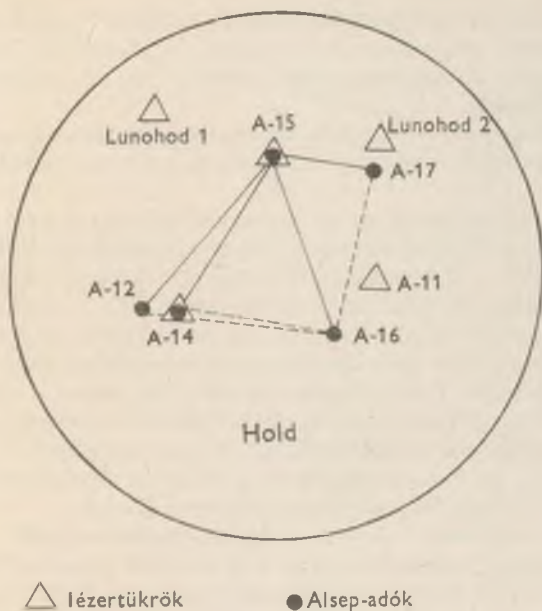
3. ábra. Az Apollo-15 leszállási helyén elhelyezett lézertűkőr távlati képe

4. ábra. Az Apollo-16 leszállási helyén elhelyezett ALSEP-műszer-csomag sematikus rajza





5. ábra. Az ALSEP-kutatóegységek központi rádióadója



△ lézertükrök ● Alsep-adók

6. ábra. A Hold felszínén levő lézertükrök és ALSEP-adók elhelyezkedésének vázlatos rajza

A Holdra történő lézeres és VLBI-mérések végrehajtása

A McDonald Observatórium Hold-lézere (rubinlézer) 3 ns idejű, 1,2 J energiájú fényimpulzust bocsát ki, 3 másodpercenként. Ezt az impulzust egy jó kollimátor úgy ereszti át, hogy a fénynyaláb egy körülbelül $2,7''$ -es nyílásszögű sugárkúpban jut el a Holdra, és ott néhány km^2 -es kiterjedésű — körülbelül 3—5 km átmérőjű — felszínét világít meg. A lézersugarat úgy irányítják, hogy a lézertükör körülbelül a megvilágított felület közepén legyen; így az odajutó fény nagyobb szóródás nélkül verődik vissza. A visszaverődő lézerefény a Föld felületén kb. 15—20 km átmérőjű területet világít meg. Ezt az adóállomáson egy 2,7 m átmérőjű távcsővel fogják fel. Egy-egy lövés 10^{18} fotont tartalmaz, amelyből a visszaverődés után körülbelül csak 30 foton jut be a 2,7 m átmérőjű távcsőbe. Az időmérési pontosság 1 ns, így a földi Hold-lézer és a Holdon elhelyezett lézertükör közötti távolság körülbelül ± 15 cm-es pontossággal határozható meg. Számos zavaró tényező miatt azonban a Lick Observatórium első mérései 1969 augusztusában csak ± 5 —15 méterre voltak pontosak. A McDonald observatórium első mérései is 2,5 m-es hibát tartalmaztak, majd

1969 októberében egy új készüléket állítottak fel ugyanitt, amely már ± 30 cm-es távolságmérési pontosságot tett lehetővé. A McDonald Obszervatórium jelenlegi méréseinek megbízhatósága ± 8 – 15 cm. A pontosság növelése ± 3 cm-ig lehetséges.

Megjegyezzük, hogy a Haleakala Obszervatórium Neodymium-YAG lézert használ, és Wettzell is ilyen lézert fog használni a Holdra történő lézeres méréseihez.

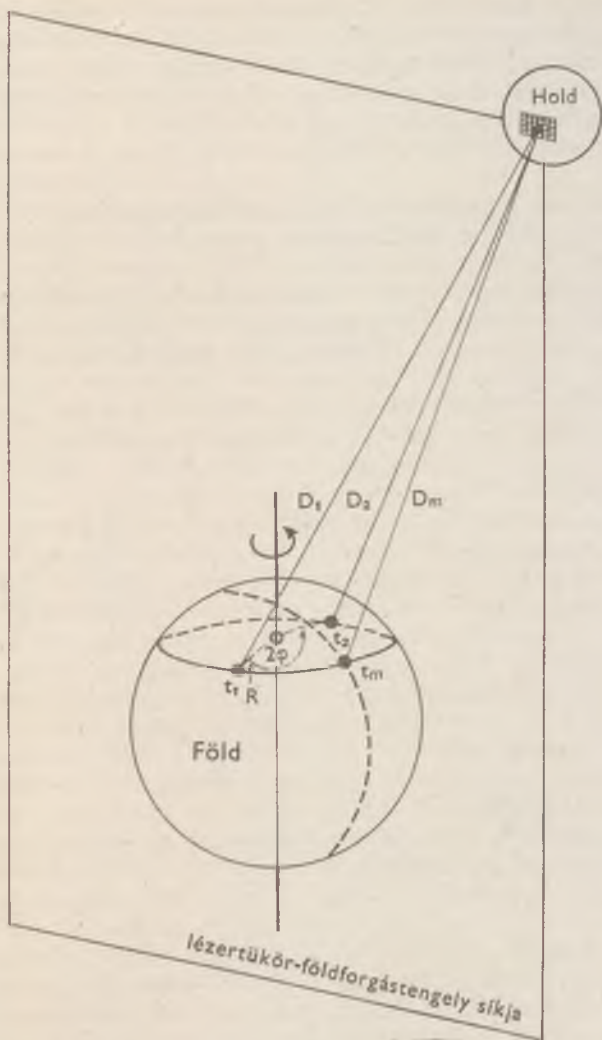
A további feldolgozási eljárás az, hogy a földi állomás és a lézertükör között az egy nap folyamán mért különböző távolságok közül egy értéket — a minimális távolságot — és a hozzátartozó időpontot viszik be a matematikai modellbe. Minimális távolság egy földi állomásról akkor mérhető, amikor az éppen áthalad a Föld forgástengelye és a lézertükör által meghatározott síkon (7. ábra). Mivel a lézer nem folyamatosan mér, általában nem „kapja el” az áthaladás időpontját. Ezért a legjobb megközelítés időpontja előtt és utána is (általában 3 vagy 4 órával) történik egy körülbelül 30–40 perces mérési sorozat, amely alapján már meghatározható a legjobb megközelítés t_m időpontja és a minimális D_m távolság. Az ismeretlen paraméterek meghatározása ezek után egy bonyolult statisztikus matematikai eljárással történik.

A Holdon elhelyezett tükrökre a lézeres távolságméréseket a McDonald állomáson végzik folyamatosan, 1969 óta. Havonta átlagosan 30, 1978 közepéig összesen 2300 sikeres távolságmérés történt. Az 1. táblázatban felsorolt többi obszervatóriumban csak kísérleti jelleggel folytat mérések, feldolgozható mérést a McDonald állomáson kívül Szimeiz végzett. Több állomás 1978. július 1-től tervezte a folyamatos mérések elkezdését. 1978 közepéig körülbelül 2500 jó minőségű mérési adat állt rendelkezésre. Az ismertetésre kerülő eredmények csak a McDonald Obszervatórium (és részben Szimeiz) által mért adatokra vonatkoznak.

A Holdon elhelyezkedő 5 ALSEP-adó lehetővé teszi a *szimultán interferometria* technikájának használatát (két VLBI-állomás egyidejű mérései). Ennek során a két ALSEP-adóról érkező jelek egyik állomáson észlelt fáziskülönbségből levonják a másik állomáson (ugyancsak az adott két ALSEP-adóról) észlelt jelek fáziskülönbségét. Az ily módon nyert, kétszeresen differenciált megfigyelési eredmény függ a két ALSEP-adó deklinációjának és rektaszenciájának különbségétől, továbbá ezen mennyiségek időbeli változásán keresztül a Hold fizikai librációjától is. A szimultán VLBI-észlelés viszonylag érzéketlen a Hold-pálya pozícióira, a megfigyelő VLBI-állomások koordinátáira, a műszerek instabilitására, a Föld légköre és ionoszférája által okozott hibákra, és minden olyan effektusra, amelyet a két VLBI-állomás egyenlő mértékben okoz.

Legújabbán a Jet Propulsion Laboratory nemcsak két ALSEP-adóra végez szimultán VLBI-mérést, hanem egy ALSEP-adóra és egy kvazárra is.

Az ALSEP VLBI-adatok 97 különböző — 1973 márciusa és 1974 júniusa közötti — nap észleléseiből származnak. Néhány, ezekből nyert eredményt



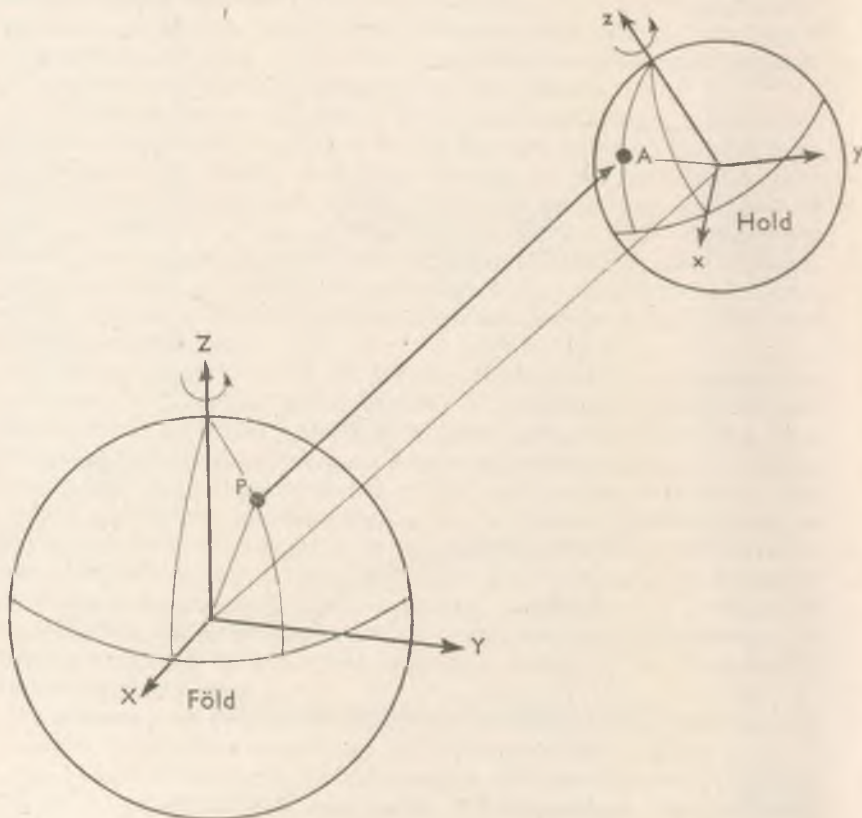
7. ábra. A Holdra történő lézeres mérés vázlata

majd ismertetni fogunk. A mérési bizonytalanság kisebb távolság esetén 1 méteren aluli, nagyobb távolság esetén 2—3 méteres eltérést eredményezett a relatív pozícióban a Hold felszínén. A kis távolság VLBI-észlelése tehát viszonylag érzéketlen a Hold fizikai librációjára, és a földi atmoszféra és ionoszféra differenciális effektusaira.

A Holdra történő lézeres és VLBI-mérések alkalmazásai és eredményei

A Holdra történő lézeres, illetve VLBI-mérések alapján az idő függvényeként rendelkezésünkre állnak a földi Hold-lézer és VLBI-állomásokat a Holdon elhelyezett lézertükrökkel és ALSEP-adókkal összekötő vektorok — az ún.

8. ábra. A Föld—Hold rendszer



topocentrikus vektorok — nagyságát (lézer), illetve irányát (VLBI-mérés) jellemző mértékszámok (8. ábra). A topocentrikus vektor nyilvánvalóan mindkét végének helyzetétől és mozgásától függ, következésképpen a vektor mindkét végének mozgása a Földről és a Holdról egyaránt alapvetően fontos információkat hordoz. A cél és feladat az, hogy ezen információkat kiszűrjük, s ezt elősegíti az a körülmény, hogy ezek az információk elvileg eléggé jól különválaszthatók.

A topocentrikus vektor hosszának, illetve irányának mérésével meghatározható minden olyan paraméter, amely a vektor mindkét végének mozgásával kapcsolatos, továbbá a mérhető mennyiségek meghatározásával megvizsgálható minden olyan jelenség, amely a mért adatokat a mérési pontosság erején felül befolyásolja. A folyamatos lézeres, valamint az ALSEP—ALSEP és az ALSEP—kvazár VLBI-mérésekkel tehát a Föld és a Hold kölcsönös helyzetét és mozgását megadó paraméterek határozhatók meg, egyre pontosabban. Ennek útja általában a következő (a lézeres mérések esetén):

A topocentrikus vektor nagyságának meghatározására a fizikai törvények alapján számítógépi modell (algoritmus) dolgozható ki. Ez alapján ki lehet számítani a vektor nagyságát, a távolságot mint az idő függvényét. Természetesen a számított távolság erősen függ a bemeneti paraméterektől, azaz a matematikai modell helyességétől. A szokásos eljárás az, hogy ezen paraméterek értékét alkalmas matematikai apparátussal (a legkisebb négyzetes kiegyenlítéssel) addig javítják, amíg a számított és ténylegesen megfigyelt mennyiségek közti eltérések — az úgynevezett távolságreziduálok — lehetőleg minél hosszabb időintervallumra vonatkozólag minimálisak nem lesznek. Ideális esetben ez a minimum a megfigyelések átlagos pontosságának felel meg, vagyis a Föld—Hold vektor mozgását megszabó paraméterek értéke a megfigyelési pontosság erejéig javítható. A javított paraméterrendszer alapján fejlettebb elméletek, új matematikai modellek dolgozhatók ki, amelyek aztán a további kutatás területeit és a szükséges műszerfejlesztési irányokat szabják meg. Az ismeretlen paraméterek szétválasztása és meghatározása a távolságreziduálok periódus szerinti elemzésével (spektrális analízis) történik. Ennek elvi lehetőségét az adja, hogy a különböző paraméterek hibája különböző periódusú reziduálokat eredményez. Míg például az obszervatórium Föld-forgástengelytől való távolságának és a legjobb megközelítés időpontjának hibája főleg egynapos periódusú távolságreziduálokat eredményez, addig a Hold pályaelemeinek bizonytalansága 14 és 28 nap periódusúakat; a pólusmozgás pedig féléves, éves, 14 hónapos és valószínűleg szekuláris tagokat hoz létre. Látható tehát, hogy alapvető művelet a matematikai modell alapján számított és a mérésekből ténylegesen meghatározott távolságok közti eltérések periódus szerinti elemzése.

A Holdra történő lézeres és differenciál ALSEP VLBI-mérések alkalmazási lehetőségeit *Mulholland és Calame* 1978. évi összeállítása alapján a 2. táblázatban adjuk meg. Az eddigi eredményeket a mérésekből meghatározott vek-

tor földi és holdi végének mozgásával kapcsolatos paraméterek szerinti csoportosításban tárgyaljuk.

A Holdra történő lézeres és VLBI-mérések „földi” alkalmazásai

Az észlelési vektor földi végének mozgását a következő tényezők határozzák meg:

- az obszervatóriumok földi helyzete (geocentrikus koordináták),
- a Föld forgássebesség-vektorának iránya és nagysága,
- egyéb geofizikai jelenségek (földi árapály, kéregmozgás stb.).

2. táblázat

Holdra történő lézeres és ALSEP VLBI-mérésekből meghatározható paraméterek és jelenségek

Paraméterek és jelenségek	Megkísérelt	Javítva	Jövőben
Hold-lézer és VLBI-állomások koordinátái, valamint bázisvonalak a Föld felszínén		X	
Lézertűkrök és ALSEP-adók szelenocentrikus koordinátái, valamint bázisvonalak a Hold felszínén		X	
Holdpálya-modell és kezdeti feltételek		X	
A Föld—Hold rendszer tömege		X	
„Árapály” gyorsulás a pálya közepes hosszúságában		X	
Relativisztikus ekvivalencia elv (Nordvedt-effektus)		X	
Holdi librációs modellek		X	
Holdi tehetetlenségi nyomatékok hányadosai		X	
A gravitáció időbeli változása	X		
Dinamikai napéjegylenlőség és ekliptikai ferdeség	X		
Hold nehézségi erőterének harmonikus együtthatói	(X)	(X)	X
I librációs amplitúdók és fázisok	X	(X)	
Hosszú periódusú tagok a Föld forgásában		(X)	X
UT0 és hosszúsági változások	X	(X)	
UT1 és póluskoordináták			X
Kontinentális eltolódás			X
Kéregmozgás			X
Q disszipációs együttható	X		

(X): a vizsgált jelenséggel kapcsolatosan csak néhány paramétert lehetett eddig meghatározni

A Hold-lézer állomások geocentrikus koordinátái

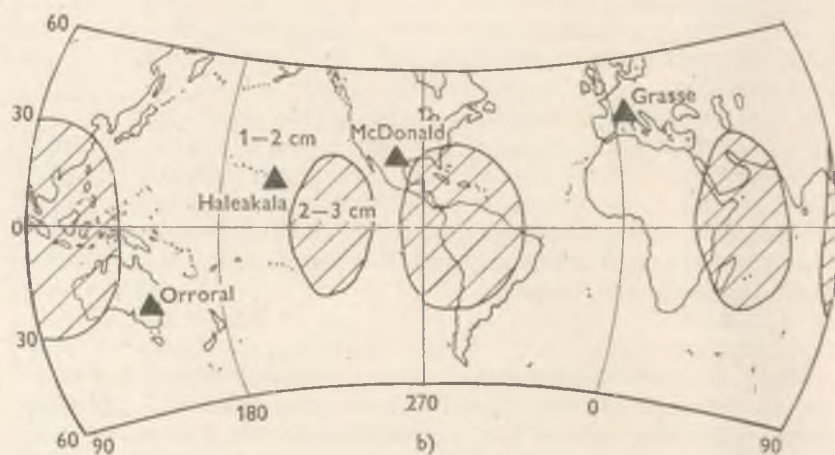
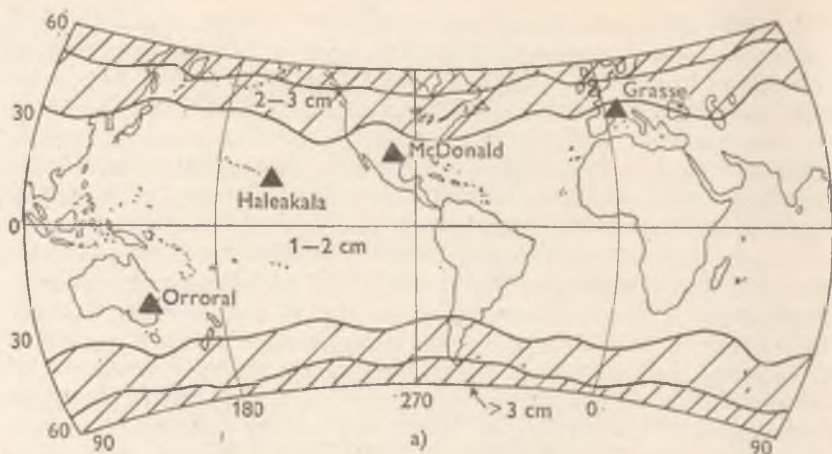
Már az első lézeres mérésekből is kiderült, hogy a McDonald és Lick Observatórium koordinátái hibásak, és ezeket megfelelően javítani kell. A lézeres méréseket 1969 óta folyamatosan végző McDonald-állomás geocentrikus koordinátáinak megbízhatósága jelenleg fél méter alatt van. A Szimeiz Observatórium koordinátáinak megbízhatósága csak néhány méter körüli, méréseinek kisebb pontossága és nem nagy száma következtében. A Holdra végzett lézeres mérésekből előzetesen meghatároztak egy földi bázisvonalat is, amely a McDonald-állomást köti össze a Krím-félszigeti Szimeiz-állomással (2. ábra). A húr hossza 9453,355 km, hibája 2,4—4 m között van, ami négyszor 10^{-7} relatív pontosságnak felel meg. Ez kiemelkedően jó érték. Ebből is látható, hogy a Holdra történő lézeres mérések a földi háromszögelési hálózatok méretegységének javítását teszik lehetővé. Ilyen mérésekkel is ellenőrizték például az eddig publikált legpontosabb geocentrikus kozmikus geodéziai koordinátarendszert, az NWL—9D Doppler-rendszert. Az ellenőrzés során bebizonyosodott, hogy az NWL—9D pontossága négyszor 10^{-7} , s így majdnem egy nagyságrenddel megbízhatóbb, mint más kozmikus geodéziai rendszerek. Az 1977-ben indult EROLD-kampányban részt vevő obszervatóriumok folyamatos lézeres mérései pedig önmagukban is egy független, nagy pontosságú — várhatóan 10^{-7} — 10^{-8} megbízhatóságú — geodéziai koordinátarendszer meghatározását fogják biztosítani.

Érdekes megemlíteni a McDonald Observatórium munkatársai által végzett modellszámítások eredményeit is. Ennek során a hordozható Hold-lézer állomások koordinátáinak meghatározási körülményeit vizsgálták (9. ábra). Megállapították, hogy a hordozható állomások koordinátái legalább olyan pontossággal határozhatók meg rögzített állomások segítségével, mint amekkorá a mérési megbízhatóságuk (megfelelő időjárási viszonyok és a pólusmozgás figyelembevétele mellett).

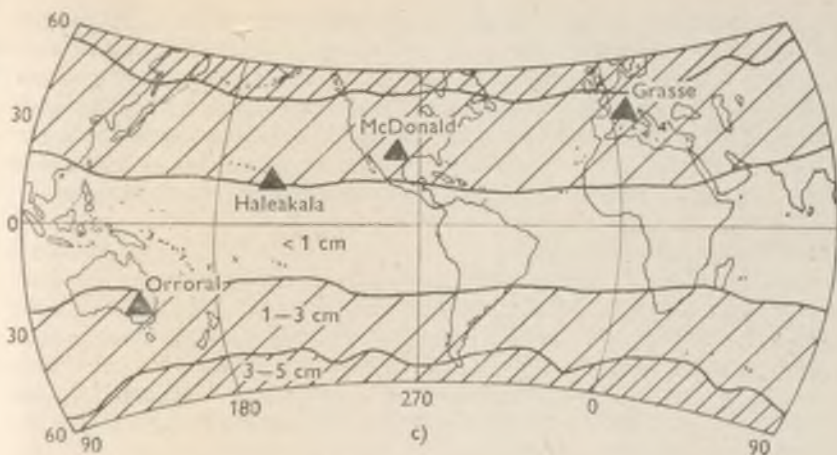
A Föld forgássebessége

Geodéziai helymeghatározásainkban a Föld forgástengelyének jelentős szerepe van. Geodéziai vonatkoztatási rendszerünk egyik alapeleme. A Föld forgási-sebesség-vektorának mind az iránya, mind a nagysága különböző változásokat mutat. A tengely körüli forgás segítségével mért idő skálája az UT0 jelzést kapta.

A technikai fejlődés eredményeként vált lehetővé, hogy az UT0-t egy független standarddal, az atomi idővel (AT) vessék össze, és megállapítsák változásait (10. ábra). Általában évszakos, irreguláris és szekuláris változásokat szokás megkülönböztetni. Ezek részletes vizsgálata számos érdekes geofizikai problémát rejt magában, melyek megoldása jelentős előrehaladást jelenthet a Föld dinamikájának megértésében. Ehhez elsősorban az szükséges, hogy a Föld tengely körüli forgásának segítségével mért időt, az UT0-t minél nagyobb pontossággal, folyamatosan mérvék. Hagyományos csillagászati mód-

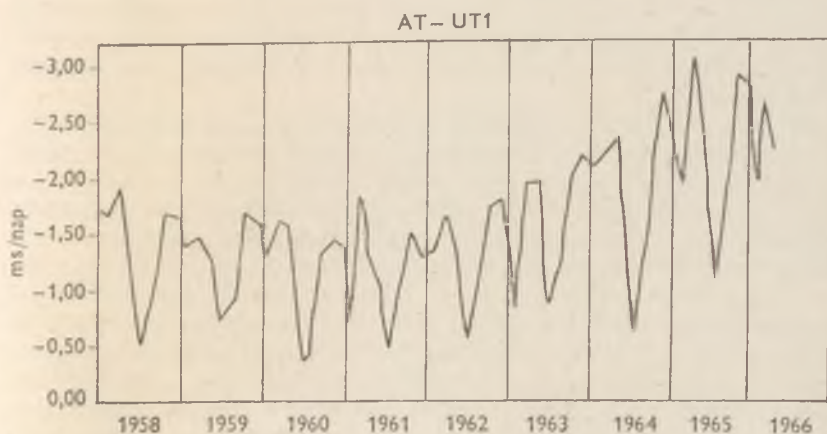


9. ábra. A négy rögzített állomás segítségével meghatározható a hordozható Holdlélő állomások koordinátái pontossági viszonyainak alakulása, a földrajzi helyzettől függően, ± 3 cm-es mérési pontosságot feltételezve
 Az a) ábra az egyenlítő síkjától meghatározható távolság megbízhatósági viszonyait,
 b) ábra a forgástengelytől való távolság,
 c) ábra a hosszúsági koordináta meghatározásának pontossági viszonyait tünteti fel



szerrel ez kb. ± 5 ms pontossággal lehetséges. A ± 15 cm-es pontosságú Holdlézérrel történő mérésekkel a forgástengely—lézertükör síkon való áthaladás időpontja $\pm 0,5$ ms-os hibával kapható meg. A ± 3 cm-es megbízhatóságú mérések az UT0 $\pm 100 \mu\text{s}$ -os pontosságú meghatározását teszik majd lehetővé.

A McDonald Observatórium az UT0-t több mint 200 napon keresztül $\pm 0,7$ ms-os pontossággal határozta meg, a legmegbízhatóbb érték ennél két-



10. ábra. AT — UT1 különbség

szerte pontosabb volt. Ha a Hold pályáját ismertnek tételezték fel, akkor $\pm 0,5$ ms volt a pontosság. Megjegyezzük, hogy az UT0-t kvazárokra végzett VLBI-mérésekből is meghatározták. Részletes összehasonlítást tettek a Holdra végzett lézeres és a kvazáros VLBI-mérésekből, valamint a távcsöves mérések alapján nyert BIH (Bureau International de l'Heure)-adatok között. Hatnapos intervallumra vonatkozólag a három különböző — egymástól teljesen független — mérési technika eredményei 1—2 ms-on belül egyeztek.

A Föld forgástengelyének iránya

A Föld forgástengelyének mozgása a bolygóközi térben a precesszióval és a nutációval írható le. Mindkét mozgás elméletileg jól kifejezhető, és előre jelezhető. Geodéziai szempontból jelentősebb az úgynevezett pólusmozgás vizsgálata (erről részletesen írt Büttner György a „Csillagászati Évkönyv 1979”-ben), amely a Föld tömegének a forgástengelyhez viszonyított elmozdulásait foglalja magában. Hatására folyamatosan változnak a földi pontoknak a forgástengelyhez viszonyított helyzetét kifejező földrajzi koordináták. A klasszikus csillagászati módszerrel a pólus helyzetét legjobb esetben is csak ± 1 — 2 m-es hibával lehet meghatározni. A Holdra történő lézeres mérések ennél egy nagyságrenddel pontosabb meghatározást biztosítanak, és a ± 3 cm-es mérési pontosság mellett már valószínűleg néhány cm-es megbízhatósággal le lehet majd írni a pólus pozícióit. Több állomásról történő ilyen pontoságú mérések alapján pedig remélhetőleg választ lehet adni arra vonatkozólag is, hogy milyen méretű pólusmozgást okozhat a földrengés, a földkéreg és a tenger árapálya, a meteorológiai effektusok, valamint például a széljárás. A Föld rugalmas tulajdonságaira és viszkozitására is kijelentéseket lehet majd tenni. Itt jegyezzük meg, hogy a ± 3 cm-es pontosságú mérések elemzésével a Föld belsejében lezajló folyamatok is jobban megismerhetővé válnak: például a folyadékszerű mozgások a külső földmagban, a dinamó-jelenség a Föld mágneses terénél, vagy a mag és a köpeny közötti csatolási mechanizmus.

Kiemeljük a kozmikus geodéziai Doppler-technika hatékony alkalmazását a pólusmozgás pontos követésére. E technika jelenleg ± 20 — 50 cm-es megbízhatósággal szolgáltatja a pólus koordinátáit.

Megjegyezzük, hogy a Holdra történő lézeres mérésekből a luniszoláris precesszió olyan pontossággal határozható meg, amelyet a pozíciós csillagászat klasszikus technikái már nem tudnak biztosítani.

Egyéb geofizikai jelenségek vizsgálata

A Holdra történő lézeres és VLBI-mérések lehetőséget biztosítanak a kontinensvándorlás és a kéregmozgás közvetlen vizsgálatára is, azzal, hogy segítségével két állomás relatív helyzetét, illetve a két állomás közötti távolságot pontosan meghatározhatjuk. Ahhoz, hogy a legtöbb információt nyerjük ki a lézeres mérésekből a kéregmozgásra vonatkozólag, legalább 6 vagy

8 Hold-lézer állomásra van szükség a nagyobb litoszféramezeken, és még további állomásokra, ha a lemezek egymáshoz viszonyított mozgását, a kontinensvándorlást is tanulmányozni kívánjuk. A vizsgálatokban a hordozható Hold-lézer állomások (± 3 cm mérési pontossággal) fontos szerepet fognak játszani, így a Holdra történő lézeres mérések a táblamozgási elméletek ellenőrzésére lesznek használhatók.

Bender az egyik konferencián állandó helyzetű (rögzített) és mozgatható Hold-lézer és VLBI-állomások együttes alkalmazását javasolta a kéregmozgás vizsgálatára, különösen a szeizmikus zónában és a tektonikus lemezek relatív mozgásának közvetlen mérésére. A mozgatható állomásokról a néhány naptól egy hónapig terjedő mérési periódus alatt történő mérések a rögzített állomásokról végzett mérésekkel együtt felhasználhatók a mozgatható állomások koordinátáinak meghatározására. Mindkét technika (a Hold-lézer és a VLBI) — valamint a Földünk körül keringő mesterséges holdakra történő nagypontosságú lézeres távolságmérések is — alkalmas a szeizmikus zónákon belüli és körüli ellenőrző pontok nagypontosságú alaphálózatának kialakítására. Ezáltal az egymástól független három technika összehasonlítására is lehetőség kínálkozik. A hálózati pontok minden évben újra mérhetők, és így az időbeli változások kimutathatók lesznek.

A Holdra történő lézeres és VLBI-mérések „holdi” alkalmazásai

Az észlelési vektor holdi végének mozgásával a következő paraméterek kapcsolatosak:

- a Holdon bemért pontok szelenocentrikus koordinátái,
- a Hold pályája (a Hold tömegközéppontjának geocentrikus koordinátái) és
- szelenofizikai jelenségek (librációs paraméterek, holdi árapály stb.).

Az eddig elért eredményeket a fenti csoportosítás szerint tárgyaljuk.

A lézertükrök és az ALSEP-adók szelenocentrikus koordinátái

A Hold-lézer és VLBI-mérések alapján meghatározták a három amerikai lézertükrök és az öt ALSEP-adó szelenocentrikus koordinátáit. A használt koordinátarendszer x tengelye a Föld felé mutat, és a legkisebb tehetetlenségi nyomaték (A) tengelyével esik egybe; a z tengely észak felé mutat és a legnagyobb tehetetlenségi nyomaték (C) tengelyével azonos; az y tengely pedig a harmadik tehetetlenségi tengellyel (B) esik egybe. A koordinátarendszer kezdőpontja a Hold tömegközéppontja. A rendszer jobbsodrású (8. ábra).

A koordináták meghatározásakor az A—15 lézertükrök koordinátáit rögzítették, amelyet csupán a lézeres adatokból határoztak meg. Az ALSEP-adók koordinátáit az A—12, —14, —16, —17-nek az A—15 ALSEP-adóhoz viszonyított szimultán VLBI-észleléseiből kapták meg, mivel az A—15 ALSEP-adó relatív helyzete az A—15 lézertükrökhöz képest ismert az Apollo—15

keringő egységének fotogrammetrikus meghatározásából. Egyidejűleg a másik két lézertűkör koordinátáit is meghatározták. Hogy ellenőrizzék az eredményeket, egy másik, független meghatározást is végeztek: ennek során az A—12, —14, —16 és —17 koordinátáit határozták meg szimultán interferometrikus mérésekből, úgy, hogy az A—16 koordinátáit rögzítették (az előző megoldásból vették át). Például az A-12—A-14 180 km-es szakasz a két meghatározás során csak körülbelül 3 m-es eltérést mutatott mindegyik koordinátában (3×10^{-5} pontosság). A nagyobb holdi bázisvonalak esetében az x koordinátában 20 m-es, az y és z koordinátákban pedig csak mintegy 10 m-es eltérések mutatkoztak. A nyolc pontból álló szelenodéziai hálózat máris ellenőrző hálózatként használható a holdi fotogrammetrikus háromszögeléshez: ugyanis az 51 000 Apollo-kép alapján meghatározott pontok koordinátáinak abszolút megbízhatósága ± 45 m körül van.

Megjegyezzük, hogy a három lézertűkör koordinátáinak pontosságát a lézeres mérések kezdetén körülbelül ± 1 km-re becsülték. A most meghatározott értékek tehát két nagyságrenddel megbízhatóbbak, és ez még lényegesen javulni fog; tehát igen pontos szelenodéziai ellenőrző hálózat fejleszthető ki a Hold felszínén a további holdi topográfiai (azaz a *szelenográfiai*) felmérésekhez.

A Hold-pálya állandó javítása

A legjobb efemerida 1969-ben a Föld—Hold távolságban km-es nagyságrendű hibát eredményezett. Jelenleg a Hold tömegközéppontjának geocentrikus helyzete ± 25 m-re pontos, azaz majdnem három nagyságrenddel megbízhatóbb lett. E téren is várható javulás főleg a szimultán ALSEP—kvazár VLBI-észlelésektől. A Hold pályájának egyre pontosabb meghatározása nemcsak égi mechanikai, csillagászati érdekességű; a Föld—Hold távolság egyre pontosabb meghatározásának *űrkutatói és űrrepülési szempontból* van óriási gyakorlati jelentősége. A távolság megbízhatóbb ismerete ugyanis lehetővé teszi a holdrakéták, bolygóközi rakéták és bolygószondák pontosabb pályaszámítását. A megbízhatóbb pályákra állításukhoz pontosabban megtervezhető a szükséges energiamennyiség, ezáltal a felbocsátásukhoz szükséges energia csökkenthető, illetve növelhető a hasznos teher.

Megjegyezzük, hogy a Föld—Hold távolság időbeli változásának igen nagy jelentősége van az alapvető fizikai elméletek (például az általános relativitás elméletének Brans—Dicke-féle változata) kísérleti felülvizsgálatánál. Az általános relativitáselmélet Brans—Dicke-féle változata az „általános gravitációs állandó” időbeli csökkenésével számol. Ha valóban létezik a Brans és Dicke által feltételezett csökkenés, akkor a Hold periódusideje $2-6 \times 10^{-11}$ részével kell hogy növekedjen évenként, az árapály-súrlódásból adódó $12-13 \times 10^{-11}$ /év növekedésén felül. Az irodalom alapján a Föld—Hold távolság változásánál évente 2—4 cm körüli értékekről beszélhetünk. A több évig folyamatosan történő, ± 3 cm megbízhatóságú Hold-lézer mérések és

az ALSEP—kvazár VLBI-észlelések lehetőséget adhatnak a kérdés megválaszolására.

Egyéb szelenofizikai jelenségek vizsgálata

Mint ismeretes, a Hold tengelyforgásának ideje megegyezik a Föld körüli keringési idejével, így a Hold mindig ugyanazt az oldalát mutatja a Föld felé. Mivel a Hold-pálya kissé excentrikus és bizonyos szöget zár be mind az ekliptikával, mind a Föld egyenlítői síkjával, így a Földről nézve a Hold helyzete kis változásokat mutat. Ezt *optikai vagy geometriai librációnak* nevezük, ami csak látszólagos jelenség. Megkülönböztetünk *hosszúsági és szélességi librációt*. Az előzőt az okozza, hogy a Hold tengelyforgásának szögsebessége nagyjából változatlan, a Föld körüli keringés szögsebessége azonban a pályaellipszis különböző pontjain más és más. A szélességi libráció oka pedig az, hogy a Hold-pálya mintegy 5° -kal hajlik az ekliptikához, legfőbb tehetetlenségi tengelye pedig $1,5^\circ$ -kal a pálya pólusához hajlik; így néha kissé az északi, máskor a déli pólusra van rálátásunk. A libráció hatásaként a Földről nem a holdgömb felét, hanem annak mintegy hattized részét látjuk.

A *fizikai librációnak* nevezett jelenség a Holdnak a forgástengelye körüli kismértékű „billegéséből” adódik, ami a Föld vonzásából származik. A Hold-ellipszoid nagytengelye ugyanis nem esik egybe a Föld és a Hold tömegközéppontjait összekötő egyenessel (ettől $0,3^\circ$ -kal keletre eltér), a Föld viszont a két tömegközéppontot összekötő egyenes irányába akarja visszahúzni.

Mivel a lézertükrök és az ALSEP-adók a Hold felszínén jól elkülönítve vannak elhelyezve (a φ -ben és λ -ban $6\text{--}40^\circ$ -os különbségek vannak), így a mérések lehetővé teszik a holdi librációk pontos meghatározását.

A McDonald Observatóriumban 1969 augusztusa és 1975 decembere között 1740 mérést végeztek a három Apollo és a Lunohod—2 lézertükörre. Az adatfeldolgozások során a több mint 40 ismeretlen paraméter között a librációs együtthatók is szerepeltek. Az optikai libráció meghatározásakor a λ hosszúsági koordinátában 2,9 éves periódusú, $1,8''$ -es amplitúdójú változást; a φ szélességben pedig $0,4''$ -es és $7,7''$ -es amplitúdójú változást tapasztaltak 27,3 napon, illetve 75 éves periódussal.

A fizikai librációt a tehetetlenségi nyomatékok egymáshoz viszonyított arányával fejezik ki a $\beta = (C-A)/B$ és a $\gamma = (B-A)/C$ paraméterekkel. A β paraméter a legnagyobb és a legkisebb tehetetlenségi nyomaték különbségének a közepes tehetetlenségi nyomatékkal való hányadosa, a γ a közepes és a legkisebb tehetetlenségi nyomaték különbségének a legnagyobb tehetetlenségi nyomatékhoz viszonyított aránya. A Hold-lézer és az ALSEP VLBI-mérésekkel ezeket igen nagy megbízhatósággal — 10^{-7} — 10^{-8} pontossággal — határozták meg. A $\beta = (631,27 \pm 0,03) \times 10^{-6}$ a VLBI- és Hold-lézer mérések kombinációjából; viszont egyedül a lézeres mérésekből csak egy nagyságrenddel kisebb pontossággal határozták meg: $\beta = (631,3 \pm 0,3) \times 10^{-6}$. A γ -t csak a Hold-lézer mérésekből határozták meg, értéke $\gamma =$

$= (227,7 \pm 0,7) \times 10^{-6}$. A librációs paraméterek és a Hold mesterséges holdjainak beméréseiből meghatározott J_2 másodrendű tömegfüggvény alapján a C/MR^2 tehetetlenségi nyomatékra az eddigi legpontosabb értéket nyerték: $C/MR^2 = 0,392 \pm 0,003$. Ennek egyre megbízhatóbb meghatározása különösen fontos, mert a tehetetlenségi nyomaték a belső sűrűségváltozásra ad némi támpontot. Ha a sűrűség állandó lenne, akkor $0,4 MR^2$ lenne a C tehetetlenségi nyomaték. A Holdra nyert $0,392$ érték ettől szinte alig különbözik.

A Hold gravitációs erőterének $(n,m) = 3$ -ig terjedő szférikus harmonikus együtthatóit is meghatározták a VLBI- és Hold-lézer mérésekből: a kapott értékek jó egyezésben vannak a mesterséges holdak beméréseiből nyert adatokkal. Továbbá ezek a mérések a Föld—Hold tömeg és a gravitációs konstans szorzatának 2×10^{-7} pontosságú ismeretét is eredményezték. A Föld—Hold tömegnek a Nap tömegéhez viszonyított arányára $N/(F + H) = 328900,50 \pm \pm 0,03$ érték adódott.

Várható távlati fejlődés

A Holdra történő folyamatos lézeres mérések és a szimultán ALSEP—ALSEP továbbá kvazár—ALSEP VLBI-észlelések az eddig elért eredmények még jóval megbízhatóbb meghatározását fogják biztosítani. Számos, a Holdhoz és a Földhöz, illetve a Föld—Hold rendszerhez kapcsolódó jelenség megfigyelhető lesz, és új megvilágításba kerülhet a Hold és a Föld fizikája.

A bemutatott differenciális VLBI-technika alkalmazható a bolygók vonatkozásában is. Az ALSEP-adókhöz hasonló, más bolygókon (például a Marson) vagy a bolygók körül keringő mesterséges holdakon elhelyezendő rádióforrásokra, valamint ezekre és a kvazároktól történő differenciális VLBI-mérések jól kiegészíthetők a bolygók körül keringő mesterséges holdak — más mérési technikákon alapuló — észleléseit, és ezek pályáinak földi Doppleres beméréseit. E technikák alkalmazásával a bolygók geodéziai és geofizikai paramétereinek pontos meghatározása biztosítható, s ezáltal a bolygók dinamikája még jobban megismerhető lesz. Így — Counselman, Hinteregger és Shapiro véleménye szerint — a differenciális VLBI-technika felhasználható a bolygók nehézségi erőter-paramétereinek becslésére, valamint ezek finomítására, a bolygók forgássebesség-vektorának meghatározására, és a bolygók irányának $\pm 0,001''$ pontossággal történő meghatározására. Alkalmazható lesz például (néhány m/s pontossággal) a szelek mérésére a Vénusz alsó légkörében is. Meghatározható a Naprendszer térbeli elhelyezkedése a kvazárok által definiált (és a VLBI-mérések alapján igen nagy megbízhatósággal meghatározható) inerciális koordináta-rendszerben.

TÁVOLSÁGMÉRÉS A TEJÚTRENSZERBEN

A csillagok és egyéb égitestek távolságának meghatározása a csillagászat egyik alapvető feladata. A távolságmérés nemcsak az Univerzum szerkezetére, az anyag térbeli eloszlására vonatkozó ismereteink szempontjából nélkülözhetetlen, hanem az egyes objektumok fizikai állapotának felderítéséhez is. Miután a különböző fizikai kölcsönhatások különböző léptékek, méretek mellett válnak uralkodóvá a természetben, sem a Naprendszer, a csillagok és galaxisok felépítése, sem az őket kormányzó erők és azok forrásai nem volnának érthetőek méreteik ismerete nélkül.

De tisztán geometriai szemszögből nézve is, ha meg akarjuk ismerni saját csillagrendszerünk felépítését, akkor az égbolton „két dimenzióban” élénk tároló képből meg kell konstruálnunk a térbeli szerkezetet, ehhez pedig a rendszert alkotó égitestek távolságát is meg kell valamilyen módon mérnünk. Nem csoda, hogy a Tejútrendszer megismerésének története jórészt az egyre nagyobb hatótávú és egyre megbízhatóbb távolságmeghatározási eljárások története. Az alkalmazott távolságmérési eljárásokat *geometriai, fotometriai és egyéb módszerekre* osztjuk.

Geometriai távolságmérési módszerek

Mintegy 50 parszek távolságon belül a csillagok távolságát az ún. *parallaktikus ellipszis* segítségével határozzák meg, amelyen — a Föld Nap körüli keringése folytán — ezek az égitestek mozogni látszanak a nagyon távoli csillagokhoz képest (*trigonometriai parallaxis*). A szóban forgó ellipszispálya szögátmérője még a legjobb esetben is csak mintegy századrésze annak, amit szabad szemmel érzékelné lehetne, azaz igen finom iránymérésekre van szükség. (Ezeket általában úgy hajtják végre, hogy speciálisan készített, hosszú fókusztávolságú teleszkópokkal, közel félféves eltérésekkel lefényképezik a vizsgált égi területet, és a fényképlemezen mérik ki a parallaktikus elmozdulásokat.) Mint tudjuk, parallaktikus szögnek azt a szöget nevezzük, amely alatt valamely megadott bázishossz egy bizonyos távolságból látszik. Esetünkben az alaphossz a csillag-

szati egység, 1 Cs. E. = $1,495\,978\,70 \times 10^{11}$ m, és azt a π szöget, amely alatt az égitestről a Nap—Föld középtávolság merőleges Nap—Föld—égitest szög alatt látszik, nevezzük az objektum évi parallaxisának. Innen származik a csillagászatban általánosan használt távolságegység, a parszek (pc) is. Definiáció szerint tőlünk 1 pc távolságra van az a csillag, amelynek parallaxisa 1". (1pc = 3,263 fényév = 206 265 Cs. E.)

A csillagok parallaktikus elmozdulásának kimutatása azonban meglehetősen nehéz feladat. Egyáltalán azt, hogy egyes csillagok változtatják helyüket az égbolton, először csak 1718-ban tudta kimutatni *E. Halley*. De azt, hogy ez az évi parallaktikus elmozdulásból eredne, nem sikerült bizonyítania. Pedig az évi parallaktikus elmozdulás megméréseivel már korábban is sokan próbálkoztak (pl. 1669-ben Hooke, 1704-ben Olaf Römer). Ilyen próbálkozás közben fedezte fel *J. Bradley* 1728-ban az aberrációt. (A Föld változó irányú keringési sebessége következtében létrejövő évi aberráció jóval nagyobb, mint a csillagok parallaktikus elmozdulása. Ezt a parallaxis mérésekor természetesen figyelembe kell venni.)

Az előreláthatólag elég nagy parallaxisú, tehát közeli csillagokat nyilván a legfényesebb vagy legnagyobb sajátmozgással rendelkező csillagok között kell keresni. Emellett egy igen halvány, és ugyanakkor semmiféle mérhető elmozdulással sem rendelkező csillag távolsága valószínűleg olyan nagy, hogy ezen csillag, valamint egy fényesebb, nagyobb sajátmozgással rendelkező csillag relatív parallaxisa igen jól megközelíti a közelebbi égitest abszolút parallaxisát. 1838-ban *F. W. Bessel* ilyen összehasonlító módszerrel mérte meg egy nem túl fényes, de feltűnően nagy sajátmozgással rendelkező csillag — a 61 Cygni — parallaxisát ($\pm 0,3$). Még ugyanebben az évben *W. Struve* és *Th. Henderson* a Vega és az α Centauri parallaxisát határozta meg. Azóta kb. 6000 csillag parallaxisát mérték meg Bessel módszerével. Az eljárást

1. táblázat

Néhány ismertebb csillag parallaxisa

Csillag neve	Parallaxis	Távolság (pc)
Proxima Centauri	$0,762 \pm 0,005$	1,3
Sirius	$0,375 \pm 0,006$	2,7
Vega	$0,123 \pm 0,008$	8,1
Arcturus	$0,085 \pm 0,006$	11,8
Capella	$0,073 \pm 0,006$	13,7
Aldebaran	$0,048 \pm 0,006$	20,8
Regulus	$0,039 \pm 0,011$	25,6
Antares	$0,028 \pm 0,009$	35,7

jelenleg elsősorban fotografikusan alkalmazzák. A középhiba $0'',01-0'',02$. (A nagyobbik értéknek megfelelő pontossággal mért, azonos értékű parallaxis esetén a csillag legvalószínűbb távolsága 50 pc, de $1/2$ annak a valószínűsége, hogy a távolság kisebb, mint 38 pc vagy nagyobb, mint 77 pc!)

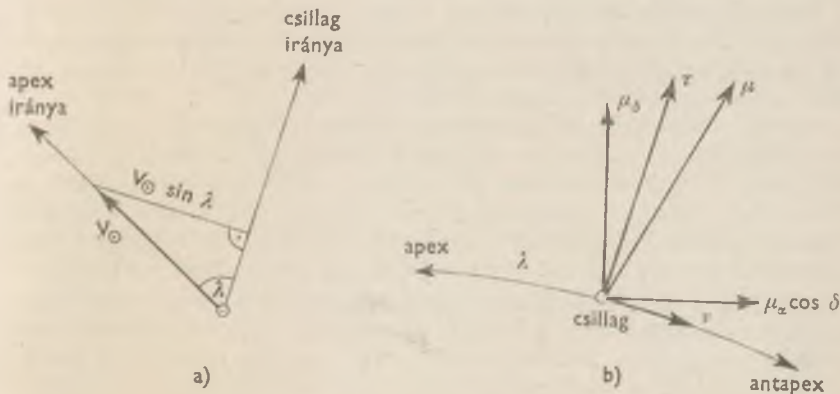
10 pc sugarú gömbön belül kb. 100 csillagot ismerünk. Ebben a tartományban sincs azonban még minden csillag felfedezve. Ezt pl. onnan látjuk, hogy míg a 4 pc és 5 pc sugarú gömbök térfogatának aránya $1:1,95$, addig a hozzánk 4, illetve 5 pc-nél közelebb fekvő ismert csillagok számának aránya csak $1:1,65$.

50—100 parszeknél nagyobb távolságok mérésére is vállalkozhatunk geometriai módszerekkel. Még 1783-ban *W. Herschel* a csillagok látóvonalirányára merőleges elmozdulásának tanulmányozása közben a következő jelenséget vette észre: az égbolton észlelt sajátmozgások — bizonyos véletlenszerűen ingadozó eltérésektől eltekintve — olyan eloszlásúak, hogy a csillagok a Hercules csillagkép egy pontjától (apex) távolodnak, ennek szférikus tükröképéhez (antapex) pedig közelednek. Ezt a jelenséget Herschel — helyesen — úgy értelmezte, hogy a Nap a környező csillagok rendszerének súlypontjához képest az apex irányában mozog. (A mozgás sebességének ma ismert értéke $V_{\odot} = 20$ km/s.) Így újabb lehetőség nyílik a csillagok távolságának „háromszögölés” meghatározására (1. ábra). Bázisul választhatjuk ui. a Nap hosszabb idő (T) — akár több évtized vagy évszázad — alatt megtett $V_{\odot}T$ útját

1. ábra. A szekuláris parallaxismérés szemléltetése

a) A Nap sebességének a látóvonalra merőleges komponense tükröződik a csillag sajátmozgásában

b) A szekuláris parallaxismérés szempontjából a csillagok μ sajátmozgását az ekvatoriális koordináta-rendszerben mért $\mu, \mu_{\alpha} \cos \delta$ komponensek helyett célszerűbb a csillagon és az apexen átmenő gömbi főkör érintőjébe eső és arra merőleges összetevőkre felbontani (ν, τ)



(pl. egy évtizednek 6,3 milliárd km felel meg!), és innen kiindulva a távolságmérés tartományát akár 5000 pc-ig is kiterjeszhetjük. Ez az ún. *szekuláris parallaxis* módszer a csillagok sajátmozgása miatt azonban csak statisztikusan alkalmazható. Például olyan csillagcsoportra, amelyről feltételezhetjük, hogy tagjai tőlünk gyakorlatilag egyforma távolságban vannak, és pekuláris elmozdulásaik véletlenszerű, nulla várható értékű eloszlást mutatnak. Ha Napunk nem mozogna a csillagcsoport nyugalmi koordináta-rendszerében, a csillagok szférikus elmozdulásának oka csupán pekuláris sebességük lenne. A Nap fent leírt mozgása miatt azonban ehhez hozzáadódik még a szekuláris parallaxikus elmozdulás-komponens is. (Ugyanez áll a sebességkomponensekre is: $V = V_s + V_p$). Ha a csillagcsoportra nézve a pekuláris mozgások eredője nulla, akkor fennáll az alábbi egyenlőség:

$$TV_{\odot} = \frac{T \sum_{n=1}^N V_n}{N} = \frac{T \sum V_{sn}}{N} + \frac{T \sum V_{pn}}{N} = \frac{T \sum V_{sn}}{N}$$

Itt N a csillagcsoport tagjainak száma, V_n az egyes csillagok eredő sebessége, V_{sn} , illetve V_{pn} pedig ennek szekuláris, illetve pekuláris komponense.

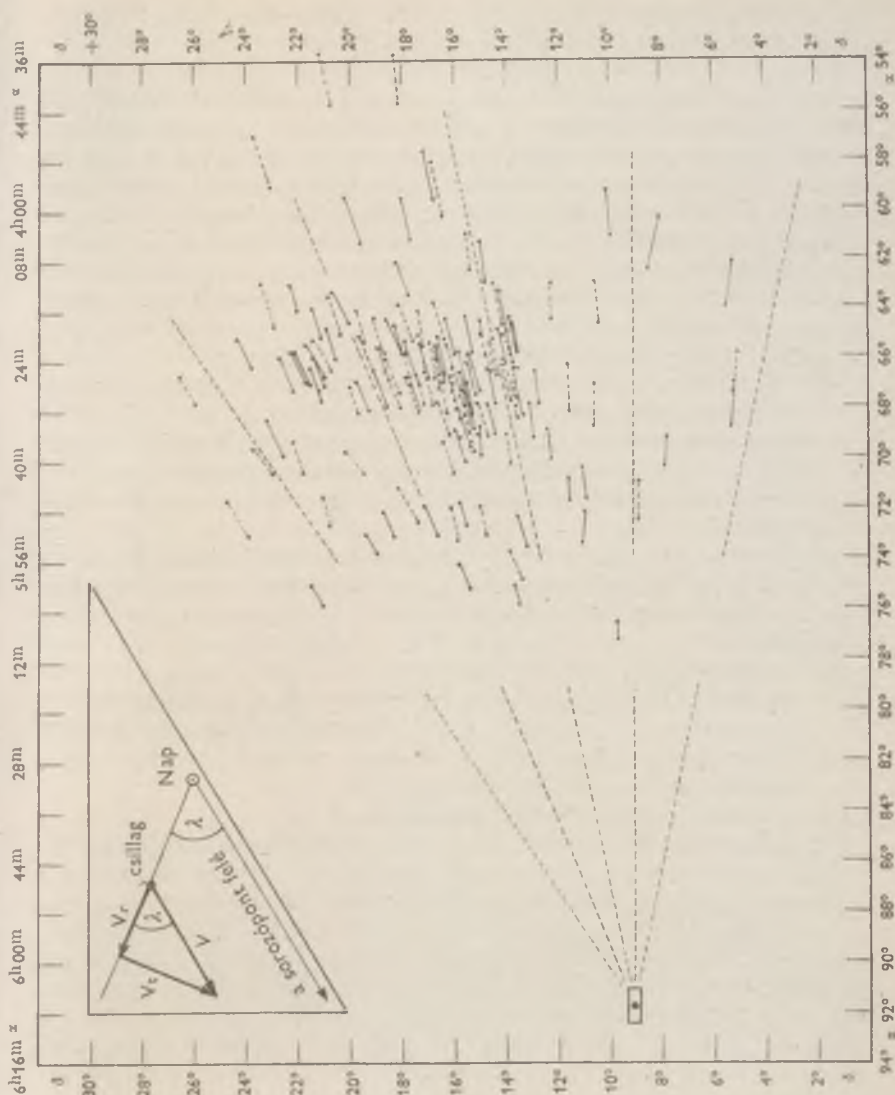
Ha fentiek teljesülnek, akkor a csillagcsoport átlagos szekuláris parallaxisa ($\bar{\pi}_s$) és arra a gömbi főkörre eső átlagos sajátmozgás-komponense (\bar{v}) között, amelyik átmegy az apexen és a csillagcsoport középpontján, fennáll a következő összefüggés:

$$\bar{\pi}'' = 4,74 \frac{v'' \sin \lambda}{\sin^2 \lambda} V_{\odot}^{-1}$$

(Itt λ a csillagcsoport szögtávolsága az apextől, 4,74 pedig a kilométerekben kifejezett csillagászati egység és a másodpercekben mért év hányadosa.)

Parallaxismérésre azonban nemcsak a Nap, hanem a nem túl távoli csillag-halmazok szisztematikus mozgása is felhasználható. Ha a csillagok egy csoportja párhuzamos pályákon azonos sebességgel mozog, akkor távolságuk (d) a következő megfontolás alapján határozható meg:

Miután a csoporthoz tartozó csillagok sebessége megegyezik, a mért sajátmozgások gömbi sugársort (a gömb egy pontjára illeszkedő főkörívek) alkotnak. Ilyen csillagcsoportosulások pl. a Hyadok, a Plejádok, a Nagy Medve és a Scorpio—Centaurus csillagáram. Ha v_r -rel, illetve v_t -vel jelöljük a mozgási halmaz tagjainak radiális, illetve tangenciális sebességét, λ -val a konvergencia-pont és a mérendő távolságú csillag iránya közötti szöget és végül μ -vel ugyanazon csillag T_1 , illetve T_2 időpontokban mért pozíciója közötti szögeltérést, akkor (mint ahogy az a 2. ábrából jól látható) fennállnak a következő összefüggések:



2. ábra. A Hyadokhoz tartozó csillagok párhuzamos térbeli pályákon haladnak mintegy 45 km/s-os sebességgel. Mivel a halmaz távolsága csak 40,7 pc, a sajátmozgásuk jól kivehető sugársort alkotnak, és a csillagáram-parallaxis módszer megbízhatóan alkalmazható. (Az ábra betéje sematikus szemléltetést ad a geometriai viszonyokról.)

$$v_i/v_r = \operatorname{tg} \lambda;$$

$$v_i(T_2 - T_1)/d = \operatorname{tg} \mu;$$

és így

$$d = v_r(T_2 - T_1) \operatorname{tg} \lambda / \operatorname{tg} \mu$$

Az így kapott úgynevezett *csillagáram-parallaxis* hatótávolsága szintén körülbelül 5 kpc, de a módszer sajnos csak kevés esetben alkalmazható. Legpontosabban a viszonylag közeli Hyadok távolsága határozható meg vele. A módszer alapján végzett és jelenleg legjobbnak tekintett mérések szerint $d = 40,7$ pc.

Miután — mint később látni fogjuk (2. táblázat) — a halmaz távolságára különböző módszerekkel eléggé eltérő értékeket kapunk, jelenleg a Hyadok csillagáram-parallaxisának felülvizsgálata is folyamatban van. (Mindenekelőtt a Leander McCormick, a Yerkes és a Lick obszervatóriumok valamint a bécsi egyetemi csillagászati intézet vesznek részt benne.) Az eljárás egzakt alkalmazhatósága az alábbi három feltétel teljesülését követeli meg:

- A csillagcsoport nem forog, nem húzódik össze és nem expandál. (A tagok sebességvektorai valóban párhuzamosak.)
- A radiális sebességek és a sajátmozgások eléggé kiemelkednek a háttérből ahhoz, hogy a csoporttagságot megbízhatóan megállapíthassuk.
- A sajátmozgások rendszere szisztematikus hibák nélküli, valódi inercia-rendszer.

A valóságos kép nem ilyen ideális; a jelenlegi erőfeszítések jórészt arra irányulnak, hogy mind nagyobb pontossággal megállapíthassuk: milyen mértékig teljesül a fenti három feltétel. A munkának az ad különösen erős hangsúlyt, hogy a Hyadoknak elsőrendű kalibrációs jelentősége van egy egész sor fontos területen. Nevezetesen:

- a galaktikus távolsághála úgynevezett nullpontjának megadásánál;
- a másodlagos távolságmeghatározási módszerek kalibrálásánál;
- a szuperóriások, OB-csillagok és pekuliáris szinképű csillagok luminozitásának meghatározásánál;
- a standard nullkorú fősorozat „hitelesítésénél”;
- a modellszámítások alapján levezetett H—R-diagram ellenőrzésénél.

A csillagáram-parallaxis módszer sajnos csak néhány esetben alkalmazható (a megfelelő objektumok ritkasága miatt). Elméleti hatótávolsága kb. 5 kpc.

Jórészt geometriai módszert használhatunk olyan kettőscsillagok távolságának meghatározásánál is, amelyeknél a komponensek képe a távcsőben még jól megkülönböztethető. Ezek az ún. vizuális kettőscsillagok. Ebben az esetben mérni tudjuk az égbolton a pályaellipszis vetületét, továbbá a keringés periódusát is. A vetületből egyszerűen visszaállítható (szögmértékben) a valódi pálya nagytengelye (pl. a Zwiers-féle eljárással); a III. Kepler-törvény szerint pedig

$$a^3 = (M_1 + M_2)P^2$$

(a: a relatív pálya félnagytengelye csillagászati egységben, M_1 a komponensek tömege naptömegben kifejezve, P az években mért keringési periódus). Miután

a periódust közvetlenül mérni tudjuk, $M_1 + M_2$ értékére megfelelő becslést találva, az előbbi összefüggésből a-t hosszegységben is megkaphatjuk, tehát — mivel a nagytengely szögméretét már ismerjük — a kettőscsillag távolsága egyszerűen kiszámítható.

A csillagok tömegének szórása az egyéb állapothatározókéhoz (pl. rádiusz, luminozítás) képest viszonylag kicsi. Fokozottan igaz ez a kettőscsillagok komponenseinek tömegösszegére, amelynek értéke általában $0,5$ és $5M_{\odot}$ között ingadozik. A becslés további pontosítását teszi lehetővé a széles körben alkalmazható tömeg-luminozítás (L) reláció, amely szerint* $L \sim M^3$. Így a látszó fényesség (i) a luminozítás és a távolság függvénye: $i = f(L, r)$. A komponensek tömegösszegére valamilyen „józan” értéke (leggyakrabban $2M_{\odot}$) feltételezve, és a P periódust mérve, kiszámítjuk a rendszer távolságát. A távolság és a látszólagos fényesség alapján meghatározzuk a komponensek abszolút fényességét, ebből pedig a tömeg—luminozítás reláció alapján tömegüket. Most már ezt az értéket használjuk a III. Kepler-törvényben, újabb, már jobb távolságbecslést kapunk, és így haladunk szukcesszív approximációval tovább, egészen addig, amíg a két egymás utáni becslés közötti javítás már elhanyagolható. Ezt az eljárást, amellyel eddig közel 3000 kettőscsillag távolságát határozták már meg, nevezzük *dinamikus parallaxis* módszernek. Hatótávolsága jelenlegi lehetőségeink mellett körülbelül 200 pc.

J. H. Oort munkássága nyomán 1927 óta tudjuk, hogy Tejútrendszerünk differenciális rotációt végez. (Napunk keringési sebessége pl. 250 km/s, egy körülfutási periódus 250 millió évig tart.) Ha meghatározzuk az R galaktocentrikus távolsággal változó szögsebességgel keringő csillagoknak (és egyéb objektumoknak) a Naphoz képest fellépő sebességét, akkor a radiális komponensre a

$$v_r = A \cdot r \sin 2l$$

a tangenciális komponensre pedig a

$$v_t = A \cdot r \cos 2l + B r$$

összefüggést kapjuk, ahol l a megfigyelt csillag galaktikus hosszúsága, r a parszekekben mért távolsága, A és B pedig a nevezetes Oort-féle konstansok, amelyek lényegében azt adják meg, hogy mennyire tér el a merev testétől a Tejútrendszer rotációja. Az IAU által „hivatalosan ajánlott” alapkonsztansok rendszerében:

* Az összefüggést trigonometriai parallaxissal rendelkező kettőscsillagok, továbbá ún. spektroszkópiai fedési változók segítségével vezethetjük le. (Utóbbi esetben a fénygörbe és a radiális sebesség görbéje alapján a keringési periódus, a komponensek tömege valamint csillagászati egységekben mért középtávolsága a rendszer parallaxisának ismerete nélkül is meghatározható.)

$$R_{\odot} = 10 \text{ kpc}$$

$$V_{\odot} = 250 \text{ km/s}$$

$$A = 15 \text{ kms}^{-1}/\text{kpc}$$

$$B = -10 \text{ kms}^{-1}/\text{kpc}$$

(Ezek az értékek azonban még távolról sem tekinthetők véglegesen meghatározottnak.)

A fenti Oort-féle összefüggéseket szintén felhasználhatjuk az égitestek távolságának v_r és v_t mért értékei alapján történő meghatározására. A pekuliáris — azaz az általános rotációs képtől eltérő — mozgások miatt ezt az ún. *rotációs parallaxis*-módszert is csak statisztikusan alkalmazhatjuk (hasonló megfontolások alapján, mint a szekuláris parallaxist).

Fotometriai módszerek

A geometriai távolságmérési módszerek használhatósági határán és alkalmazhatósági körén kívül (mind közvetlen, mind átvitt értelemben) általában fotometriai—spektroszkópiai eljárásokat használunk az égitestek távolságának meghatározására. Ezek az égitestek látszólagos és abszolút fényessége közötti különbség megállapításán alapulnak. A látszólagos fényesség — adott színtartományban — a következő három tényezőtől függ:

- az égitest valódi (abszolút) fényességétől, azaz az időegység alatt kisugárzott fényenergiától;
- az égitest távolságától;
- annak a közegnek a fényelnyelésétől, amelyen keresztül az égitest fénye hozzánk jut.

Ha tehát ismerjük az objektumok abszolút fényességét és a fény esetleges elnyelésének mértékét, akkor a látszólagos fényesség megmérése útján kiszámíthatjuk távolságukat is.

Az abszolút fényrend definíciójának folyományaként az $m-M$ távolság-modulusból

$$\log r = -\log \pi = 0,2(m-M + 5),$$

ahol r a parszekekben mért távolság, π az ívmásodpercekben kifejezett parallaxis, M az abszolút magnitúdó és m a fényelnyelésre korrigált látszólagos fényrend ($m = m_{\text{mért}} - \alpha \cdot r$, ha az abszorbeáló közeg homogén).

A különböző fotometriai távolságmérési módszerek lényegében az abszolút fényesség meghatározásának módjában térnek el egymástól. Már azzal az igen durva feltevéssel is, hogy minden csillag luminozitása egyforma, és a látszólagos fényességbeli eltéréseket a különböző távolságok okozzák, használható eredmény jött ki. *W. Herschel* a 19. század elején ilyen feltevés alapján végzett sztellarstatisztikai vizsgálatokat, és felfedezte, hogy Napunk egy nagy kiterjedésű, de véges, lencse alakú csillagrendszer tagja.

A mai követelményeknek megfelelő fotometriai távolságméréshez azonban elengedhetetlen az abszolút fényességek ismerete. Szerencsére a csillagok színe, és még inkább színképe, megfelelően kódolt formában információt nyújt a luminozitásról, sőt az esetleges fénygyengítés mértékéről is. A kódot a geometriai eljárásokkal megmérhető távolságú objektumok segítségével fejthetjük meg.

Russell 1905-től, Hertzsprung 1913-tól vizsgálta geometriailag ismert távolságú csillagok abszolút fényességének függését a színképosztálytól, azaz első közelítésben a felszíni hőmérséklettől. Azt találták, hogy a csillagok a fényesség—színképosztály-diagramon csak jól körülhatárolt sávok mentén helyezkednek el. (Hasonló eredményt kapunk akkor is, ha a színképosztály helyett megfelelő színindexeket használunk.) Miután a Hertzsprung—Russell-diagram a közepes és késői színképtípusokra több értékű, és a csillagközi fényelnyelés mind az objektumok látszólagos fényességét, mind a színét megváltoztathatja, spektroszkópiai parallaxist egyedi csillagokra csak úgy határozhatunk meg, ha kihasználjuk az ún. kétparaméteres spektrálklasszifikáció adta lehetőségeket. Csak első közelítésben igaz ugyanis, hogy a csillag színképe a felszíni hőmérséklet (és a kémiai összetétel) függvénye. A spektrum finomabb sajátosságait a fotoszféra sűrűsége (és a sűrűséggradiens) is befolyásolja. A sűrűség pedig függ a felszíni gravitációs gyorsulástól. A nagyluminozitású (mert ugyanolyan felszíni hőmérséklet mellett jóval nagyobb térfogatú) óriáscsillagok légkörének az a része, ahonnan a hozzánk eljutó fény döntő többsége származik, a kisebb felszíni gravitációs gyorsulás miatt már sokkal ritkább, mint a H—R-diagram főágához tartozó csillagoké, így olyan spektrális jegyek keletkeznek (pl. egyes nyomásra érzékeny vonalak profiljában, illetve intenzitásában), amelyek alapján az ugyanolyan színképtípusú, de eltérő fényességi osztályba tartozó csillagok jól megkülönböztethetők egymástól. A spektroszkópiai parallaxismérés hatótávolsága az abszolút magnitúdó függvénye (pl. A0 V típusú csillagokra kb. 2 kpc) relatív hibája (a távolságtól és színképtípustól függően) 20—60%. Megjegyezzük, hogy a fényességi osztályok megfelelően kiválasztott közepes sáv szélességű fotometriai rendszerekben (pl. a Strömgren-féle u b v y , H_β vagy H_γ) történő észlelések segítségével is meghatározhatók, és így a módszer hatótávolsága kb. 5 kpc-ig tolható ki.

A kozmikus (tehát objektíve jelen levő) és mérési szórás, továbbá a különböző lehetséges szisztematikus hibák következtében a spektroszkópiai parallaxis módszere mezőcsillagokra alkalmazva eléggé pontatlan eredményt ad. Ezért a fotometriai távolságmeghatározás terén is igen nagy jelentősége van a csillaghalmozatoknak, mivel tagjaik tőlünk gyakorlatilag mind azonos távolságra vannak, és így az individuális mérési adatok közepelhetők. A halmaztagok „kollektív” távolságának meghatározásánál alapvető szerepet játszik a látszólagos színek és fényességek alapján felrajzolt szín—fényesség diagram, melynek elhelyekedéséből mind a halmaz távolsága, mind az esetleges interstelláris fényelnyelés mértéke leolvasható.

A módszer hatékonyságát az a szerencsés körülmény is biztosítja, hogy Tejútrendszerünkben — az esetek nagy többségében — azonos mérvű fényelnyelés azonos mértékű elszíneződéssel jár. A nemzetközileg legelterjedtebb Johnson-féle UBV háromszínfotometriai rendszerben

$$A(V) = 3,0E(B-V) \text{ és} \\ E(U-B) = x \cdot E(B-V) + 0,05E^2(B-V),$$

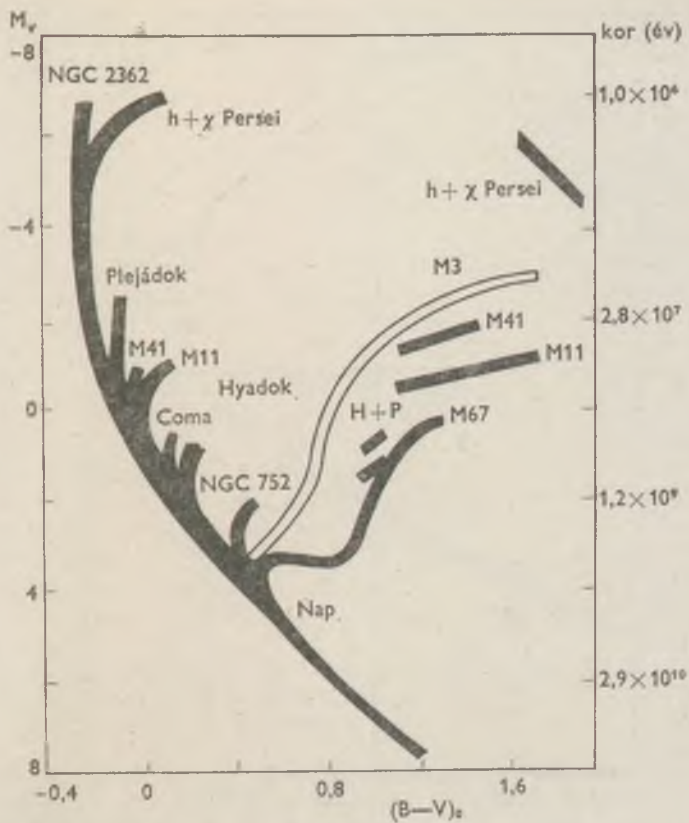
ahol $A(V)$ a V színtartományban jelentkező (magnitúdókban mért) abszorpció, $E(B-V)$, illetve $E(U-B)$ a hosszuhullámú, illetve rövidhullámú színindexek* színexcesszusa (azaz a valódi és az észlelt színindex különbsége), az x arányossági tényező pedig a csillagok valódi színének függvénye (az O -csillagoknál értéke 0,72 és ez a csökkenő felszíni hőmérséklettel 0,62-ig csökken).

Mint ahogy azt néhány ismertebb nyílthalmaz és az M3 jelű gömbthalmaz egyesített szín—fényesség diagramja is mutatja (3. ábra), az egyes halmazokhoz tartozó diagramok közös bal oldali burkoló görbével rendelkeznek, amelytől — különböző abszolút fényességeknél — jobb felé elhajolnak. A jelenség a különböző tömegű csillagok eltérő fejlődési sebességében leli magyarázatát. Bár keletkezésük után (tömegüktől függő magasságban) mindannyian az említett közös vonalon — az ún. nullkorú fősorozaton (angol eredetű rövidítéssel: ZAMS) — helyezkednek el, öregedésük hatására annál gyorsabban változik meg eredeti színük és fényességük, minél nagyobb a kezdőtömegük. Így minél idősebb egy halmaz, annál kisebb abszolút fényességnél jelentkezik már az eredeti szín—fényesség diagram módosulása. Valamely csillagthalmaz UBV-fotometriájának elvégzése és hosszú- valamint rövidhullámhosszú szín—fényesség diagramjának ($V, B-V$ illetve $B, U-B$) felrajzolása után távolságát — *W. Becker* nyomán — a következőképp határozhatjuk meg: A nullkorú fősorozatot az alábbi két mellékfeltétel szem előtt tartásával önmagával párhuzamosan az abszcissa és az ordináta mentén addig toljuk, míg az a legjobban nem illeszkedik a még elfejlődési effektust nem mutató halmazcsillagokhoz:

- A távolságmodulusnak azonosnak kell lennie mindkét szín—fényesség diagramon.
- Az eltolásból eredő $E(B-V)$ és $E(U-B)$ színexcesszusoknak eleget kell tenniük a fentebb tárgyalt elszíneződési (vörösödési) törvénynek.

Az eljárás sémáját a 4. ábra mutatja. Mint ahogy azt a rajzon is érzékeltettük, az elsősorban korai színektípusú csillagokat tartalmazó halmazok esetében

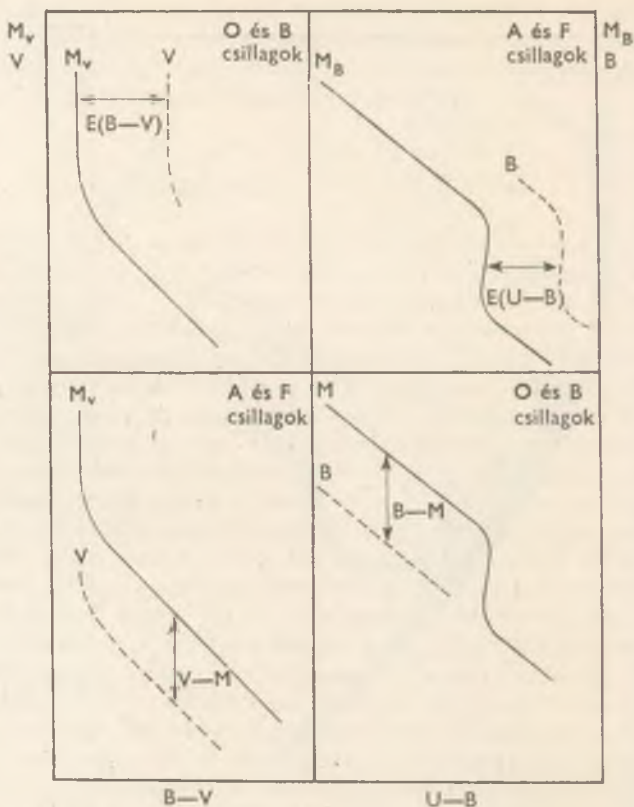
* A színindex definíció szerint az objektum két különböző színtartományban mért látszólagos magnitúdójának különbsége. Nemzetközi konvenció értelmében mindig a rövidebb hullámhosszú értékből vonjuk ki a hosszabb hullámhosszút (pl. ultrabolya mínusz kék). Ha a színindex pozitív, akkor a csillag a hosszabb hullámhosszon, ha negatív, akkor a rövidebb hullámhosszon sugároz intenzívebben. A színindex nullpontját is nemzetközi megegyezés szabályozza.



3. ábra. Különböző nyílthalmazok (és az M3 gömbhalmaz) szín—fényesség diagramjai. A függőleges tengelyen a csillagok abszolút fényrendjét, a vízszintes pedig valódi szín-indexüket tüntettük fel az UBV színrendszerben. A halmazok kora főáguk elhajlási pontjának magasságából becsülhető

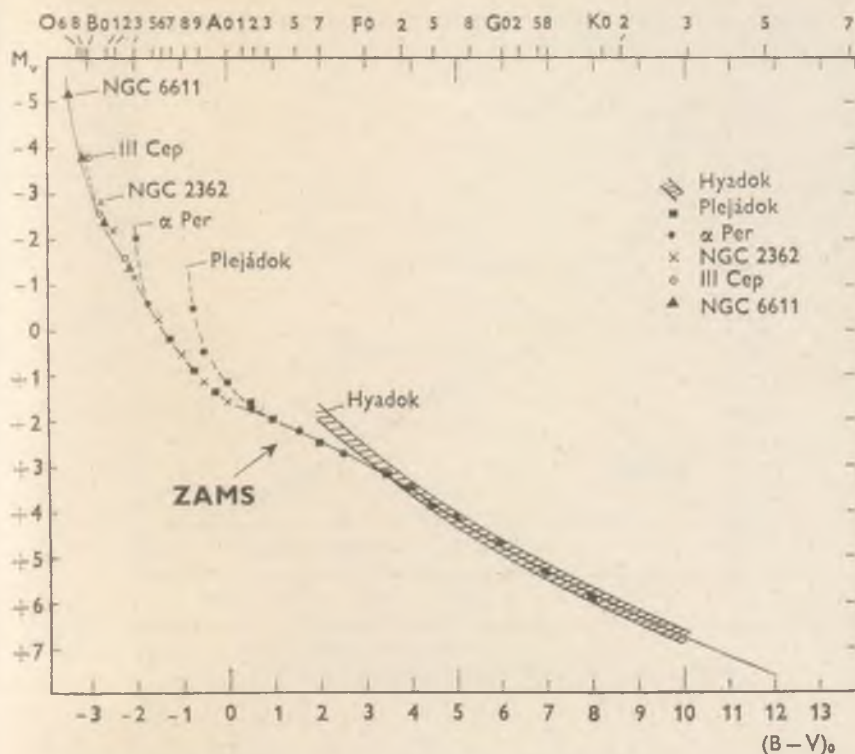
a távolságmodulust a rövidhullámú, a színexcesszust (és ezzel a fényelnyelést) pedig a hosszuhullámú diagram alapján lehet pontosabban megállapítani; az olyan halmazok esetén viszont, amelyek ilyen csillagokat nem tartalmaznak, fordított a helyzet. Nyitva maradt még a kérdés, hogy hogyan lehet minél pontosabban meghatározni a nullkorú fősorozat helyét valamilyen (pl. az UBV) színrendszeren belül az abszolút fényrend — valódi színindex koordináta-rendszerben? Az eljárás — A. Blaauw nyomán — a következő:

Kiindulásul vesszük a Hyadokat (kalibrációs jelentőségét már korábban ki-



4. ábra. A nullkorú fősorozat helyzetére támaszkodó Becker-féle háromszín-fotometria távolságmeghatározási eljárás sémája

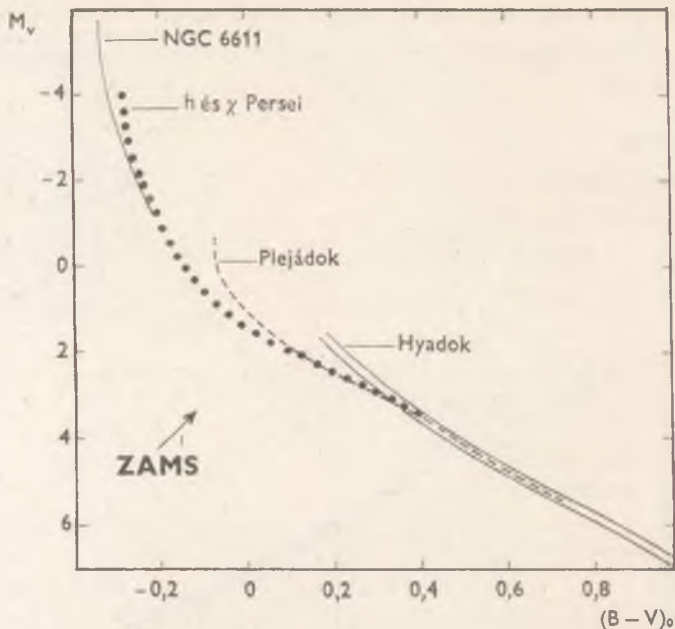
emeltük), hiszen ennek a halmaznak a távolságát geometriai módszerekkel megbízhatóan meg tudjuk mérni, és így a halmaztagok abszolút fényessége is ismert. Mivel azonban a Hyadok csak viszonylag késői csillagokat tartalmaznak (A7—K), a nullkorú fősorozat korai csillagokat felölő részét csupán több lépésben tudjuk megszerkeszteni. Blaauw a Hyadok „csonka” fősorozatát először a Plejádokkal egészítette ki. Ez a halmaz fiatalabb az előzőnél, ezért a nullkorú fősorozat segítségével nagyobb abszolút fényességeig követhető, ugyanakkor F és G típusú csillagai teljes fedésbe hozhatók a Hyadok megfelelő tagjaival. (A halmaz elegendően idős ahhoz, hogy ezek a kisebb tömegű csillagok is már a fősorozaton vannak.) Az egyre fiatalabb halmazok felé



5. ábra. A nullkorú főszorozat (ZAMS) lefutásának meghatározása az $M_v, (B-V)_0$ koordináta-rendszerben, a Hyadok és fiatalabb nyílthalmazok főágainak illesztése útján (Blaauw nyomán)

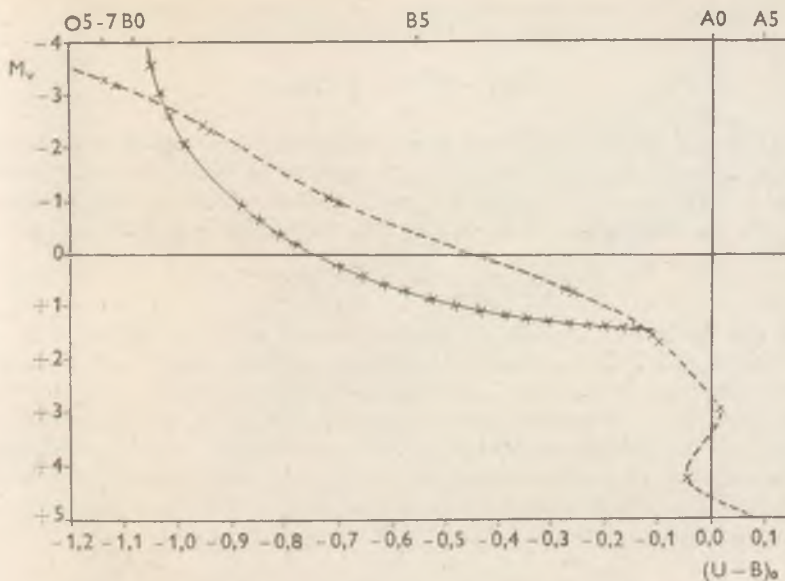
haladva a Plejádokhoz az α Persei, az NGC 2362 és a III. Cephei illeszthető olyan módon, hogy főszorozataik nullkorúnak számító részének alsó vége még az előző halmazéval esik egybe, felső része pedig egyre nagyobb tömegű csillagokat fog át. A Blaauw-féle sort az NGC 6611 zárja. Ezzel az igen fiatal nyílthalmazzal már a főszorozat legnagyobb luminozitású csillagai is elérhetőek (5. ábra).

Blaauw a nullkorú főszorozat meghatározását (a fenti konstrukció segítségével) a hatvanas évek elején végezte el, később ugyan *N. Vogt* kimutatta, hogy a Plejádok és az NGC 6611 közötti rész egyedül a h és χ Persei kettős csillaghalmazzal is áthidalható (6. ábra), de a végeredmény nem változott. A Blaauw-féle ZAMS-szal szemben 1976-ban *O. J. Eggen* támasztott komolyabb



6. ábra. A nullkorú főszorozat megszerkesztése Vogt nyomán

aggályokat, aki az új Carson-féle opacitásokat használó csillagmodell-számolások és *D. L. Crawford*, illetve munkatársai által a 70-es években végzett közepes sávszélességű valamint H_{β} fotometriai mérések alapján arra a következtetésre jutott, hogy a korai csillagokra vonatkozóan (kb. B8-ig) a valódi nullkorú főszorozat jelentősen eltér a Blaauw-félettől (7. ábra). Eggen szerint a különbség oka elsősorban az, hogy a Plejádokban már valamivel kisebb tömegű csillagok is elfejlődtek a ZAMS-tól, mint azt korábban gondolták. Igaza van-e Eggennek, vagy nincs, még nem eldöntött kérdés. A probléma mielőbbi megoldása mindenesetre alapvető fontosságú, hiszen a nullkorú főszorozat döntő szerepet játszik a csillaghalmazok távolságának meghatározásában, és ezen keresztül az egész galaktikus (sőt extragalaktikus) távolságskála felállításában. *5 kpc körüli távolságokig a legpontosabb távolságmérés a nyílthalmazok segítségével érhető el.* Szerencsére viszonylag nagy számban vannak jelen (becsléseink szerint mintegy 15 ezer található belőlük a Tejútrendszerben), így igen kiterjedten használhatók, és fontos szerepet játszanak több további fotometriai távolságmeghatározási módszer — így a nevezetes *periódus—fényesség reláció* — kalibrálásában is.



7. ábra. A Blaauw-féle (szaggatott vonal) és az Eggen-féle nullkorú fősorozatok el-
térése az $M_v, (U-B)_0$ koordinátarendszerben

1908 és 1912 között *Henrietta Leavitt* a Magellán felhők hosszúperiódusú cefeidáit vizsgálva, ezek $m = 1/2 (m_{\max} + m_{\min})$ közepes látszólagos fényessége és P periódusa között kvázilineáris összefüggést talált, amelyet a későbbi megfigyelések is megerősítettek. Mivel az extragalaxisokban az egyes csillagok közötti távolságkülönbség a tőlünk mért távolsághoz képest elhanyagolható, a fenti összefüggés nyilván az abszolút magnitúdókra is fennáll. A Kis Magellán Felhő 207 cefeidájából a vizuális magnitúdókra megállapított $m = C - 1^m,74 \cdot \log P$ relációban ezért már csupán a C konstans értékét kell valamilyen egyéb módszerrel meghatározni. Ha ez sikerül, akkor minden olyan alakzat távolságát, amelyben vagy amelynek közelében cefeida található, meg tudjuk mérni.

Az első eredményt ezen a téren Hertzsprung vizsgálatai szolgáltatták, aki 13 viszonylag közeli cefeida sajátmozgásából szekuláris parallaxis módszerrel a $P = 6,6$ esetre $M = -2,^m3 \pm 0,3$ abszolút fényességet kapott. A későbbiekben elvégzett pontosabb vizsgálatok, amelyekben már a populációs különbségeket is figyelembe vették, az alábbi eredményhez vezettek: A I. populációs cefeidák periódus—fényesség relációja

$$M_V = -1^M_{.67} - 2,54 \log P, \text{ illetve}$$

$$M_B = -1^M_{.33} - 2,25 \log P.$$

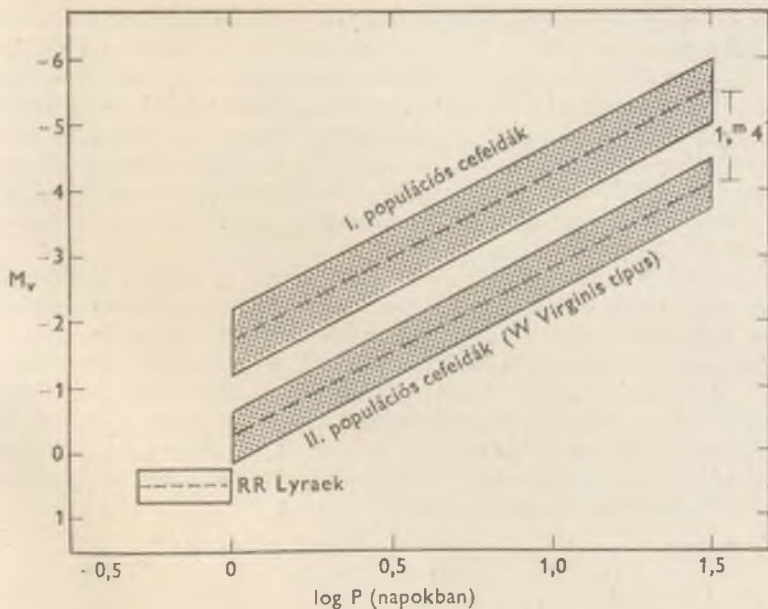
A II. populációs cefeidákra vonatkozó megfelelő összefüggések a fentiekkel nagyjából párhuzamosan haladnak, de ugyanolyan periódus mellett mintegy 1,^m5-val halványabb abszolút magnitúdókat adnak (a nullponteltérés miatt). Az összefüggést itt a bolometrikus fényrendre is meghatározták:

$$M_{b,01} = -0,07 - 2,67 \log P.$$

Az első esetben az összefüggés „meredeksége” — *H. C. Arp* nyomán — a Kis Magellán Felhők cefeidáiból származik, a nullpont pedig — *A. Sandage*, *R. P. Kraft*, *M. Schmidt* és *G. A. Tammann* vizsgálatai alapján — olyan nyílthalmazok (pl. h és χ Persei, NGC 7790) cefeidáin nyugszik, amelyek távolságát az előbbieken¹ ismertett háromszín-fotometriai módszerrel sikerült meghatározni. (A nullkorú fősorozat módosítása esetén tehát a periódus—fényesség reláció is megváltozik!) Az is kiderült, hogy az I. populációs reláció még a cefeidák színétől is függ. Pl. a V színtartományban:

$$M_V = -2,469 - 3,534 \log P + 2,647 (B - V)_0$$

A második esetben a reláció nullpontját és hajlását a gömbhalmazokban található cefeidák segítségével határozták meg. A negyvenes években még úgy gondolták, hogy a periódus—fényesség reláció a csillagrendszerekben mindenütt azonos. Bizonyos jelek azonban arra mutattak (a Tejútrendszer méretei túl nagyok adódtak a többi galaxiséhoz képest, az extragalaktikus gömbhalmazok fényesebbeknek tűntek; mint a mi csillagrendszerünkben találhatóak stb.) hogy nincs minden rendben. A gyanú megalapozottnak bizonyult. *W. Baade*, az új 5 m-es teleszkóppal 1950-ben kezdett vizsgálatai alapján, kimutatta, hogy kétféle cefeida létezik. A cefeidák gömbhalmazokban elő nem forduló, ún. klasszikus típusának abszolút fényességét kb. 1,^m5-val alábecsülték. Ez nem túlságosan meglepő, mert — bár ma már 20 ilyen csillagot ismerünk nyílthalmazokban — korábban luminozitásukat csak szeluláris parallaxisuk segítségével becsülték, és az eljárás (elsősorban a kis egyedszám miatt) csak pontatlan eredményt adott. A tévedés azért maradhatott rejtve viszonylag hosszú ideig, mert a kapott eredmény véletlenül megegyezett a gömbhalmazokban előforduló cefeidák (más néven *W Virginis* változók) korrekt abszolút fényességével. Azután kiderült, hogy a kétféle cefeida típus a periódus—fényesség reláción kívül sok más vonásban — így a tejútrendszerbeli elhelyezkedésük szempontjából is — különbözik egymástól. Történelmi tény: a cefeidák döntően hozzájárultak ahhoz, hogy *Baade* bevezette a csillagpopulációk fogalmát, és első megközelítésben a galaxisok objektumait I. és II. populációba sorolta.



8. ábra. A cefeidák és az RR Lyrae csillagok periódus—fényesség relációja

A pulzáló csillagok közül a cefeidák mellett az RR Lyrae típusú változókat használják legkiterjedtebben távolságmérésekre. Ezek is második populációs objektumok, és különösen gyakoriak a gömbhalmazokban. Fényváltozási periódusuk 1,5 napnál rövidebb, és abszolút fényességük a periódustól független állandó: jelenleg V-ben $+0^m 5$ -körüli értékeket tekintenek a legmegbízhatóbbnak (8. ábra). Az állandót a gömbhalmazokban található RR Lyraek segítségével úgy rögzíthetjük, hogy a halmaz távolságát a H—R-diagram alsó, fejlődési effektust még nem mutató részének segítségével, a korábban ismertetett háromszín-fotometriai eljárással meghatározzuk.

Az RR Lyrae csillagok kiváló alkalmat nyújtanak a galaktikus centrum távolságának (R_\odot) megmérésére, hiszen egyrészt a gömbhalmazok közel szférikus alrendszer alkotnak a Tejútrendszerben (így az alrendszer középpontja könnyen megadható), másrészt RR Lyraek magában a galaktikus magban is előfordulnak.

R_\odot nagyságának problémájára cikkünk végén még részletesebben kitérünk, de előbb még sorra veszünk néhány további jelentős távolságmeghatározási módszert.

Az úgynevezett fedési változóknál, amikor a kettőscsillag fénye a kölcsönös fedés miatt ingadozik, a fénygörbéből (azaz az idő függvényeként ábrázolt látszólagos fényességéből) kiszámítható a komponensek sugara és teljes sugárzó felszíne. Miután a színképéből a felületi effektív hőmérséklet is adódik, és ezzel a felület- valamint időegységenként kisugárzott energia, a méret ismeretében a luminozitás is ismertté válik. Az így kapott abszolút fényneret alapján kalkulált távolságot nevezik *sugárzásenergetikai parallaxisnak*. Hatótávolsága mintegy 200 pc, és eddig már több mint 600 csillag távolságát határozták meg ilyen módon.

Az egyszerűen ionizált kalcium H és K vonala a legtöbb késői típusú csillag színképében jól észlelhető. A vonalak profilja meglehetősen összetett: széles abszorpciós vonalra keskenyebb emissziós és viszonylag éles második abszorpciós vonal szuperponálódik. (Jelöljük a vonalszélességeket rendre W_1 , W_2 -, illetve W_3 -mal.) A csillag légkörében az első vonal keletkezik a legmélyebben, a második már magasabban, míg a harmadik a legmagasabban, hideg és ritka rétegben. *O. C. Wilson és M. K. Bappu* 1957-ben tették közzé azt az észrevételüket, hogy mind a H, mind a K vonal esetében fennáll a következő összefüggés (9. ábra):

$$\frac{dM_1}{d \log W_2} = \text{állandó}$$

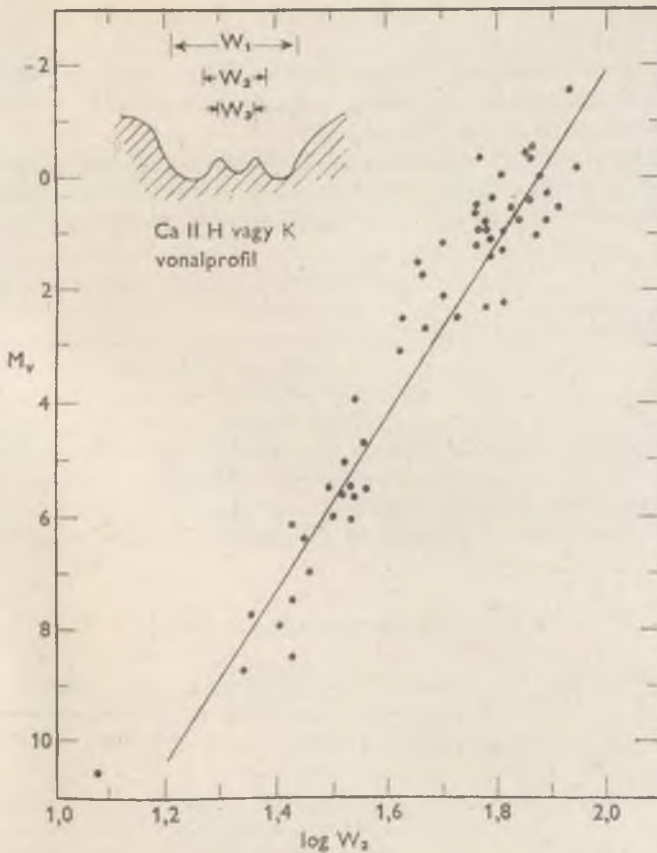
(M_1 -t magnitúdó, W_2 -t frekvenciaegységekben mérik.) Az összefüggés teljesen empirikus, fennállására még nem találtak elméleti magyarázatot. A rá alapozott távolságmeghatározási eljárást hívjuk *Wilson—Bappu módszernek*. A reláció iránytangensét és nullpontját a Nap, a Hyadok néhány tagja, és

2. táblázat

A Hyadok távolsága különböző módszerekkel mérve

Távolságmérési módszer	Távolságmódulus
csillagáram-parallaxis	$3,^m05 \pm 0,09$
trigonometriai parallaxis	$3,^m26 \pm 0,20$
dinamikus parallaxis	$3,^m25 \pm 0,12$
Wilson—Bappu-parallaxis	$3,^m25 \pm 0,20$
többszínfotometriai parallaxis	$3,^m21 \pm 0,10$

(W. F. Altena szerint a különböző eljárásokkal kapott távolságok legjobb középértékére a távolságmódulus $3,^m21 \pm 0,03$.)



9. ábra. A Wilson—Bappu módszer kalibrációs görbéje, amelyet ismert trigonometriai parallaxisú csillagok segítségével állapítottak meg

megbízható trigonometriai parallaxissal rendelkező mezőcsillagok segítségével vezették le. Szakszerű használat mellett a módszerrel 10%-os pontosság érhető el. Hatótávolsága a spektroszkópiai parallaxis mérésével egyezik meg.

Ezzel végére értünk a geometriai és fotometriai távolságmérési eljárások ismertetésének. Komplex alkalmazásukat a Hyadok példáján mutatja be a 2. táblázat.

Egyéb módszerek

A geometriai és fotometriai távolságmérési eljárások ismertetése után érintőlegesen még kitérünk néhány olyan módszer ismertetésére is, amelyek szigorúan véve egyik csoportba sem sorolhatók.

A Tejútrendszer olyan vidékein, ahol a csillagközi gáz közelítőleg egyenletes eloszlású, az intersztelláris abszorpciós vonalak ekvivalens szélessége a távolsággal egyenesen arányos. Az ionizált kalcium K-vonalára

$$r = 3,00W_K,$$

míg a nátrium összetett D-vonalára

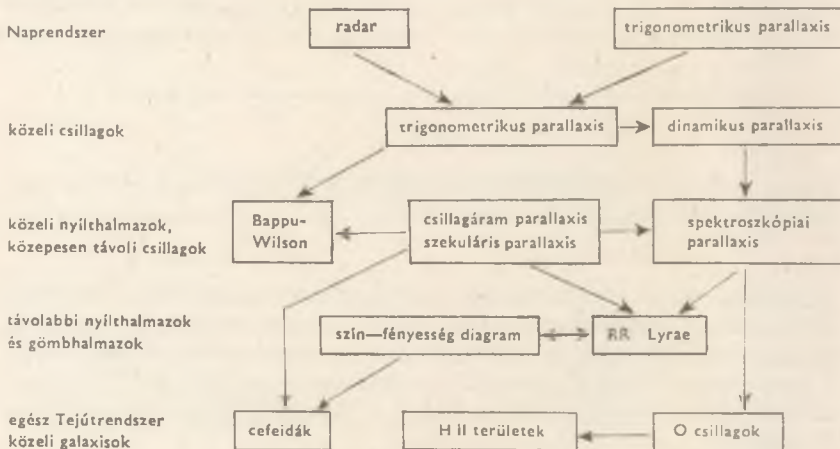
$$r = 2,38 \cdot (W_{D_1} + W_{D_2})/2.$$

(Itt az r távolságot kiloparszekben, a W ekvivalens szélességet pedig Å-ben mérik.) Az ilyen módszerrel nyert távolság reciprokát *kalcium- (illetve nátrium-) parallaxisnak* is szokás nevezni.

Hasonló módon használható fel az általánosan elosztott *csillagközi por*

HATÓKÖR

MÓDSZER



10. ábra. A Tejútrendszerben használatos főbb távolságmérési eljárások hatókörének és egymásra épülésének sémája

által okozott elszíneződés is távolságbecslésre. Átlagosnak számító feltételek teljesülése esetén az UBV-rendszer B—V színindexében fellépő vörösödés

$$E(B-V) = 0,^m1/\text{kpc}$$

Bár tulajdonképpen fotometriai, illetve geometriai módszerről van szó, mégis általában ide sorolják a következő két eljárást.

Tapasztalati tény, hogy a gömbhalmazok legfényesebb csillagainak átlagfényessége jó közelítésben állandó. A vonatkozó abszolút fényrendet olyan gömbhalmazok segítségével állapíthatjuk meg, amelyeknek távolságát más módszerekkel már megneztük. (Analog eljárás alkalmazható például a galaxis-halmazok legfényesebb tagjainak átlagfényességével kapcsolatban is.) Ugyancsak állandónak tekinthető a fényes *H II* területek átmérője. A területeket gerjesztő O csillagok spektroszkópiai parallaxisa útján kalibrált átmérőé.téket természetesen szintén felhasználhatjuk távolságmeghatározásra.

Az egyéb módszerek kevésbé pontosak a korábban ismertettekénél, kiegészítő jelleggel azonban igen hasznosan alkalmazhatók.

Összefoglalásul és az egyes távolságmérési eljárások kapcsolatának jobb áttekintése céljából áll itt a 10. ábra blokksemája.

A Tejútrendszer centrumának távolsága

A Nap galaktocentrikus távolsága jelenlegi ismereteink mellett legpontosabban az RR Lyrae csillagok segítségével határozható meg. A kapott érték természetesen függ e változók abszolút fényességétől és az abszorpció mértékétől. Az utóbbi az intersztelláris vörösödési törvény alapján viszonylag jól „kézben tartható”, de a luminozitással kapcsolatos problémákat mind ez ideig nem sikerült még megnyugtatóan lezárni. A baj onnan származik, hogy a halora és a galaktikus magra jellemző (de a Nap környékén is megtalálható) kis fémtartalmú RR Lyraek (a Preston-féle $\Delta s \approx 5$)* abszolút fényrendjére szisztematikusan halványabb érték jön ki sztéllárkinematikai megfontolásokból, mint a fotometriai távolságmeghatározások alapján. (R. P. Kraft és M. Schmidt a cefeidák abszolút fényességével kapcsolatban egyébként hasonló diszkrepanciát talált. Az eltérés itt $\sim 0^M3$.)

Lényegében a már korábban ismertett szekuláris parallaxis módszert használva, a Nap sebességét a halo RR Lyrae csillagokhoz viszonyítva — a szimmetriaviszonyokat kihasználva — R. Wolley nyomán két különböző módon határozhatjuk meg. Az első módszer esetében a sebességet és annak

* A Preston-féle spektrálinde克斯 jelzi a fémek relatív gyakoriságát az RR Lyraek légkörében. Definíció szerint a hidrogén, illetve a kalcium vonalakból megállapított szinképtípus alosztály különbségének tízszerese.

szórását a kiválasztott csillagok galaktikus pozíciója és radiális sebessége (ϱ) alapján számítjuk, azaz

$$\{\varrho, l, b\} \rightarrow v_{\odot\varrho}, \sigma_{\odot\varrho}$$

A második esetben pedig az RR Lyrae csillagok sajátmozgásából (μ), helyzetéből, továbbá látszólagos és becslött abszolút fényrendjéből (M_0) indulunk ki, hogy ugyanazt a célt elérjük. Mivel itt még az esetleges intersztelláris abszorpciót (A) is figyelembe kell venni, azt kapjuk, hogy:

$$\{\mu, l, b, m, M_0, A\} \rightarrow v_{\odot\mu}, \sigma_{\odot\mu}$$

(Ha az ember kissé utánagondol, rögtön látja, hogy a második módszernél tulajdonképpen a csillagok relatív sebességének látóvonalunkra merőleges komponenseit „hasznosítjuk”, és a fényességadatokra azért van szükség, mert a megfelelő sebességek a mérhető sajátmozgásokból csak a távolságmodulusok ismeretében számíthatók.)

Jelöljük a szóban forgó RR Lyrae csillagok valódi abszolút fényrendjét M_R -el, és nézzük, hogyan tudjuk a fentiek alapján értékét meghatározni. Tudjuk, hogy a csillagok látóvonala merőleges sebessége és sajátmozgása, továbbá becslött parallaxisa és távolságmodulusa között az alábbi összefüggések állnak fenn:

$$v_{\mu}[\text{km/s}] = 4,74 \frac{\mu''}{\pi''} \quad \text{ill.} \quad \pi'' = 10^{-0,2(m - M_0 + 5)}$$

Ennek alapján

$$\log v_{\mu}(M_0 = 0) = \log(4,74\mu'') + 0,2(m + 5) \quad \text{és}$$

$$\log v_{\mu}(M_0 = M_R) = \log(4,74\mu'') + 0,2(m + 5) - 0,2M_R$$

De figyelembe véve, hogy a korrekt abszolút fényrendet használva, szimmetriaokkából:

$$v_{\odot\varrho} = v_{\odot\mu} = |\vec{v}_{\varrho}| = |\vec{v}_{\mu}|$$

(ahol az átlagolást az egész csillagcsoportra végezzük), és így:

$\log v_{\odot\mu}(M_0 = 0) - \log v_{\odot\mu}(M_0 = M_R) = \log v_{\odot\mu}(M_0 = 0) - \log v_{\odot\varrho} = 0,2 M_R$
az RR Lyrae abszolút fényességére a következő összefüggést kapjuk:

$$M_R = 5 \cdot \log \frac{v_{\odot\mu}(M_0 = 0)}{v_{\odot\varrho}}$$

Teljesen analóg módon vezethető le az

$$M_R = 5 \cdot \log \frac{\sigma_{\odot \mu}(M_0 = 0)}{\sigma_{\odot \rho}}$$

reláció is.

S. V. Clube a fenti eljárás igen gondos alkalmazásával, nagy számú halo és napkörnyéki fémszegény RR Lyrae felhasználásával 1978-ban arra az eredményre jutott, hogy a V szintartományban $M_R = 1^M_0(\pm 0,2)$. Ez az érték $0,^m_4$ -al halványabb, mint a J. H. Oort és L. Plaut által használt luminozitás, amelynek alapján — nagy feltűnést keltett és ma már szinte klasszikusnak számító munkájukban — 1975-ben 8,7 kpc-et kaptak a Tejútrendszer centrumának távolságára. Ha Oorték érvelését a Clube-féle abszolút magnitúdót használva megismételjük, R_{\odot} értékére $7,1(\pm 0,7)$ kpc-et kapunk. Hogy az elsősorban a csillaghalmazok nullkorú fősorozatai segítségével kalibrált fotometriai abszolút fényrendben, így valószínűleg magában a nullkorú fősorozatban van a hiba, vagy a szekuláris parallaxisok adnak torzított értékeket (pl. a referencia-csillagok rejtett szisztematikus mozgása folytán), ma még nyitott kérdés. Az első mellett szól O. J. Eggen korábban említett érvelése, továbbá A. A. Hoag észrevétele, amely szerint a korai csillagok H_{γ} vonalának ekvivalens szélességét kihasználó spektroszkópiai parallaxis módszerrel szisztematikusán kisebb távolságmodulusokat kapunk a nyílthalmazok számára, mint a Becker-féle eljárással. A második megoldás is elképzelhető, mivel az RR Lyrae szekuláris elmozdulásának megállapításához felhasznált referencia-csillagok sajátmozgásában (a galaktikus rotáció irányában) alkalmazott $0'',01/\text{év}$ nagyságrendű korrekció az ellentmondást szintén megszüntetheti. (Természetesen előfordulhat, hogy mindkét irányból helyesbíteniünk kell majd.)

Kézenfekvő a gondolat, hogy R_{\odot} nagyságát a galaktikus rotáció vizsgálatából kapott adatokkal is ellenőrizzük, hiszen az AR_{\odot} és $(A-B)R_{\odot}$ szorzatok függetlenek az elfogadott távolságskálától. Közülük az első a differenciális rotáció gradiense, és rádiócsillagászati radiális sebességmérésekből határozható meg (W. Lohmann nyomán $AR_{\odot} = 145,7 \text{ km s}^{-1}$); a második pedig a Nap pályamenti sebességét adja (jelenleg elfogadott standard értéke 250 km s^{-1}), amely a gömbhalmazok nem forgó alrendszeréhez, illetve az extragalaxisokhoz rögzített koordináta-rendszerben mérhető. Sajnos a jelenlegi mérési pontosság mellett, továbbá az A és B Oort-féle konstansok bizonytalansága miatt a rotációs módszer R_{\odot} értékére olyan tág korlátokat ad, hogy ilyen módon sem dönthetjük el, melyik fenti becslés jár közelebb az igazsághoz. A témakör ismertetésének lezárásaként annyi azért megállapítható, hogy az utóbbi évek idevágó vizsgálatai a jelenleg még „hivatalosnak” számító 10 kpc-es érték 1—3 kpc-el történő csökkentése irányába mutatnak.

AZ ŰRKUTATÁS NEMZETKÖZI KONGRESSZUSAIRÓL

A *COSPAR* (Committee on Space Research; Nemzetközi Űrkutatási Bizottság) a nemzetközi tudományos uniók tanácsának (ICSU) kezdeményezésére, az első mesterséges hold fellövése (1957. okt. 4.) után mint uniók közötti tudományos bizottság alakult meg. Célja a Naprendszer térségeinek kutatása űreszközökkel, tehát a rakéták, mesterséges holdak és űrszondák egyre fejlődő technikájának alkalmazásával.

A kutatás természetszerűleg legrészletesebben és legmélyrehatóbban a Föld körüli térség, a Hold és a Nap—Föld kapcsolatok területére összpontosul. Új és igen fontos ágát képezi a kutatásnak az a lehetőség, hogy a Földet ilyen módon kívülről mint egységet szemlélhetjük, és ezért az általános folyamatokat sokkal részletesebben és objektívebben vizsgálhatjuk.

Példaképpen megemlíthető, hogy a Föld alakját földfelszíni mérések útján a sok szükséges hipotézis és extrapoláció alkalmazása miatt csak nagyon bizonytalanul ismertük; a nyert kép ezért nagyon vázlatos volt. Az űrkorszak kezdetéig a Föld alakjáról csak annyit lehetett sejteni, hogy a Föld egyenlítője is ellipszis; a Föld sarki lapultságát pedig néhány ezrelék pontossággal ismertük.

A mesterséges holdak pályazavaraiból a Föld alakját igen pontosan meg lehetett állapítani. Kiderült például, hogy a forgásszimmetrikus alakhoz képest Ausztrália felé egy pozitív kidomborodása, India felé pedig egy negatív horpadása van a nivófelületnek; ezenkívül az É—D-i Atlanti- és Csendes-óceánon másik négy mérsékeltövi anomáliarendszer is található. A 100 m-t megközelítő anomáliákat néhány méteres pontossággal, a Föld sarki lapultságát pedig majdnem milliomod pontossággal ismerjük. Ugrásszerű fejlődés volt tehát ezen a területen, és az új ismeretek további kutatások alapjául szolgálhatnak.

A magnetoszféráról az árnyékoló ionoszféra rétegek miatt az űreszközök megjelenéséig nagyon keveset tudtunk. Fellőtt sugármérő műszerek lát-szólágos elromlásából, majd későbbi — sokkal érzékenyebb műszerekkel megismételt — mérésekből kiderült, hogy az ionoszféra fölött egy nagy in-

tenzitású sugárzással és termikus plazmával telített, bonyolult szerkezetű tartomány, a magnetoszféra van, amelynek részletes vizsgálata azóta is folyik.

Közhely, hogy meteorológiai ismereteink az űrkutatás lehetőségeinek felhasználása után gyökeresen megváltoztak. Kevésbé ismert azonban, hogy az űrkutatástól látszólag oly távol eső geológia, sőt mezőgazdaság, hidrológia és környezetvédelem is sok új eredményt köszönhet az űrtechnikának.

Az élőlények és főleg az ember űrrepülése igen sok biológiai és orvosi problémát vetett fel; az alkalmazott technika és műszerek is egészen új fel fogást kívántak meg. Könnyen belátható ezért, hogy egy tudomány kereteit a felmerült problémátömeg messze meghaladta, ez tette szükségessé a jellegzetesen tudományközi (interdiszciplináris) tudományos szervezet, a COSPAR megalakítását.

A szervezet 1958 óta — azért, hogy az űrkutatás gyors fejlődését követni tudja — minden évben megrendezte plenáris ülését és tudományos szimpozionjait. Működésével csakhamar nagy tudományos tekintélyt vívott ki, amelyet az ülések patronálásában a rendező országok politikai vezetői is általában elismertek. Példaképpen felsorolom a legutóbbi évtized COSPAR-üléseinek helyét és a támogató személyiségeket:

1969. *Prága*. A megnyitó beszédet O. Černý, Csehszlovákia miniszterelnöke tartotta.

1970. *Leningrád*. A Koszigin üzenetét Alexenko, a SZU tudomány és technológiai minisztere olvasta fel.

1971. *Seattle*. A megnyitót E. E. David, az USA elnökének tudományos tanácsadója tartotta.

1972. *Madrid*. A szervezőbizottság tiszteletbeli elnöke Franco generális, helyettes elnöke pedig Károly akkori trónörökös, mai spanyol király volt.

1973. *Konstanz*. Az ülés patronálója az NSZK elnöke, G. W. Heinemann volt.

1974. *São Paulo*. Az ülés patronálója a brazil köztársaság elnöke, Gen. E. Geisel.

1975. *Várna*. Az ülés támogatója S. Todorov, a bolgár minisztertanács elnöke.

1976. *Philadelphia*. A rendezés jogát az USA 200 éves fennállásának jubileumára kérték. Magasabb patronáló nem volt.

1977. *Tel Aviv*. Magasabb patronáló nem volt, de a COSPAR tisztségviselőit és delegációját fogadta Izrael állam elnöke.

1978. *Innsbruck*. A plená is ülést Ausztria tudományügyi minisztere nyitotta meg.

A tudományos munka szervezése 8 munkacsoportban történik:

- A mesterséges holdak követése, telemetriája és dinamikája.
- Kísérletek a bolygóközi térben és a magnetoszférában.
- Űrtechnika és alkalmazása asztrofizikai problémákra.

- Kísérletek a felső légkörben.
- Űrbiológia.
- Az űr kutatás alkalmazása meteorológiára és földi kutatásokra.
- A Hold és bolygók kutatása űreszközökkel.
- Az anyag kutatása a világűrben.

Minden munkacsoport a kutatás irányának megfelelően több ún. panelre tagolódik. Ezek szervezik a plenáris ülés során a tudományos üléseket és értekezleteket.

Jelenleg 13 tudományos unió és 30 ország tagja a COSPAR-nak. Gondosan ügyelnek a két űrkutató nagyhatalom közötti egyensúly megtartására. A szervezetnek egy választott nyugat-európai elnöke és 1—1 — országuk akadémiai által delegált — szovjet és amerikai alelnöke van. Az elnökségnek minden alelnök mellett még 2—2 tagja van a szocialista, illetve kapitalista országokból.

Az ülések rendezését a tagországok önkéntes jelentkezés formájában vállalják. Szocialista országra általában 4—5 évenként kerül sor. A Szovjetunió kétszer, Lengyelország, Csehszlovákia, Bulgária egyszer rendezett ülést. Ezért kerül 1980-ban Magyarországra a sor. Örömmel vállaltuk a szervezéssel járó nem kis gondot és többletmunkával járó feladatokat.

Az MTA elnöksége nevében — előzetes levelezés után — az 1978-as innsbrucki COSPAR-ülésen meghívtam Budapestre 1980-ra a COSPAR plenáris ülését és a hozzá csatlakozó tudományos szimpozionokat. A COSPAR tagjai őszinte örömmel vették és egyhangúlag elfogadták a meghívást. Úgy látszik, Budapestnek komoly vonzóereje van: a meghívást más esetekben nem mindig fogadták ilyen lelkesen.

A budapesti ülés végleges tudományos programja az 1979 júniusában, Bangalore-ben (India) rendezendő ülésen kerül elfogadásra. A jelenleg ismertes, eddig javasolt tudományos rendezvények az előzetes program szerint a következők:

Előzetesen jóváhagyott szimpozionok:

- Aktív kísérletek a világűr plazmaiban.
- Bolygómagnetoszférák.
- Az FGGE (első általános atmoszféra kutatás) globális észlelőrendszerének üzemeltetési tapasztalatai és első eredményei.
- Oceanográfia a világűrből.

Javasolt, véglegesen Bangalore-ban jóváhagyandó szimpozionok:

- Az IRI (Nemzetközi Referencia Ionoszféra) használatának tapasztalatai és javasolt tökéletesítései.
- Az elméleti és alkalmazott mechanika hozzájárulása az anyagok világűrbeli viselkedésének tanulmányához.
- A ballonok tudományos felhasználása és a kapcsolatos műszaki problémák.
- Kozmikus sugárzás a Naprendszerben.

A szimpozionokkal egyidejűleg, illetve utánuk lesznek a COSPAR-munkacsoportok tudományos és adminisztratív ülései (egyelőre nem tudni, hogy mind a nyolc tart-e ülést), azok beszámolóit, javaslatait az elnökségnek, valamint a nyitó és záró, határozathozó plenáris ülések.

Különösen jelentőssé, mintegy határkövé teszi a budapesti tanácskozást az az innsbrucki elhatározás, hogy — mert az űrkutatás első, forradalmi fejlődése már lelassult, a kutatási alapokat lerakták, a keretek kialakultak — a budapesti ülés után a COSPAR már csak kétévenként rendezi plenáris üléseit (a következő ülést a tervek szerint 1982-ben Kanada rendezi). A budapesti ülés tehát az évenként tartott ülések sorozatának utolsó, és a kétévenként rendezendő üléssorozatnak első tagja. Ez a tény a megoldandó szervezési és tudományos feladatokat lényegesen megnöveli.

Lássuk ezután, hogy az eddigi tapasztalatok szerint milyen méretű kongresszusra kell felkészülni. A legutóbbi izraeli kongresszuson 460, az innsbruckin pedig 700 szakember vett részt. Ezek azonban — érthető módon — a kis COSPAR-rendezvények közé tartoztak, a COSPAR-ülések többsége 900—1000 résztvevővel folyt le. Nálunk legalább 1000 fővel kell számolni, mert Budapest a szocialista országok szakemberei számára valutáris okokból jobban elérhető, mint a nyugati országok. A kongresszus időpontja az idők folyamán elég jól kialakult, és általában a május vége és június közepe közötti két hétre esik. A kétéves időszak első felében folynak a tudományos szimpozionok és értekezletek, a második felében az elnökségnek és a munkacsoportok vezetőségének szervezési—tervezési üléseit és a munkacsoportok tudományos üléseit tartják. Ebben az időben számolniuk be a munkacsoportok vezetői az elnökségnek végzett munkájukról, javaslatot tesznek a következő időszak munkatervére, ezekből alakítják ki a COSPAR érvényes munkatervét és feladatkörét a következő ülésig.

A COSPAR jelentősége főleg abban áll, hogy az űrkutatással foglalkozó szakemberek az ülések során igen gyorsan értesülnek szakterületük más országokban elért eredményeiről, illetve saját eredményeiket a tudományos közvélemény bírálata elé bocsáthatják. Gyorsan felvehetik a kapcsolatot a szakterületükhöz közelálló témákkal foglalkozó szaktársaikkal, és hatásos nemzetközi programokat hozhatnak létre. Ez a tény rendkívül fontos az olyan gyorsan fejlődő, mindig új, sokszor meglepő eredményeket elérő és globális ismereteket igénylő tudományterület esetén, mint az űrkutatás. Reméljük, hogy az áttérés a kétéves időszakra nem fogja az információcserét lassítani. Az információcsere ütemének változatlanul tartására a COSPAR-elnökség felkészült annyiban, hogy a tudományos munkacsoportok és panelek továbbra is évenként szervezhetnek ülést, a kétéves időszak csak a plenáris ülésre, tehát a beszámolásra és tervezésre vonatkozik.

Reméljük, hogy a Magyarországon rendezett ülés hasznos láncszeme lesz az űrkutatásnak, és az áttérés az egyéves szervezésről a kétévesre is zökkenőmentes, természetes áthidalást nyer majd.

AZ INTERKOZMOSZ-PROGRAM

Több mint húsz éve, 1957. október 4-én az első *Szputnyik* felbocsátásával kezdődött el a kozmikus térség mesterséges holdakon elhelyezett műszerekkel történő vizsgálata. Az eltelt időszak a tudomány és technika legtöbb területén rendkívül rövid időnek számít, amely csak a kezdeti lépések megtételéhez elegendő. Az űrkutatás azonban szédületes iramú fejlődésen ment keresztül a mai napig. A Föld közvetlen űrkörnyezetében uralkodó állapotok és fizikai jelenségek vizsgálata után Földünk kísérője, a Hold is a tudományos kutatások színtere lett. Az *Apollo*-űrhajók, a *Luna—16*, —20 és —24 holdszondák mintegy 400 kg közetmintát juttattak a Földre vizsgálatok céljából. Kiemelkedő eredménynek számít, hogy már 12 ember járt a Holdon, és műszerek tömege kíséri figyelemmel a Hold felszínén az ott lejátszódó folyamatokat. Az önműködő bolygóközi űrrállomások jóvoltából közelről láthattuk a Merkúr, a Vénusz és a Mars bolygók felszínét. A Marson kísérletek is folytak. Közelképeket kaptunk a Naprendszer legnagyobb bolygójáról, a Jupiterről, sőt, az emberiség „követeként”, a Jupiter mellett elhaladó két *Pioneer*-űrszonda egyike 1987-ben elhagyja a Naprendszert.

Az űrkutatásban elért eredmények megteremtették a nemzetközi együttműködések alapját a kozmikus térség kutatásában és felhasználásában. Eltekintve attól, hogy az emberiség még csak a kezdetén van a kozmikus térség meghódításának, a nemzetközi együttműködések kialakításában már szép eredményekről lehet beszámolni. A különböző nemzetek tudósai számos űrkutatási konferencián cserélték ki tapasztalataikat, számoltak be legújabb eredményeikről. Az *Apollo*-expedíciók közetmintáit az amerikaiak átadták tanulmányozásra szovjet kollégáiknak, cserébe a *Luna* automatikus holdszondák által gyűjtött mintákért. Az együttműködések csúcspontja volt a *Szozuz—Apollo* randevú, az első közös szovjet—amerikai űrrepülés.

A szocialista országok által közösen felbocsátott INTERKOZMOSZ-műholdaknak a SZU hordozórakétaival történő pályára juttatása, a szocialista országok űrhajósainak kiképzése és űrrepülése — mind egy-egy szép példája a kozmikus térség kutatásában és békés célokra történő felhasználásában kialakuló széles körű nemzetközi együttműködésnek.

Az együttműködések kialakulásának szükségessége

Bár a kozmikus kutatások túlnyomó része (összesen kb. 96%-a) ma is a két vezető űrkutató államban — a Szovjetunióban és az Egyesült Államokban — valósul meg, a kozmikus térség meghódítása mindinkább nemzetközi jellegűvé válik. Növekszik azon államok száma, amelyek képesek műholdak földkörüli pályára juttatására saját hordozórakétákkal (pl. Franciaország, Japán, Anglia, Kína), s még jobban növekszik az az óhaj, hogy a különböző fejlettségű államok egyesítsék erőiket és eszközeiket a kozmikus tér közös kutatására és felhasználására. Ennek legfőképpen tudományos—technikai és gazdasági okai vannak.

Az ilyen okokhoz sorolható a megvizsgálandó jelenségek globális jellege, és a komplex kutatási módszerek szükségessége, amely magába foglalja az egyidejű földi és műholdas megfigyeléseket. Például a naptevékenység tanulmányozása, a Nap—Föld kapcsolatok vizsgálata, a földi magnetoszférában és ionoszférában lejátszódó folyamatok kutatása elképzelhetetlen az összehangolt, egyidejű, földi és műholdakon történő mérések nélkül.

Az államok közötti együttműködésre a kozmikus technika eszközeinek gyakorlati alkalmazása szempontjából is szükség van. Az űreszközök alkalmazása egyre nagyobb jelentőségre tesz szert a gazdasági életben: ma már műholdakat alkalmaznak a meteorológiában, távközlésben, navigációban, a földi erőforrások és nyersanyagok kutatásában, a környezetvédelemben.

A kozmikus rakéatechnika eszközeinek és a tudományos berendezéseknek viszonylag magas költségei is csökkenthetők, illetve megoszthatók a nemzetközi együttműködéssel. Ebben az irányban hat, és szintén a nemzetközi együttműködések kialakítása mellett szól az egyes országokban meglévő tudományos és termelési potenciálok gazdaságilag minél célszerűbb felhasználása az űr kutatásban, azaz egy bizonyos fokú űrszakosodás kialakulása.

A tudományos-technikai együttműködések kialakításában, ilyen vagy olyan okok miatt, egyaránt érdekeltek mind a tudományos-technikai viszonylatban élenjáró országok, mind pedig a fejlődő országok, amelyek a kozmikus kutatásokban a tudományos—technikai előrehaladás egyik fontos eszközeit látják.

A mai napig több nemzetközi együttműködési forma alakult ki a kozmikus térség kutatásában, úgy a szocialista államok, mint a nyugati államok között: ide sorolható a nyugat-európai államok *ESRO*, *ELDO* és *ESA* együttműködési szervezete vagy az *Intelsat*-együttműködés, és ilyen a szocialista országok kooperációja, az *Interkozmosz*- vagy az *Interszputnyik*-együttműködés is.

Az Interkozmosz-együtműködés

A szocialista országok többoldalú együttműködési programjában, az Interkozmosz-programban, 9 szocialista ország — Bulgária, Csehszlovákia, Kuba, Lengyelország, Magyarország, Mongólia, a Német Demokratikus Köztársaság, Románia és a Szovjetunió — vesz részt. Ezt a programot az említett országok képviselőinek 1965 novemberében Moszkvában hozott határozata alapján dolgozták ki. A program értelmében a résztvevő országok kísérleteket végeznek a kozmikus fizika, kozmikus meteorológia, kozmikus biológia és orvostudomány területén, valamint közös szervezetet hoznak létre a távközlési és televíziós láncok kiépítésére, és e kísérletekhez a Szovjetunió geofizikai rakétáit és műholdjait használhatják fel.

1966-ban a szovjet kormány határozata alapján a nemzetközi programok kidolgozására, a tevékenységek koordinálására, a kozmikus térség kutatására és békés célú felhasználására, létrehozták a Szovjet Tudományos Akadémia mellett működő Nemzetközi Együtműködési Tanácsot, amelyet rövidítve Interkozmosz Tanácsnak hívnak. Ennek mintájára alakultak meg a későbbiekben az egyes résztvevő országokban a nemzeti koordinációs szervek, a nemzeti Interkozmosz Tanácsok.

1967 áprilisában hagyták jóvá végérvényesen a fent említett 9 szocialista ország képviselői Moszkvában a közös rakétafelbocsátásokra és mesterséges holdakon végzendő kísérletekre vonatkozó terveket. Ez új távlatokat nyitott meg a szocialista államok tudományos—technikai együttműködése terén.

Az Interkozmosz-szervezeten belül a közös munkák elfogadott konkrét tervei és programjai állandó munkacsoportok keretén belül valósulnak meg. A munkacsoportok tevékenységének irányítása, az együttműködések megszervezése minden résztvevő országban a nemzeti koordinációs szervek feladata.

A kozmikus térség kutatásában való részvételhez a Szovjetunió a résztvevő országok számára a tudományos és technikai eszközök széles skáláját biztosítja, a geofizikai és meteorológiai rakétáktól kezdve a holdjárművekig és űrállomásokig, valamint olyan földi megfigyelési eszközöket is, mint a rádióteleszkópok és a különleges fotografikus kamerák.

Az Interkozmosz nemzetközi együttműködési programok felölelik mind a kozmikus térség kutatását, mind pedig az eredmények gyakorlati alkalmazását. A különböző országokkal folyó közös munkák legelterjedtebb együttműködési formái a következők:

- más országok műholdjainak pályára juttatása szovjet hordozórakéták segítségével;
- más országok tudományos berendezéseinek elhelyezése szovjet űreszközökön;
- közös kísérletek végrehajtása geofizikai és meteorológiai rakétákon;

- műholdak repülésével összehangolt földi megfigyelések;
- közös laboratóriumi és elméleti munkák.

Az Interkozmosz-együttműködés tevékenységének határai azonban állandóan szélesednek, úgy a Földön, mint a kozmoszban. A közös munkák nagyobb része a szocialista országokkal együttműködve valósul meg, de együttműködés alakult ki Franciaországgal, Indiával, az Egyesült Államokkal és Svédországgal is. Tovább bővült az Interkozmosz-szervezet 1967-ben jóváhagyott programja. Ma már az Interkozmosz-program magában foglalja a műholdak segítségével történő földi erőforráskutatás területét, és a nemzetközi legénységgel végrehajtott űrrepüléseket is.

Az Interkozmosz-program

A szocialista országok közös kozmikus kutatási programjának kiindulási alapjául az 1967-ben elfogadott Interkozmosz-program szolgált. Eszerint a szocialista országok közös kutatásokat folytatnak a kozmikus fizika, kozmikus meteorológia, a kozmikus biológia és orvostudomány és a kozmikus távközlés területén. Az Interkozmosz-program ezeknek a területeknek megfelelő állandó munkacsoportok keretein belül valósul meg. Az állandó munkacsoportok — az elfogadott általános irányelvekkel összhangban — hosszabb-rövidebb időre szóló együttműködési terveket, problémajegyzékeket és ajánlásokat állítanak össze. Az egyes munkacsoportok tevékenységi körét röviden a következőképpen lehet összefoglalni:

Kozmikus fizikai kutatások

A kozmikus fizikai kutatások a Kozmikus Fizikai Állandó Munkacsoport nyolc szekciójának keretén belül folynak. Minden egyes szekció meghatározott témakörnek felel meg, amely egyúttal a kutatások fő feladatát is tükrözi. Ezek a következők:

- a felsőlégbkör és az ionoszféra kutatása (1. szekció);
- a bolygóközi plazma és kölcsönhatása a Föld magnetoszférájával (2. szekció);
- Nap- és Napon kívüli asztrofizika (3. szekció);
- a kozmikus sugárzás vizsgálata (4. szekció);
- a bolygóközi tér, a Hold és a bolygók szilárd összetevői (5. szekció);
- geodéziai és geofizikai célú műhold-megfigyelések (6. szekció);
- kozmikus elektronika és technológia, készüléképítés (7. szekció);
- a mesterséges holdak mérési adatainak feldolgozása (8. szekció).

A kísérleti feladatok végrehajtásának alapjául az INTERKOZMOSZ-műholdak és a *Vertikál* rakéták szolgáltak, de folytak kísérletek egyes, a szovjet nemzeti program keretében felbocsátott, *Kozmosz* és *Prognosz* mesterséges holdakon is.

Kozmikus meteorológia

A kozmikus meteorológiai kutatások a következő főbb problémák megoldására irányulnak:

- az atmoszféra állapotát meghatározó paraméterek távmeghatározása, az atmoszférán belüli hőmérséklet, nedvességtartalom és ózonkoncentráció függőleges irányú eloszlásának vizsgálata céljából;
- a meteorológiai műholdak fedélzetéről kapott adatok és felhőképek felhasználása időjárási előrejelzésekben és szinoptikus elemzésekben;
- meteorológiai rakétahálózatok kifejlesztése, a légköri vizsgálatokhoz szükséges műszerek és szondázási módszerek kidolgozása;
- mesterséges holdak, rakéták és távmérések adatai alapján a légkör állapotának előrejelzése és elemzési módszereinek kidolgozása.

A kísérletek megvalósítása a *Meteor* típusú mesterséges holdak, az *M-100 MR-12* és *MMR-06* meteorológiai rakéták igénybevételével történik.

Kozmikus biológia és orvostudomány

A munkacsoporton belül három szekcióban végeznek kutatásokat: a kozmikus fiziológia, a kozmikus radiobiológia és a gyógyszervegyészeti védelem szekciókban. A szekciókon belül a következő fő tudományos feladatok megoldásával foglalkoznak:

- a kozmikus fiziológia területén: az űrrepülés tényezőinek hatása az űrhajósok szervezetére;
- a kozmikus radiobiológia területén: a kozmikus sugárzás szervezetre gyakorolt hatásának vizsgálata, sugárzás ellen védő gyógyszervegyészeti eszközök keresése az űrrepülések sugárbiztonságának növelése céljából;
- az orvosbiológia területén: zárt ökológiai rendszerek létrehozásának kérdései, űrhajós létfenntartó-rendszerek kidolgozása.

A kozmikus kísérletek a *Vosztok* és *Szozuz* űrhajókon és a *Szaljut* űrállomásokon folytak.

Kozmikus távközlés

A kozmikus távközlési munkacsoport keretein belül hat aktuális témakörben folynak kutatások:

- új frekvenciasávok felhasználása és az űrtávközlési rendszer létrehozásának lehetőségei a 10—30 GHz frekvenciatartományban;
- az űrtávközlési rendszerek átbocsátó képességének megnövelése;
- az űrtávközlési rendszerek hatékonyságának növelése;
- az űrtávközlési rendszerek technikai—gazdasági mutatóinak meghatározása, paramétereinek optimalizálása, gazdasági hatékonyságának meghatározása;

- a kozmikus és földi szolgálatok elektromágneses összeegyeztethetősége;
- a műholdak közvetlen televíziós műsorszóró rendszereinek elvei és technikai jellemzői.

A kísérleti munkák legnagyobb része a *Molnyija* műholdak és az *Interszpunyk* földi állomások felhasználásával folyt.

Kozmikus fizikai kutatások

Az Interkozmosz-program megvalósításában a leglátványosabb és legszebb sikereket talán a kozmikus fizikai kutatások területén érték el a szocialista országok szakemberei. Tekintsük át röviden e terület fejlődését, az együttműködés eredményeit! Az áttekintést (feltételesen) témakörök szerint végzem, de ugyanúgy időrendi sorrendben vagy műholdtípus szerint is lehetne végezni.

Felsőléggör- és ionoszféra-kutatások

A szocialista országok szakembereinek kozmikus fizikai együttműködése az Interkozmosz-program keretében lényegében az 1968. december 20-án felbocsátott *Kozmosz—261* műhoddal kezdődött. A szovjet műszerekkel ellátott műholdat poláriszhoz közeli pályára (a pálya hajlásszöge 71° volt) állították. Feladata volt a 30—40 eV-tól a néhány száz keV-ig terjedő energiatartományban az elektronok és ionok vizsgálata, a felsőléggör sűrűségváltozásainak mérése. A műhold aktív működésével egyidőben Bulgária, Csehszlovákia, Lengyelország, Magyarország, a Német Demokratikus Köztársaság, Románia és a Szovjetunió földi geofizikai állomásai megfigyeléseket végeztek az előre egyeztetett program szerint.

Hasonló vizsgálatokat folytatott az 1970 júniusában felbocsátott *Kozmosz—348* is, amely nagyobb érzékenységű műszerekkel rendelkezett, és más geofizikai viszonyok között végezte a méréseket. Adatai kiegészítették és pontosították a *Kozmosz—261* mérési eredményeit a fotoelektronok energia- és szögeloszlására vonatkozóan. E kutatások folytatódtak a *Kozmosz—321* és *Kozmosz—381* műholdakon is, a szocialista országok földi geofizikai állomásainak bevonásával.

Az ionoszféra paramétereinek különböző módszerekkel történő komplex vizsgálatára 1969. december 25-én bocsátották fel az INTERKOZMOZSZ—2 mesterséges holdat. A műholdat elliptikus pályára állították, amelynek hajlásszöge $48^\circ,4$ volt. Ez lehetővé tette az ionoszférikus plazma vizsgálatát különböző, 200—1200 km közötti magasságokban, közepes geomágneses szélességeken és az egyenlítői területeken. A kísérlethez szükséges tudományos műszerek nagy részét a szovjet szakemberek készítették, kivéve a kétsatornás *Majak* rádióadót, amelyet az NDK-ban fejlesztettek ki. A tudományos műszerek mérték az ionoszférában a pozitív ionkoncentrációt, az elektronok

effektív hőmérsékletét, az elektronsűrűséget és hőmérsékletet, az integrális elektronkoncentrációt a műhold és a földi rádió-vevőállomás között.

Hasonló tudományos vizsgálatok elvégzésére juttatták pályára 1972. december 1-én az INTERKOZMOZS—8 mesterséges holdat. Bár a tudományos feladatok azonosak voltak az INTERKOZMOZS—2 műholdéval, mégis nagy különbség volt a két műhold között. Az INTERKOZMOZS—8 műhold elektronikus műszerei már Bulgáriában, Csehszlovákiában és az NDK-ban készültek. Pályájának hajlásszöge 71° volt, így nagy geomágneses szélességeken folytatott méréseket, az NDK gyártmányú fedélzeti információtároló egység pedig lehetővé tette a teljes pálya mentén az adatok gyűjtését.

Az ionoszféra különböző paramétereinek vizsgálatához felhasználták az 500 km magasságig felemelkedő *Vertikál* rakétákat is. Ezek a rakéták különösen értékes adatokat szolgáltatnak a műholdakkal el nem érhető 100—200 km-es magasságokból. Eddig összesen hét *Vertikál* kutatórakétát lőttek fel. A *Vertikál*—6 és *Vertikál*—7 rakétákon az MTA Központi Fizikai Kutató Intézetében kifejlesztett (igen kis áramok mérésére alkalmas) ionoszférikus jellemzőket mérő műszerek repültek. (X. tábla, 2. kép).

Kopernikusz születésének 500. évfordulója alkalmából közös lengyel—szovjet mesterséges holdat bocsátottak fel 1973. április 19-én: az INTERKOZMOZS—KOPERNIK 500-at. A műhold a Nap rádiósugárzásán kívül vizsgálta az ionoszférikus plazma jellegzőit is.

Az 1974. október 31-én felbocsátott INTERKOZMOZS—12 és az 1975. december 11-én felbocsátott INTERKOZMOZS—14 műholdakat fedélzeti tömegspektrométerrel szerelték fel. Ezek a műholdak érdekes vizsgálatokat folytattak az ionoszféra felső rétegeinek kémiai összetétele és a meteoritáramok intenzitása közötti összefüggés kimutatására. A mikrometeoritokat érzékelő detektorok elektronikus egységeit az MTA Központi Fizikai Kutató Intézetében készítették. A felsőlégkör-kutató műholdak mérésével egyidőben földi megfigyeléseket végeztek az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézetében, valamint az Eötvös Loránd Állami Geofizikai Intézetben.

Magnetoszféra-kutatások

A Földet körülvevő magnetoszférát az INTERKOZMOZS—3, —5 és —13 műholdak segítségével tanulmányozták. Csehszlovák és szovjet kutatók közösen vizsgálták az INTERKOZMOZS—3 és —5 fedélzetén elhelyezett műszerekkel a Föld körüli kozmikus térség sugárzási viszonyait és az ionoszférikus plazmában lejátszódó elektromágneses folyamatokat. A kísérlet egyik fő feladata a töltött részecskék — protonok és elektronok — fluxusának vizsgálata volt. Különösen érdekes a sugárzási övekből kiszóródó részecskék vizsgálata, amely a Napon lejátszódó folyamatokkal és a geomágneses zavarokkal van kapcsolatban.

A kísérlet másik fő feladata a töltött részecskeáramok és az ionoszférikus

plazmában keletkező és terjedő elektromágneses hullámok közötti kapcsolat vizsgálata volt. Feltételezik, hogy a külső ionoszférában keletkező alacsonyfrekvenciás rezgések a töltött részecskeáramok hatására jönnek létre. A kísérlet bebizonyította a vizsgált jelenségek közötti kapcsolatot. Sok esetben megnövekedett alacsonyfrekvenciás intenzitást figyeltek meg elektronáramok megjelenésével egyidőben.

Az INTERKOZMOZS—3 és —5 mesterséges holdak mérési adatainak számítógépes feldolgozásában az MTA Központi Fizikai Kutató Intézete Kozmikus Sugárzási Osztályának munkatársai is részt vettek.

Az INTERKOZMOZS—10, amelyet 1973. augusztus 30-án bocsátottak fel, további magnetoszféra-kutatásokat végzett. A csehszlovák, német és szovjet kutatók által épített műszerek a magnetoszféra és ionoszféra közötti elektromágneses kapcsolatot vizsgálták. A műhold repülésével egyidőben, összehangolt program alapján, meteorológiai rakétákat lőttek fel a Szovjetunió területéről. A műhold műszerei lehetővé tették az egyidejű elektromos és mágneses tér méréseket, a töltött részecskék áramainak és az ionoszféra különböző paramétereinek vizsgálatát.

Az INTERKOZMOZS—13 mesterséges holdon végzett kísérletek gyakorlatilag folytatták az INTERKOZMOZS—3 és —5 műholdak méréseit. Ezen a műholdon azonban új műszereket is elhelyeztek, amelyek — az előzőektől eltérően — egyidejűleg mérni tudták az elektromágneses tér elektromos összetevőjét is. A műholdat ellátták elektrosztatikus analizátorral is.

A magnetoszféra- és ionoszféra-mérések pontosítását és komplex vizsgálatát végezték egyéb kísérletek mellett az INTERKOZMOZS—17 és —18 műholdak is. E műholdakon az MTA Központi Fizikai Kutató Intézetében és a Budapesti Műszaki Egyetemen készült különböző elektronikus egységek repültek.

Napfizikai kutatások

A modern asztrofizika egyik legaktuálisabb feladata a Napon lejátszódó fizikai folyamatok vizsgálata. A naptevékenységre vezethető vissza sok földi, és a Föld körüli térségben előforduló jelenség. Ezért az Interkozmosz-programban kezdettől fogva nagy figyelmet szenteltek e problémakör kutatásának. A szocialista országok tudósai feladatul tűzték ki a Nap rövidhullámú sugárzásának vizsgálatát (beleértve annak hatását a földi atmoszférára), a napkitörések megbízható előrejelzési módszerének kidolgozását, és keletkezésük fizikai körülményeinek tisztázását. Ezt a feladatot csak a Nap állandó megfigyelésével lehet megoldani. Ezért az Interkozmosz-program tervébe vette olyan különleges kozmikus obszervatóriumok rendszeres felbocsátását, amelyek műszerei a Napra irányulnak. Már az első INTERKOZMOZS-hold is, amelyet 1969. október 14-én juttattak Föld körüli pályára, a naptevékenység vizsgálatára szolgált. Az INTERKOZMOZS—1 műszerei közül a Lyman-alfa fo-

toméert — a Nap 1216 Å-ös rövidhullámú sugárzásának mérésére — az NDK-ban, a röntgensugárzás mérésére szolgáló röntgenfotométert pedig Csehszlovákiában készítették.

A Nap további vizsgálatára szolgáltak az azonos felépítésű INTERKOZMOSZ—4 (felbocsátás: 1970. október 14-én), az INTERKOZMOSZ—7 (1972. június 30.) és az INTERKOZMOSZ—11 (1974. május 17.) mesterséges holdak. Elsőnek az INTERKOZMOSZ—1 műholdon mutatták ki — és ezt a későbbi vizsgálatok megerősítették —, hogy napkitörések esetén a Nap röntgensugárzása polarizálttá válik, és ennek mértéke elérheti a 10—20%-ot is.

A Napon lejátszódó események jobb megértésére a lengyel tudósok javasolták a Nap rádiósugárzásának mérését a tized km-es hullámsávban. Ez a kísérlet egyike volt az INTERKOZMOSZ—KOPERNIK-500 műholdon végzett kísérleteknek. A napfizikai vizsgálatokba bekapcsolódtak a *Vertikál* rakéták is. A rövidhullámú sugárzáson kívül vizsgálták a lágy röntgensugárzás spektrumát és felvételeket készítettek a Napról különböző frekvenciatartományokban. A napfizikai műholdak méréseivel egyidőben földi megfigyelések is történtek — többek között az MTA debreceni Napfizikai Observatóriumában.

Kozmikus sugárzási kutatások

Alapjában véve az INTERKOZMOSZ—3, —5 és —13 műholdaknak a töltött részecskék energia- és szögeloszlásának meghatározására irányuló mérései szintén a kozmikus sugárzási kutatásokhoz tartoznak, azonban rendkívül érdekesek a jóval nagyobb energiákkal (nagyobb mint 10^{12} eV) rendelkező galaktikus kozmikus sugarak tulajdonságai is.

A nagy energiájú kozmikus sugárzás kölcsönhatási mechanizmusának tanulmányozására tettek javaslatot Csehszlovákia, Lengyelország, Magyarország, Mongólia, Románia és a Szovjetunió szakemberei. Elképzelésük az 1972. április 7-én felbocsátott INTERKOZMOSZ—6 műholdon valósult meg. A műhold tudományos berendezése fotoemulziós blokkból, ionizációs kaloriméterből és más, elektronikai egységekből állt. Az INTERKOZMOSZ—6 műhold különlegesnek számít, mivel súlya (1070 kp) nagyobb volt az eddigi műholdakénál, és a fotoemulziót valamint a műszereket tartalmazó konténer visszatért a Földre. Az előhívott fotoemulziót a kísérletben részt vevő országok laboratóriumaiban dolgozták fel. A kísérlet igen érdekes új eredményekre vezetett a néhány GeV-tól a néhány ezer GeV-ig terjedő energia-intervallumba tartozó mag—mag kölcsönhatások tulajdonságaira vonatkozóan, ezen kívül bebizonyította, hogy az ilyen műholdas kísérletnek — a fotoemulziós blokk elektronikus berendezésekkel való összekapcsolása — nagy jövője van; új lehetőségeket nyit az asztrofizika és a kozmikus sugárzás magfizikai irányzatának területén, különösen, ha a nagyenergiájú kozmikus sugárzás kémiai összetételére vonatkozó adatokkal egészítik ki.

A kozmikus sugárzás energiaspektrumát és szögeloszlását vizsgálja a boly-

góközi tér különböző töltésű részecskéi esetében az 1977. szeptember 24-én elliptikus pályára felbocsátott INTERKOZMOZS—17 mesterséges hold is. A műhold fedélzetén az MTA Központi Fizikai Kutató Intézetében készült elektronikus egységek is repülnek.

A Hold, a bolygók és a bolygóközi tér szilárd összetevőinek vizsgálata

A témakör vizsgálata két részre oszlik: a mikrometeoritek vizsgálatára a bolygóközi térben, és az automatikus holdszondák által a Földre juttatott holdkőzetek vizsgálatára.

A mikrometeoritek vizsgálata a *Vertikál—1* rakétán kezdődött — cseh-szlovák, magyar és szovjet együttműködésben —, majd a *Vertikál—2* rakétán folytatódott. A *Vertikál—1* és *Vertikál—2* rakéták mikrometeorit-csapdája Magyarországon készült, ugyanúgy, mint az INTERKOZMOZS—6 műhold fedélzetén elhelyezett mikrometeorit-csapda.

További mikrometeorit-vizsgálatokat végeztek a szocialista országok tudósai az INTERKOZMOZS—12, —14 és —17 műholdak fedélzetén, de már új, elektronikus berendezések segítségével. A mikrometeoritek detektorához az elektronikus egységek az MTA Központi Fizikai Kutató Intézetében készültek (IX. tábla). A kutatások a Föld légkörébe bejutó bolygóközi anyag szilárd összetevőjének vizsgálatára, valamint az atmoszféra kémiai összetétele és a meteoritáramok közötti kapcsolat tanulmányozására irányultak.

Az Interkozmosz-program keretében a Szovjetunió kilenc orzágának adta át vizsgálatra a *Luna—16* és a *Luna—20* automatikus holdszondák által a Földre juttatott holdkőzetmintákat. Magyarországon az MTA Központi Fizikai Kutató Intézetében végezték a holdkőzetminták elemzését, neutronaktivációs és egyéb módszerekkel.

Geodéziai és geofizikai célú műholdmegfigyelések

Mesterséges holdak geodéziai mérések objektumaiként való alkalmazása nagymértékben megnövelte a geodéziai kutatások lehetőségeit. Már 1957-ben, az első szovjet műhold fellövésével megkezdődtek e téren a nemzetközi együttműködések, amelyek ekkor még a Szovjet Tudományos Akadémia és a szocialista országok akadémiái között kötött kétoldalú egyezményeken alapultak. Hazánkban éveken át folytak vizuális műholdmegfigyelések, majd a mesterséges holdak optikai megfigyelése az 1960-as évekre nagymértékben kiszélesedett, és tökéletesedtek a megfigyelési eszközök is. Létrehozták az állandó műholdmegfigyelő állomások hálózatát, amelyeket különleges, korszerű *AFU—75* és *SBG* típusú automatizált (követő rendszerű) fotografikus kamerákkal láttak el. E műholdmegfigyelő állomáshálózatához tartozik kezdettől fogva az MTA Csillagvizsgáló Intézete Bajai Observatóriuma, és 1975 óta a penci Kozmikus Geodéziai Observatórium.

A műholdmegfigyelési együttműködés 1968 óta az Interkozmosz-program keretében folyik. Az Interkozmosz nemzetközi együttműködésben kutatások folynak a kozmikus geodézia és geodinamika, a műholdak optikai megfigyelése alapján történő felsőlégköri vizsgálatok, a műholdmegfigyelési eszközök létrehozása és tökéletesítése területén.

A legérdekesebb és legjelentősebb program a kozmikus geodézia területén az úgynevezett „Nagy Húrok” program, amelyben az összes együttműködő ország részt vesz. A program az *AFU-75* fotografikus kamerák felvételein és a lézertáv mérők mérésein alapul. A lézertáv mérők körülbelül 1 m pontossággal tudják mérni a műhold és a földi állomás közötti pillanatnyi távolságot. Létrehozásukban magyar szakemberek is részt vettek. Lézertáv mérővel felszerelt *SBG* típusú kamera segítségével végeznek méréseket a program keretében a penci Kozmikus Geodéziai Observatóriumban. A kozmikus geodézia dinamikai módszereinek kidolgozása és fejlesztése terén a magyar szakemberek szép sikereket értek el.

A műholdak optikai megfigyelése alapján történő felsőlégkör-kutatásokat a Magyar Tudományos Akadémia koordinálja. Magyar szakemberek javaslatot dolgoztak ki a műholdak kváziszinkron megfigyeléseinek felhasználására a felsőlégkör sűrűségváltozásainak vizsgálatában, és 1963-ban ennek alapján kezdődtek el az optikai megfigyelések az *Interobs-program* keretében, több mint 20 műholdmegfigyelő állomás részvételével. A megfigyelési adatok feldolgozására a magyar tudósok több módszert dolgoztak ki. Munkájuk eredményeképpen tisztázták a különböző felsőlégkörmodellek hiányosságait, és sikerült kimutatniuk a transzkontinentális éjszakai felsőlégköri szelek létezését, valamint a szélrendszerek jelentős aszimmetriáját.

Az atmoszféra által a műholdak mozgására gyakorolt (fékező) hatás pontosítása céljából az utóbbi időben a vizuális *Interobs-programot* felváltotta az *Atmoszféra-program*, amely már fotografikus megfigyeléseken alapul. A szocialista országok fotografikus megfigyelést folytató állomásai vesznek részt ebben a programban.

Ürelektronika és -technológia, készüléképítés

Az első javaslat a szocialista országok műholdjai számára építendő Egységes Telemetriai Rendszer (ETMSZ) kidolgozására 1968-ban hangzott el, és egy évvel később már a csehszlovák, lengyel, magyar, német és szovjet szakemberek benyújtották saját elképzeléseiket a rendszer felépítésére vonatkozóan. A tervek megvalósításán, a fedélzeti elektronikai egységek kifejlesztésén több évig dolgoztak. A Budapesti Műszaki Egyetem szakemberei analóg-digitál átalakítókat és tápegységeket készítettek a rendszerhez.

1976 elejére elkészültek az Egységes Telemetriai Rendszer fedélzeti berendezéseinek technológiai és repülő példányai, elvégezték az elektromos, a klíma és a mechanikai vizsgálatokat. A teljes fedélzeti berendezés súlya 26 kg volt.

1976. június 19-én bocsátották fel az INTERKOZMOSZ—15 mesterséges holdat, és fedélzetén az Egységes Telemetriai Rendszert. A rendszer jeleit a Csehszlovákiában, Lengyelországban, Magyarországon, az NDK-ban és a Szovjetunióban megépített földi vevőállomások vették.

Tervbe vették az ETMSZ újabb műholdakon való elhelyezését és további földi vevőállomások létesítését is. Ennek eredményeképpen az 1978. október 24-én felbocsátott INTERKOZMOSZ—18 magnetoszféra-kutató valamint az INTERKOZMOSZ—19 ionoszféra-kutató (1979. február 27.) mesterséges hold fedélzetén szintén az Egységes Telemetriai Rendszer működött.

Mesterséges holdak mérési adatainak feldolgoása

A mesterséges holdakról kapott mérési adatok feldolgozása három alapvető részre osztható:

- a telemetrikus információ elsődleges feldolgozása, amelynek során a műhold fedélzetén mért fizikai paraméterek értékeinek meghatározása történik;
- a tudományos mérések adatainak összekapcsolása a navigációs adatokkal, amelynek célja a méréseket végző műhold helyzetének és orientációjának meghatározására szolgáló különböző paraméterek kiszámítása;
- a teljes feldolgozás, amelynek során az előző két lépés eredményeinek felhasználásával kiszámítjuk a kísérlet eredményeinek tudományos elemzéséhez szükséges adatokat.

Jelenleg az INTERKOZMOSZ mesterséges holdakról jövő tudományos információt a földi telemetriai állomásokon különleges formátumú mágnesszalagokon rögzítik. Ezek a mágnesszalagok a Szovjet Tudományos Akadémia Űrkutatási Intézetében előzetes feldolgozáson mennek keresztül. Itt a telemetrikus és navigációs adatok előzetes feldolgozásának eredményeit szabványos mágnesszalagokon rögzítik, és átadják további feldolgozásra a kísérletben részt vevő országoknak.

A Kozmikus Fizikai Állandó Munkacsoport keretén belül eddig sikeresen oldották meg a mágnesszalagon kapott mérési adatok további számítógépes feldolgozásának kérdéseit Bulgáriában, Csehszlovákiában, Lengyelországban, Magyarországon és a Német Demokratikus Köztársaságban. Az MTA Központi Fizikai Kutató Intézetének munkatársai sikeresen vettek részt az INTERKOZMOSZ—3 és INTERKOZMOSZ—5, a *Prognosz—4*, *Prognosz—5* és *Prognosz—6* műholdak valamint a Vénusz- és Mars-szondák adatainak számítógépes feldolgozásában és fizikai interpretációjában.

A teljesség kedvéért néhány szóban meg kell említeni a magyar szakemberek által más munkacsoportok keretében végzett sikeres kutatásokat is.

A kozmikus meteorológiai kutatások

Magyarországon az Országos Meteorológiai Szolgálatához tartoznak. A munkák során már 1966-ban lehetővé vált a meteorológiai mesterséges holdak felhőképeinek vétele, és azokat a későbbiekben felhasználták a Budapest—Ferihegy nemzetközi repülőtér munkájában. Magyar szakemberek részt vettek „A felhőzet mezo-méretű sajátosságaira vonatkozó adatok felhasználása az időjárás elemzésében” és a „Földközi-tengeri ciklonok a felhőzet mezejében” című Interkozmosz-kiadványok elkészítésében. Számítógépes eljárásokat dolgoztak ki az időjárási jelenségek műholdas felhőképek és rádiószonda-mérések adatai alapján történő vizsgálatára. Matematikai módszereket dolgoztak ki a felhőzeti kép leírására és földrajzi azonosítására. A meteorológiai mesterséges holdak adataira támaszkodva a magyar szakemberek vizsgálják a légkör sugárzasháztartását és a levegőszennyezettséget.

Az űrbiológia és orvostudomány

területén is nagyon szép sikereket értek el a magyar kutatók az Interkozmosz-programban. A sugárbiológiai kutatásokban a sugárdózis fizikai mérési módszereitől a biológiai indikátorok vizsgálatáig több eljárás kidolgozásában vettek részt. Szovjet kutatókkal együttműködve az európai „átlagembernek” megfelelő szövetekvivalens bábút (fantomot) hoztak létre. Az űrkörülmények és a kozmikus sugárzás komplex hatásának tanulmányozására felbocsátott *Kozmosz-936 — Bioszputnyik* kísérleti állatainak szövettani feldolgozásába is bekapcsolódtak a magyar szakemberek. Intenzív munkát folytatnak a magyar kutatók a súlytalanság hatásainak tanulmányozásában és az egyensúlyi szerv vizsgálatában is.

A kozmikus távközlés

területén nagy jelentőségű eseménynek számított 1971-ben az Interszputnyik-szervezet megalakulása, amelynek Magyarország is tagja. Az e szervezet keretében folyó munkák eredményeképpen 1977-re befejeződött a magyar *Interszputnyik földi állomás* megépítése a Balaton-felvidéken, Taliándörögd mellett. Az állomás 1978. január 1-től szolgálatban végzi a műholdas televíziós- és telefonösszeköttetésekben ráháruló feladatokat.

* * *

Az űrkutatás eredményeinek hasznosítása a mindennapi életben egyre nagyobb mértékben valósul meg. A magyar szakemberek e téren is tevékenyen dolgoznak. 1975-től kezdve fokozatosan bekapcsolódtak a földi erőforrások műhol-

das kutatásába, a Föld távzondázásának különböző gazdasági célokra történő felhasználásába.

1976-ban a Szovjetunió felajánlotta a szocialista országoknak, hogy saját űrhajóikkal vegyenek részt az űrhajókon és űrállomásokon végzett kutatásokban, amelyek igen hasznosak lehetnek valamennyi szocialista ország tudománya, technikája és népgazdasága számára. Eddig csehszlovák, lengyel és német űrhajósok hajtottak végre különböző megfigyeléseket és kísérleteket a *Szaljut* orbitális űrállomáson. Megtörtént Magyarország és a többi szocialista ország űrhajósainak kiképzése, s mire ezek a sorok eljutnak az Olvasóhoz, űrhajós-jelöltjeink felkészülten várnak küldetésükre.

Az Interkozmosz-program keretében, nemzetközi együttműködéssel végrehajtott rakétás és műholdas kísérletek (fizika, geofizika)

Objektum	Fellevés időpontja	Tudományos feladatok	Kísérletben résztvevő országok	Megjegyzés
MR-12 meteorológiai rakéták	1967-1974	Felső atmoszféra hőmérsékletének vizsgálata	SZU, Fr	—
Kozmosz-261	1968. dec.	Felső atmoszféra paraméter-változásainak vizsgálata	SZU	Egyidejű földi megfigyelésekben részt vett: BNK, CszK, LNK, MNK, RSzK, SZU.
Interkozmosz-1	1969. okt.	Nap, rövidhullámú sugárzása és hatása a felső atmoszférára	CszK, NDK, SZU	—
Dragon-II B rakéták	1969.	Felsőléggkör összetételének meghatározása	Fr, SZU	—
Interkozmosz-2	1969. dec.	Felsőléggkör és ionoszféra paramétereinek vizsgálata	NDK, SZU, BNK, CszK	Egyidejű földi megfigyelők: BNK, CszK, Kuba, LNK, MNK, NDK, RSzK, SZU
Kozmosz-321	1970. jan.	Felsőléggkör paramétereinek vizsgálata	SZU	—, —, —
Kozmosz-348	1970. jún.	Felsőléggkör paramétereinek változása és napaktivitás közötti kapcsolat	SZU	—, —, —
Interkozmosz-3	1970. aug.	Földi magnetoszféra, sugárzási övek és VLF hullámterjedés vizsgálata	CszK, SZU	Egyidejű földi megfigyelők: BNK, CszK, Fr, LNK, NDK, SZU. Adatfeld: MNK is.

Meteor } Kolomb }	1970—1972	Felhőzet vizsgálata SZU és Franciaország felett	Fr, SZU	—
Interkozmosz—4	1970. okt.	Nap rövidhullámú sugárzása és hatása a felsőléggörbén	CsSzK, NDK, SZU	Egyidejű földi megfigyelők: BNK, CsSzK, LNK, MNK, NDK, RSzK, SZU
Luna—17, Lunohod	1970. nov.	A Föld—Hold rendszer paramétereinek pontos mérése	Fr, SZU	—
Vertikál—1 rakéta	1970. nov. 28.	Nap, felsőléggörbe és meteoritok vizsgálata	MNK, BNK, CsSzK LNK, NDK, SZU India, SZU	Egyidejű földi megfigyelők: BNK, CsSzK, LNK, MNK, NDK, RSzK, SZU
M—100 rakéták	1970—1975	Felsőléggör paramétereinek vizsgálata	NDK, SZU	—
Kozmosz—381	1970. dec.	Ionoszféra paramétereinek vizsgálata	Fr, SZU	Egyidejű földi megfigyelők: BNK, CsSzK, Kuba, LNK, RSzK, SZU „Sztereo”-terv
Mars—3	1971. máj.	Nap rádiósugárzásának vizsgálata a méteres hullámsávban	Fr, SZU	—
Vertikál—2 rakéta	1971. aug. 28.	Nap ultrarövid- és röntgensugárzásának vizsgálata, ionoszféra és mikrometeoritok	BNK, CsSzK, LNK, MNK, NDK, SZU	Földi megfigyelők: NDK, SZU
Interkozmosz—5	1971. dec.	Földi mágnetoszféra, sugárzasi övek, VLF-hullámok vizsgálata	CsSzK, SZU	Földi megfigyelők: BNK, CsSzK, Fr, NDK, SZU, Új-Zéland
MR—12 és M—100 rakéták	1971—1974	Töltött részecskék sűrűségelosztásának és hőmérsékletének vizsgálata, felsőléggörbe szelek mérésének kidolgozása	BNK, NDK, SZU	—

Objektum	Feltöves időpontja	Tudományos feladatok	Külföldi bevonuló országok	Megjegyzés
Oreol	1971. dec.	Protonok és elektronok energiájának és spektrumának vizsgálata	Fr, SZU	Földi megfigyelők: BNK, CsSzk, LNK, MNK, NDK, RSzK, SZU, Fr, „Arkad” terv
MR—12 és „Veronika”-rakéták	1971. dec.	Elektronkoncentráció és hőmérséklet mérés, semleges légkör hőmérőkéjének, semleges és ionoszférátel vizsgálata	Fr, SZU	—
MASz	1972. ápr.	Napelemek hatásosságának vizsgálata	Fr, SZU	—
Interkozmosz—6	1972. ápr. 7.	Nagy energiájú kozmikus sugárzás és meteoritok vizsgálata	CsSzk, LNK, MNK, MoNK, RSzK, SZU	—
Prognosz—2	1972. jún.	Alacsonyenergiájú részecskék a magnetoszféra külső részében; naperedetű neutronok és γ sugarak vizsgálata	Fr, SZU	„Kalipszo” és „Sznyeg” tervek
Interkozmosz—7	1972. jún.	Nap rövidhullámú sugárzása és hatása a felsőlégrére	CsSzk, NDK,	Földi megfigyelések: BNK, CsSzk, LNK, MNK, NDK, RSzK, SZU
Interkozmosz—8	1972. dec.	Föld felsőlégréinek és ionoszférájának vizsgálata	BNK, CsSzk, NDK, SZU	Földi megfigyelések: BNK, CsSzk, Kuba, NDK, SZU
Luna—21 Lunahod—2	1973. jan.	Föld—Hold rendszer paramétereinek pontos mérése	Fr, SZU	Földi megfigyelések: Fr, SZU, USA

Interkozmosz— Kopernik-500	1973. ápr.	Nap sporadikus rádiósugárzá- sa és az ionoszféra	LNK, SZU	Földi megfigyelések: CsSzK, LNK, SZU
Marsz—6 Marsz—7	1973. aug.	Nap rádiósugárzása, kozmi- kus sugárzás és napszél	Fr, SZU	„Sztereo—5”, „Zsemo—C” és „Zsemo—T”, tervek
Interkozmosz—10	1973. aug.	Földi magnetoszféra és ionoszféra elektromágneses kapcsolata	CsSzK, NDK, SZU	Földi megfigyelések: CsSzK, NDK, SZU
Oreol—2	1973. dec.	Protonok és elektronok ener- giájának és spektrumának mérése sarki övezetekben	Fr, SZU	Földi megfigyelések: BNK, CsSzK, LNK, MNK, NDK, RSzK, SZU, Fr, „Arkad” terv
Interkozmosz—11	1974. máj.	Nap ultraibolya- és röntgensu- gárzása és a felsőléggör vizsgálata	CsSzK, NDK, SZU	Földi megfigyelések: BNK, CsSzK, LNK, MNK, NDK, RSzK, SZU
Interkozmosz—12	1974. okt. 31.	Felsőléggör és ionoszféra komplex vizsgálata; mete- oritok vizsgálata	BNK, CsSzK, MNK, NDK, RSzK, SZU	Földi megfigyelések: BNK, LNK, CsSzK, NDK
Eridan rakéták	1975. jan.— febr.	Mesterséges elektron injekció sarki fény keltéséhez	Fr, SZU	Fr, SZU „Araksz”-terv
Interkozmosz—13	1975. márc.	Töltött részecskék és VLF hullámok kölcsönhatása	CsSzK, SZU	Földi megfigyelések: BNK, CsSzK, MNK, NDK, SZU
Interkozmosz—14	1975. dec. 11.	Felsőléggör és meteoritok vizsgálata	BNK, CsSzK, LNK, MNK, NDK, SZU	Egidejű földi megfigyelések: BNK, CsSzK, Kuba, LNK, MNA, NDK, RSzK, SZU

Objektum	Felállítás időpontja	Tudományos feladatok	Kísérletben résztvevő országok	Megjegyzés
<i>Interkozmosz—15</i>	1976. jún. 19.	<i>Egységes Telemetria Rendszert próbálja</i>	BNK, CsSzk, LNK, MNK, NDK, RSzK, SZU	Földi megfigyelések: BNK, CsSzk, Kuba, LNK, MNK, NDK, RSzK, SZU
Interkozmosz—16	1976. júl. 27.	Nap ultraibolya- és röntgensugárzása	CsSzk, NDK, SZU, Svédország,	— " —
Prognóz—5	1976. nov. 5.	Nap elektromágnesség és korpuszkuláris sugárzása	CsSzk, SZU, Fr	Adatfeldolgozásban MNK is részt vett.
Vertikál—4 rakéta	1977.	Felsőléggör vizsgálata	CsSzk, SZU	Földi megfigyelések: CsSzk, NDK, SZU
<i>Interkozmosz—17</i>	1977. szept. 24.	<i>A felsőléggör, a kozmikus sugárzás és meteoritok tanulmányozása</i>	CsSzk, LNK, MNK, NDK, RSzK, SZU	Földi megfigyelések: BNK, CsSzk, Kuba, LNK, MNK, NDK, RSzK, SZU
Vertikál—5 rakéta	1977. aug.	Felsőléggör vizsgálata	CsSzk, NDK, SZU	— " —
Vertikál—6 rakéta	1977. okt. 25.	Felsőléggör vizsgálata	CsSzk, MNK, NDK, SZU	— " —
<i>Interkozmosz—18</i>	1978. okt. 24.	<i>Magnetoszféra jellemzőinek vizsgálata, Egyeséges Telemetria Rendszer</i>	BNK, CsSzk, LNK, MNK, NDK, RSzK, SZU	— " —
Prognóz—7	1978. okt. 30.	<i>A napszél, a magnetoszféra és a bolygóközi tér kutatása</i>	BNK, CsSzk, LNK, MNK, NDK, SZU	— " —

<i>Vertikál-7 rakéta</i>	<i>1978. nov. 3.</i>	<i>Ionoszféra kutatása</i>	CsSzK, LNK, MNK, NDK, SZU	-- " --
<i>Interkozmosz-19</i>	<i>1979. febr. 27.</i>	<i>Ionoszféra kutatása</i>	BNK, CsSzK, LNK, MNK, NDK, RSzK, SZU	-- " --

Jelölések: BNK = Bolgár Népköztársaság

CsSzK = Csehszlovák Szocialista Köztársaság

LNK = Lengyel Népköztársaság

MNK = Magyar Népköztársaság

MoNK = Mongol Népköztársaság

NDK = Német Demokratikus Köztársaság

RSzK = Román Szocialista Köztársaság

SZU = Szovjetunió

Fr = Franciaország

AZ EKVIDENZITOMETRIA ÉS NAPFIZIKAI ALKALMAZÁSA

A fényképezés a feltalálása óta eltelt másfél évszázad alatt nélkülözhetetlen segítőtársa lett a tudományos kutatásnak. A mindennapi életben és a művészet területén elért sikerek mellett a daguerrotypia tudományos felhasználása is a fotográfia úttörő korszakáig nyúlik vissza. *Lerebours* francia optikus 1842-es eredménytelen kísérletei után 1845. április 2-án sikerült, Arago biztatására, *H. Fizeau* és *L. Foucault* francia fizikusoknak az első napfelvevételt elkészíteni. Ezen a 12 cm átmérőjű napképen, amely 1/60 másodperc expozícióval készült, már jól látható a napfoltok szerkezete és a napkorong szélelsőtévedése. Ettől kezdve a fotográfia a napkutatás elválaszthatatlan kísérője lett.

Annak ellenére, hogy az elektronika mindinkább teret kap a régen csak fotográfiával megközelíthető kutatási területeken, utóbbi jelentősége mégsem csökkent. Az információk sokaságának kétdimenziós tárolása, átalakítása és átvitele a fényérzékeny rétegben még mindig a leggazdaságosabb és pótolhatatlan. Akkumulációképessége, amely segítségével igen kis fényimpulzusokat hosszú idő folyamán gyűjt össze, láthatóvá és mérhetővé tesz, nélkülözhetlenné teszi a csillagászatban is. Amellett azonban, hogy a fényképezőlemezben nagy tömegű információt tárolunk, igen fontos ezen információhalmaz kiértékelése és maradéktalan kiaknázása. Főleg utóbbi terén akad még ma is elég tennivaló. Cikkünkben is egy ilyen kérdéssel fogunk foglalkozni: a fényérzékeny rétegben rögzített és előhívott feketedési információk kiértékelésének fotográfiai módszerével.

Az ekvidenzitometria

A kiértékelendő felvétel — fotogram — információhordozója a feketedés, amely a sík $P(x,y)$ helykoordinátáinak a függvénye: $S = F(x,y)$. Ennek reprezentálásához egy háromdimenziós modellre lenne szükségünk, ahol minden P pontban az S értéket a z koordinátán felmérnénk. De a feketedés menetét két dimenzióban is ábrázolhatjuk: egy kiválasztott $S = konstans$ értékhez tartozó pontokat összekötjük, és az xy síkra vetítjük. Ezek — a térképről is-

mert szintvonalakhoz hasonlóan — egy $S = F(x,y) = C$ görbét adnak, amelyek a C konstans különböző értékeire a fotogram feketedési szerkezetét egy görbesereggel ábrázolják. Ezeket a görbéket, amelyek egyenlő denzitású pontokat kötnek össze, W. Krug és E. Lau (Die Äquidensitometrie, 1957) némenklatúrája szerint *ekvidenzitáknak* nevezzük. (Ugyanerre az irodalomban még az izofóta elnevezés is használatos.) Az ekvidenzitákkal előállított feketedési ábrázolás: az *ekvidenzitogram*, az ezzel foglalkozó eljárás neve pedig *ekvidenzitometria*.

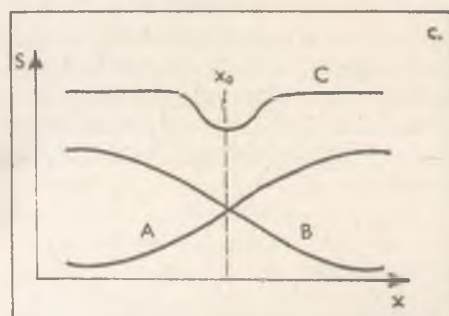
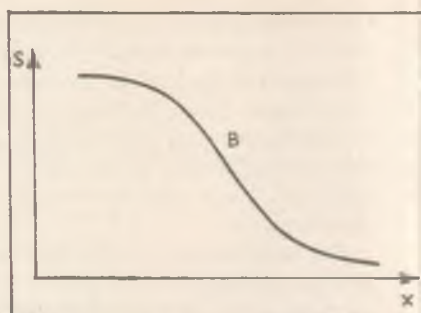
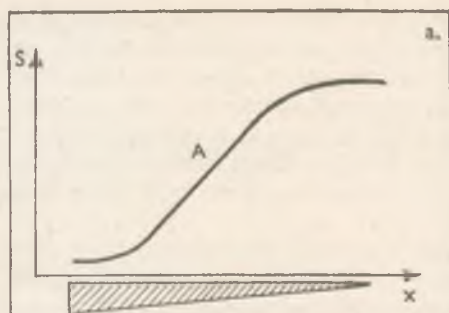
Ekvidenzitogramok előállíthatók egy fotométer segítségével is. Elég sűrű hálózati pontokban a feketedést kimérve felrajzolhatjuk az egyenlő feketedési szinteket. Ezek mérése és kiértékelése azonban igen munkaigényes és pontosságban meg részletfelbontásban sem közelíti meg a fotografikus módszerrel elért eredményeket. Ha a kellően sűrűn mért $F(x,y)$ pontok S értékeit számítógép regisztrálja és tárolja, utána pedig megfelelő programok segítségével a kívánt alakban megjeleníti, az ekvidenzitogram egy képernyőre felrajzolható. Ez a módszer azonban költséges elektronikus berendezéseket igényel, és a részletstruktúra ábrázolása sem éri el a fotografikus módszerét, amely utóbbinak csak a fényérzékeny réteg feloldóképessége szab határt.

A fotografikus eljárás

Egy fotogramról különböző expozíciós időkkel készített másolatok különböző feketedési tartományokat határolnak. Többszörös, kemény anyagra történő átmásolással elérhető, hogy a feketedési tartományok határait, amelyek egy $S = F(x,y) = konstans$ kétdimenziós ekvidenzitát ábrázolnak, jól definiált vonalak reprezentálják. Ezek a vonalak, amelyek helyei, az eredetiről készült másolat expozíciós időitől függően, más-más $S = C_i = konstans$ ($i = 1, 2, 3, \dots$) feketedési értékre esnek, kellő sűrűséggel előállítva a kívánt pontossággal adják az eredeti fotogram feketedési eloszlását. Ilyen ekvidenzitaseregek fotografikus úton történő előállítása több módon történhet.

A legegyszerűbb fotogram egy lineáris szürke ék kópiája, amely egy egydimenziós feketedési eloszlást ábrázol. Ezen a fotogramon az ekvidenziták különböző feketedéshez tartozó párhuzamos vonalak. A fotografikus eljárást alkalmazva készítsünk az ékről egy kópiát! Mint az 1/a. ábra mutatja, a feketedési görbe tulajdonságai miatt a feketedés és az x koordináta közti összefüggés nem lineáris. E linearitástól való eltérést használhatjuk fel az ekvidenzita előállítására. A gyakorlatban az A feketedési görbét, kópiájával (B—1/b. ábra) kombináljuk. A két egymásra fektetett kópián (C—1/c. ábra) egy ekvidenzitavonal: x_0 jelenik meg.

A két fotogram kombinációja többféleképpen történhet. A legegyszerűbb módszer a régi negatív—pozitív eljárás, amelynél a két kópiát egyszerűen egymásra másoljuk. Ekkor a C görbe x_0 bemélyedése egy az ék irányára merő-



1. ábra. Egy lineáris szürke ék másolatának feketedési görbéje (a), ennek másolata (b), és az A és B kópia illesztett másolata (c)

leges világos csík alakjában lesz látható. Így mindjárt kétdimenziós görbe formájában kapjuk egy bizonyos konstans denzitásnak megfelelő feketedési érték helyét másolatunkon. Ez a fotografikus eljárás lényeges előnye a fotométeres és elektronikus módszerrel szemben, ahol a görbét egydimenziós pontokból kell összerakni. A kombinált kópia készítésénél természetesen gondosan ügyelni kell, hogy a két negatív pontosan kerüljön egymásra. Ezt megfelelő illesztősablonnal, illesztőcsapokkal vagy az eredeti negatívon elhelyezett illesztőjelekkel lehet elérni. Az illesztés gondjától azonban könnyen szabadulhatunk, ha az ekvidenzita elkészítéséhez a *Sabattier-effektuson* alapuló módszert használjuk.

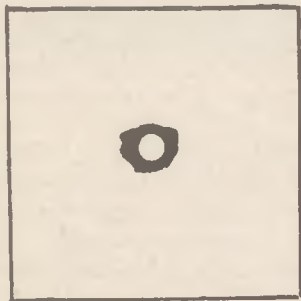
A Sabattier-effektus már több mint egy évszázada ismert, Armand Sabattier (1834—1910) francia kémikus és orvos fedezte fel az 1850-es évek elején. A művészi fényképezés már rég használja, *pszeudoszolarizáció* néven, mint különleges effektust adó módosító eljárást. Tudományos felhasználása is kézenfekvő, és mégis csak az 1950-es években jelent meg az első, tudományos kutatás céljára is megfelelő kidolgozása. A Sabattier-effektus lényege, hogy a fényérzékeny réteget előhívás közben szórt fényvel újra megvilágítjuk. Ekkor a már előhívott kép mellett a megvilágítatlan rész is fényt kap, és az előhívóban

ez is megfeketedik. Mindenki észlelheti ezt, akinek előhívás közben fényt kapott a negatívja. A lényeg, hogy az így előhívás közben megvilágított felvétel nem lesz — mint ahogy azt várnánk — teljesen fekete, hanem a részben előhívott és közben utólagosan fényt kapott részek közt egy világosabb határvonal látszik, hasonlóan az egymásra helyezett negatív és pozitív kópia világos csíkjához. Az így keletkezett képet egy egyrétegű negatív—pozitív kombinációnak is tekinthetjük, ahol a második megvilágításnál az elsődlegesen előhívott kép a réteg egy részét negatívként lefedi.

Ez is volt sokáig a Sabbattier-effektus magyarázata. A fedési hatás elméletét azonban cáfolja a fordított megvilágítás kísérlete. Tudniillik, ha a második megvilágítást nem a felvétel rétegdala felől, hanem a lemez vagy a film hátoldaláról végezzük, ugyanúgy megkapjuk a Sabbattier-effektust, annak ellenére, hogy az első megvilágítás feketedése nem fedi a réteget. Inkább elfogadható magyarázat, hogy az első kép határvonalán a hívó oxidációs termékei gátolják a feketedést. Arens (1949) vizsgálatai szerint az effektus okozója az, hogy miután az első hívás a belső ezüstgócokat érzékteleníti, a második hívás csak a felületi ezüstgócokat aktivizálja. Ezt látszik alátámasztani az a jelenség, hogy a lemezen átnézve a második megvilágítás által okozott feketedés barnásabb árnyalatúnak látszik. Hogy melyik a helyes elmélet, még nem sikerült eldönteni. Valószínű, hogy a Sabbattier-effektust a fentiek kombinációja okozza.

Egy napkoronafelvétel ekvidenzitogramja

Nézzük példaként egy napkoronafelvétel ekvidenzitáit! Az eredeti felvételt Marik Miklós készítette egy Exakta fényképezőgéppel, az 1961. február 15-i teljes napfogyatkozás alkalmával, Bulgáriában. (2. ábra.) A negatívon a holdkorong átmérője 3,5 mm. Az ekvidenziták készítéséhez erről egy keményen dolgozó, vékony rétegű filmre másolatokat készítünk. Így különböző expozíciós időkkel különböző nagyságú napkoronaképeket kapunk. A 3/a. ábra a kép



2. ábra. Az 1961. február 15-i napfogyatkozás alkalmával készült napkoronafelvétel, eredeti nagyságban. A felvételt Marik Miklós készítette az MTA Napfizikai Observatórium expedíciója alkalmával, Exakta fényképezőgéppel

egy közepes expozícióval készült másolata, amelynek a hívását megszakítottuk, tiszta vízbe helyezve utólag megvilágítottuk, és végül a hívást befejeztük. Ezen átvilágítva már látható az ekvidenzita vonala.

Erről pozitív másolatot készítve kapjuk a 3/b. ábrán látható képet, amelyen az ekvidenzita egy elég széles vonal alakjában látszik. Ha ezt még tovább óhajtjuk finomítani, akkor másodrendű ekvidenzitákat is készíthetünk, azaz ekvidenzitánkról a fenti eljárást megismételve újabb ekvidenzitákat állíthatunk elő. Egy ilyen másodrendű ekvidenzita látható a 3/c. és 3/d. ábrán. Ezt tovább folytatva harmadrendű vagy még magasabb rendű ekvidenziták is nyerhetők, de az eljárást csak addig érdemes folytatni, amíg értékes információt nyújt, azaz amíg a további finomítást az eredeti felvétel háttérzaja — pl. a szemcsézett-ség — nem zavarja.

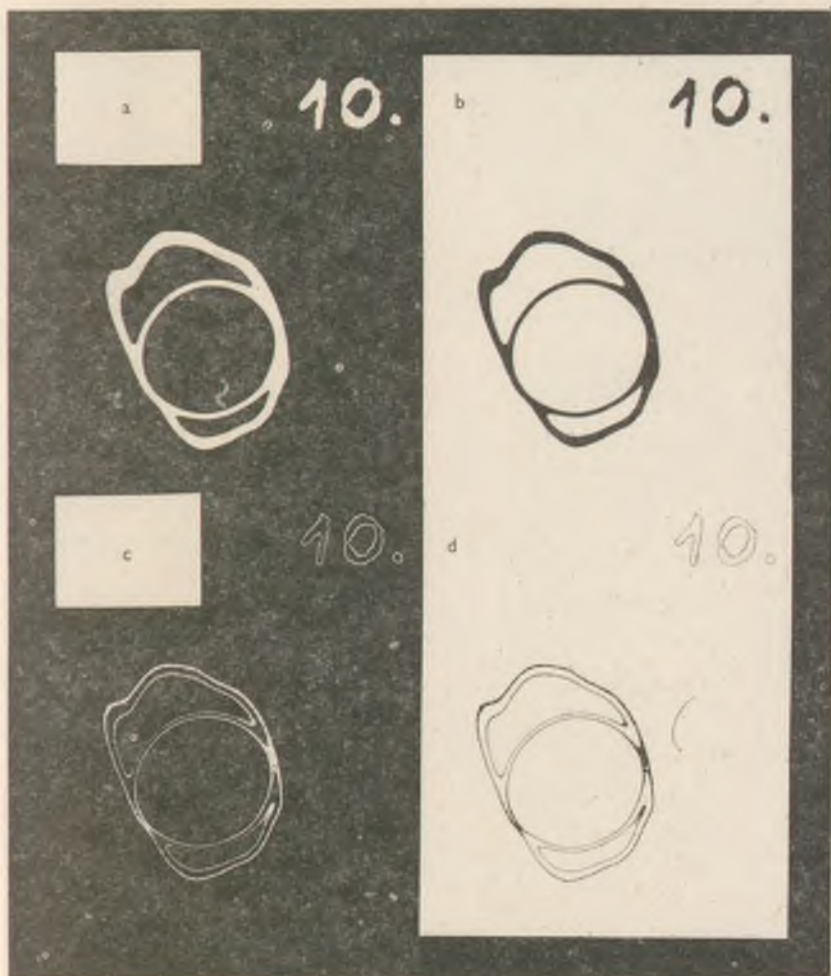
Ha vékony, éles kontúrokat szeretnénk készíteni, akkor az eredeti negatívról nyert kópiát kemény anyagra többször átmásoljuk, és erről készítjük az ekvidenzitát. Így készültek a 4. és 5. ábrán látható képek is.

Ha egy felület feketedési eloszlását szeretnénk vizsgálni, ezt egy kellően sűrű ekvidenzitasereggel kell befednünk. Erre a legalkalmasabb az *N. Richter* és *W. Högner* által kidolgozott és használt módszer. Kiinduláshoz mindig az eredeti negatívot vegyük, mivel átkopirozás alkalmával igen sok információ elvész. Tudniillik a fotografikus ekvidenzitometria kiváló tulajdonsága, hogy egyrészt a legfedettebb, a mérés által már hozzáférhetetlen tartományok is kiértékelhetők, másrészt viszont a már másolhatatlan kis feketedések struktúráját is kihozza.

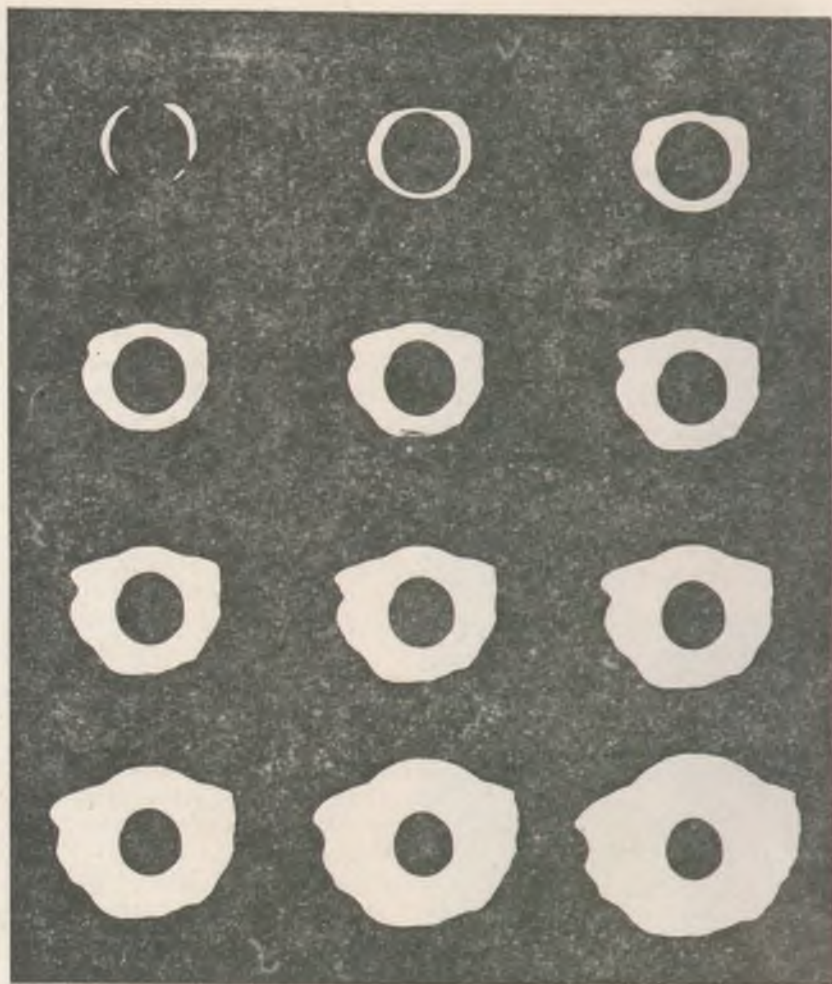
A kópiák helyzetét vagy illesztőcsapokkal, vagy illesztőjelekkel rögzítjük. Utóbbi esetben a negatív szélén, szemben egymással két tuspontot készítünk. Ezek vékony ekvidenzitái segítenek a kópiák egymáshoz illesztésében. Esetleg a kívánt részletet egy fekete papírból készült maszk segítségével határoljuk körül. Ekkor a maszk határvonala is használható illesztőjelként. Az így előkészített negatívról kemény filmre egymás után kópiákat készítünk, növekvő expozíciós időkkel. Ha az ekvidenzitákat egymástól egyenlő feketedési intervallumokra akarjuk készíteni, az időket exponenciálisan növeljük. Legegyszerűbb az expozíciós időket duplázni, és a feketedési intervallumokat a megvilágítás erősségével beállítani. Sűrűbb ekvidenzitasereg nyeréséhez használ-

hatjuk a $t_{n+1} = t_n \sqrt[k]{2}$ képlet által adott időskálát is. A 4. ábrán láthatunk egy ilyen, a 2. ábra napkoronafelvételéről készült sorozatot. Ennél az expozíciós

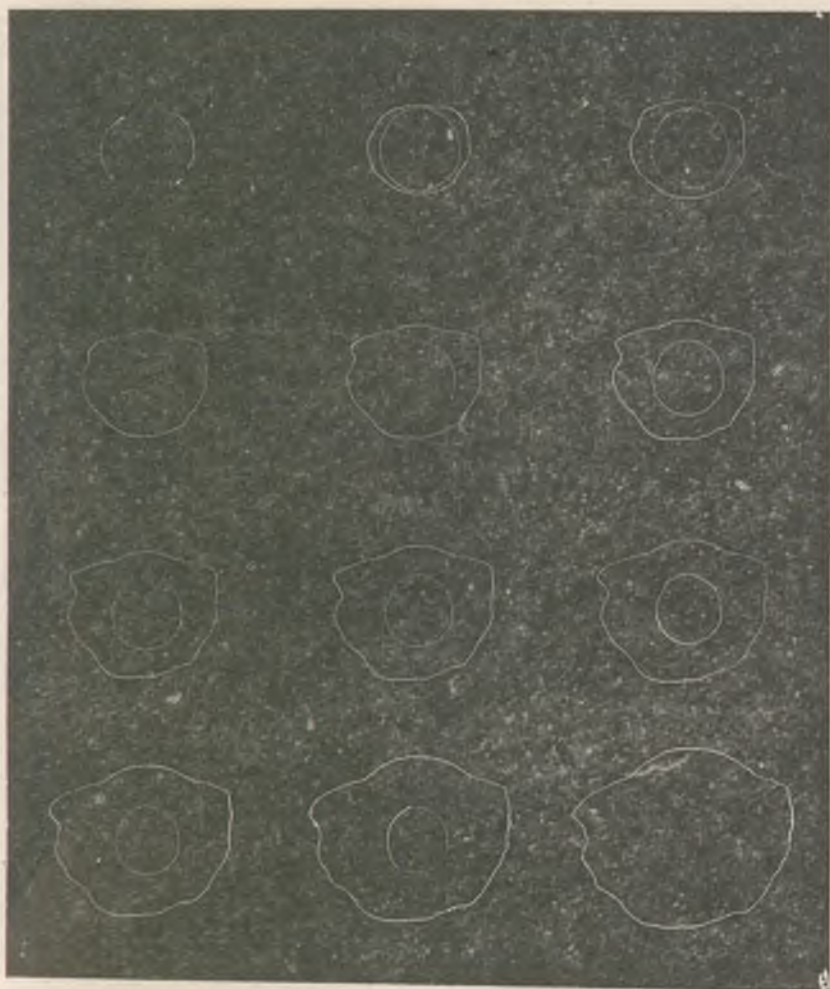
idők $\left(\sqrt[k]{2}\right)^n$ hatványsor szerint növekedtek, $n = 15$ -től $n = 26$ -ig, azaz 32 s-től 406 s-ig. Ezt keményen átkopirozva egy újabb sorozatot kapunk. Az ezekről készített kópiákat exponálás után ugyanabba a kemény hívóba tesszük, de a hívást megszakítjuk és újra megvilágítjuk a kópiát, majd utána a hívóba visszatéve a hívást befejezzük. Rögzítés és mosás után erős fénnel átvilágítva a képeken fekete alapon láthatók lesznek a vékony ekvidenziták.



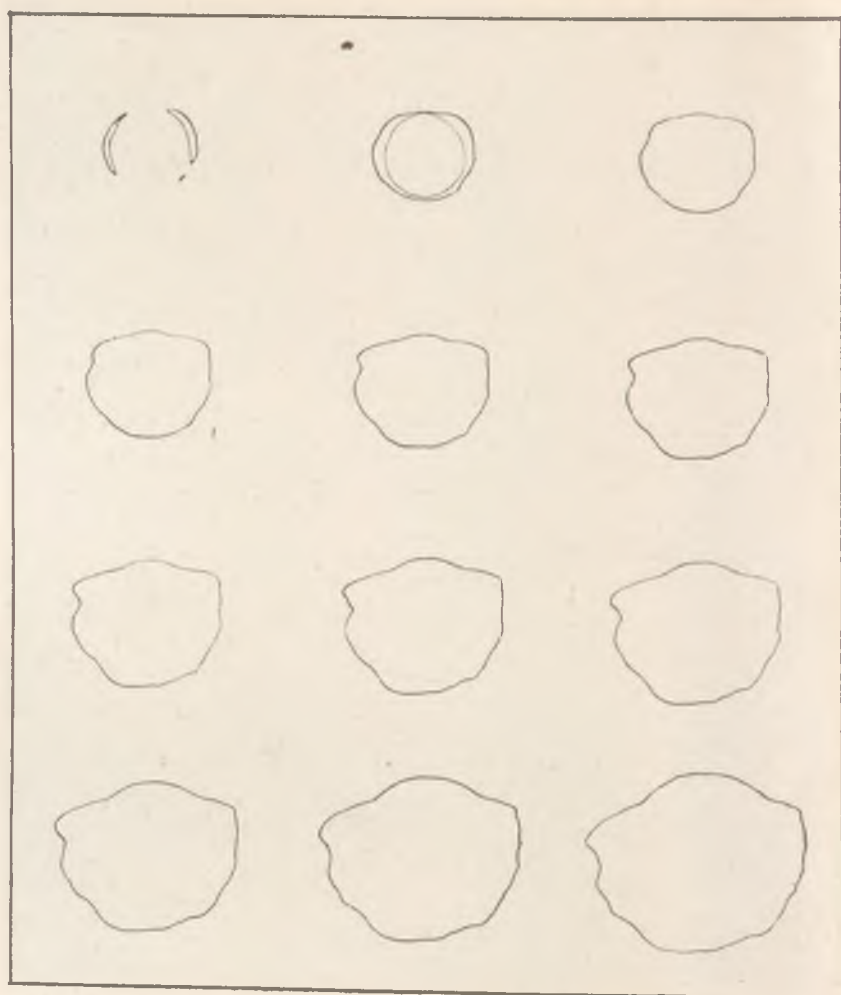
3. ábra. A 2. ábra első- és másodrendű ekvivalenciái



4. ábra. A 2. ábráról növekvő expozícióval készült másolatok



5. ábra. A 4. ábráról készült ekvidenziták



6. ábra. Az 5. ábra ekvidenzitái



7. ábra. A 2. ábrán látható napkoronafelvétel ekvidenzitogramja a 6. ábra képeinek illesztésével készült

Az 5. ábrán mutatjuk be az így készült másolatokat. Ezeket újra átmásolva kapjuk a 6. ábrán látható kész ekvidenzitákat. Ezeket illesztőcsapok segítségével összekopírozva kapjuk a 7. ábrán látható ekvidenzitogramot. Ezen még egy 13., legkülső ekvidenzita is látszik, amely mutatja, hogy a napkorona által okozott feketedés már összeolvad a háttér fényével. Ez a feketedési szint már az egyik oldalán nyitott és a fénycsökkenés gradiense már oly kicsiny, hogy a vonal erősen kiszélesedik és a fényérzékeny réteg szemcsézettsége látható lesz. A napkorona két legbelső, félhold alakú ekvidenzitája a Napot elfedő holdkorong ekvidenzitáját veszi körül. (A többi szinthez tartozó holdkorong-ekvidenzitát nem kopíroztuk a képre.)

A 7. ábrán bemutatott képen a napkorona struktúrája jól tanulmányozható, a koncentrikus ekvidenziták jól mutatják a feketedés változásának irányát és nagyságát. Hasonlóképpen a napkorona alakjának változása is jól követhető,

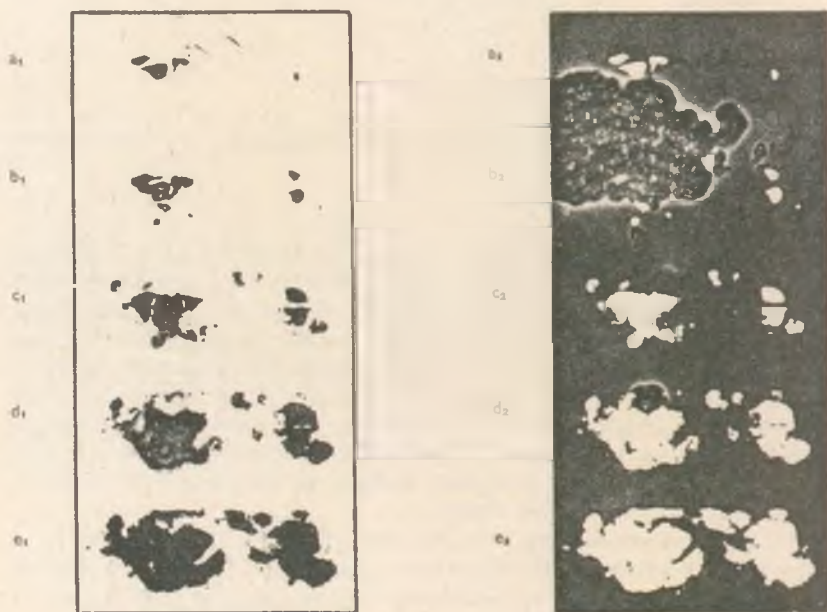
mivel kifelé haladva mindegyik ekvidenzita egy lépéssel kisebb feketedést ábrázol. De ha pl. egy napfoltcsoportról készítünk ekvidenzitogramot, a kép már nem lesz ilyen áttekinthető. A feketedés bonyolultabb eloszlása miatt a különböző részletek ekvidenzitái között már nem tudjuk az egyenlő feketedést jelölőket egyértelműen egymáshoz rendelni. A feladat megoldását segíti a

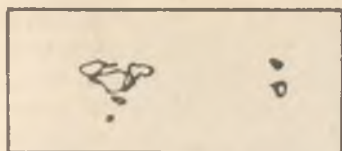
színes ekvidenzitogram.

Ennél külön minden szintvonalhoz egy-egy tetszőleges szint választunk. Így a különböző színek segítségével már könnyen megtaláljuk az egymáshoz tartozó feketedési értékeket. Van azonban egy ennél még jobb eljárás is, amely a színes szintvonalnál is áttekinthetőbb. Tudniillik, ha egy-egy feketedési érték közé eső zónát különböző színnel jelzünk, nincs is szükség vékony ekvidenzitavonalra, hiszen ha a különböző feketedési tartományok különböző színekkel érintkeznek egymással, már jól elkülöníthetők egymástól. Ennél az eljárásnál az ekvidenzitavonalak szerepét a színek közti határvonalak veszik át.

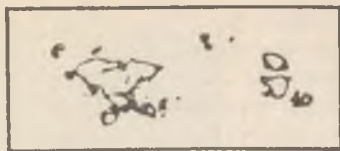
Válasszuk e módszer bemutatásához az 1974. július 4-én készült napfelvételt.

8. ábra. A 10. ábrán látható napfoltcsoport negatív és pozitív másolatai

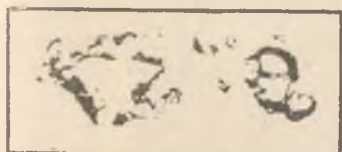




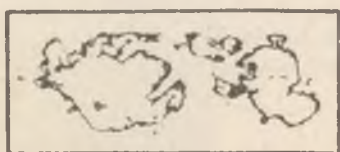
$a_1 + b_2$



$b_1 + c_2$



$c_1 + d_2$



$d_1 + c_2$

9. ábra. A 8. ábra képeiből összeállított feketedési zónaképek

10. ábra. Napfoltcsoport fehér flerrel. Kiss Zsuzsa felvétele. Készült 1974. július 4-én, az MTA Napfizikai Observatórium Gyulai Megfigyelő Állomásán



amelyen egy ritka jelenség is látható, egy fehér fler! Az eredeti felvételtől készült nagyítást a 10. ábrán mutatjuk be. Bontsuk — a 4. ábrán látottakhoz hasonlóan — ezt a képet is 5 feketedési szintre! (8. ábra a_1, b_1, c_1, d_1, e_1 képe.) Ezeket átkopírozva kapjuk a 8. ábra a_2, b_2, c_2, d_2, e_2 képeit. Ezek után egy-egy pozitívot és negatívot úgy illesztünk össze, hogy a negatív egy lépcsővel kisebb feketedéshez tartozzon, mint a pozitív. Erről kópiát készítve két ekvidenzita közti feketedési tartomány képét kapjuk, amelyek egymással érintkező feketedési zónákat adnak. Ezek láthatók a 9. ábra $a_1 + b_2, b_1 + c_2, c_1 + d_2$, és $d_1 + e_2$ képein. Ezek szíves változatát összeillesztve kapjuk a VII. tábla 1. képén látható ekvidenzitogramot, ahol a fent felsorolt zónákat lilában, pirosban, sárgában és kékben ábrázoltuk.

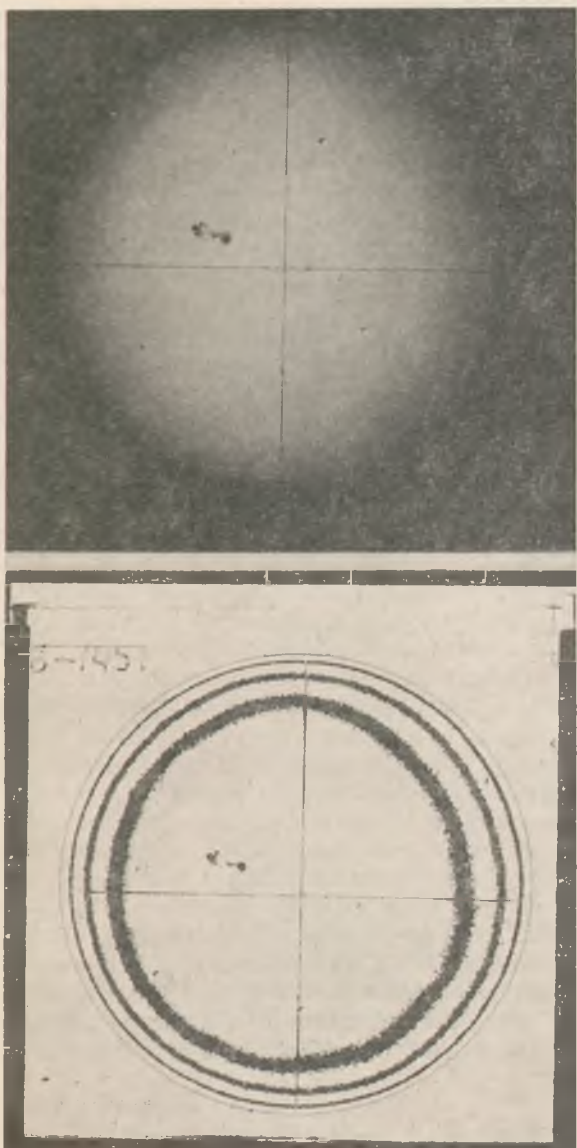
Színes technika

A színes változatok készítésére két módszert alkalmazhatunk. Az első a *színes hívás*, amikor az ekvidenziták közti zónákat egyenként külön színekre áthívjuk. Az eljárás első lépéseként brómezüstté halványítjuk a képet. Második lépésként ezt színeképző anyagokra érzékeny hívóval újrAhívjuk. ÚjrAhíváskor az oldathoz adagolt színeképző vegyszerektől függően az újabb kép nem feketében, hanem a három alapszín valamelyikében fog megjelenni. A három alapszín oldatai egymással keverhetők, úgy, hogy a legkülönbözőbb színárnyalatok is előállíthatók. Az eljárás elvben ugyanaz, mint a színes film esetében, csak az ott egymásra öntött színeképző rétegek helyett mi külön-külön másolatokat használunk, amelyekbe a színeképzőt az oldatokból visszük be.

A színeképző vegyszerek nehéz beszerzési lehetőségeire való tekintettel a színes ekvidenzitogramok készítéséhez egy másik módszert is kidolgoztam, amelynek kellékeit mindenki könnyen megszerezheti. Ez a *színesfóliás eljárás*. Átlátszóra fixált filmdarabokat megfelelő festékkoldatokkal (színes tinták, tusok, textilfestékek közt lehet erre alkalmasakat találni) különböző, megfelelő színekre festünk. A feketedéseloszlás zónaképeiről (9. ábra) negatívokat készítünk és a zónaképeket egy-egy színes fólián keresztül egymás után egy színes diafilmre másoljuk. Ha megfelelő illesztőkeretünk van, egy fordítás színes filmtekercsről levágott 6×6 cm-es kockára egymás után rámásolva a különböző színes fóliákkal ellátott negatívokat, szokásos módon előhíva, egy menetben is megkaphatjuk a színes ekvidenzitogramot.

A napfelvételekről készült ekvidenzitogramok fotometriai kalibrálása

Ha célunk a napfolt szerkezetének; struktúrájának vizsgálata, a fenti eljárások igen jól használhatók. Ha azonban a feketedés abszolút menetét akarjuk tanulmányozni, akkor olyan módszert kell keresnünk, amely segít-



11. ábra. Egy napfelvétel és ekvidenzitái

ségével az ekvidenzitákat a kiválasztott feketedési értékekre tudjuk beállítani. Ez elég bonyolult feladat, és általában az eredeti negatívon kiválasztott kalibrációs pontok feketedésének fotométeres kimérésével szokták elvégezni. Megoldható a kérdés úgy is, hogy az eredeti negatív mellé egy ismert, folytonos feketedési skálát helyezünk, és ezt is végigvisszük a kidolgozás fázisain. Ekkor az ek skáláját metsző ekvidenzitákkal kalibrálhatjuk a kiemelt feketedési szinteket. A napfoltokról készült ekvidenzitogramok esetén egy még pontosabb és könnyebben járható út is kínálkozik, amelyet a debreceni MTA Napfizikai Observatórium laboratóriumában dolgoztam ki. Ha ugyanis a fotogramunk az egész napkorongot tartalmazza, jól használható kalibrációs skálaként a Nap szélsősítédése.

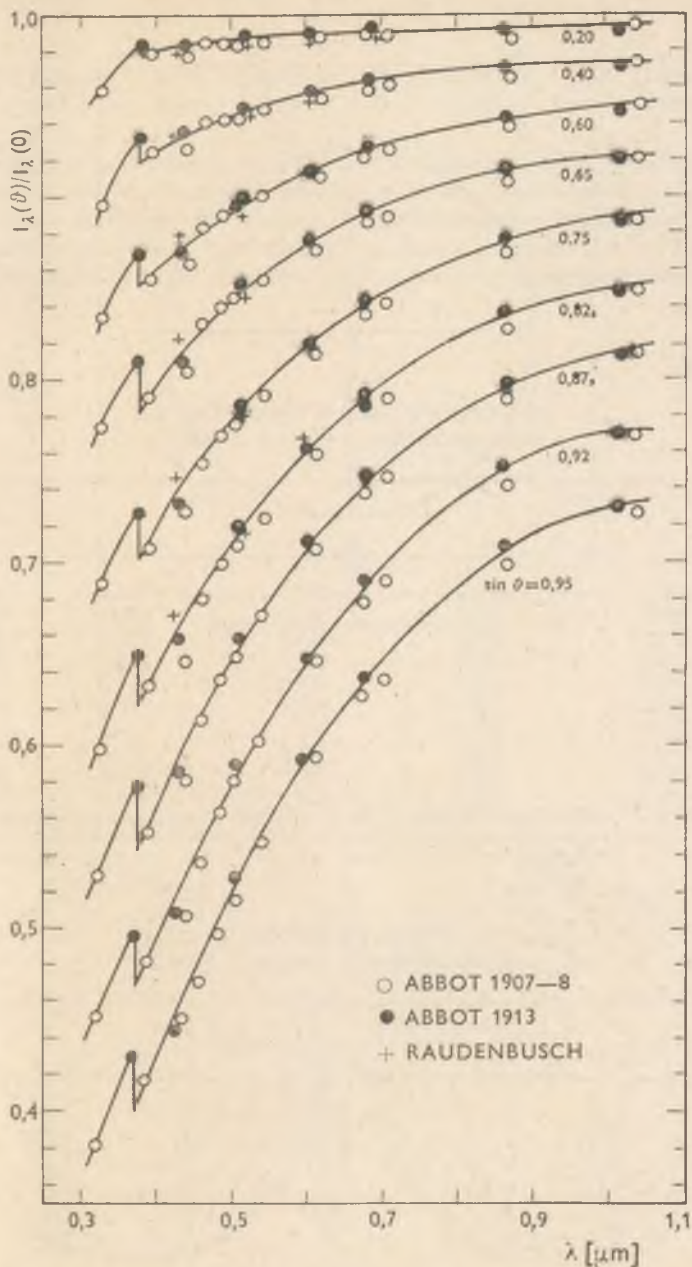
Az egész napkorongról készült fotoszférafelvétel egyik legfeltűnőbb jelensége, hogy fényessége nem egyenletes, hanem a napkorong széle felé haladva intenzitáscsökkenést mutat. Ez a csökkenés a napkorong középpontjától radiálisan kifelé haladva eleinte lassú, de a perem közelében már feltűnően nagy. Jól látható ez a 11. ábrán, amely egy napfelvételt és a róla Sabattier-módszerrel készült ekvidenzitogramot mutat. A korong széle felől befelé haladva a 4, 8, 16, 32 másodperccel készült kópiák ekvidenzitái mind távolabb vannak egymástól, és szélességük is növekszik, a befelé csökkenő feketedési gradienst ábrázolva.

Mivel a Nap szélsősítédése úgy elméleti, mint észlelési oldalról részletesen vizsgált és jól ismert, felhasználhatjuk feketedési skálaként is. A múlt század végétől kezdve már részletesen vizsgálták a szélsősítédés menetét, és e század elején már a hullámhossz függvényeként is ismerték értékét.

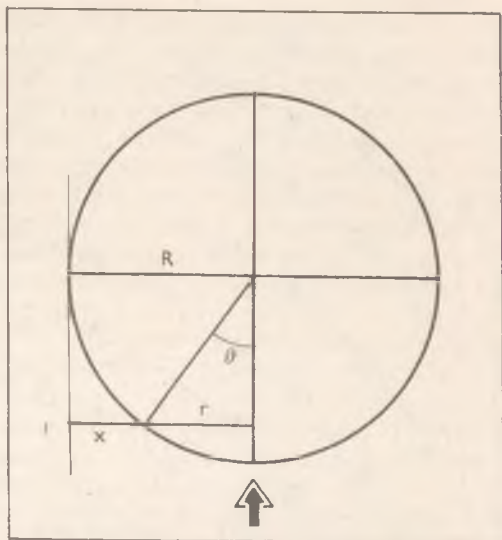
Nézzük először a 12. ábra segítségével a mérési eredményeket *M. Minnaert* összefoglalása szerint! Az ordinátán a $I_{\lambda}(\theta)$ intenzitásérték van felmérve, a korong középpontjának $I_{\lambda}(0)$ intenzitásában, mint egységben kifejezve, $\sin\theta$ a korong középpontjától mért távolság a félátmérőben kifejezve (13. ábra). Az ábra görbéi a különböző $\sin\theta = r$ távolságok szélsősítédését adják, az abszcisszán felmért hullámhossz függvényeként. Mint ahogy az elméletből is következik, a szélsősítédés jelentősen függ a hullámhossztól. A debreceni Napfizikai Observatóriumban a fotoszféraszélelések két hullámhossztartományban készülnek: az ultraibolyában és a sárga színtartományban. Az előbbinek a súlypontja 3750 Å, az utóbbinak 5500 Å környékén van. Ezen hullámhosszakra érvényes szélsősítédési értékek az 1. táblázat I_0 oszlopában találhatóak. Az adatok felhasználásához szükségesnek mutatkozott az I_0 értékek numerikus megközelítése. Ehhez a legkisebb négyzetek módszerét alkalmazva az

$$I_c = A + B\cos\theta + C\cos^2\theta \quad (1)$$

függvényt használtam. A fenti két hullámhosszra a következő koefficiensek adódtak:

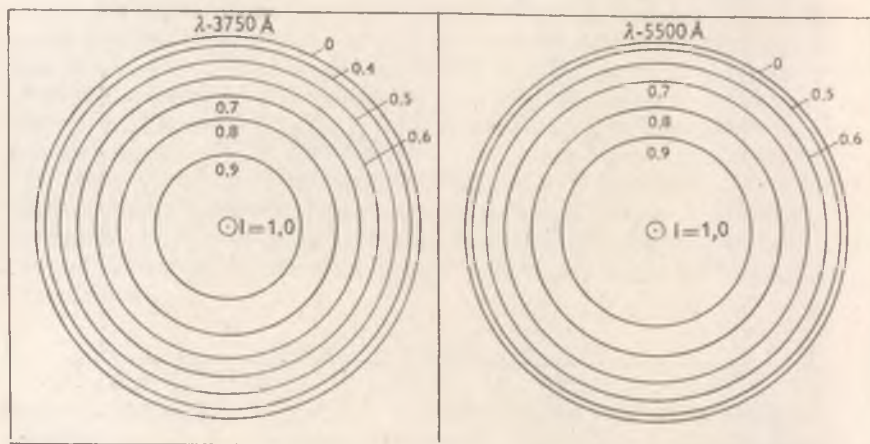


12. ábra. A Nap szélessötétedése. A vízszintes tengelyen a hullámhossz, a függőlegesen a fotoszféra intenzitása van felmérve



13. ábra. A szélelsötétedés r és x változói

14. ábra. A szélelsötétedés értékei 3750 \AA és 5500 \AA hullámhosszú fényben



$$\begin{array}{lll}
 3750 \text{ \AA}: & A = +0,16037 & B = +0,79716 & C = +0,04060 \\
 5500 \text{ \AA}: & A = +0,31081 & B = +0,84825 & C = -0,16035
 \end{array}$$

Az ezekkel számolt értékek találhatóak az 1. táblázat I_c -vel jelölt oszlopában. Mint a két oszlop összehasonlításából láthatjuk, függvényeink kielégítően ábrázolják a szélelsötétedés menetét. Ekvidenzitometriai felhasználáshoz nekünk azokra a helyekre van szükségünk, ahol a szélelsötétedés az általunk kívánt értékeket veszi fel. Ezeket találjuk a fenti függvények segítségével ki-

1. táblázat

A Nap számított és mért szélelsötétedése
a 3750 Å és 5500 Å hullámhosszakon

sin δ	3750 Å		5500 Å	
	I_0	I_0	I_c	I_0
0,000	0,998	1,000	0,999	1,000
0,200	0,980	0,980	0,988	0,989
0,400	0,925	0,924	0,954	0,953
0,550	0,854	0,853	0,907	0,907
0,650	0,790	0,789	0,863	0,861
0,750	0,705	0,705	0,802	0,803
0,825	0,624	0,630	0,739	0,740
0,875	0,556	0,551	0,684	0,684
0,920	0,479	0,480	0,619	0,618
0,950	0,413	0,413	0,560	0,560

2. táblázat

A héliogramok intenzitásléptéke
a 3750 Å és 5500 Å hullámhosszakon

I	x (mm)	
	5500 Å	3750 Å
1,0	52,5	52,5
0,9	22,6	28,4
0,8	13,0	19,1
0,7	7,3	12,8
0,6	3,6	8,2
0,5	1,5	4,8
0,4	—	2,4

számítva a 2. táblázatban. Itt I az intenzitás a középponti érték tizedeiben kifejezve, x pedig a napkorong szélétől mért távolság mm-ben (13. ábra); 105 mm napkorongátmérő esetén, a Napfizikai Observatórium felvételeinek nagyságához igazítva. Ugyanezen értékek láthatók a 14. ábrán méretarányosan felrajzolva is.

Lássuk a fentiek alkalmazását egy sárga színképtartományban készült fotogramra! Az eredeti napfelvételt, egy radiálisan elhelyezett milliméter-skálával együtt (a skála nullpontját a napkorong széléhez igazítva) többször, különböző expozíciós időkkel lemásoljuk. A kópiák expozíciós időit úgy választjuk meg, hogy az egyes ekvidenziták — azaz a színek közti határok — a 2. táblázatban megadott távolságoknál legyenek. A VIII. tábla 1. képén látunk egy napfelvételtől ily módon készült színes ekvidenzitogramot. De amint a képen látjuk, a szélelsötétedés ekvidenzitáival együtt a felvételen látható napfoltcsoport is ugyanúgy ekvidenzitákban mutatkozik, tehát ennek a szintvonalai is a kívánt intenzitások szerint kalibrálva jelennek meg. Ez még jobban látszik a VIII. tábla 2. és 3. képén, amely az előbbi kinagyított részleteit mutatja. A VIII. tábla 1. képén a napkorong széle a skála nullpontjánál van, és a színek határainak jelentése a következő:

1,5 mm-ig fekete,	$I < 0,5$
1,5 mm-től 3,6 mm-ig piros,	$0,5 < I < 0,6$
3,6 mm-től 7,3 mm-ig sárga,	$0,6 < I < 0,7$
7,3 mm-től 13 mm-ig zöld,	$0,7 < I < 0,8$
13 mm-től 23 mm-ig kék,	$0,8 < I < 0,9$
23 mm-től fehér,	$0,9 < I < 1,0$

Ezzel tehát kitűzött feladatunkat megoldottuk: a szélelsötétedést mint kalibrációs skálát felhasználva sikerült napfoltcsoportunk ekvidenzitáit előre kijelölt feketedési értékekre beállítani. A fenti esetben a napfoltot a korong-középpont intenzitásának a tized értékeire szeleteltük fel, de az (1) függvény segítségével ezt tetszőlegesen előirt feketedési értékekre is megtehetjük.

Nézzünk egy ilyen esetet is, például amikor a napfolt nincs olyan közel a napkorong közepéhez! A Napfizikai Observatórium felvételei között van egy másik szép fehér fleres héliogram is, amelyen a napfoltcsoport 15 mm-re van csak a korong szélétől (II. tábla jobb felső képe). Vizsgáljuk ezen a fényességeloszlást a folt környezetéhez viszonyítva, azaz vegyük az intenzitás egységként a fotoszféra fényességét a napfolt környékén! Ekkor az (1) képlet segítségével a következő határvonalértékeket kapjuk az ekvidenziták helyzeteire a napperem szélétől számítva:

1,4 mm	($I = 0,6$)	3,1 mm	($I = 0,7$)	5,6 mm	($I = 0,8$)
9,4 mm	($I = 0,9$)	15 mm	($I = 1,0$)	24 mm	($I = 1,1$)

A színek határvonalait ezekre az értékekre állítva kapjuk a fehér fleres napfoltról a VII. tábla 2. képét, amelyen fekete 0,5-nél kisebb, barna 0,5—0,6; lila 0,6—0,7; piros 0,7—0,8; narancs 0,8—0,9; sárga 0,9—1,0 és kék 1,0—1,1 közti intenzitást jelent.

Befejezésül nézzük, milyen következtetéseket lehet egy napfolt kalibrált ekvidenzitájából levonni. Feltételezve, hogy a folt sugárzási egyensúlyban van — amit első közelítésben nyugodtan elfogadhatunk — a minket érdeklő tartományban, Unsöld szerint a Planck-görbe Wien-féle megközelítését alkalmazhatjuk. Legyen T_0 a fotoszféra hőmérséklete a folt környezetében és T_1 a folt hőmérséklete az I intenzitású helyen (I itt is az I_0 központi értékben mint egységben kifejezve szerepel). Egyszerűség kedvéért tegyük fel, hogy a folt a napkorong középpontja közelében van. Ekkor:

$$I_0(\lambda) \approx \lambda^{-4} \cdot e^{-c_2/(\lambda T_0)} \quad (2)$$

és

$$I(\lambda) \approx \lambda^{-5} \cdot e^{-c_2/(\lambda T_1)} \quad (3)$$

ahol $c_2 = 1,439 \text{ cm} \cdot \text{fok}$ és $\lambda = 5500 \text{ \AA}$. Ebből a folt hőmérséklete az I intenzitású helyen:

$$T_1 = \left(\frac{1}{T_0} - \frac{\lambda}{c_2} \cdot \ln I \right)^{-1} \quad (4)$$

T_0 -ra 5740 K-t véve, ezek szerint a VIII. táblán a színek határai a következő hőmérsékleteket jelentik:

piros/fekete:	$T_{0,5} = 4970 \text{ K}$,
sárga/piros:	$T_{0,8} = 5160 \text{ K}$,
zöld/sárga:	$T_{0,7} = 5320 \text{ K}$,
kék/zöld:	$T_{0,8} = 5470 \text{ K}$,
fehér/kék:	$T_{0,9} = 5610 \text{ K}$.

A cikkben szereplő fotográfiai eljárások részletes adatai

Sabbatier-ekvidenziták előállításai

Nyersanyag:

kemény, vékonyrétegű, szenzibilizálatlan film: ORWO FU 5.

Hívó:

ORWO A71 vagy ORWO 71, a következő recept szerint:

metol	5 g	kálium-karbonát	40 g
nátrium-szulfid	40 g	kálium-bromid	3 g
hidrokinon	6 g	víz	1000 ml-ig.

Eljárás:

A megvilágított negatívot a fenti oldatban 2 percig hívjuk. A hívást megszakítva egy lapos fenékű tálba tesszük, és vékony vízréteg alatt 100 lux szórt fényrel 3 másodpercig megvilágítjuk. Utána sötétben még 3 percig a hívóba téve a hívást befejezzük. Szokásos rögzítés és mosás után szárítjuk.

Fekete-fehér képek áthívása színesre

Nyersanyag:

tetszőleges fekete-fehér kópia vagy exponált, előhívatlan film.

Oldatok:*

Halványító fürdő:

vörös vérlúgsó	250 g
kálium-bromid	12 g
nátrium-szulfát	50 g
víz	1000 ml-ig.

Színhívó:

<i>A</i> oldat:	dietilén-parafenilén-diamin-szulfát (DIETILÁN)	1,1 g
	víz	100,0 ml-ig
<i>B</i> oldat:	nátrium-szulfit	1,0 g
	kálium-bromid	1,0 g
	kálium-karbonát	50,0 g
	nátrium-hexametafoszfát**	2,0 g
	víz	900,0 ml-ig

Színképző oldatok:

sárga:	0,75 g benzoil-acetanilid 20 ml dioxánban oldva
bíbor:	0,90 g 1-fenil-3-metil-5-pirazolon 40 ml etilalkoholban oldva
kék:	0,75 g α -naftol 10 ml dioxánban oldva.

Közvetlenül használat előtt az *A* oldatot keverés közben lassan a *B* oldathoz öntjük. Utána hozzáadjuk a megfelelő színképző oldatot, vagy az ezekből összeállított színárnyalathoz szükséges mennyiséget (pl. zöld: 1 ml kék + 16 ml sárga, piros: 8 ml sárga + 24 ml bíbor). A színhívó csak frissen készítve használható.

* W. Krug—H. G. Weide: Wissenschaftliche Photographie in der Anwendung, Leipzig 1972. szerint.

** desztillált víz használata esetén nem szükséges.

Eljárás:

- 1) A fekete-fehér kópiát szükség esetén 5 percre tiszta vízben előáztatjuk.
- 2) Halványító fürdő 2—3 perc
- 3) Mosás 5 perc
- 4) Színes hívás 5—10 perc
- 5) Mosás 5 perc
- 6) Halványító fürdő 2 perc
- 7) Mosás 5 perc
- 8) Fixálás 3 perc
- 9) Mosás 10 perc

Az összes műveleteket erős lámpafény mellett végezzük. Fixáláshoz a rendes színhívásnál alkalmazott rögzítőt használjuk. Ha frissen exponált előhívatlan negatívot akarunk színesre hívni, akkor a 4) pontnál kezdjük az eljárást és a 7) pontig sötétkamra világítás mellett dolgozzunk. Ha a színeket mélyíteni akarjuk a 7) mosás után a 4) színhívástól az eljárást megismételhetjük.

A GYORSFOTOMETRIA EREDMÉNYEI

A természettudományok történetében gyakran fordul elő, hogy egy új mérőeszköz, illetve mérési módszer bevezetésével a tudományág bizonyos területei gyors fejlődésnek indulnak. Ez a fejlődés viszont az adott területen használt mérőeszközök továbbfejlesztését segíti elő. Az így kialakuló ciklikus folyamat első állomása a csillagászatban a távcső felhasználása volt. Napjainkban az *elektronika* és a *számítástechnika* a fő hatóerő a csillagászati megfigyelési módszerek és adatfeldolgozás fejlődésében. A műholdakon elhelyezett megfigyelési eszközök működtetése ma már elképzelhetetlen korszerű digitális elektronikus rendszerek nélkül. Általános tendencia, hogy a mérési folyamatban sokszor előforduló, rutinszerű elemeket automatizálják. Vannak viszont olyan típusú mérések is, melyek csak automatikus folyamatirányítással hajthatók végre, mert az egymás után következő lépések sebessége akkora, hogy esetleg több nagyságrenddel is meghaladhatja a kézi adatgyűjtés sebességét. Így érthető, hogy a gyorsfotometriai mérések elengedhetetlen műszaki feltétele a számítógép vezérelte adatgyűjtő rendszer, melynek sebessége a néhány ezer adat/másodperc értéket is elérheti. A következőkben röviden áttekintjük a gyorsfotometriai mérések technikai hátterét, módszerét, az adatfeldolgozás módját, majd pedig azokat a területeket, amelyeken különösen sikerrel lehet alkalmazni ezt a mérési eljárást.

Technikai megvalósítás

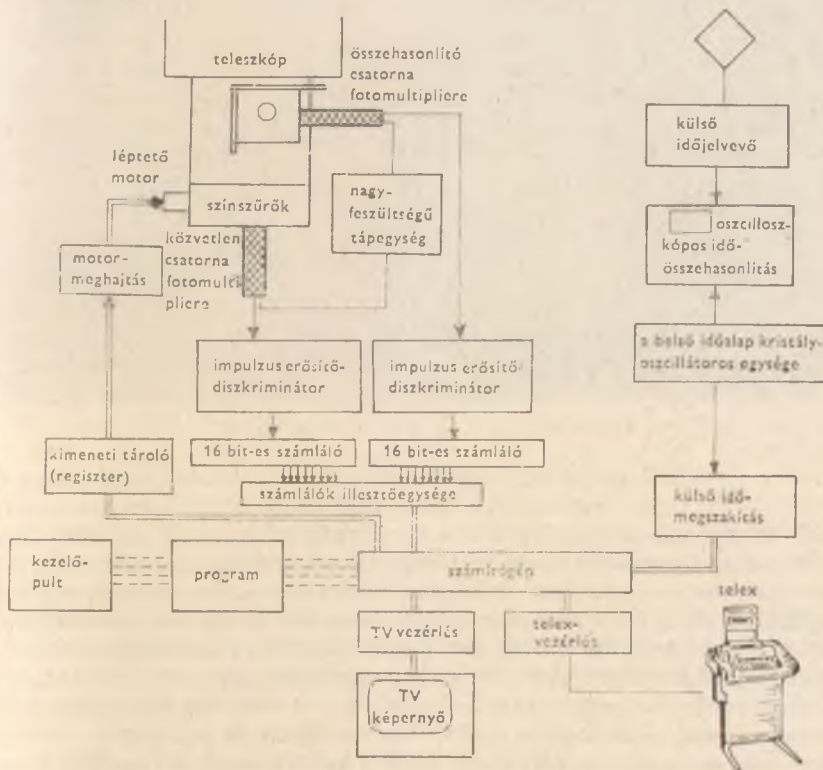
Azok az eszközök, melyeket napjainkban a gyorsfotometriai méréseknél használnak, lényegében a második világháború után kifejlődött kísérleti magfizika műszereinek csillagászati célra atalakitott változatainak tekinthetők. Például a *szcinillációs számláló* némi változtatás után alkalmassá vált a távcső által begyűjtött fény fotonjainak leszámolására, a *fotomultiplier* vagy a *több csatornás analízátor* szintén megtalálható a kísérleti magfizikában. Bár ezek az eszközök már a hatvanas évek előtt is rendelkezésre álltak, hatékony alkalmazásuk csak a számítógépgyártás rohamos fejlődésével vált lehetővé.

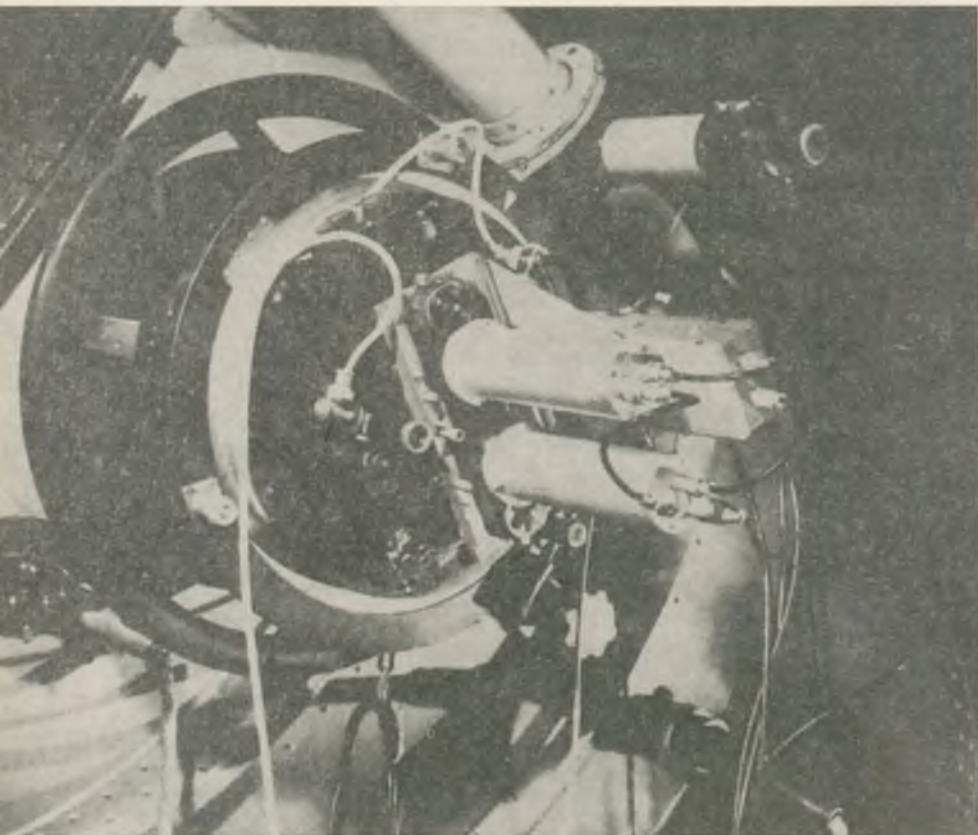
Egy jellemző adat ezzel kapcsolatban: az Egyesült Államokban egy 1960-ban vásárolt 4000 gépi szó kapacitású számítógép áráért ma tíz, ugyanekkora, de ezerszer gyorsabb gépet lehet vásárolni. Általában a teleszkóp és a mérési folyamat irányításához kis vagy közepes kapacitású számítógép elegendő, a nagy mennyiségű észlelési anyag tárolásához viszont már nagy háttérmemória (mágnesszalag, mágneslemez) szükséges. Az adatok feldolgozása általában egy nagy központi memóriájú, gyors gépen történik, amely esetleg közvetlenül kapcsolódik a mérésvezérlő kiscgéphez.

Bár a konkrét megvalósításban lehetnek különbségek, a fő funkcionális elemek működését könnyen áttekinthetjük az 1. ábrán, amelyen a McDonald Observatóriumban működő gyorsfotometriai mérőrendszer blokkdiagramját láthatjuk.

A légköri változások kiküszöbölése érdekében a mérni kívánt objektum-

1. ábra. A McDonald Observatóriumban működő gyorsfotometriai mérőrendszer blokkdiagramja



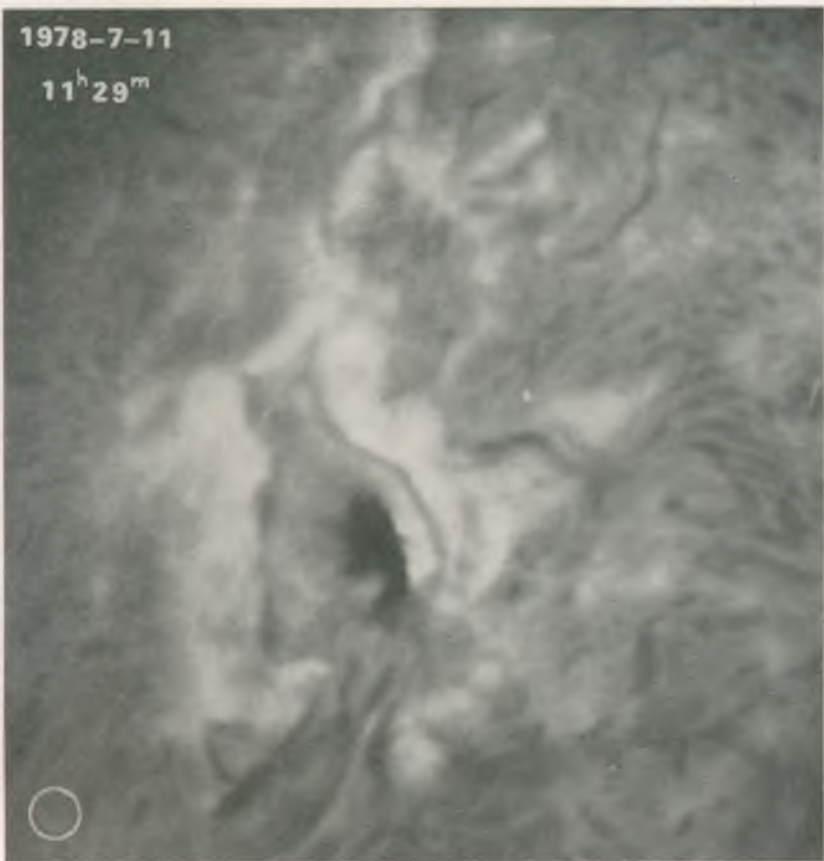


2. ábra. Az Asiago Observatórium 1,22 m-es távcsövéhez szerelt kétcsatornás fotométer.

hoz közeli, állandó fényű csillagot is mérnek egy második multiplierrel. (Az Asiago Observatórium kétcsatornás fotométerét lásd a 2. ábrán.) Így a két párhuzamosan beérkező jel egy-egy *impulzuserősítő-diszkriminátor* egységhez jut, majd innen az *impulzusszámlálókon* és az *illesztőrendszeren* keresztül a számítógépbe. Ha a mérés több színben történik, a színszűrők, a számítógép segítségével, egy léptető motorral automatikusan válthatók (a McDonald Observatóriumban negyed másodpercenként). Az objektum automatikus követését szintén a számítógép vezérli. Nagyon fontos az impulzusok beérkezési idejének pontos meghatározása. Ezért a *helyi időstandardot* egy még pon-

1978-7-11

11^h29^m

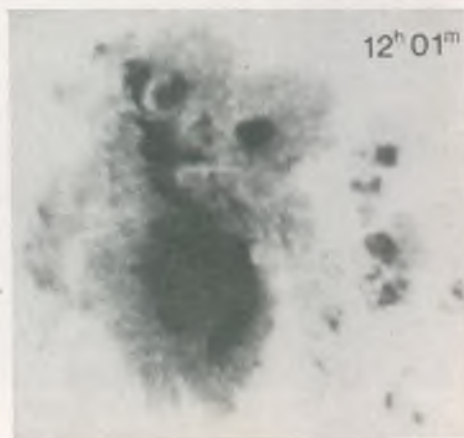
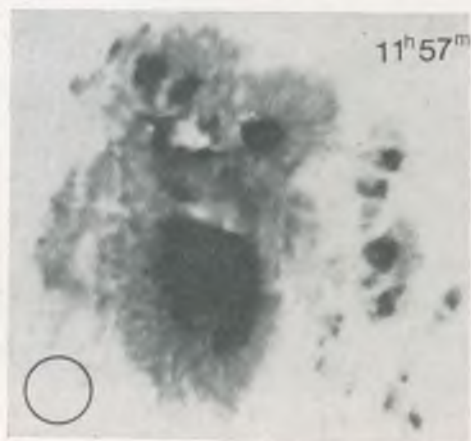
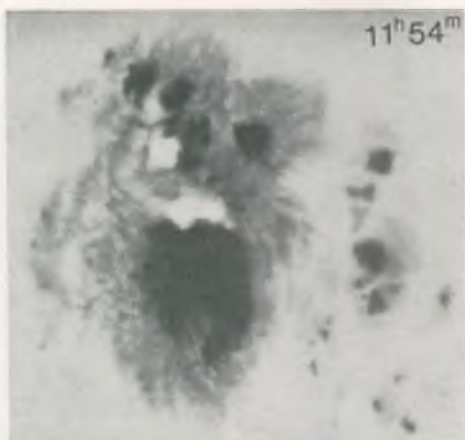
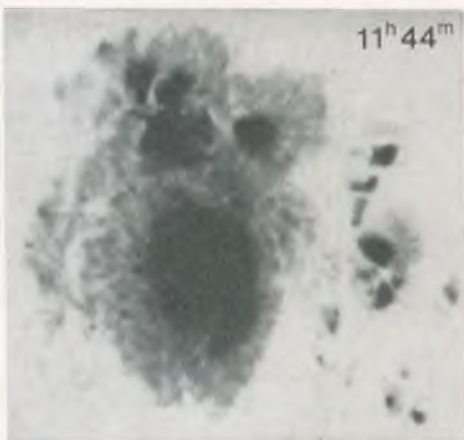


I. tábla

A napkorong egy része a H-alfa, a vörös hidrogén szinképvonal fényében.

A kép a kromoszférát és a (hosszúkás fekete alakzatoknak látszó) protuberanciákat mutatja azon nagy napfoltsoport felett, ahol mintegy félórával később fehér fler volt észlelhető; a kép közepén feltűnően „átlátszik” a foltsoport legnagyobb umbrája is. (Lásd a II. tábla képeit.)

A felvétel Debrecenben, a Magyar Tudományos Akadémia Napfizikai Observatóriumában készült az 53 cm-es koronátávcsővel (koronagráffal) és 0.5 Å sávszélességű Lyot-típusú monokromátorral. (Észlelő: Kovács Ágnes, tudományos munkatárs.)



II. tábla

Nagy napfoltcsoport és erős napkitörés. A néhány perccig látszó jelenség (fehér fler, amely szabad szemmel is látható volt). maximális fényességét a jobb felső felvétel exponálása előtt mintegy fél perccel korábban érte el az észlelő, Rostás Sándor tudományos segédmunkatárs szerint. Ezt a képet összehasonlítva a 3 perccel későbbi bal alsó képpel szembeszökő a 11^h54^m-kor készült kép három fényes csomója közül a (legfényesebb) középsőnek az elmozdulása. (Először a bal, majd a jobb oldalát takarta el a fler-csomó az alatta elterülő fekete umbrának.)

A képek Gyulán, a Magyar Tudományos Akadémia Napfizikai Observatóriuma Gyulai Megfigyelő Állomásának heliográfjával, 9 cm objektívnyílással, sárga fényszűrőn át készültek. (Rostás Sándor felvételei.)

1978-7-11

12^h 14^m



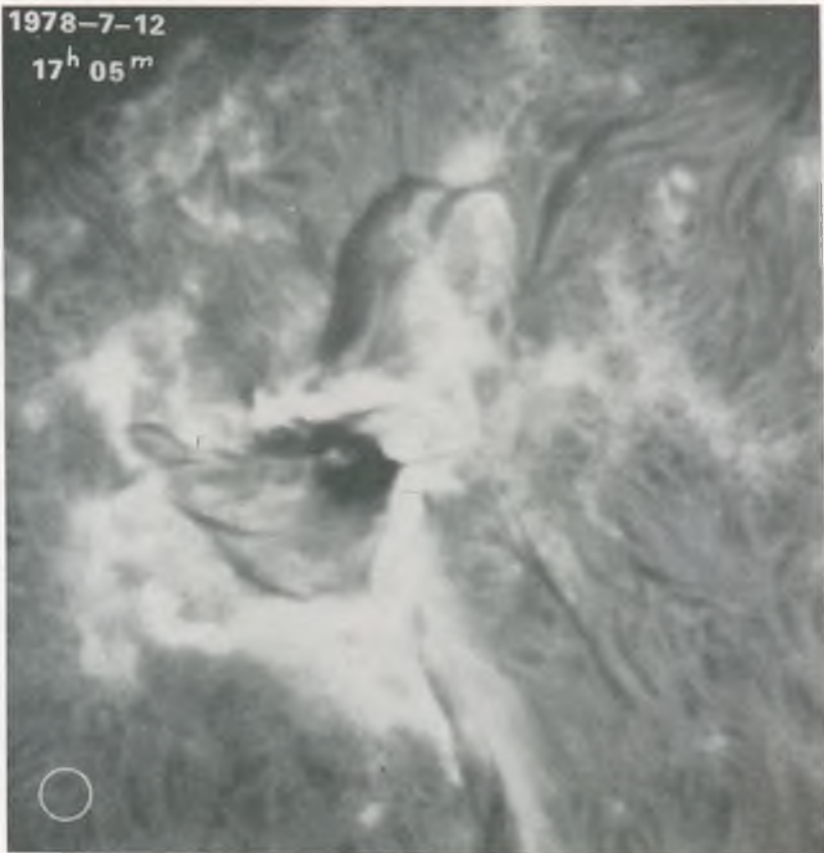
III. tábla

H-alfa fler, a maximum körüli időpontban, mintegy 20 perccel a fehér fler után. A kromoszféra fényképre rajzolt fekete kontúrok jelzik, hogy a kromoszféra alatt, a fotoszférában hol helyezkednek el a flerrel kapcsolatos (és a II. tábla képein bemutatott) komplex napfoltcsoport főbb umbrái. A kép bal alsó sarkába rajzolt (valamint a I—VI. táblákon látható) kis kör Földünk méretét érzékelteti. Az I. és a IV—VI. táblákon, a képek széleitől eltekintve, a napkorong ugyanazon része látható H-alfa fényben, mint itt. A különböző időpontokban készült képek figyelmes összehasonlításával néhány fényes kromoszférikus fáklyamező és sötét protuberancia-rendszer (filament) változásai elég jól észrevehetőek.

(Kovács Ágnes felvétele.)

1978-7-12

17^h 05^m



IV. tábla

A kromoszféra egy kisebb fler maximuma után és több nagyobb protuberancia. Ugyanaz a szoláris vidék, ahol előző napon a II. táblán mutatott igen erős fler volt: időközben jelentős változás is történt (az óramutató járásával ellentétes irányú mozgás is észrevehető).

(Észlelő: Kondás László.)

1978-7-17

8^h59^m

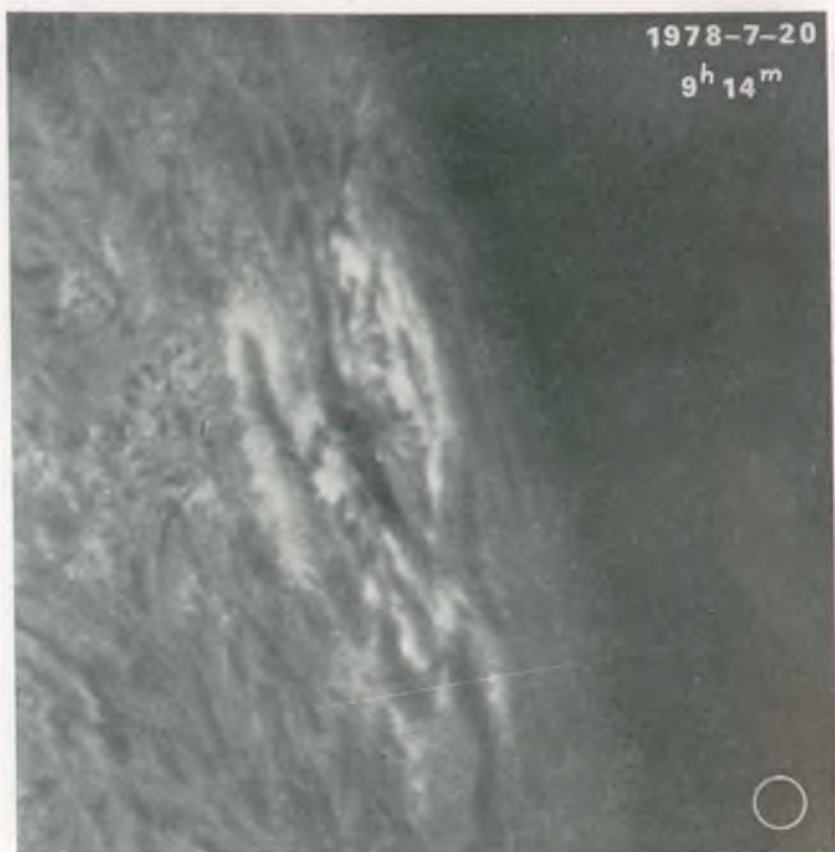


V. tábla

Kromoszféra és protuberanciák egy flermentes időben. Ugyanaz a vidék, 5 nappal később, mint az, ami a bal oldali képen látható.

(Kondás László felvétele.)

A H-alfa képek interpretációja általában igen nehéz és több esetben nem egyértelmű, mivel a képeken egyszerre igen különböző magasságú fotoszféra feletti naplégrétegeket látunk és gyakran néhány helyen leláthatunk a fotoszférában levő umbráig. A különböző, de magas hőmérsékletű hidrogén gázfelhők átlátszósága a különböző helyeken általában más és más.

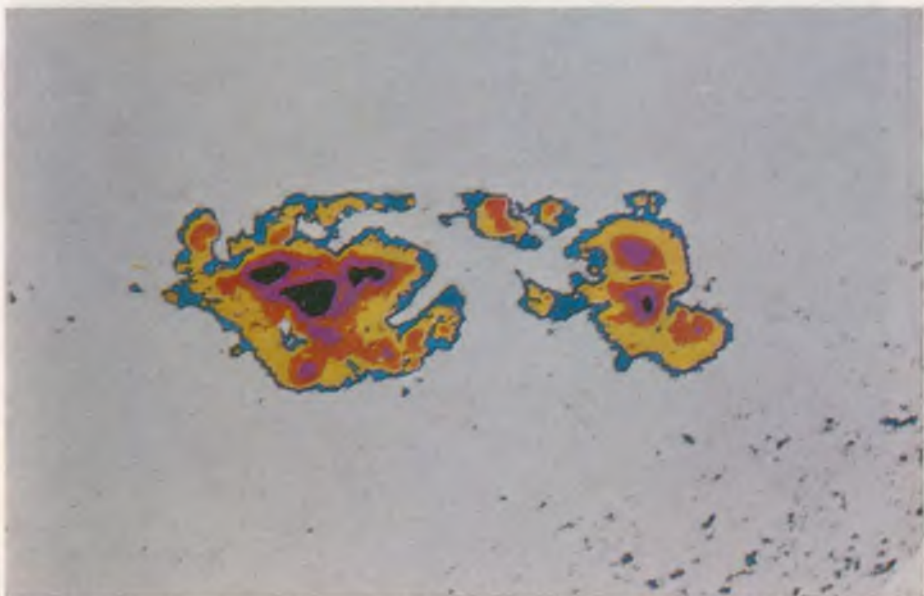


VI. tábla

A korábban magas fler-aktivitást mutató vidék a napkorong szélének közelében.
9 nappal a fehér fler után.

(Gesztelyi Lidia tudományos munkatárs felvétele.)

Az I—VI. táblák az észlelési időpontok mind KEI-időben vannak megadva.



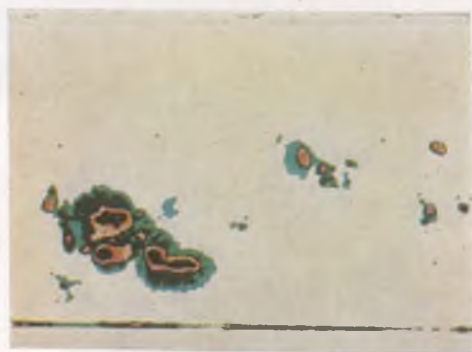
VII. tábla 1. kép A 10. ábra ekvidenzitogramja

VII. tábla 2. kép A II. tábla jobb felső képének ekvidenzitogramja

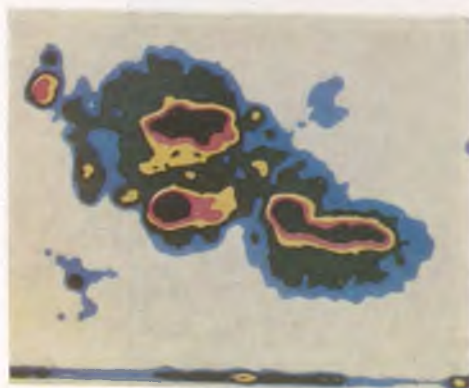




VIII. tábla 1. kép Egy heliogram kalibrált ekvidenzitái



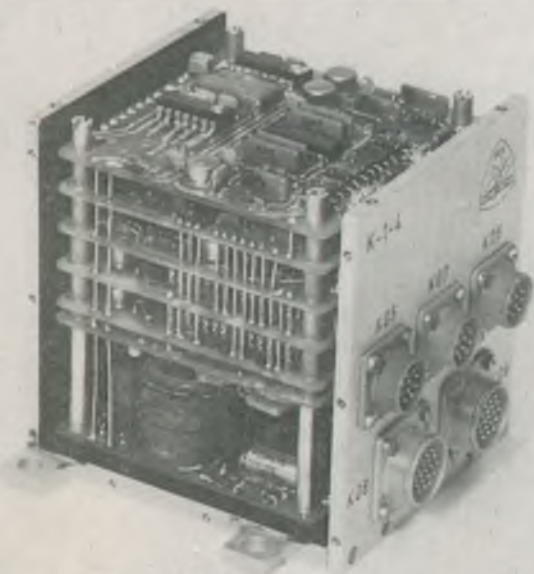
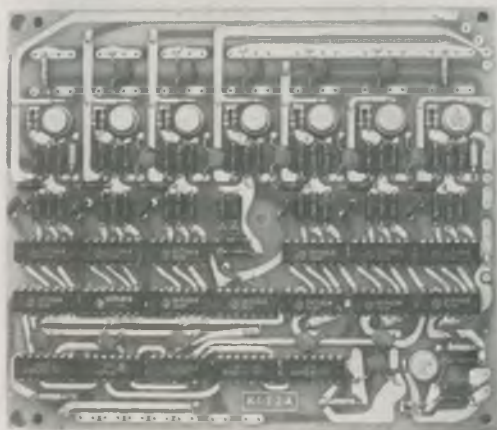
IX. tábla 1. kép A K-1-3 és az újabb K-1-4 mikrometeorit-detektor elektronikája, valamint egy gyufásdoboz a méretek összehasonlítására



IX. tábla 2. kép A K-1-4 mikrometeorit-detektor elektronikai egység. Különböző változatai repültek az Interkozmosz-12, Interkozmosz-14 és Interkozmosz-17 műholdak fedélzetén

VIII. tábla 2. kép Az 1. kép részlete

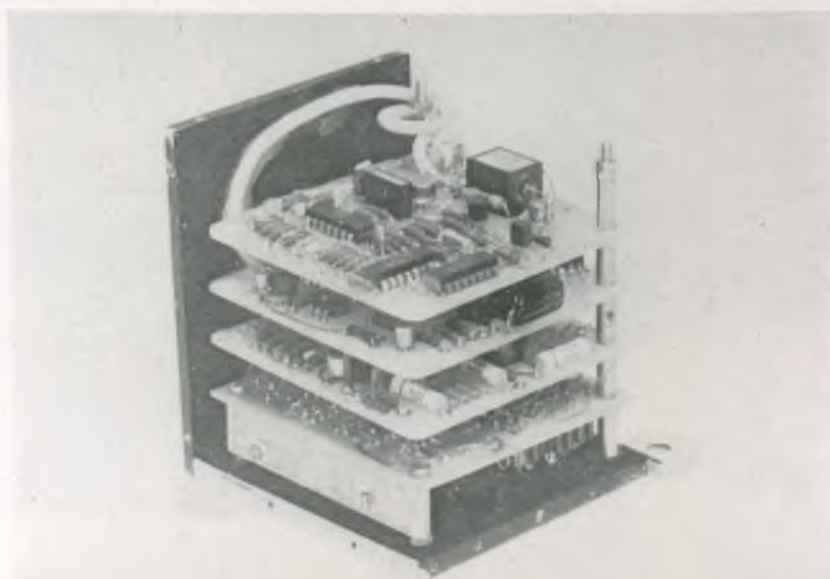
VIII. tábla 3. kép Az 1. kép részlete





X. tábla 1. kép A LAM-1 ionoszféra-kutató műszer. Repült a Vertikál—6 és Vertikál—7 rakétákon

X. tábla 2. kép A D-173-b jelű, napszél paraméterek mérésére szolgáló, elektronikus egység. Repült az Prognóz—7 fedélzetén





XI. tábla Régi könyvek a Csillagda könyvtárában



XIII. tábla 2. kép Nagyszombati kalendáriumlap

XIII. tábla 1—3. kép Részletek Apianus Astronomicum Calsareum c. művéből (fakszimile kiadás)



Clarissimi Hyginij Astronomi De Adundi Et
 Sphære Ac Vtriusq; Partium Declaratione
 Cū Planetis Et Varijs Signis Historiatis.



XIV. tábla Hyginus római költő csillagászati tárgyú költeményének címlapja



XV. tábla A híres Rudolf-féle táblák címlapja



XVI. tábla A X. Országos Találkozó résztvevőinek egy csoportja a Planetárium épülete előtt

tosabb, *külső időalappal hasonlítják össze*. Az egész mérési folyamat a telexgépről irányítható. Az adatok egy tv-képernyőn folytonosan jelennek meg. Ez lehetővé teszi a megfigyelő számára, hogy a legapróbb légköri változásokat vagy vezetési hibákat is észrevegye. Mikor a képernyőn már több adat nem jeleníthető meg, a legrégebbi adatot a gép elteszi a memóriába, és így lehetővé válik az újabb beérkező adat megjelenítése. Az adatokat végül is egy mágnesszalagon tárolják.

Megfigyelési módszer, adatfeldolgozás

A gyorsfotometriai méréseknél az alapvető cél az, hogy a kérdéses objektumról lehetőleg minél hosszabb, minél részletdúsabb észlelési sorozatot kapjunk. Itt két tényezőt kell figyelembe venni:

Fotonstatisztika

Mivel az egymás után időegységenként beérkező fotonszámok független valószínűségi változónak tekinthetők, ezért az integrációs idő (egy adat beolvasásának időtartama) negyed részére csökkentésével az adatok szórása a kétszeresére nő. Ez határt szab annak a részletfinomságnak, amellyel egy adott fénygörbét detektálhatunk. Legyen n_1, n_2 két egymás után következő intenzitásérték. Ha

$$|n_1 - n_2| > 3 \sqrt{n_1 + n_2},$$

akkor a két érték közötti eltérés *szignifikáns*, s ha túl sok ilyen pont van a fénygörbén, akkor a mintavételezési köz még túl ritka, a fénygörbében még feloldatlan részletek vannak. Ha az egymás után következő intenzitásértékek különbsége nem haladja meg a fenti küszöböt, akkor vagy sikerült a fénygörbe legfinomabb részleteit is „megfogni”, vagy az integrációs idő olyan hosszú, hogy teljesen „elmossa” a kicsi változásokat.

Az adatok nagy száma

Ebből a szempontból jellemző lehet a következő példa: az U Gem törpe nóva esetén 2 s-os integrációs idővel 4 óra alatt (körülbelül ennyi a kettős rendszer periódusa) 7200 adat gyűlik össze. Ha ennyi adatot egy milliméterpapíron akarunk ábrázolni, akkor több mint 7 m hosszú ábrát kapunk! A probléma megoldására három módszer alkalmazható, a fényváltozás minőségétől függően:

- Az adatok átlagolásával vagy az integrációs idő növelésével csökkenthető az adatmennyiség. Ez azonban nem mindig járható út, például az U Gem esetében 4 s-nál nagyobb integrációs idő már információvesztéssel jár.

- Ha az előző vizsgálatokból biztosan tudjuk, hogy a jel adott periódusú koherens rezgésből áll — például pulzárak optikai azonosítása esetén —, akkor az ismert periódus szerinti összegzéssel (*szinkron-fotometria*) az adatok száma csak attól függ, hogy milyen részletfinomsággal akarjuk a fénygörbét megkapni. A módszer természetesen nem alkalmazható, ha a periódus vagy a fénygörbe változik.
- Ha a számunkra érdekes jelenség csak egy rövid időtartamra korlátozódik — például fler, csillagfedés —, akkor az érdektelen adatokat elhagyhatjuk.

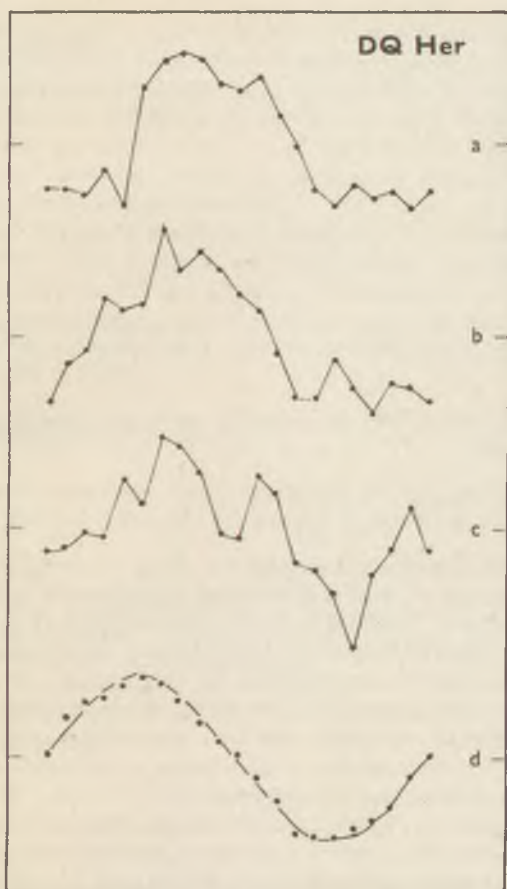
Az észlelések analizisének legtöbbször a jel periodikus komponensének a megkeresése a fő feladata. Erre többféle módszert dolgoztak ki, de legelterjedtebb és talán leghatékonyabb a *Fourier-analízis*, illetve ennek speciális formája a *gyors Fourier-transzformáció* (FFT), amellyel néhány másodperc alatt előállítható a több ezer adatból álló fénygörbe Fourier-spektruma. A nagy zaj miatt ugyanis a fénygörbéből „ránézésre” általában nem látszik az esetleges periodikus ingadozás, viszont a Fourier-spektrum nagyon „érzékeny” az ilyen jelekre, így az FFT alkalmazásával nagyon gyors és pontos információt kapunk a fényváltozás jellegéről. A Fourier-spektrumból (power-spektrumból) következtethetünk a helyes integrációs idő megválasztására is. Szigorúan periodikus jel esetén a már említett szinkron-fotometria módszerével lehet a jel alakját megállapítani, tranziens jel esetén viszont közvetlenül az észlelt fénygörbe alakja érdekes. Ha a zaj Fourier-spektruma ismert (vagy jól közelítő feltevésünk van rá), akkor úgynevezett *matematikai szűréssel* nem periodikus jel esetén is lehetőség van a hasznos jel rekonstrukciójára.

Alkalmazási területek

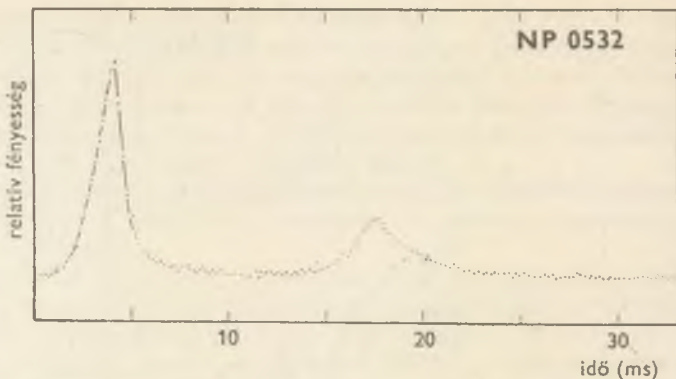
Szinkron-fotometria

Sajnos nagyon kevés olyan objektum van, amelynek annyira stabil a periódusa, hogy ezzel a módszerrel tanulmányozható lenne fénygörbéjének alakja. Eddig az optikai tartományban csak 3 olyan csillagot találtak, amelyek ilyen különlegesen stabil periódussal rendelkeznek. Az egyik az *NP 0532 pulzár*, a *Rák-köd szupernóvamaradvány központi csillaga*. A másik kettő a *Nova Herculis 1934 maradványa*, a *DQ Her*, illetve a *Nova Herculis 1963 maradványa*, a *V 533 Her*. Ezek periódusának stabilitása: $Q = 1/P \geq 10^{10}$, vetekszik a pulzárak stabilitásával.

A *DQ Her* 71,065 s-os fényváltozását először *M. F. Walker* észlelte 1956-ban, közvetlenül a távcső fotométeréhez kapcsolt analóg regisztráló berendezés segítségével. A magas zajsztint nem tette lehetővé, hogy a periódust és a fénygörbe pontos alakját megállapítsák. A McDonald Observatóriumban végzett szinkron-fotometriai észlelések alapján azonban nagy bizonyossággal áll-



3. ábra. A DQ Herculis 71,065 másodperces fénygörbéje 10 (a, b, c.) illetve 224 (d) ciklus átlagolása után. Az utolsó ábrán a legjobban illeszkedő szinuszfüggvény is látható



4. ábra. Az NP 0532 pulzár 100 μ s-os integrációs idővel mért teljes fénygörbéje 130 000 ciklus átlagolása után ¹

líthatjuk, hogy a fénygörbe szinuszfüggvény alakú (3. ábra). A görbe amplitúdója változó: mikor a rendszer fehér törpe komponensét (ahonnan a fényváltozás ered) a másik komponens elfedi, a detektálhatóság határa alá csökken; maximalis értéke pedig (fedésen kívül) néhány század magnitúdó. A periodikus változás mellett megfigyelhető egy véletlenszerű fluktuáció (*flickering*) is, amely a komponensek közötti anyagáramlással kapcsolatos. A rövid periódusú fényváltozást magyarázó elméletek között legelfogadottabbak azok, melyek a stabil fényváltozásokat a fehér törpe rotációjából származtatják.

Az NP 0532 pulzár optikai fényváltozását W. J. Cocke, M. J. Disney és D. J. Taylor fedezte fel 1969-ben. Azóta számos szinkronfotometriai mérést végeztek. Egy tipikus fénygörbe a 4. ábrán látható. Az ilyen típusú mérések extrém (1 μ s-os) pontos időrendszert követelnek meg. A pulzusokat ma már röntgen- és gammatartományban is észlelték, és ezek pontosan egy időben jelentkeznek az optikai és a rádiótartományban mért pulzusokkal. Az optikai észlelések előnye az, hogy nagyon pontosan reprodukálható a pulzusok alakja, míg a rádió- és röntgentartományban az intersztelláris szcintilláció, illetve a fotonstatisztika miatt a pulzusok alakja erősen deformált.

Tranziens jelenségek (csillagfedések, flerek)

Mint ismeretes, a csillagfedéskor lejátszódó fényváltozás fontos információt szolgáltat az elfedő és az elfedett objektum geometriai méreteiről, illetve az elfedő égitest esetleges légkörének fizikai tulajdonságairól. Mivel a fénycsökkenés időtartama néhány tized és század másodperc között mozog, ezért

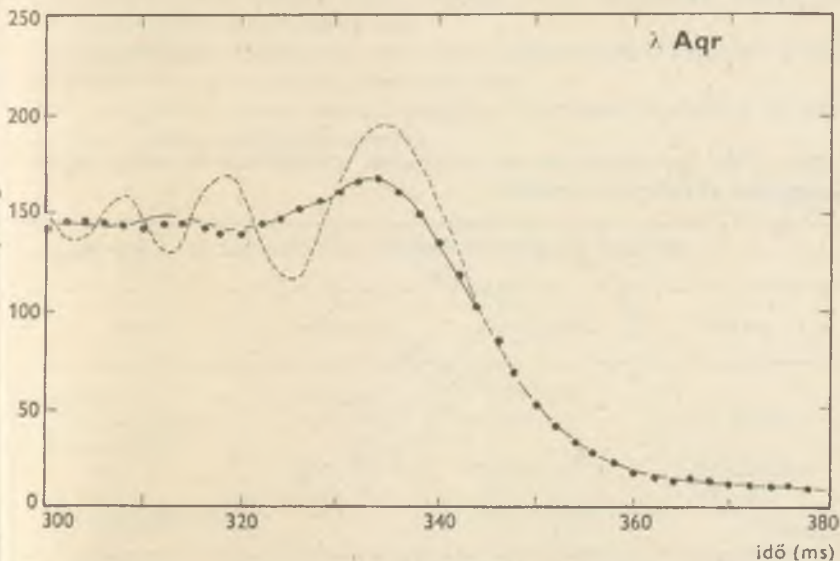
a fénycsökkenés pontos alakját csak gyorsfotometriai eszközökkel lehet kimérni. A fénygörbe elméletileg számított alakja bizonyos geometriai és esetleg fizikai paramétereiktől függhet, ezért az elméleti és a mért görbe illesztésével képet kaphatunk ezeknek a paramétereknek az értékéről. Az 5. ábrán a λ Aquarii 1969. december 15-én a Hold által történt elfedése alkalmával mért fénygörbéjét láthatjuk, amely jól mutatja az említett módszer alkalmazhatóságát a csillagátmérők mérésére.

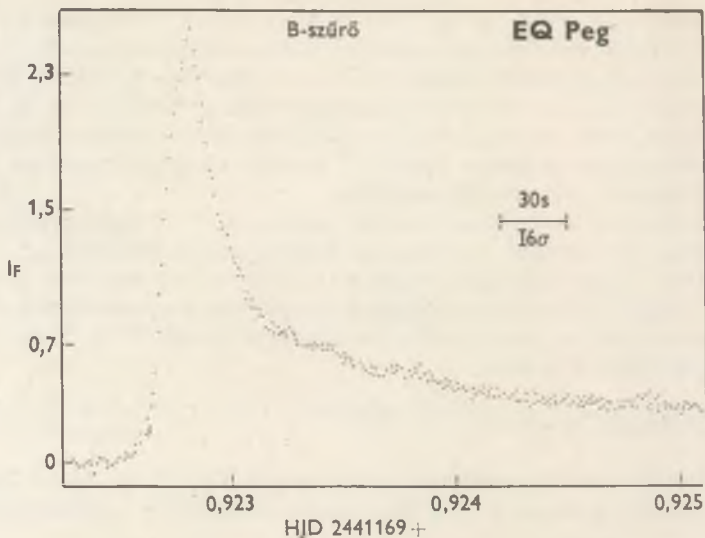
Hagyományos fotografikus eljárással maximum 5—10 percenként tudunk egy csillagról felvételeket készíteni, így érthető, hogy a legfeljebb egy percig tartó flerek pontos lefutását fotografikus módszerekkel nem lehet megállapítani. Gyors fotoelektromos eljárással viszont már egy másodperces integrációs idővel is képet kaphatunk a fler-fénygörbe alakjáról. Egy ilyen megfigyelést láthatunk a 6. ábrán.

Rövid periódusú változók ($P < 0,1$ nap)

Bár néhány órás változások már hagyományos fotometriai eljárásokkal is mérhetők, az egyszerre több színben történő észleléseknél is megmutatkozik

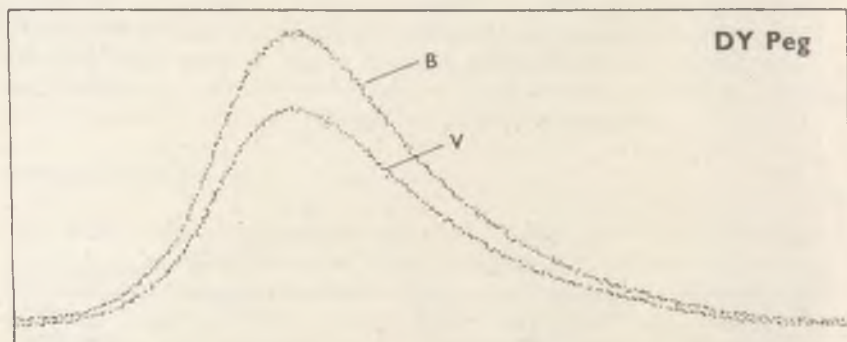
5. ábra. A λ Aquarii fényességcsökkenése az 1969. december 15-i fedés alkalmával. A szaggatott vonal egy pontforrás elfedése által várható, míg a folytonos vonal a $0'',0074$ -es csillagátmérővel számított elméleti fedési görbe





6. ábra. Az EQ Peg flercsillag egy tipikus kitörése (McDonald Observatórium)

7. ábra. A DY Peg törpeceseida egy periódusának a fénygörbéje két színben mérve. Az amplitúdó sárgában 0,6 magnitúdó



a gyorsfotometria előnye. A 7. ábrán a 105 perc periodusú DY Peg törpecefeida kék (B) és sárga (V) színben mért fénygörbéjét láthatjuk. A görbék a minimum fényességre vannak normalizálva, hogy a színváltozás jobban látható legyen. A csillagot négy színben mérték, a szűrőket automatikusan ciklikusan váltották, így minden színben 13 másodpercenként kaptak egy-egy mérési pontot.

Kataklizmikus változók

Rendszerint a következő változókat sorolják ebbe az osztályba: *nóvák*; *viszszatérő nóvák*; *törpe nóvák*, melyeket két alcsoportra osztanak: *U Geminum* és *Z Camelopardalis* típusú csillagokra; *nóvaszerű változók*.

Az 1. táblázatban röviden összefoglaltuk az osztályozás fő alapjául szolgáló, az egyes csoportokra jellemző kitörések gyakoriságát és amplitúdóját. Egyes változók pár naptól néhány évig terjedő ideig maradhatnak a maximális és a minimális fényesség közötti átmeneti szinten. A nóvaszerű változók csoportja nagyon inhomogén. Elsősorban azért sorolhatók a kataklizmikus változókhoz, mert színképük nagyon hasonlít a többi csoport minimum-fényesség alatt mért színképéhez. Néhány közülük talán olyan nóva, amelynek a kitörését nem figyelték meg, viszont akad közülük olyan is, amelyről feltételezik, hogy nagyon hosszú nyugalmi állapotot mutató Z Cam típusú változó (ilyen például az UX Uma). Lényegében az elmúlt két évtizedben sikerült bizonyítani, hogy:

- minden kataklizmikus változó egy-egy szoros (általában néhány órás periodusú) kettős rendszer tagja,
- a megfigyelt tulajdonságokat a késői spektráltípusú csillagról a fehér törpére átáramló anyag határozza meg,
- több változó mutat néhány másodperc periodusú periodikus és véletlenszerű fényesség-ingadozásokat.

1. táblázat

A kataklizmikus változók kitöréseinek jellemzői

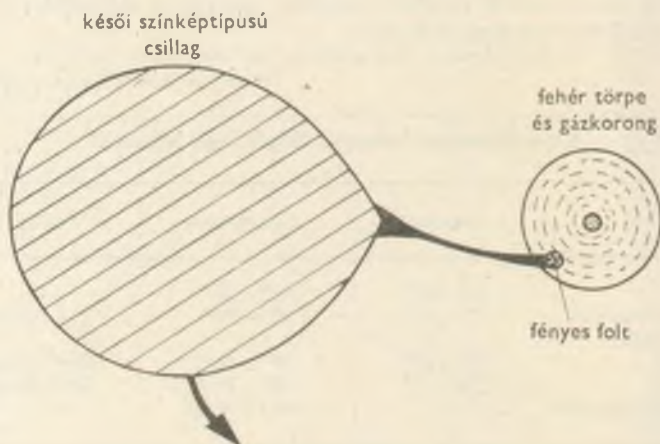
Típus	Amplitúdó	Energia (erg)	Periódus
Nóvák	9 ^m —14 ^m	10 ⁴⁴ —10 ⁴⁵	—
Visszatérő nóvák	7 ^m — 9 ^m	10 ⁴³ —10 ⁴⁴	10—100 év
Törpe nóvák			
U Gem	2 ^m — 6 ^m	10 ³⁸ —10 ³⁹	15—500 nap
Z Cam	2 ^m — 5 ^m	10 ³⁴ —10 ⁹	10— 50 nap
Nóvaszerű változók	—	nincs kiörés	—

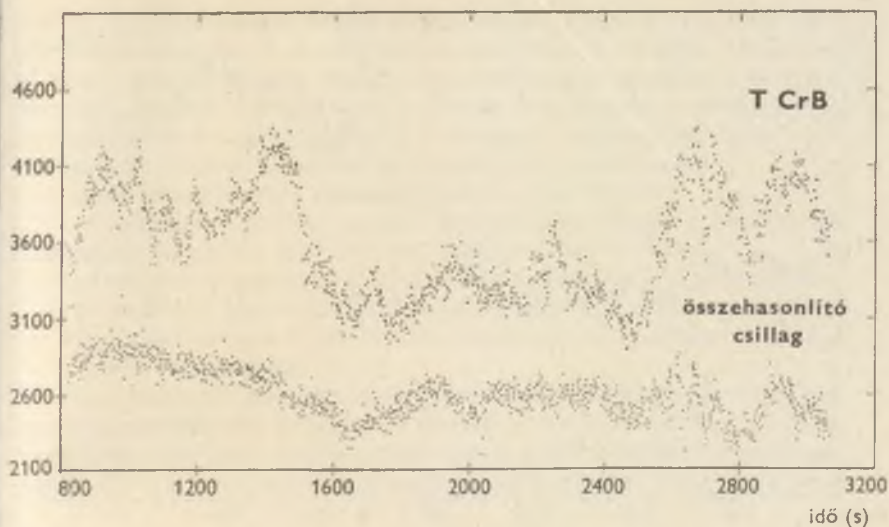
A katakliztikus változókra jelenleg legjobban elfogadott modell (E. L. Robinson, 1973.) a következő: a kettős rendszer kései spektráltípusú tagja a fejlődés során eljutott abba az állapotba, hogy teljesen kitölti a komponensek tömegei által meghatározott Roche-térrészt. Az ún. L_1 Lagrange-féle librációs ponton keresztül hidrogénban dús anyag áramlik át a régebbi kataklizma során fehér törpévé vált komponens körül elhelyezkedő gázkorongra (8. ábra). A gázkorong a már régebben átáramlott anyagból alakult ki. Részecskéi fokozatosan hullanak a fehér törpe felületére. Az átáramló anyag hatására a korongon kialakul egy lökésfront (az úgynevezett fényes vagy forró folt), amely fő forrása az általunk detektált fény mennyiségnek. Mivel kisebb változások a folt helyzetében és az átáramlott anyag mennyiségében is bekövetkezhetnek, ezért a fénygörbe olyan fluktuációkat tartalmaz, amelyeket csak gyorsfotometriai eszközökkel lehet kimutatni.

A 9. ábrán a $T CrB$ visszatérő nóva fénygörbéjének egy részét láthatjuk. A mérést nagyon rossz légköri viszonyok mellett végezték, ezért mind a változó, mind az összehasonlító intenzitása nagymértékben ingadozott. A relatív intenzitások viszont már a csillag saját, a légköri zavaroktól mentes fényingadozásait mutatják.

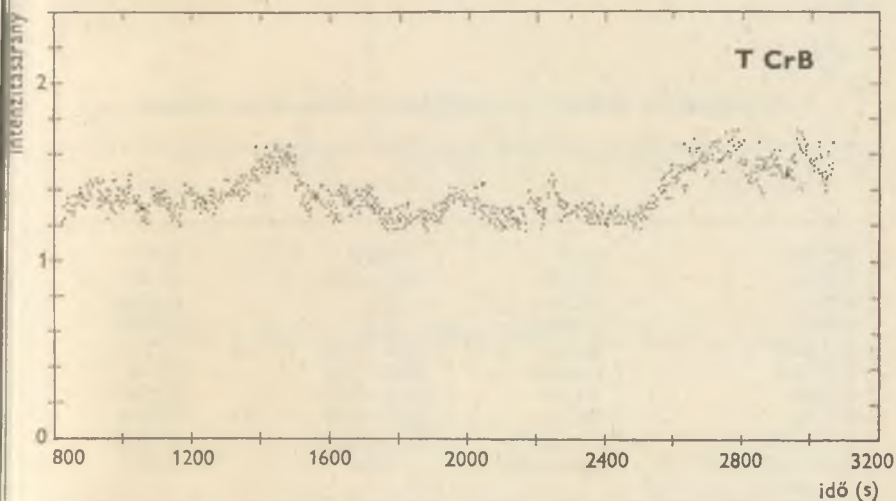
A 10. ábrán az $U Gem$ 4 óra 10 perces fedési fénygörbéjének egy részét láthatjuk. Szembetűnik a fedés előtti, körülbelül 0,5 magnitúdós kifényesedés és az erre ráarakódó véletlenszerű ingadozás, amelynek a fényes folt az oka. A folt elhelyezkedése ugyanis olyan, hogy fedés előtt érkezik erről a területről a legtöbb fény a megfigyelőhöz.

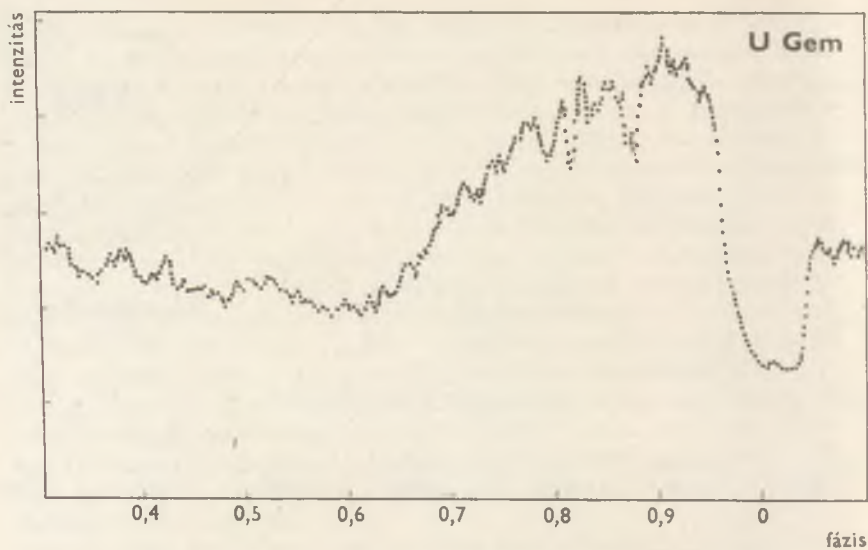
8. ábra. A katakliztikus változók modellje. Az arányok a $Z Cam$ méreteinek felelnek meg





9. ábra. A T CrB fénygörbéje (Asiago Obszervatórium 1976). A felső ábrán a két csatornán mért intenzitásokat, az alsón az ezek elosztásával kapott intenzitásarányokat láthatjuk. Az integrációs idő 1 másodperc volt





10. ábra. Az U Gem fénygörbéje (McDonald Observatórium 1970). A maximális intenzitás 22 250, a minimális 9850 foton/s értéknek felel meg. A vízszintes tengelyen a kettős rendszer fázisa van feltüntetve

2. táblázat

Kataklimikus változók rövidperiódusú fluktuációinak jellemzői

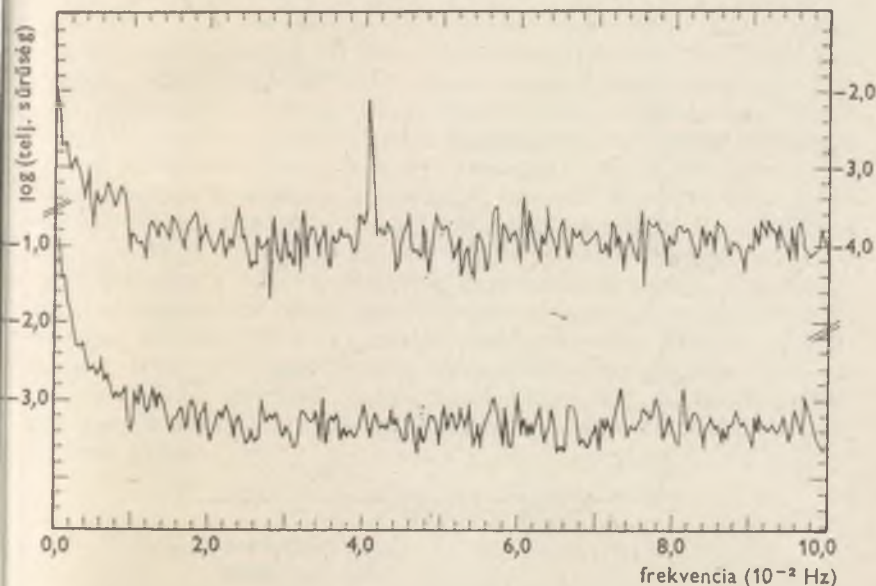
Csillag neve	Típusa	Periódus (s)	Amplitúdó
DO Her	nóva	71,07	0, ^m 02
Z Cam	Z Cam	16,0—18,8	0, ^m 001
SY Cnc	Z Cam	24,6	0, ^m 003
Z Cha	U Gem	27,7	0, ^m 003
AH Her	Z Cam	31,3—32,0	0, ^m 003
VW Hya	U Gem	28,0—34,0	0, ^m 02
CN Ori	Z Cam	24,3—25,0	0, ^m 005
KT Per	Z Cam	26,7—26,8	0, ^m 006
UX UMa	nóvaszerű	28,5—30,0	0, ^m 002
CoD—42°14462	nóvaszerű	29,0	0, ^m 003

Eddig 10 kataklizmikus változó fénygörbéjében figyeltek meg gyors periódikus fluktuációkat. A 2. táblázatban felsoroltuk a kérdéses változókat. Majdnem minden típusnak legalább egy képviselője megtalálható, kivéve a visszatérő nóvákat. Ezért a rövid periódusú fényváltozást a kataklizmikus változók jellemző tulajdonságának kell tekinteni. Az eddig megfigyelt periódikus fluktuációk a következő tulajdonságokkal rendelkeznek:

- a periódusok rövidek, általában kisebbek, mint fél perc;
- az oszcilláció koherens, vagyis a periódus nem változik a periódushoz képest hosszú idő alatt sem (ez az idő legalább 1—2 óra);
- a fluktuáció amplitúdója kicsi, általában kisebb, mint 0,005 magnitúdó;
- az oszcilláció csak a kitörés leszálló ágában figyelhető meg (11. ábra), a *DQ Her*-nél és a *V 533 Her*-nél viszont a rövid periódusú fluktuáció mindig megfigyelhető.

A rövid periódusú fényváltozás magyarázatára használatos elméletek két csoportra oszthatók: az egyik típusú elmélet szerint a fluktuáció oka a fehér törpe komponens nem radiális pulzációja. A másik lehetséges magyarázat, hogy a dipólus mágneses térrel rendelkező, saját tengelye körül forgó fehér

11. ábra. Az *SY Cnc* törpe nóva Fourier-spektrumai egy kitörés alkalmával (a) és minimum idején (b). Az (a) periodogramon jól látható a fehér törpe 0,0406 Hz periódusú pulzációja miatt jelentkező csúcs



törpe felületére hulló anyag felmelegszik, és az általa kibocsátott fény a rotáció periódusának megfelelő időközönként jut az észlelőhöz.

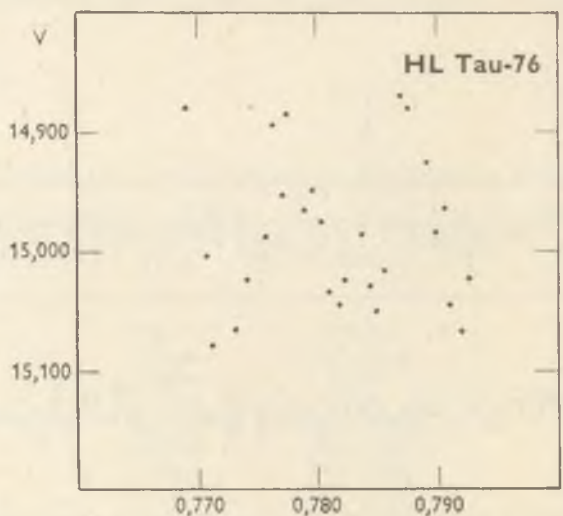
A kitörések forrásául a nóvák esetében a fehér törpe komponenst, törpe nóvák esetében pedig részben a fehér törpét, részben a körülötte kialakult gázkorongot jelöli meg a ma használatos elméletek többsége. Az utóbbi feltevést alátámasztani látszik az a megfigyelés, hogy a rövid periódusú oszcilláció mindig csak a kitörések alkalmával figyelhető meg.

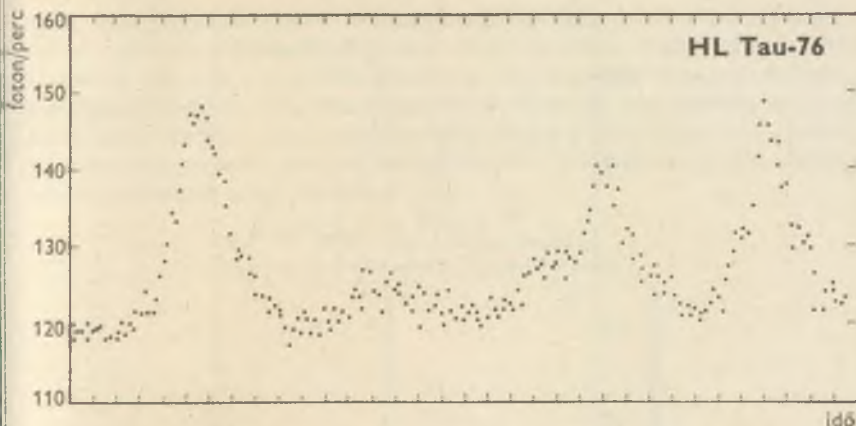
Nem kettős rendszerbe tartozó pulzáló fehér törpék megfigyelése

Az ilyen típusú fehér törpék fényváltozására vonatkozó első megfigyelések *A. U. Landolt*tól származnak, aki 1964-ben fedezte fel a *HL Tau—76* gyors, eruptív jellegű fényingadozásait. A maximumok (melyek amplitúdója 0,3 magnitúdó is lehet) 10—15 percenként követik egymást. Landolt eredeti észleléseinek egy részét a 12. ábrán láthatjuk. Összehasonlítva ezeket a McDonald Observatóriumban 1969-ben készített gyorsfotometriai észlelésekkel (13. ábra), a minőségi különbség szembeötlő.

A periodikus fényváltozást mutató fehér törpék jelenlegi száma tizenkettő. Mindegyik DA típusú fehér törpe, átlagos színindexük: $B-V = +0,20 \pm 0,04$.

12. ábra. A *HL Tau—76* fénygörbéje (*Kitt Peak Observatórium, 1964*).

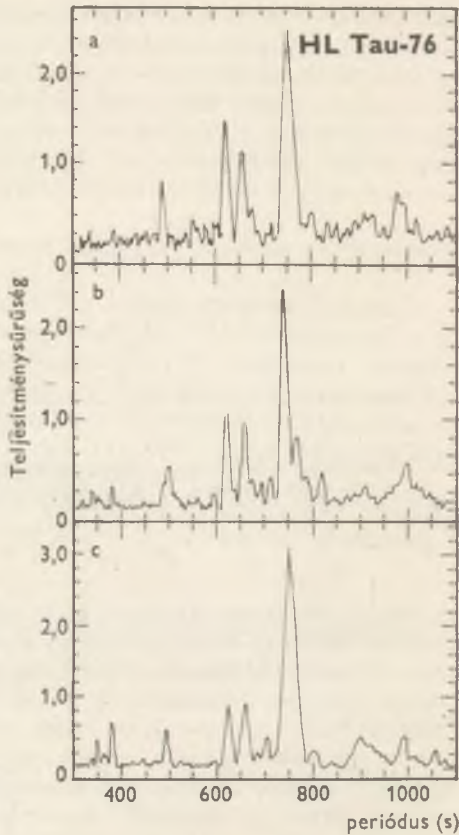




13. ábra. A HL Tau—76 fénygörbéje (McDonald Obszervatórium, 1969). A vízszintes tengelyen minden osztás 1 percnél felel meg. A függőleges tengelyen a percnél felel meg a fotonok száma van feltüntetve

Az észlelt periódusok néhány száz és ezer másodperc körül mozognak. A fénygörbék Fourier-spektruma rendkívül komplex, legtöbb esetben változik is. A 14. ábrán a HL Tau—76 három különböző észlelési sorozatából számított periodogramjait láthatjuk. Az egyes periodogramok közötti hasonlóság nyilvánvaló, eltérés (a zajszint felett) csak a csúcsok relatív nagyságában van.

Az észlelt több perces periódusok kizárják, hogy a ciklikus fényváltozások a fehér törpe radiális pulzációjából származzanak, ennek periódusa ugyanis néhány másodperc. Ezért sokan úgy gondolják, hogy a fényváltozásért a csillag nemradiális pulzációja a felelős. Az így számolt periódusok azonban még mindig csak körülbelül fele akkorák, mint a megfigyelt értékek. Újabban C. L. Wolff nemlineáris elmélete alapján — amely a csillag forgását is figyelembe veszi — sikerült több fehér törpe periodogramjában a megfigyelhető frekvenciákat az elméletileg számoltakkal nagyon pontosan egyeztetni. Átlagban csillagonként 5—6 jellemző csúcs azonosítása sikerült. Ki lehet mutatni, hogy ilyen pontos egyezés véletlenszerűen egy ezrednél kisebb valószínűséggel adódhat csak. A frekvenciák illesztéséből egyébként a csillagok rotációs periódusára is lehet következtetni, amelyre 270 és 460 s közötti értékeket kaptak.



14. ábra. A HL Tau-76 periodogramjai

Befejezés

Az előzőekben röviden összefoglaltuk azokat az eredményeket, melyeket az utóbbi 10 év alatt értek el a csillagászatban egy új megfigyelési technika, a gyorsfotometria bevezetésével. Láthattuk, hogy a módszer szinte minden területen tudott újat nyújtani. Ott, ahol a hagyományos fotometriai eljárással is megkaphatjuk a fényváltozás fő jellemzőit (a körülbelül 1 óránál hosszabb idejű változásoknál), a gyorsfotometria célja az esetleges finomabb struktúrák kimutatása, amely éppen a pontosabb elméletek kidolgozásához

vezet. Más jelenségek (flerek, csillagfedések, pulzárok, fehér törpék, katakliz-
mikus változók) megfigyelése viszont elképzelhetetlen hagyományos mód-
szerekkel. Ma már a számítástechnika és az elektronika hatalmas fejlődése
következtében egyre több csillagvizsgálóban folytatnak gyorsfotometriai meg-
figyeléseket. Várható, hogy az elkövetkező években még nagyon sok érdekes
eredmény fog születni, amelyek tovább bővítik ismereteinket a változócsilla-
gokban lejátszódó folyamatokról.

A NYÍLTHALMAZOK SZERKEZETE

A csillaghalmazok vizsgálata nagy múltra tekint vissza. Az évek során egyre több információ halmozódott föl, és ma már világosan látjuk, hogy milyen nagy szerepe van a csillaghalmazok vizsgálatának a csillagfejlődés és a Tejútrendszer megértése szempontjából. (Lásd Kun Mária cikkét az 1978-as Csillagászati Évkönyvben.) A halmazok belső dinamikájára vonatkozó ismereteket egészen a legutóbbi időkig ritkán használták, mert az elméletek realitása csupán a folyamatok időskálájának megállapításáig terjedt. Manapság azonban a dinamikai elvek eléggé érthetőkké váltak ahhoz, hogy lehetővé tegyék a halmazok szerkezetére vonatkozó ismereteink alkalmazását általánosabb csillagászati kérdésekben. Emiatt válnak egyre nagyobb jelentőségűvé a nyílthalmazok szerkezetével foglalkozó kutatások. E cikk keretében rövid áttekintést adunk a nyílthalmazok jellemző paramétereiről, a bennük lejátszódó dinamikai folyamatokról és az ezek következtében kialakult szerkezetéről.

A nyílthalmazok jellemzői

Általános jellemzők

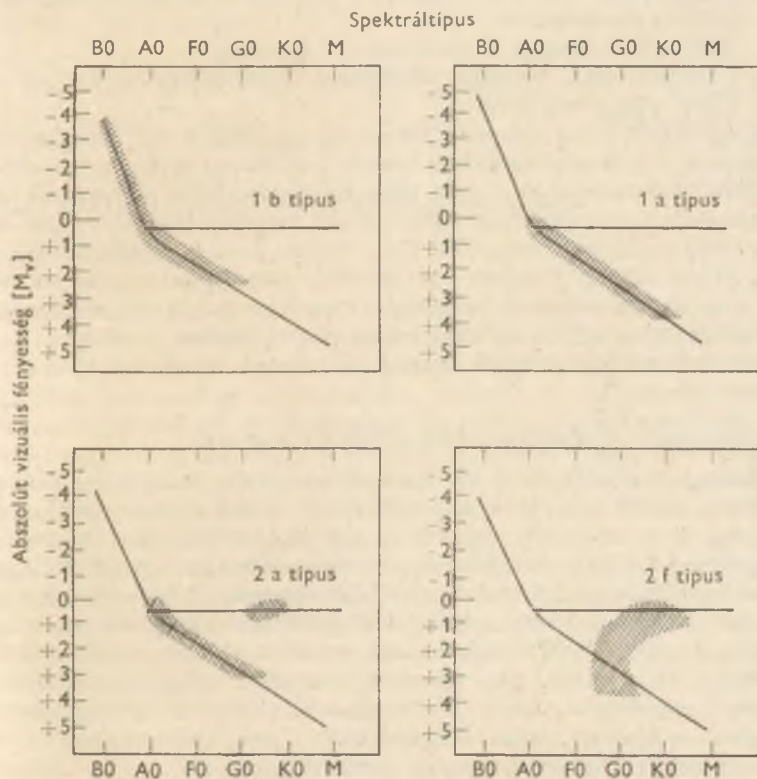
A nyílthalmazok a környező mezőcsillagoknál szorosabb gravitációs kapcsolatban levő csillagok csoportosulásai. Eddig kb. 1000 nyílthalmaz ismeretes, de a statisztikai eredmények alapján a Tejútrendszerben levő nyílthalmazok számát 20 000-re becsülik. Erősen koncentrálnak a Tejútrendszer síkjához, a $b = \pm 30^\circ$ galaktikai szélességek között helyezkednek el. Kivételt képez néhány extrém nyílthalmaz és azok a halmazok, amelyek valójában közel vannak a Tejútrendszer síkjához, de tőlünk mért kis távolságuk miatt nagy galaktikai szélességeken látszanak. A nyílthalmazok tipikusan I. populációs képződmények. Koruk néhányszor 10^8 év, alakjukat és méreteiket tekintve rendkívül sokfélék. A legnagyobbnak látszó halmazok néhány foknyi szögátmérővel rendelkeznek, például a Taurus $40'$, a Perseus $240'$,

a Plejádok 120' átmérőjű. A legnagyobb halmazok lineáris átmérője 15 pc körül van; a legkisebb 1,5 pc nagyságú. A többség 2—6 pc közé esik, s a gyakorisági maximum 2,5 pc-nél van. A halmaztagok száma 10—1000 között mozoghat. A nyílthalmazok sűrűsége legalább egy nagyságrenddel nagyobb a környező mezőcsillagok sűrűségénél.

A nyílthalmazok osztályozása

Ismereteink rendszerezése és a világosabb áttekinthetőség szempontjából elengedhetetlenül szükséges a nyílthalmazok osztályozása. Többen foglalkoztak már ezzel a problémával és különböző szerzők különböző jellemző tulajdonságokat használtak fel az osztályozásra.

1. ábra. A Trumpler-féle spektrális osztályozás első négy osztályának sematikus elrendezése



Mivel egy halmaz méreteit gravitációs potenciálja egyértelműen meghatározza, ha a nyílthalmaz tömegét rögzítettnek vesszük, a nyílthalmazokat ránézés alapján is lehet osztályozni. Az ilyen típusú klasszifikálások közül a Trumpler által alkotott rendszer a leggyakrabban használt, amely három paraméter alapján osztályozza a halmazokat: a centrális koncentráció, a halmazcsillagok által átfogott fényességintervallum nagysága és a halmazok populáltsága szerint. A csökkenő centrális koncentráció jelölésére I—IV-ig római számokat használ, a növekvő magnitúdó-intervallumokat 1—3-ig arab számokkal jelöli. A halmazok populáltságának jelölésére betűket használ: a p típusú halmaz 50-nél kevesebb csillagot tartalmaz, az m 50—100 halmaztagot számlál, míg az r típusú (gazdag) halmazhoz 100-nál több csillag tartozik.

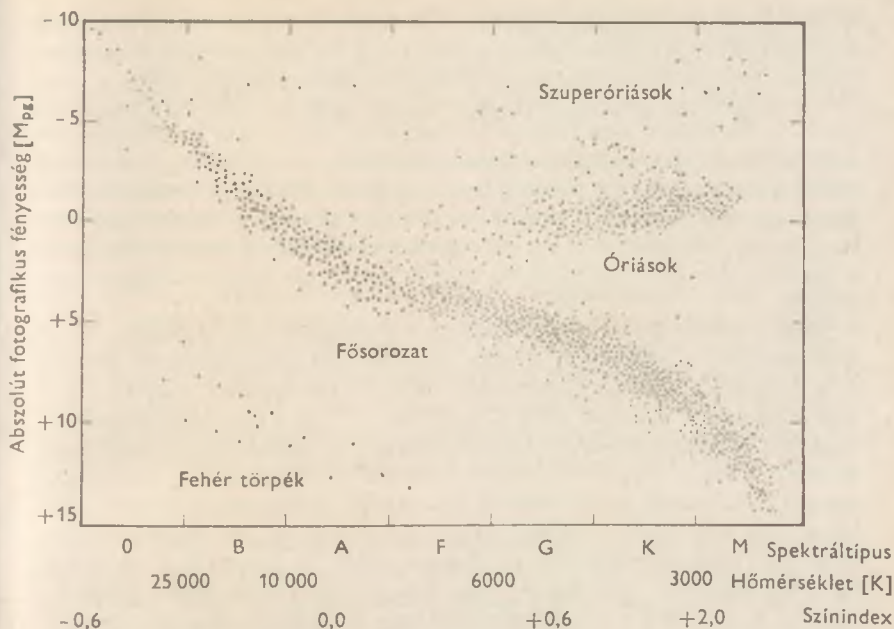
Collinder a nyílthalmazok más jellemzői alapján 4 típust különböztet meg:

- *Praesepe típusú halmazok*: koncentrált, reguláris szerkezetű halmazok, egyenletes fényességeloszlással.
- *Plejád típusú halmazok*: irreguláris szerkezetű halmazok, lényeges magnitúdó-különbségekkel.
- *Intersztelláris felhővel kapcsolatban levő halmazok*
- *μ Normae típusú halmazok*: amelyekben fényes csillagokat halvány csillagok gyűrűje vesz körül.

Ezek az osztályozások nincsenek tekintettel a halmazok sok lényeges tulajdonságára, és a klasszifikáció sem végezhető el mindig egyértelműen. Az intersztelláris abszorpciónak a távoli halmazok besorolásánál már nagyon nagy szerepe van. A különböző halmazok csillagai legnagyobb gyakorisággal más-más színképosztályba tömörülnek. Ezt a halmaz kora és fejlődése határozza meg. Ennek alapján Trumpler egy *spektrális klasszifikációs rendszert* alkotott meg, amely alapján 6 különböző típust lehet meghatározni. Az első 4 klasszifikációs osztály sematikus elrendezését az 1. ábra tartalmazza. A vonalkázott részek azt mutatják, hogy milyen típusú csillagok fordulnak elő zömmel a halmazban.

A nyílthalmazok Hertzsprung—Russell (H—R) diagramja

A kémiai összetétel mellett a két alapvető mennyiség, amellyel egy csillagot jellemezni lehet a luminozitás és a hőmérséklet. Mivel a hőmérséklet, a színképtípus és a színindex (különböző hullámhosszakon mért fényességek különbsége) között szoros kapcsolat áll fenn, ezek közül bármelyiket használhatjuk a csillagok jellemzésére. A H—R-diagram a csillagcsoportok olyan grafikus ábrázolása, ahol koordinátaként az abszolút magnitúdót és a színképtípust használjuk. Ha a színképtípus helyett a színindexet alkalmazzuk koordinátaként, akkor szín—fényesség diagramról beszélünk. A kétfajta diagram egyenrangú. Mivel az észlelésekből könnyebb meghatározni a csillagok színindexét, mint színképtípusát, a gyakorlati alkalmazásban a szín—fényesség diagram használata az elterjedtebb.



2. ábra. A Hertzsprung—Russell diagram sematikus elrendezése

Hertzsprung és Russell egymástól függetlenül állapította meg, hogy a csillagok luminozitása és színképtípusa között szoros összefüggés áll fenn. Azt találták, hogy az általuk elkészített diagramon a csillagok jól meghatározott területeken helyezkednek el, sorozatokat alkotnak. A csillagok többsége a fősozozaton helyezkedik el. A fényesebb és későbbi színképtípusú csillagok külön csoportot, az óriások ágát alkotják. A nagyon fényes, ezért viszonylag ritka, valamennyi színképosztályt magába foglaló csillagok a szuperóriások területén helyezkednek el. Külön-külön csoportba tömörülnek a halvány O—B típusú csillagok és a halvány A—F színképtípusú csillagok. A H—R-diagram sematikus elrendezését a 2. ábra mutatja. A csillagok H—R-diagramon történő elhelyezkedését a csillagfejlődés alapján magyarázhatjuk. A csillag, keletkezése és egyensúlyi állapotba kerülése után, tömegétől függő helyet foglal el a fősozozaton. A fősozozat tehát különböző tömegű és fényességű, de ugyanazon fejlődési fokon levő csillagokból áll. A csillagok a fősozozaton való tartózkodásuk során hidrogént égetnek el, és ezt héliummá alakítják át. Fordulópontot jelent életükben az az állapot, amikor a hidrogénkészletük 12%-át héliummá alakították át. Ekkor elválnak a fősozozattól,

átkerülnek az óriáságra és beindul a hélium égése. A nagyobb tömegű csillagok fejlődése gyorsabb, ezek a csillagok fényesebbek, a nulla korú főso-rozattól való elválás tehát a fősorozat felső végén kezdődik meg.

Ha egyidőben keletkezett csillagok — pl. egy halmaz — HRD-jét vizsgáljuk, akkor az elfordulási pont helye attól függ, hogy milyen idős a csillagcsoport. A fiatalabbcsillagcsoportoknál még alig kezdődött el a fősorozattól való elfej-lődés, így a fordulópont magasabban (nagyobb abszolút fényességnél) van: az óriáság még egyáltalán nem fejlődött ki, vagy nagyon kevésé populált. Az idősebb csillagcsoportokban már a kisebb tömegű csillagok is elfejlődtek a fősorozatról, így a fordulópont lejjebb van és jól fejlett óriásággal talál-kozunk.

Mivel a nyílthalmazok fiatal, tipikusan I. populációs képződmények, H—R-diagramjaikon a nulla-korú, el nem fejlődött csillagok fősorozata dominál. A legfényesebb csillagok luminozitása, vagyis a fősorozat felső végének kezdő-pontja halmazról halmazra változik, — 8^M -tól — 2^M -ig. O-tól M-ig valamennyi színeképtípus megtalálható a nyílthalmazokban. A típusok gyakorisága halma-zonként változik. Pontosán ez teszi lehetővé a Trumpler-féle színeképtípus szerinti osztályozást, amiről előzőleg szó volt. Az elfordulási pont helye alap-ján meghatározhatjuk a halmaz korát. Az óriások a fősorozattól teljesen elkülönült csoportot alkotnak. A Hertzsprung-űr (a fősorozat és az óriáság korai színeképtípusú vége közötti üres rész) annál kisebb, minél idősebb a halmaz. A legöregebb nyílthalmazoknál teljesen eltűnik, mint pl. az M67 esetében. Néhány nyílthalmaz szín—fényesség diagramja megtalálható Kun Maria már említett cikkében.

A különböző csillagtípusok előfordulási gyakoriságának vizsgálata

Az *óriások* A0 színeképtípus körül jelennek meg, ha a fősorozat felső vége — $0^M 5$ körül, vagy az alatt van. Amikor óriások vannak jelen a nyílthalma-zokban, akkor náluk nagyobb tömeggel rendelkező összes fősorozati csil-lag hiányzik; vagy azért mert már elfejlődtek, vagy azért mert nem is ke-letkeztek. Fényes B típusú csillagokkal együtt óriások nem létezhetnek a halmazokban, noha néhány késői színeképtípusú szuperóriás előfordulhat. Miczaika szerint kb. 5×10^8 év után jelennek meg óriások és szubtörpék a nyílthalmazokban.

Szuperóriások nem ritkák a nyílthalmazokban. O. Struve szerint a nyíl-tthalmazokai szuperóriások veszik körül. Ezt az egyik legfontosabb szerkezeti jellemzőnek tartja. W. P. Biedelmann szerint a késői szuperóriások általá-ban nem léteznek együtt korai O típusú csillagokkal.

Fémvonalú csillagokat H. L. Weaver figyelt meg a nyílthalmazokban. A meg-figyelt halmazokon belül (5 halmaz) a fémvonalú csillagok a teljes csillag-

populáció 35%-át teszik ki a $+1^M7$ — $+3^M3$ fényességintervallumban. Ez lényegesen nagyobb százalékos arány, mint amit Slettebak talált a közeli csillagok között. Csupán az NGC 752-es nyílthalmaz volt az egyetlen a megfigyelték közül, ahol az ilyen típusú csillagok teljesen hiányoztak.

Be csillagok: szokatlanul gyakoriak néhány nyílthalmazban. Struve a Plejádokban az emissziós B típusú csillagok sokkal nagyobb arányát figyelte meg, mint amekkora a Galaxisra vonatkozó érték. Trumpler a Perseus kettős halmaznál mutatott ki hasonló tendenciát.

Fehér törpék az elméletek alapján történő becslések szerint nagy mennyiségben vannak jelen mindkét típusú halmazban. A problémát a halvány fehér törpék észlelésének fárasztó volta vagy lehetetlensége jelenti. Ahhoz, hogy komplett észlelési anyagunk legyen a fehér törpékre vonatkozóan — halmaztól függően — 23^M — 29^M -ig kellene megfigyelnünk ezeket a csillagokat. Az eddig talált fehér törpék száma egyezésben van az egyes halmazokra jó-solt értékkel, kivéve a Plejádokat, ahol eddig egyetlen fehér törpét sem találtak.

A vizuális kettősök gyakoriak a nyílthalmazokban. Ennek alapján jelentős mennyiségű spektroszkópiai kettőst is lehet várni. Néhány halmazban valóban találtak elegendő számú spektroszkópiai kettőst, ugyanakkor más halmazok különösen szegények az ilyen kettősökben. Ahol spektroszkópiai kettősök léteznek, bizonyosan fedési kettősök is vannak.

Változócsillagok: A nyílthalmazokban a sokkal kisebb csillagtartalom miatt a változók várható száma is sokkal kevesebb. Sokáig az volt a nézet, hogy a nyílthalmazokban nincsenek változócsillagok, újabban azonban növekszik a nyílthalmazokban talált változók száma. R. P. Kraft és S. van den Bergh 11 olyan cefeidát talált egyes nyílthalmazok határain belül, amelyek valóban halmaztagok, és további 6 változó valószínűleg nyílthalmazhoz tartozik. A halmaztagság eldöntésének kérdése nehéz problémát jelent, mivel a radiális sebesség vagy a sajátmozgás ismerete szükséges hozzá.

A nyílthalmazok — különösen azok, amelyek intersztelláris felhővel kapcsolatosak — tartalmazznak T Tauri típusú változókat is. Néhány halmazban nagy számban találhatók nagyon halvány változók, amelyek nyilvánvalóan halmaztagok, mivel a halmaz területén kívül csak elvétve fordulnak elő. A változók abszolút vizuális fényessége $+3^M$ vagy halványabb, és 40 százalékuk erős H_α -vonalat mutat. Ezek a csillagok valószínűleg újabban keletkeztek, nagyon fiatal halmazokban fordulnak elő. Mind fiatal, mind idősebb nyílthalmazokban sok flercsillagot találtak. (Lásd Jankovics István cikkét az 1979-es Csillagászati Évkönyvben.)

Fedési változók is vannak a nyílthalmazokban. A spektrális változók, amelyekre példa a Pleione (28 Tauri) a Plejádokban, szintén előfordulnak, de

a spektrális változás jelensége nem gyakori. Azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a nyílthalmazokban léteznek változók, de más típusúak fordulnak elő, mint a gömbhalmazokban. A gömbhalmazok jellemző változótípusa — az RR Lyrae változók — a nyílthalmazokból teljesen hiányzik.

Protocsillagok: A nyílthalmazokból jövő 21 cm-es sugárzás jelentős mennyiségű neutrális hidrogén jelenlétéről ad számot. A neutrális hidrogén mennyisége erősen összefügg a halmaz korával. A legfiatalabb halmazoknál a csillagok össztömegével egyenlő tömegű neutrális hidrogént találtak. Ez az arány a halmazok korának növekedésével csökken. Az M67-es öreg nyílthalmazban nincs jelen a neutrális hidrogén. Drake magyarázata szerint a nyílthalmazokban levő neutrális hidrogén protocsillagokat jelent. A neutrális hidrogén és a protocsillagok problémájának tisztázásához további észlelések szükségesek.

Kinematikai jellemzők

Sajátmozgás: Sajnos a legközelebbi halmazokat kivéve nincsenek olyan, nagy időintervallumban készült felvételek, amelyek lehetővé tennék a sajátmozgás meghatározását. Néhány nyílthalmazra azonban léteznek sajátmozgás meghatározások. A Plejádok sajátmozgása kb. $0,048/\text{év}$, míg a csillagok belső mozgása $0,001/\text{év}$ körül van. A Praesepe esetében a sajátmozgás $0,037/\text{év}$, míg a halmazon belüli mozgás $0,00073/\text{év}$ nagyságú. A Coma Berenices halmaz sajátmozgása $0,021/\text{év}$, az M67-re $0,009/\text{év}$ adódott. A h és a χ Persei sajátmozgása nagyon kicsi.

Radiális sebesség: Csupán a legfényesebb csillagok radiális sebességét mérték meg a halmazokban. A Plejádokban — a csillagok rotációjának nagyságától függően — különböző közepes sebességek adódtak. Az alacsony rotációjú csillagoknál $+5,6$ km/s értéket kaptak, míg a nagyobb rotációjú csillagok esetében a radiális sebesség 2 km/s értékkel kisebbnek adódott. A Praesepe radiális sebessége $+33 \pm 0,6$ km/s, míg térbeli sebessége 43,7 km/s. A Coma Berenices halmaznál nagyon kicsi radiális sebességet: $-0,4$ km/s értéket mértek; térbeli sebessége a Naphoz képest 7,5 km/s. Az M 67-nél lényegesen nagyobb a radiális sebesség: $+33$ km/s, és térbeli sebessége is 54 km/s értékű. A Hyadok térbeli sebessége 45,3 km/s.

Rotáció: A korai színeképtípusú csillagokban a nagy rotációs sebesség jól bizonyított tény. Struve azonban kimutatta, hogy a Plejádokban a B típusú csillagok rotációja még a hasonló típusú mezőcsillagokénál is nagyobb. Az emissziós színeképző csillagok rotációja 150—300 km/s közötti értéket vesz fel. Az A típusú csillagok azonban a mező A csillagokhoz hasonlóan rotálnak. A Plejádokban azt a tendenciát figyelték meg, hogy a halmaz centrumához köze-

lebb levő csillagok gyorsabban forognak. A Plejádokkal ellentétben a Hyadok nem mutat nagy rotációs sebességeket. Struve szerint a környezet befolyásolja a nagy rotáció létrejöttét. A Plejádokat sűrű reflexiós köd veszi körül, és valószínűleg ez okozza a nagy forgási sebességeket.

Nyílthalmazok keletkezése

A nyílthalmazok a Tejútrendszer síkjában, a spirálkarokban keletkeznek, ahol nagyméretű gázfelhők találhatók. A gázfelhők a Galaxis síkjában fellépő árapályerő miatt saját gravitációs összehúzódásra nem képesek, a tömörülést külső hatásnak (pl. nyomás, sugárzás, lökéshullám stb.) kell megindítania. A külső sugárzás ionizálja a gázt, és így lehetővé teszi azt, hogy a mágneses tér a tömörülő gázfelhő impulzusmomentumát elvezesse. A gázfelhő egyre nagyobb sűrűségűvé válik, egészen addig, amíg átlátszatlan nem lesz a külső sugárzás számára. Ekkor a mágneses tér nem fékezi tovább a felhő mozgását. A gázfelhő forgása felgyorsul, és a felhő kisebb (10^3 — $10^4 M_{\odot}$) tömegű részekre darabolódik: kialakulnak a protohalmazok. Az ennél kisebb méretű felhők nem stabilak, a további fejlődés során elpárolognak. Ezután már szerepet játszik a gravitációs összehúzódás is. A felhők gravitációs összehúzódása ismét addig tart, amíg a sűrűségviszonyok átlátszatlaná nem teszik a gázfelhőt a sugárzásokkal szemben. Ekkor további darabolódási (fragmentálódási) folyamat játszódik le: a felhő olyan kis méretű gázfelhőkre bomlik, amelyekből megindul a halmaz csillagainak kialakulása.

A legújabb vizsgálatok, amelyeket a legfiatalabb nyílthalmazokra végeztek, azt mutatják, hogy a halmazok mérete nő a galaxis centrumától mért távolságukkal. 11 kpc körül ez a növekedés megszűnik, az ennél nagyobb távolságban keletkezett nyílthalmazok későbbi fejlődésük során kezdeti tömegük jelentős részét elvesztik. Így a növekvő korról a szisztematikus méretkülönbségek gyorsan eltűnnek. Az $1,5 \times 10^7$ évnél idősebb nyílthalmazoknál már nem mutatkozik a Galaxisban elfoglalt helytől függő méretkülönbség.

Csillaghalmazok dinamikai leírása

A csillaghalmazok dinamikai leírása gyakorlatilag az N-test-probléma általános megoldását jelenti. A csillaghalmazok keletkezése után kezdetben a heves tömegmozgás dominál, ami bizonyos idő után lecsillapszik, és közel egyensúlyi állapot áll be. Ebben az állapotban a csillaghalmaz bármely tagját úgy tekinthetjük, hogy a többi csillag gravitációs terében mozog. Ez a gravitációs tér térben és időben változik, a csillagok helyzetének, illetve mozgásának követ-

keztében. Az N-test-probléma általános megoldásával nem foglalkoznak. A problémát megfelelő közelítések alkalmazásával oldják meg. Az alapvető egyszerűsítés azon a felismerésen alapszik, hogy az N-test kölcsönhatásai közül nem mindegyik lényeges.

Első közelítésként tehát úgy foglalkozhatunk a csillaghalmazzal, hogy bármely tagja a teljes rendszer egyenletes tömegeloszlása által okozott homogén gravitációs térben mozog. Ez természetesen nem teljesen igaz, mivel minden tömegpont egy-egy gravitációs szingularitás, de a csillagrendszerekben az erős kölcsönhatások, azaz a csillagtalálkozások olyan ritkán fordulnak elő, hogy statisztikus úton is figyelembe vehetők.

A homogén gravitációs térben a csillag a mozgásegyenletek által meghatározott elméleti pályát írja le. Az egyes csillagoknak különböző keringési periódusuk van, így hamarosan teljesen keveredett lesz a rendszer. Bármely kezdeti tendencia a halmaz összefüggő pulzációjára vagy más szisztematikus mozgására hamar lecsillapszik. Az itt vázolt jelenség a csillaghalmazokban lejátszódó alapvető folyamatok egyike, a *keveredés*. A keveredés karakterisztikus ideje (a keveredési idő) az az idő, amely során egy csillag áthalad a rendszeren. A keveredés a csillaghalmazok dinamikai folyamatai közül a legrövidebb időskálán lejátszódó jelenség. Nyílthalmazoknál 10^6 év alatt megy végbe.

A csillaghalmazok gravitációs tere valójában nem homogén, hanem térben és időben változik. A tömegeloszlás ugyanis nem egyenletes, a halmaz véges számú tömegpontból, csillagból áll. A csillagok mozgása során előfordulhat, hogy két csillag olyan közel halad el egymás mellett, hogy a közöttük ható erő időlegesen nagyobb, mint a többi csillag által kifejtett erő. Ezek a csillagok átmenetileg kéttestproblémát alkotnak, közös tömegközéppontjuk körül hiperbolikus mozgást végeznek. A két csillag között energiaticserélődés jön létre. Ezt a jelenséget csillagtalálkozásnak nevezzük. (A csillagdinamikában a találkozás szót használjuk az ütközés helyett. Ütközés esetén a testek ténylegesen ütköznek — pl. golyóknál —, míg a találkozás során a csillagok között csupán gravitációs kölcsönhatás lép fel. A legtöbb csillagrendszerben az ütközések nagyon ritkán fordulnak elő, mivel a köztük levő távolságokhoz képest a csillagok mérete, így az ütközések hatása is elhanyagolható.) Közel valamennyi találkozás kéttestproblémaként idealizálható, mivel nagyon ritkán halad el három csillag olyan közel egymáshoz, hogy mind a hármat egyszerre kelljen figyelembe venni. A háromtest-találkozások gyakorisága az N értékétől függ: kicsi rendszerek esetén ez is fontos szerepet játszik.

A csillagok mozgásuk során számtalanszor találkoznak másik csillaggal, és a találkozások hatása halmozódik. Ez abban nyilvánul meg, hogy a csillagok valódi pályája eltér a homogén gravitációs tér esetén megadott elméleti pályától, illetve a csillagok kinetikus energiája a találkozások hatására teljesen megváltozik. Ez a folyamat véletlenszerűvé teszi az egyedi energiákat, ezért *relaxációnak* nevezzük. A relaxáció a halmazdinamika második alapvető folyamata, s a rendszert egy olyan egyensúlyi állapotba akarja juttatni, amelyet

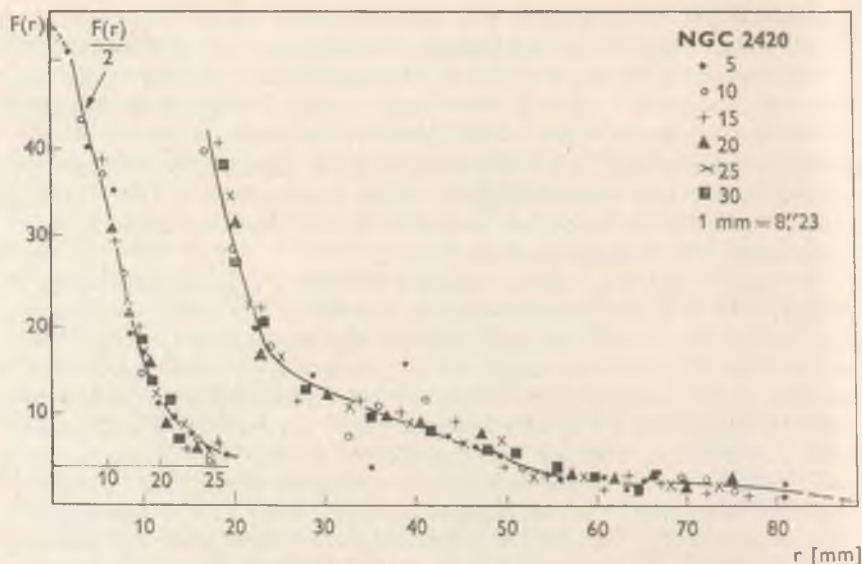
a Maxwell-féle sebességeloszlás ír le. Karakterisztikus idejét, a relaxációs időt a találkozások mindkét hatása alapján megfogalmazhatjuk. A relaxációs idő — egyrészt — az az idő, amely során a csillagok közötti találkozások hatásosan megváltoztatják a csillagok elméleti pályáit, és így a halmaz teljes állapotát. Másrészt, ha minden egyes ütközés során ΔE változás lép fel a csillagok kinetikus energiájában, akkor azt az időt, amely során a $\sqrt{\Sigma(\Delta E)^2}$ érték egy csillag kezdeti kinetikus energiájával azonos nagyságrendűvé válik, szintén relaxációs időnek definiálhatjuk. A relaxációs idő lényegesen nagyobb, mint a keveredési idő. Nyílthalmazoknál 10^7 év.

A relaxáció kvázistacionárius változást idéz elő a halmazoknál, vagyis a halmaz bármely időpillanatban stacionáriusnak tekinthető, miközben a relaxációs időskála különböző időpontjaiban más-más stacionárius állapotok valósulnak meg. A stacionárius állapotnak egy Maxwell-féle sebességeloszlás felel meg. A csillaghalmazokban a Maxwell-féle sebességeloszlás azonban soha nem valósulhat meg a relaxáció következményei miatt. A csillagtalálkozások során ugyanis egyes csillagok kinetikus energiát nyernek, míg mások veszítenek. Így egyes csillagok olyan nagy kinetikus energiára tehetnek szert, melynek nagysága meghaladja a kötési energia nagyságát, és így ezek a csillagok elvésznek a rendszer számára. A relaxáció következtében tehát fokozatosan csillagok „párolognak” el a rendszerből. Ezt a jelenséget *dinamikai fejlődésnek* nevezzük. Ez a harmadik alapvető folyamat a halmazok dinamikájában. A leghosszabb időskálán megy végbe. A dinamikai fejlődés karakterisztikus ideje nyílthalmazokra 10^9 év. A dinamikai fejlődés során majdnem minden csillag megszökik a halmazból, azaz a halmaz szétszóródik a térben, míg néhány megmaradó csillag (legalább egy kettős) elnyeli a halmaz teljes kötési energiáját.

Ha a nyílthalmazok tipikus életkorát összehasonlítjuk az alapvető dinamikai folyamatok karakterisztikus idejével, megállapíthatjuk, hogy a nyílthalmazok keverték, legtöbbjük relaxált és néhányuk erősen kifejlődött.

A nyílthalmazok szerkezetének vizsgálati módszerei

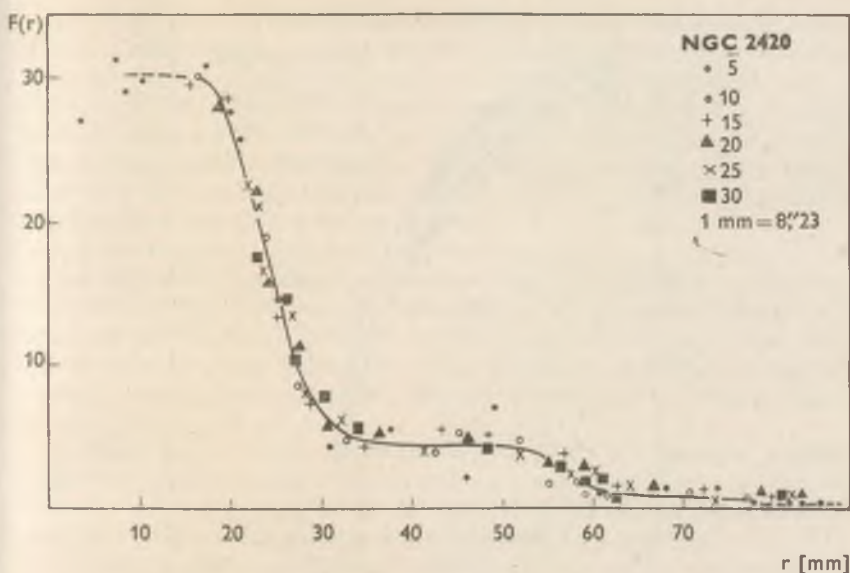
Három lehetséges mód kínálkozik a nyílthalmazok szerkezetének vizsgálatára. Az első, legkézenfekvőbb módszer a *nyílthalmazok megfigyelése*, a megfigyelésből kapott információk kiértékelése. A nyílthalmazok három színben (U, B, V) történő észlelése lehetővé teszi, hogy elkészítsük a szín—fényesség diagramot. Mivel a halmazok mérete elhanyagolható a tőlünk mért távolságukhoz képest, elfogadhatjuk azt a feltételezést, hogy a halmaz csillagai tőlünk azonos távolságban helyezkednek el. Ez a feltételezés lehetővé teszi azt, hogy a szín—fényesség diagram egyik tengelyén az abszolút fényesség helyett a sárga (V) illetve a kék (B) színben mért látszólagos fényességet ábrázoljuk. A V—(B—V) diagram (hosszú hullámhosszú szín—fényesség diagram) alapján meghatároz-



3/a. ábra. Az NGC 2420 nyílthalmaz felületi sűrűségeloszlása. A különböző jelek különböző szélességű körgyűrűket jelentenek

hatjuk a halmaz korát, a B—(B—V) diagramot (rövid hullámhosszú szín—fényesség diagramot) is fölhasználva lehetőség nyílik a halmaztagok kiválogatására, amely a nyílthalmazok szerkezeti vizsgálatának egyik fő problémája. A fotolemezen ugyanis előtér- és háttércsillagok vetődnek a halmazra, s a pontos szerkezeti vizsgálatok céljából ezeket el kell különíteni a halmaz csillagaitól. A szín—fényesség diagramok segítségével elég pontosan elvégezhető ez a válogatás. A legmegbízhatóbb módszer azonban a halmazcsillagok sajátmozgásának ismerete. Sajnos elég kevés halmazra létezik teljes sajátmozgás-vizsgálat, így egyes bizonytalansági tényezők nem kerülhetők el a vizsgálatok során, de a statisztikus vizsgálatok azt mutatják, hogy ezek hatása elhanyagolható. A nyílthalmazok csillagainak pozícióját szintén meghatározhatjuk a fotolemezokről, így lehetővé válik a nyílthalmazok kétdimenziós, felületi sűrűségeloszlásának megkonstruálása (3/a. ábra), amelyből leolvashatjuk, hogy a halmazoknak milyen szerkezeti elemei, különböző sűrűségű részei vannak.

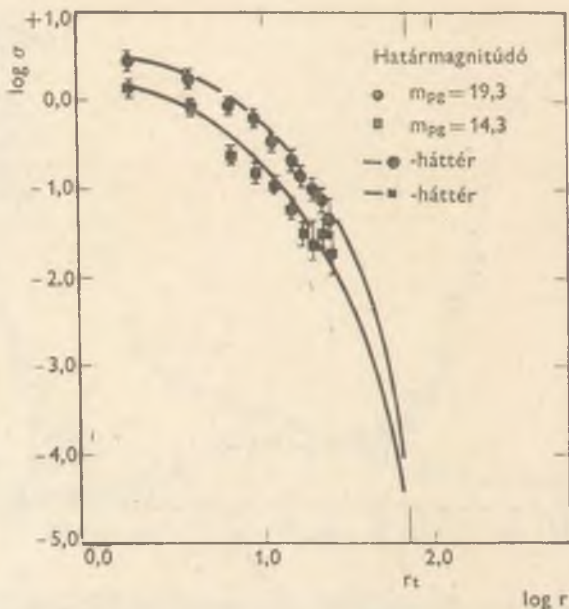
Tovább finomítható a szerkezeti vizsgálat, ha figyelembe vesszük azt is, hogy a nyílthalmaz különböző tömegű csillagokból áll. A különböző tömegű csillagok a halmazok dinamikájának három alapvető folyamata szempontjából különbözőképpen viselkednek. A hosszú hullámhosszú szín—fényesség



3/b. ábra. Az NGC 2420 nyílthalmaz D alrendszerének felületi sűrűségeloszlása. A különböző jelek különböző szélességű körgyűrűket jelentenek

diagram segítségével olyan alrendszerekre bonthatjuk a halmazt, amely alrendszerekben már azonos tömegű és azonos fizikai állapotú csillagok vannak. Ha a nyílthalmaz elegendő számú csillagból áll, vagyis gazdag rendszer, akkor az egyes alrendszerekre külön-külön elkészíthetjük a felületi sűrűségeloszlásokat (3/b ábra). Ily módon megvizsgálhatjuk a halmaz finomabb szerkezetét, vagyis azt, hogy a különböző csillagok hogyan helyezkednek el a halmazon belül. A nyílthalmazok megfigyelése során azonban a halmaznak mindig csak egy meghatározott fejlődési állapotát vizsgálhatjuk. A korábbi, illetve későbbi fejlődési állapotról és szerkezeti felépítésről semmit nem tudunk mondani.

A másik lehetséges vizsgálati mód a halmazok dinamikai fejlődésére vonatkozó *elméletek megalkotása*, illetve az elméletek alapján a halmazmodellek elkészítése. Az elméletek a csillagrendszereknek a valószínű fizikai és statisztikai feltételek alapján történő matematikai leírására törekszenek. Az elméleti halmazmodellek megalkotásánál a korábban vázolt három alapvető dinamikai folyamatot veszik figyelembe. Ha egy halmazmodell felépítésénél csak a keveredést veszik számba, akkor olyan megoldás adódik, amelynek alapján nagyon sokféle halmazmodell építhető fel. Az észlelések azonban azt mutatják, hogy a halmazok tényleges eloszlási függvényei nagyon hasonlóak egymáshoz, így a sokféle halmazmodell közül a tényleges eloszlási függvényeknek megfelelőket



4. ábra. Az elméletből származtatott sűrűségeloszlás illesztése az M 67 nyílthalmaz megfigyeléséből kapott eredményekre

kell kiválasztani. Természetes korlátozást jelent az, ha a keveredés mellett a relaxációt is figyelembe vesszük. Ekkor azonban olyan egyenletrendszer adódik, amelynek megoldása nagyon bonyolult, ezért további egyszerűsítő feltevésre van szükség. A leggyakrabban használt feltevés az, hogy olyan Maxwell-féle sebességeloszlást alkalmaznak, ahol a sebességeloszlás egy véges értéknél (a szökési sebességnél) nullára csökken. Ez felel meg a relaxáció következtében fellépő dinamikai fejlődésnek.

Az elméleti halmazmodellek a halmazok térbeli sűrűségeloszlását adják meg. Ezt felületi sűrűségeloszlássá transzformálva közvetlenül összehasonlíthatók az elméleti eredmények az észlelésből kapott sűrűségeloszlásokkal. Az elméletből származtatott és a megfigyelésből kapott sűrűségeloszlások jó egyezése (4. ábra) azt bizonyítja, hogy az alapvető kérdésekben helyes elképzelésünk van a nyílthalmazok dinamikai fejlődéséről. Az elmélet és az észlelések összehasonlításánál az egyezés azért szorítkozik csupán az alapvető kérdésekre, mivel az elméletben — a matematikai problémák elkerülése végett — egyszerűsítő feltevésekkel dolgozunk, és nem lehetséges a valóságnak megfelelő, reális halmazmodellek megalkotása.

Az elmélet és az észlelések közötti eltéréseket a *numerikus szimulációk* hidalják át, s ezek jelentik a nyílthalmazok szerkezeti vizsgálatának harmadik lehetséges módját. A szimulációk numerikus kísérletek, amelyekben közvetlenül a gravitáció alapvető törvényét használják, tekintet nélkül további, egyébként eleve feltételezett dolgokra. Ezáltal a numerikus szimulációk reálisabb halmazmodellek megalkotását teszik lehetővé, amelyek jobban összehasonlíthatók az észlelésből kapott eredményekkel. A numerikus szimulációnak két alapvetően különböző típusa van.

Az *N-test módszer* a csillaghalmazok dinamikai problémáját teljes általánosságban oldja meg. Úgy tekinti a csillagokat, hogy azok az összes többi csillag gravitációs terében mozognak. Így megkapja a csillagok egyedi pályáit és az egész rendszer dinamikai fejlődését. A módszer hátránya, hogy nagyon időigényes (ezért a numerikus integrálás során különböző egyszerűsítéseket alkalmaznak), továbbá, hogy csak néhány száz csillagot tartalmazó rendszerre végezhető el.

A *Monte Carlo módszer* gyakorlatilag az elméletben használt egyetlen numerikus reprezentációját jelenti. A csillagok nagy száma miatt a gravitációs teret két részre osztják: egy domináló homogén és egy kicsi, irreguláris, fluktuáló térre. A homogén gravitációs térben megadhatók a csillagok mozgását leíró mozgásegyenletek. A fluktuáló gravitációs tér azonban véletlenszerűen megváltoztatja a csillagok így megadott pályájának paramétereit. Ez az effektus a relaxációs idő alatt jelentőssé válik. A pályamenti perturbációk (zavarok) teljes összegzése helyett a Monte Carlo módszer a statisztikai eljárást alkalmazza. Vagyis egyrészt véletlenszerűen kiválasztja a pálya egyes pontjait, és a perturbációt csupán ezekben a pontokban számítja. Másrészt az összes többi csillag hatásának figyelembevétele helyett véletlenszerűen kiválaszt egyes csillagokat, és a perturbációt csupán ezekre a csillagokra számítja ki. Az így kapott perturbációt egy alkalmas faktorial szorozza, és így jut el a teljes perturbációhoz. Természetesen ez nem a pontos perturbációt adja meg, de a rendszer fejlődése statisztikusan ugyanolyan lesz, mint a valódi rendszeré. A Monte Carlo módszer nem annyira egzakt, mint az *N-test* módszer, de realisztikusabb halmazmodellek szimulálását teszi lehetővé. A realisztikusabb halmazmodellek azt jelentik, hogy az alapvető három dinamikai folyamat mellett más befolyásoló tényezőket is figyelembe lehet venni.

A nyílthalmazok dinamikai fejlődésében a csillagtalálkozások miatt létrejövő relaxáció mellett jelentős szerepet játszik a Tejútrendszer gravitációs árapály ereje, az áthaladó intersztelláris felhők fluktuáló gravitációs tere, valamint a fejlett halmazcsillagok tömegvesztése fejlődésük késői szakaszában. A Tejútrendszer gravitációs árapály ereje határozza meg a halmaz méretét, vagyis azt a sugarat, ameddig a halmaz terjedhet. A halmaz határoló sugarán kívül került csillagok véglegesen elvesznek a halmaz számára. A nyílthalmazok, mint már szó volt róla, a Tejútrendszer síkjában találhatóak. Ily módon életük során gyakran kerülnek kapcsolatba — a szintén a Tejútrendszer

síkjában elhelyezkedő — intersztelláris felhőkkel. A nyílthalmazokban lévő csillagok átlagos négyzetes sebessége néhány $(\text{km/s})^2$. Az intersztelláris felhőknek ennél nagyobb sebességük van. A halmaz és a felhők között energiacsere megy végbe, ami a halmaz fokozatos felbomlását segíti elő. A fejlett halmazcsillagok tömegvesztésének hatását a halmaz dinamikai fejlődésére csak az utóbbi évben vizsgálták. Azt találták, hogy a tömegvesztés lelassítja a halmaz dinamikai fejlődését.

A nyílthalmazok dinamikája tehát nem egyszerűen klasszikus N-test-probléma. Valójában a rendszer keletkezése, kezdeti fejlődése, a jól kevert állapothoz vezető csillapodási folyamatok, a későbbi szerkezet és annak fejlődése, valamint a halmaz végső felbomlása és szétszóródása mind-mind ehhez a témához tartozik.

A nyílthalmazok szerkezete

Nézzük meg milyen eredményekre vezetett az elmélet, a numerikus szimuláció és az észlelés a nyílthalmazok szerkezetére, illetve fejlődésére vonatkozóan!

Általánosan elfogadott kép, hogy a nyílthalmazokban az idő múlásával sűrű *mag* alakul ki, és a magot körülveszi egy kisebb sűrűségű *halo*. A mag sűrűsége legalább egy nagyságrenddel nagyobb, mint a halo sűrűsége. A sűrűség folytonosan változik a mag és a halo közötti területen. A mag folytonosan összehúzódik, míg a halo folytonosan expandál. Világosan láthatjuk ezt a jelenséget az 5. ábrán. Az elmélet és a különböző szerzők által végzett numerikus szimulációk alapján azt vizsgálták, hogy a halmaz olyan sugarú területei, amelyek az össztömeg 10%-át, 50%-át és 90%-át tartalmazzák, milyen fejlődésen mennek keresztül. Az 5. ábráról leolvashatjuk, hogy a tömeg 10%-át tartalmazó rész egyre kisebb lesz, az 50%-ot tartalmazó rész közel változatlan, míg a 90% tömeget tartalmazó terület egyre növekszik. Az elmélet és a numerikus szimulációk között csupán az időskálában van különbség.

A mag csillagai nagy tömegűek, míg a kisebb tömegű csillagok a haloban találhatóak. Ez egyértelműen magyarázható a csillagtalálkozások során fellépő energiaticserélődéssel. A nagy tömegű csillagok kinetikus energiát veszítenek, egyre kötöttebbek lesznek, a magban helyezkednek el; míg a kisebb tömegű csillagok kinetikus energiát nyernek, kisebb lesz a kötöttségük, a haloban helyezkednek el. A halo csillagait tehát a magból kidobott csillagok alkotják. Ezek a nagysebességű csillagok a haloban elnyúlt, ellipszis alakú pályákon

5. ábra. Numerikus szimulációk alapján a halmaz össztömegének 90%-át, 50%-át és 10%-át tartalmazó területek időbeli változása. (A háromszög és négyzet jelek: N-test szimulációk eredményei, folytonos és pontozott vonal: a Monte Carlo módszer eredményei, szaggatott vonal: hidrodinamikai eredmények)

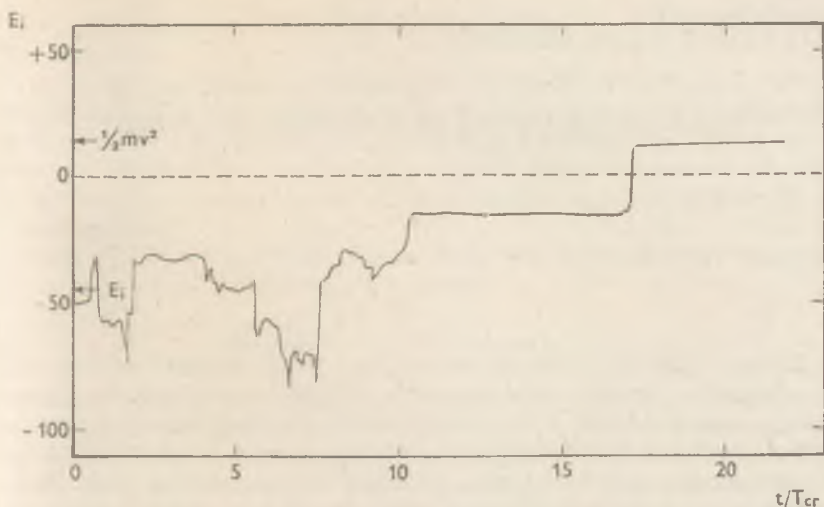


keringenek. Pályamenti mozgásuk során visszatérnek a magba, de idejük legnagyobb részét a kisebb sűrűségű haloban töltik. *A halo tehát stabil képződmény*, a halmazok fontos szerkezeti eleme. Korábban létezett ugyanis olyan elképzelés, hogy a halo csillagai a halmazból eltávozott, a szökési sebességnél nagyobb sebességgel rendelkező csillagok, és így a halo nem tekinthető a halmaz szerkezeti elemének. A numerikus szimulációk egyértelműen megcáfolták ezt az elképzelést. A halo a szökési sebességnél kisebb sebességű csillagokat tartalmaz, és így ezeket a halmaz tagjainak kell tekinteni.

A relaxáció következményeként — már szó volt róla — a csillagok folyamatosan „elpárolognak” a halmazból. Azok a csillagok ugyanis, amelyek a csillagtalálkozások során a szökési sebességnél nagyobb sebességre tesznek szert, elhagyják a halmazt, és többé nem térnek oda vissza. A szökevény csillagokkal kapcsolatban az elmélet és a numerikus szimulációk eredménye között eltérés mutatkozik. A klasszikus elméleten alapuló elképzelés szerint a szökevény csillagoknál a kinetikus energia *folyamatosan* növekszik olyan nagy értékűvé, hogy felülmúlja a kötési energiát. Ez az elképzelés nem tartható fenn, hiszen a nagy kinetikus energiájú csillagok idejük nagy részét már a haloban töltik, ahol a kis sűrűség miatt a csillagtalálkozások elhanyagolhatóan ritkák. Henon numerikus szimulációi az elmélettel szemben azt bizonyítják, hogy *a szökevény csillagokat az egyszeri csillagtalálkozások hozzák létre*, vagyis egyetlen találkozás alkalmával nyer a csillag olyan nagy kinetikus energiát, hogy sebessége felülmúlja a szökési sebességet (6. ábra). Mind az elmélet, mind a numerikus szimulációk során vizsgálták a szökési arány nagyságát, vagyis azt, hogy egy adott idő alatt mennyi csillag szökik meg a halmazból. Különböző szerzők különböző értékeket kaptak. A relatív szökési arányt, vagyis, hogy milyen tömegű csillagok szöknek meg nagyobb gyakorisággal a rendszerből, szintén megvizsgálták. Nem találták meg azt a várt jelenséget, hogy a kisebb tömegű csillagok gyakrabban szöknek meg a halmazból, míg a nagyobb tömegű csillagok kevésbé. A vizsgálatok azt mutatják, hogy a relatív szökési arány az átlagos tömeg alatt levő csillagtömegekre közel állandó, s csupán a nagyobb tömegű csillagok szöknek meg kevésbé gyakran a halmazból, mint azt az egysegés szökési ráta indokolná.

Mind az elméletben, nyomon a numerikus szimulációkban a halmaz felbomlásának végső pillanatáig nyomon követték a halmazok fejlődését. *A mag* a csillagtalálkozások miatt *állandóan tömeget veszít* a csillagok kidobása révén, a kötési energiája pedig egyre növekszik. Ennek eredményeképpen — a szimulációk alapján — legalább egy szoros kettős marad vissza, amely elnyeli az összes kötési energiát. Az elmélet alapján a magban végtelen nagy sűrűség alakul ki. *A haloban fordított a helyzet, a tömeg egyre növekszik* a magból kidobott csillagok miatt, a kötési energia pedig egyre csökken. Végső állapotként a halmaz teljes tömege a haloban található.

Már szó volt róla, hogy a nyílthalmazok fejlődésében a halmazdinamika három alapvető folyamatán kívül más tényezők is szerepet játszanak. Eddig



6. ábra. A szökevény csillagok teljes energiájának időbeli változása

a bonyolult problémák miatt még a legrealisztikusabb szimulációkban sem vették figyelembe a csillagok fejlődésének késői szakaszában megjelenő tömegvesztéséget. Az előbbi eredmények a végső állapotra vonatkozóan ilyen rendszerekre vonatkoznak. A legutóbbi évben azonban olyan numerikus szimulációt is végeztek már, ahol a tömegvesztéséget is figyelembe vették. Az eredmények azt mutatják, hogy ebben az esetben a halmazok dinamikai fejlődése jelentősen különbözik az előző esetektől. *A csillagok tömegvesztése lelassította a halmaz dinamikai fejlődését*: a mag kontrahálása és a halo expanziója csökkent. A mag kollapszusa nem történt meg. Ily módon sikerült megoldani azt a problémát, hogy hogyan magyarázzuk a magban létrejövő végtelen nagy sűrűséget, és az ennek megfelelő szoros kettős létrejöttét. Valószínűnek tűnik, hogy a valóban reális halmazmodellekben ilyen extrém állapot nem fordul elő.

A nyílthalmazok észlelései — amelyek a halmaz egy meghatározott fejlődési állapotát tükrözik — amennyire lehetséges az összehasonlítás, alátámasztják az elméletből és a numerikus szimulációkból kapott eredményeket. Közel egy tucat nyílthalmaz szerkezetét vizsgálták már meg, és a gondos vizsgálatok minden esetben kimutatták a mag — halo szerkezetet. A nyílthalmazok származtatott átlagos életkora szintén megegyezik a megfigyelhető nyílthalmazok átlagos életkorával. A jövő feladata, hogy minél több nyílthalmazra gondos szerkezeti vizsgálatot végezzenek, az elméletből és numerikus szimulációkból pedig minél több, a megfigyelések alapján ellenőrizhető mennyiséget vezessenek le. Így az elméletben jelenleg meglévő pontatlanságokat korrigálni lehet, és fény derülhet a Tejútrendszer ezen érdekes objektumainak pontos dinamikai fejlődésére.

A FEJLŐDÉS IRÁNYAI A GRAVITÁCIÓELMÉLETBEN*

A jelenkori fizika két különböző szinten képes leírni természeti jelenségeket. A mikroszkópos leírást a kvantumelmélet biztosítja, a makroszkópos leírást pedig a klasszikus fizika. A kettő között folytonos átmenet létezik — amennyiben a klasszikus leírás a kvantumosnak határesetre —, a fizikai kutatómunka azonban e határvonal két oldalán, elkülönült tartományokban folyik. Így a gravitációelmélet helyzetét két egyenlettel fejezhetjük ki, amelyek közül az elsőt Albert Einstein oldotta meg hat évtizeddel ezelőtt:

KLASSZIKUS GRAVITÁCIÓELMÉLET = ÁLTALÁNOS RELATIVITÁS

A relativitáselmélet beépíti a gravitációt a geometriába. Olyan fizikai szituációkban, amikor a gravitációs tér gyenge, és a testek sebessége kicsiny a fény sebességéhez képest, a relativisztikus és a Newton-féle leírás nem különbözik egymástól.

Ma az általános relativitáselmélet a viharosan fejlődő fizikai tudományok közé tartozik. A múltban a „relativista” mindössze három kísérleti tapasztalattal támaszkodott a valódi világra, és reménytelenül küszködött az elmélet nemlineáris problémáival. Eközben diadalok sorozatát éltük meg a nukleáris és a szilárdtestfizikában. A relativitáselmélet fejlesztése nem mindig a lényeges problémákra irányult. A relativisták azt *hitték*, hogy jól értik annak a fizikai szubsztanciának a természetét, amit elméletükben a téridő fogalma képvisel.

A hatvanas években kezdődött világszerte valami új itt, az elméletben és a kísérletezésben is. Az egészséges fejlődést mindenekelőtt az elmélet alapjainak következetes végiggondolása indította el. Matematikusok új nemzedéke nőtt fel. Nekiláttak az alapok rendbetevésének, és nagyszerű felismerésekhez jutottak el.

Ezzel egyidőben az asztrofizikai megfigyelőmódszerek kiterjedtek a rádió- és röntgentartományokra. Az új megfigyelések arra utaltak, hogy erős gravi-

* Elhangzott az MTA Gravitációs Munkabizottságának 1978. évi ülésén

tációs terek léteznek a Világmindenségben. Fejlődésnek indult a relativisztikus asztrofizika.

A relativitáselméletben a publikációknak körülbelül a fele a fekete lyukakkal foglalkozik. Az elmélet sikeres fejlesztése itt befejezéshez közeledik. Újabban erős fejlődésnek indult a tengelyszimmetrikus gravitációs terek matematikai leírása. 1978-ban olyan eredmények születtek ebben a témában, amelyek kézzelfogható közelségbe hozzák a vonatkozó Einstein-féle egyenletek általános megoldását.

Régi rendezetlen probléma a gravitáció és a kvantumelmélet viszonya. Itt az egyenlet megoldását még nem ismerjük:

KVANTUMOS GRAVITÁCIÓELMÉLET = X

Az egyik nehézség abban rejlik, hogy a gravitáció kvantumossága — ha ilyenek valóban vannak — kísérletileg mindmáig hozzáférhetetlenek. A létező elméleti módszerek nem képesek megbirkózni az olyan fizikai rendszer kvantálásával, amely része a téridő geometriájának is. A kvantumgravitáció az elmélet legfontosabb és legintenzívebben fejlesztett területeinek egyike marad.

1. Gravitáció és téridő

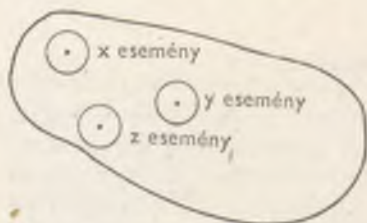
Az elemi fizikai eseményekhez a relativitáselmélet tér- és időkoordinátákat rendel. Az események a (négydimenziós) téridő pontjai. Feltesszük, hogy egy esemény helyét és időpontját elvileg tetszőleges pontossággal megmérhetjük. Matematikailag, a téridő folytonos pontsokaság: *kontinuum*.

A tér és az idő kontinuumjellege az emberi gondolkodást alapjaiban befolyásoló koncepció. A fizikai mérések jelenlegi fejlettségi szintjén semmiféle közvetlen utalást sem találunk a kontinuumkép érvényességének a határaitól. Kvantumelektrodinamikai mérések szerint 10^{-15} cm nagyságrendig jól működik a téridő kontinuummodellje. Ha azonban a relativitáselmélet és a kvantumfizika törvényeit korlátlanul extrapoláljuk a mikrofizikában, akkor 10^{-33} cm-es parányi távolságskálán az érvényessége megszűnik. Az ilyen nagyságrendű kvantumfluktuációk a téridő folytonos szerkezetét megbontják. Nem tudjuk, hogy 10^{-15} cm és 10^{-33} cm között hol van az a tényleges határ, ahol a klasszikus relativitáselmélet már nem működik. Gyakorlati alkalmazások szempontjából egyelőre tökéletesen megfelel az elmélet és a téridő folytonos modellje.

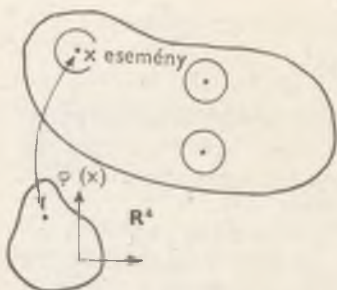
A folytonos pontsokaságok matematikai elmélete kisebb, egymást részben átfedő darabokra bontja fel a sokaságot. (1. ábra). Egy-egy ilyen rész „euklideszi”, pontosabban egyszerűen összefüggő kell legyen, hogy helyi koordinátákat tudjunk rajta bevezetni. Az egyes részeket nyílt halmazoknak nevezzük,



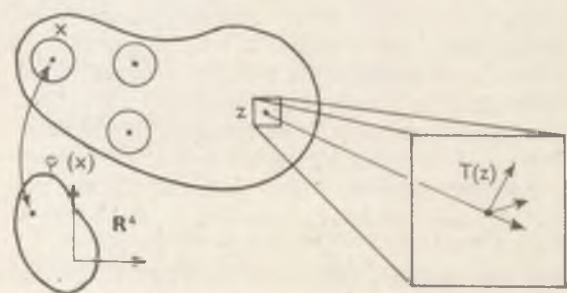
ponthalmaz



topologikus tér

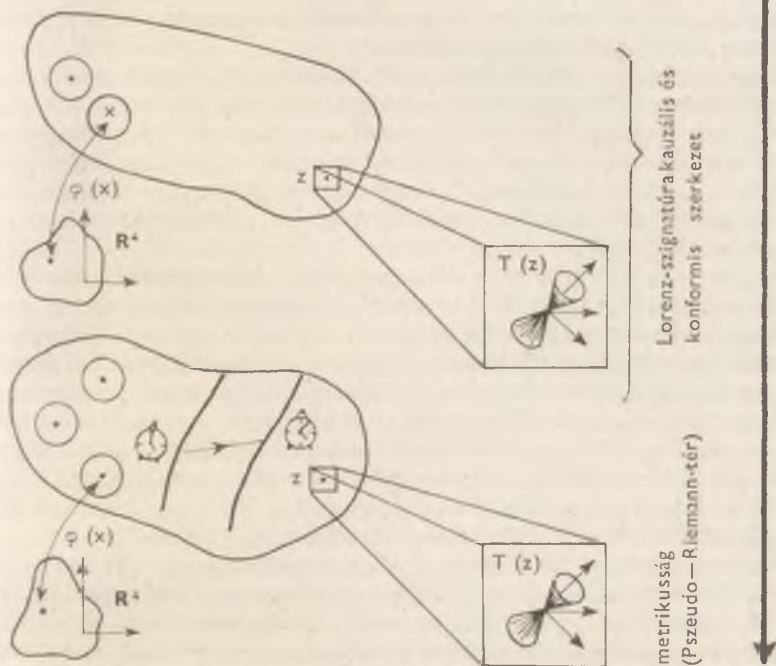


differenciálható sokaság



érintőterek párhuzamosítása

BONYOLÓDÓ STRUKTÚRA



1. ábra. A relativitáselmélet téridő-modellje. Az elemi események halmazát a folytonosság fogalma topológiával látja el. A koordináták ennek a nyílt halmazait leképezik a négydimenziós euklideszi térre. A koordináták bevezetésével differenciálható sokaságot kapunk, amelyben a vektormennyiségek az érintő tér elemei. A geometriai struktúrák hierarchiájának következő lépcsőfoka a téridő fénykúpszerkezete, amelyet az ókság elve rögzít le. Legerősebb megkötés a metrikusság, amellyel a téridő pszeudo-Riemann-sokasággá lesz.

összességüket pedig a halmaz *topológiájának*. Az ilyen, topológiával ellátott halmaz vagy *topologikus tér* már némi struktúrával rendelkezik: bármely két pontjáról meg tudjuk mondani, hogy azok közel vannak-e egymáshoz. Ehhez még nem kell a távolság pontos értelmezésével bajlódnunk. Természetesen minden téridő egyben topologikus tér is.

Egy topologikus térről „térképeket” készíthetünk. Ez azt jelenti, hogy a nyílt halmazait egy-egyértelműen leképezhetjük egy görbüetlen euklideszi tér nyílt halmazaira. A nyílt halmaz egy pontjához nyílt halmaz egy pontját rendeljük. Az ilyen, térképpel ellátott topologikus teret *differenciálható sokaságnak* nevezzük. A sokaság dimenziószámát a leképezéshez felhasználható euklideszi tér dimenziószáma határozza meg. A térképen olvassuk le a pont koordinátáit.

Intuitíven a differenciálható sokaságot kicsiny környezetekben közelítőleg görbüetlennek képzeljük. Ezeket a parányi euklideszi tartományokat matematikailag vektortereként kezeljük. (A vektortér olyan tér, amelynek az elemei (vektorai—pontjai) között megengedett a lineáris kombináció művelete). A differenciálható sokaság minden egyes pontjához ilyen vektorteret rendelünk. Ezt nevezzük a differenciálható sokaság *érintő terének* az adott pontban. Az érintő tér vektorainak a skaláris szorzata definiálja a sokaság *mértéktenzorát*. Ha a skalárszorzat sohasem negatív, akkor a mértéktenzor pozitív definit. Ha egy topologikus teret maradéktalanul le tudunk fedni legfeljebb megszámlálhatóan sok nyílt halmazzal, akkor azon bevezethetünk pozitív definit mértéktenzort. Az ilyen topologikus tér egyben mindig *metrikus tér* is.

Problémát jelent, hogyan definiáljuk két vektor párhuzamosságát, ha azok a sokaság különböző pontjaihoz tartoznak. Ha kiegészítésül megköveteljük, hogy a mértéktenzor teljesen leírja a sokaság geometriai szerkezetét, akkor a megoldás egyértelmű, és a párhuzamosságot a Christoffel-féle szimbólumok segítségével kell bevezetnünk. Ezt fogadja el az általános relativitáselmélet is a téridő leírásában. Így a fizikai rendszerek állapotának nem kell függenie korábbi történetüktől. A múltban próbálkozások történtek arra, hogy az általános relativitáselmélet matematikai kereteit bővítsék egy általánosabb párhuzamosságfogalom bevezetésével. Az egyik ilyen elméletben például az elektromágneses potenciálvektor és a mértéktenzor együttesen rögzíti le a párhuzamosságot. Geometriailag a potenciálvektor a *torzió* szerepét játszaná. Bár ez az elmélet matematikailag korrekt, semmiféle korábban eldöntetlen fizikai problémát nem old meg. Nincsen indíték az elektromágnesség effajta „geometrizálására”.

Egy másik általánosítás, az *Einstein—Cartan-elmélet*, az üres térben megegyezik az általános relativitáselmélettel, csupán az anyag saját impulzusnyomatékát (spinjét) köti össze a torzió megjelenésével. Lengyel kutatók foglalkoztak az utóbbi években ennek az elméletnek a fejlesztésével, hogy a klasszikus természetleírást kiterjesszék olyan fizikai problémákra is, amelyekben az általános relativitáselmélet szinguláris válaszokat ad. Kísérleti érvek egyelőre

nincsenek az Einstein—Cartan elmélettel szemben, azonban az elmélet bizonyosan nem elégíti ki azokat a követelményeket, amelyeket a kvantumfizika már a relativitáselmélettel szemben is támaszt.

Főbb vonásaiban ezzel előttünk áll annak a differenciálható sokaságnak a szerkezete, amely a téridőt hordozza. A sokaság pozitív definit mértéktenzorának nincsen közvetlen fizikai jelentése. Ennek az az oka, hogy az oksági viszonyok *Lorentz-szignatúrát* követelnek meg. A Lorentz-szignatúra azt jelenti, hogy az érintő térben negatív, pozitív és zérus hosszúságú vektorok létezését egyaránt megköveteljük. Így a Lorentz-szignatúra gyengébb követelmény a metrikusságnál, hiszen nem rögzíti le pontosan a vektorok hosszát, csupán a *hosszuk előjelét*. A zérus hosszúságú — más néven *fényszerű* — vektorokra azonban a Lorentz-szignatúra lerögzítése már egyértelmű követelmény, vagyis lerögzíti a fénykúpok helyzetét.

Valóban, a *lokális kauzalitás* posztulátuma — amelyet a relativitáselmélet feltételez — azt mondja ki, hogy a fizikai jelterjedés sohasem történhetik a fény sebességénél gyorsabban. A fényyszerű sebességvektorok éppen a helyi fénykúpok alkotói. Ezért a lokális kauzalitás megkövetelésével lerögzítjük a téridő fénykúpszerkezetét. A fénykúp két diszjunkt tartományra osztja az érintő vektorok terét: a pozitív hosszúságú időszerű vektorok tartományára és a negatív hosszúságú térszerű vektorok tartományára. Következésképpen a lokális kauzalitás egyenrangú a Lorentz-szignatúra létezésével. Empirikusan a lokális kauzalitás azt fejezi ki, hogy nem léteznek a fény sebességénél gyorsabban terjedő részecskék (tachionok). A tachionok létezésével szemben táplált kétségeink a kísérleti ténynél erősebb érveléssel alapulnak. Impulzusuk ugyanis térszerű vektor. Térszerű vektorok integrálgörbéi zártak is lehetnek. Ebből következik, hogy tachionok jelenlétében a logika törvényeinek ellentmondó kísérleteket lehetne végrehajtani.

Említettük, hogy a Lorentz-szignatúra és a téridő fénykúpstruktúrája egyenértékűek. Másrészt a fénykúpstruktúra a téridő *konformis szerkezetét* szolgáltatja. A konformis leképezések azok, amelyek megőrzik a vektorok által bezárt szögeket. Konformis leképezés azonban megnyújthat egy vektort. Más szóval, a vektor hosszúságát pozitív számmal szorozza. Ebből viszont nyilvánvaló, hogy a zérus hosszúságú vektorok konformis leképezés után is zérus hosszúságúak maradnak. Minden más hosszúságú vektort megváltoztat az általános konformis leképezés. Így konformis szempontból a sokaságnak csupán a fénykúpjai alkotnak elkülöníthető szerkezetet. Beláttuk ezzel, hogy a lokális kauzalitás megkülönböztetett jelentőséget rendel a fény sebességével mozgó részecskékhez. Ezek a zérus nyugalmi tömegű részecskék, amelyeket matematikailag a *tvisztormennyiségek* jellemeznek kimerítően.

A fizikai mennyiségek közül a *sajátidő* az, amely a téridőhöz metrikus szerkezetet rendel. Valamely részecske vagy megfigyelő sajátideje az az idő, amelyet a vele együtt mozgó óráról olvashat le. Végső soron a pontos órákat a kvantumelmélet és a nyugalmi tömeg szolgáltatja. Az Einstein-féle $E = mc^2$

tömeg-energiaformula és a Planck-formula összehasonlításával azt találjuk, hogy bármely m tömegű testhez $\nu = mc^2/h$ kvantumfrekvencia tartozik. Itt h a Planck-féle állandó: $h = 6,55 \cdot 10^{-27}$ erg \cdot s. A gyakorlatban a ν frekvencia túlságosan magas ahhoz, hogy közvetlenül használhassuk, ezért pontos óráink inkább *tömegkülönbségek* kvantumfrekvenciáival működnek.

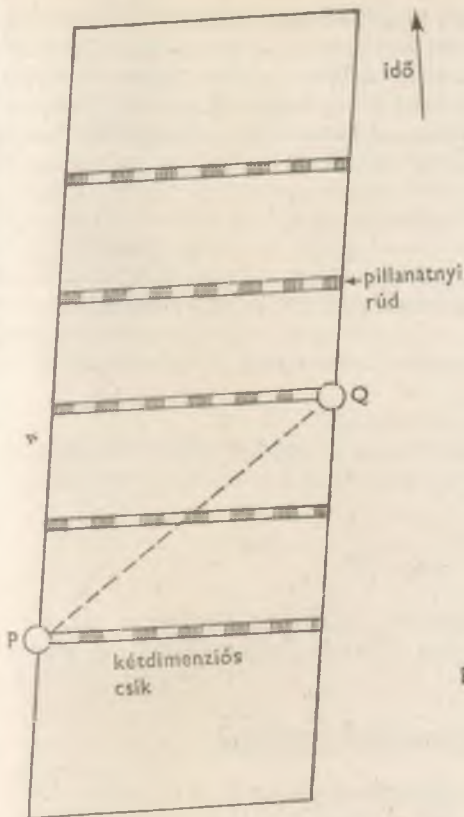
Óráink leolvasásával csupán időszerű távolságokat: világvonalak hosszúságát mérhetjük le közvetlenül. A térszerű távolságok mérése már nehezebb. Két térszerűen elválasztott pont (P és Q) távolságát nem tudjuk pontosan megmérni úgy, hogy egyszerűen mérőrudat fektetünk közéjük. *A mérőrúd nem használható események távolságának a meghatározására.* A téridőben a mérőrúd képe kétdimenziós sáv (2. ábra). Rossz mérési eredményt kapunk vele, ha a két esemény nem pontosan egyidejű a rúd nyugalmi rendszerében. Ezenfelül bonyolítja a mérést az is, hogy a rúd feltételezett merevsége kvantummechanikai erők egyensúlyán múlik, és így még a merevség fogalma is problematikus.

Amint az ír John Synge ismételten hangsúlyozta, a távolságok méréséhez órákat és fényjeleket kell használnunk. P és Q térszerűen elválasztott pontok távolságát úgy mérjük meg, hogy fényjeleket küldünk feléjük. A visszaverődő fényjel visszaérkezéséig eltelő sajátidőnk szolgáltatja a mérendő távolságot. Ha a fényjeleket ellentétes irányokban bocsátottuk ki, akkor a történetük kicsiny téglalapot zár be a téridőben. (3. ábra). A P és Q pontok távolsága éppen megegyezik a mért sajátidővel (például fénymásodpercekben).

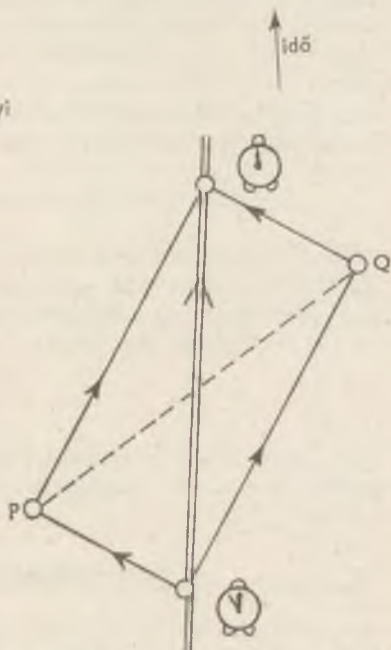
A téridő-sokaság hierarchikus geometriai szerkezetének csúcán van a metrikus szerkezet. Az a metrika, amelyet a távolságmérések szolgáltatnak, pseudo-Riemann-féle, vagyis Lorentz-szignatúrájú, valós és szimmetrikus mennyiség. A múltban történtek próbálkozások arra, hogy a relativitáselmélet metrikus szerkezetét általánosabb struktúrával cseréljék fel. Einstein maga is elkötelezte magát egy olyan elmélet felépítésében, amelyben a fizikai tereket — így az elektromágnességet — nem szimmetrikus vagy komplex metrika képviseli. Ezeket a próbálkozásokat összefoglalóan „egységes térelméleteknek” nevezhetjük. A beléjük fektetett több évtizedes munka nem hozott eredményt. Ma a fizikusok úgy vélik, hogy nem ez a helyes módszer a részecsketekrek leírására. Ezeknek az egységes elméleteknek a története gyakorlatilag lezárult; úgy gondolhatunk vissza rá, mint a fizika fejlődésében a múltban és ma is felbukkanó zsákutcák egyikére.

2. A gravitációs egyenletek

A Riemann-féle terek szemléletes példái a kétdimenziós felületek. A sík görbületlen felület. A szokásos derékszögű (x, y) koordinátákkal felírhatjuk valamely kicsiny síkbeli elmozdulás hosszúságát:



2. ábra. A mérőrúd történetét kétdimenziós sáv ábrázolja a tér-időben



3. ábra. P és Q pontok térszerű távolságát órával és fényjelekkel mérjük meg

$$ds^2 = dx^2 + dy^2$$

Ez a síkbeli metrika. Ha az (x, y) pontból elmozdulunk a síkban az $(x + dx, y + dy)$ pontba, akkor a Pitagorasz-tétel szerint ds távolságot tettünk meg.

A metrika meghatározásához tehát nem kell kilépnünk a sokaságból. És minthogy a metrika kimerítően jellemzi a sokaság belső tulajdonságait, a sokaság görbültségét is jellemzi. Az R Riemann-féle görbület a sokaság belső, elválaszthatatlan tulajdonsága. A Riemann-féle görbület arányos az elmozdulásnégyzetek (dx^2, dy^2) együttthatóinak differenciálhányadosaival. A sík esetében a Riemann-féle görbület zérus.

A téridő Riemann-féle görbülete közvetlenül is megmérhető. A nagysága arányos a testekben fellépő gravitációs árapályerőkkel. Így például az óceánok árapálymozgása közvetlenül jellemzi azt a Riemann-féle görbületet, amely a Hold és a Nap gravitációs terében lép fel. A magyar származású Szekeres Péter rugókból és súlyokból álló kompaszt tervezett a téridőgörbület mérő-műszeréül. Emlékeztetőül felírjuk, hogy

$$A \text{ TÉRIDŐ GÖRBÜLTSEGE} = R$$

A görbületlen Minkowski-féle téridőben $R = 0$.

A görbület egyik összetevője a téridő esetében a W Weyl-féle görbület:

$$\text{GRAVITÁCIÓS HULLÁMOK} = W$$

Például homogén, sztatikus anyagömb belsejében $W = 0$.

Kétdimenziós felületekben nem találjuk meg a Weyl-féle görbületet, mert az csak akkor lép fel, ha a dimenziószám legalább 4. E kétfajta görbület különbsége az Einstein-féle G görbület:

$$G = R - W$$

Ez az a geometriai mennyiség, amelyet a relativitáselméletben az anyag eloszlása közvetlenül meghatároz. Az Einstein-féle gravitációs egyenletek szerint

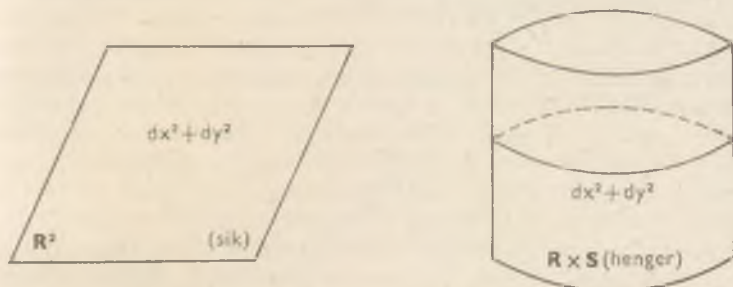
$$G = -\kappa T \text{ (ANYAGELOSZTÁS TENZORA)}$$

A κ gravitációs együttható a relativitáselméletben állandó, $\kappa = +2,07 \cdot 10^{-48}$ CGS-egység. Paul Dirac felvetette azt a lehetőséget, hogy κ nem pontosan állandó. Van Flandern asztronómiai mérései néhány évvel ezelőtt megerősíteni látszottak Dirac hipotézisét, újabb vizsgálatok azonban ennek ellentmondanak. Így gyakorlatilag tarthatatlanná válik a relativitáselméletnek az az általánosítása is, amelyet Brans—Dicke-elmélet néven ismerünk. Ebben az elméletben a κ együttható maga is fizikai térmennyiség lenne.

Marad még az a lehetőség, hogy az Einstein-féle gravitációs egyenleteket általánosabb vagy más egyenletekkel cseréljük fel. Ezek a próbálkozások azonban szembekerülnek az anyagmegmaradás törvényével. Ha az anyageloszlás T tenzora kielégíti az anyagmegmaradás törvényét, akkor a gravitációs egyenletek másik oldalán szereplő geometriai mennyiségnek ugyanígy kell viselkednie. Matematikailag ez a követelmény a Bianchi-féle azonosság. Ha megköveteljük, visszajutunk Einstein egyenleteihez.

3. Globális módszerek

A hatvanas évek elején a relativitáselmélet tanulmányozása még differenciálgeometriai összefüggésekre irányult. A differenciálgeometria eszközei a tenzor-kalkulus és a parciális differenciálegyenletek elmélete, amelyek a téridő *lokális* tulajdonságait ragadják meg. Eddig az időpontig a kutatók megfeledeztek a téridő *globális* törvényeiről. Ezt a mulasztást egyszerű példán világíthatjuk meg. A sík és a henger egyaránt görbületlen sokaság: mindkettő metrikája $dx^2 + dy^2$ alakú (4. ábra). A lokális differenciálgeometria szemszögéből a sík és a henger megkülönböztethetetlenek. A sík egyszeresen összefüggő, a henger azonban nem. Ezek a *topológiai* fogalmak azt fejezik ki, hogy a hengeren olyan kört is tudunk rajzolni, amelyet nem lehet elszakadás nélkül egyetlen ponttá összezsugorítani rajta. Az ábrán ez a hengerre vízszintesen felrajzolt kör.



4. ábra. A sík és a henger megkülönböztethetetlenek a lokális differenciálgeometria szemszögéből

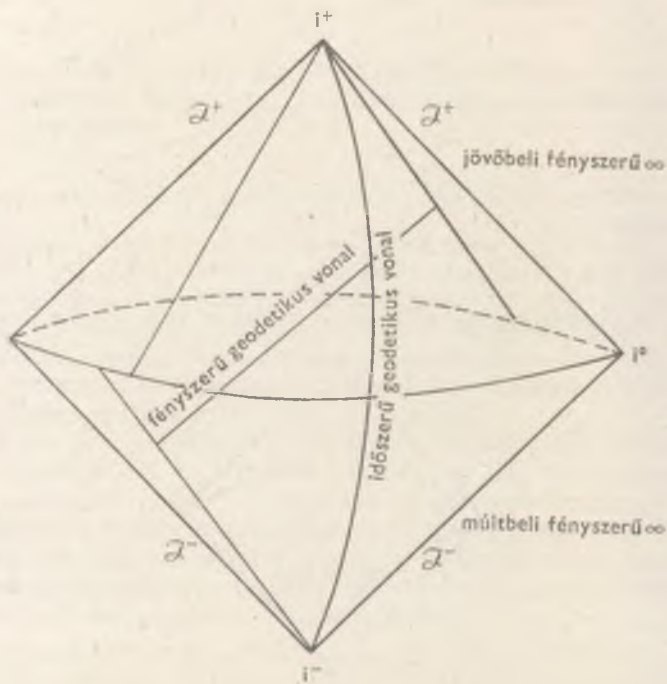
5. ábra. Az Alexandrov-topológiát az oksági múltak és jövők közös része definiálja



A topológia globális geometriai módszer. A szovjet Alexandrov már 1955-ben rámutatott arra, hogy a téridő oksági viszonyai és topológiája kapcsolatban vannak egymással. A Minkowski-téridőben például valamely p esemény oksági múltja a pont múltba irányuló fénykúpja. Ennek a közös része q pont oksági jövőjével az 5. ábrán látható halmaz. Ezek a tartományok — múltak és jövők közös részei — alkotják a Minkowski-világ *Alexandrov-topológiáját*.

Görbült téridőben a kauzalitás relativisztikus elmélete a topológia módszereire támaszkodik. A relativisztikus kauzalitás elmélete globális szinten foglalja össze az oksági összefüggéseket. Az elméletet Einstein munkájának lángelméjű folytatója, Roger Penrose építette fel, 1967-ben. A globális elmélet képes választ adni olyan kérdésekre, mint például, hogy mit jelent az, hogy a téridő aszimptotikusan görbületlen. Korábban ezt a fogalmat csak koordinátafüggő, komplikált határátmenetekkel próbálták megragadni a kutatók. A fogalom lényegét Penrose-nak sikerült megragadnia a fényszerű végtelen vagy \mathfrak{I} (ejtsd: szkráj) segítségével (6. ábra).

6. ábra. A görbületlen téridő végtelenhelyei két, alapjukkal összeillesztett fénykúppal szemléltethetők



Minkowski-téridőben a \mathfrak{I} két, alapjukkal összeillesztett fénykúpnak felel meg. Valamennyi, a végtelenbe kifutó fényszerű egyenes egy-egy végpontot kap a \mathfrak{I}^+ jövőbeli fényszerű végtelenben és a \mathfrak{I}^- múltbeli fényszerű végtelenben. A \mathfrak{I} konform leképezésekkel szemben invariáns. Térszerű görbék az i^0 térszerű végtelenpontba futnak be, amelyet az ábra körré torzít el. Időszerű görbék az i^+ jövőbeli és az i^- múltbeli végtelenpontokkal egészülnek ki.

Mit tegyünk általános, görbült téridő esetében a végtelenjei felderítésére. Azt mondjuk, hogy a téridő *aszimptotikusan egyszerű*, ha van benne \mathfrak{I} . Robert Geroch és Gary Horowitz 1978-ban felfedezték, hogy az aszimptotikus egyszerűség még nem elegendő egy téridő aszimptotikus „simaságának” a biztosítására. Az aszimptotikus simasághoz meg kell követelni azt is, hogy a \mathfrak{I} a megfelelő értelemben *teljes* legyen.

Az aszimptotikus simaság átvezet a megmaradó mennyiségek problémájához. A fizikai mennyiséget megmaradónak mondjuk, ha az értéke nem változik a folyamatok során. A megmaradási törvényeket például a téridő szimmetriáiból tudjuk levezetni. Newman és Penrose felfedezték, hogy aszimptotikusan sima téridőben létezik tíz olyan megmaradó mennyiség, amelyek a forrás gravitációs nyomatékait jellemzik. A gravitációs sugárzás viselkedése minőségileg különbözik a fény vagy a hanghullámok terjedésétől. A fény- és hanghullámok tovaterjednek a forrás környezetéből, és mögöttük helyreáll a közeg vagy a vákuum alapállapota. A gravitációs hullámok azonban nem csillapodnak így le, hanem „farkat” húznak maguk után. A sugárzás farka nem ismeretlen jelenség a hullámtanban: például a három dimenziós térben a hengerhullámok is mutatják. A gravitáció esetében a jelenség okát a terjedési egyenletek nemlineáris jellegében kell keresnünk.

A gravitációs sugárzás farka megnehezíti a Newman—Penrose-féle megmaradó mennyiségek fizikai értelmezését. A dolog tisztázását Herman Bondi sürgette, aki rámutatott a Newman—Penrose állandók mögött rejlő komoly világnézeti problémákra. Newton óta hozzászoktunk ugyanis, hogy a fizikai tereket a forrásuk tulajdonságai határozzák meg. A Föld gravitációs tere például a Föld gömbalakját tükrözi. A Newman—Penrose állandók azonban arra utalnak, hogy a Föld jelenlegi gravitációs tere attól is függ, hogy a Föld *korábban* milyen alakú volt. Ezt a különös helyzetet csak úgy lehet megkerülni, ha kiderülne, hogy a Newman—Penrose-féle állandók nem mérhetőek. W. Bardeen és W. Press nemrégiben számításokat végzett a mérhetőséggel kapcsolatban. Eredményük arra enged következtetni, hogy a Newman—Penrose-állandók valószínűleg tényleg nem szolgáltatnak mérhető fizikai mennyiségeket. A kérdés még nem zárult le megnyugtatóan, és további fejlemények várhatók a jövőben.

4. Áttekintés a gravitációs egyenletek ismert egzakt megoldásairól

Egy téridőt akkor ismerünk kimerítően, ha tudjuk a metrikáját. A relativitáselméletben a metrika kielégíti az Einstein-féle gravitációs egyenleteket. Meg kell tehát oldanunk az egyenleteket. A feladat nem könnyű, mert az egyenletek nem lineárisak. Nem tudjuk az általános megoldást, de sok rész esetet ismerünk. Mikor érdekes a gravitációs egyenletek valamely megoldása?

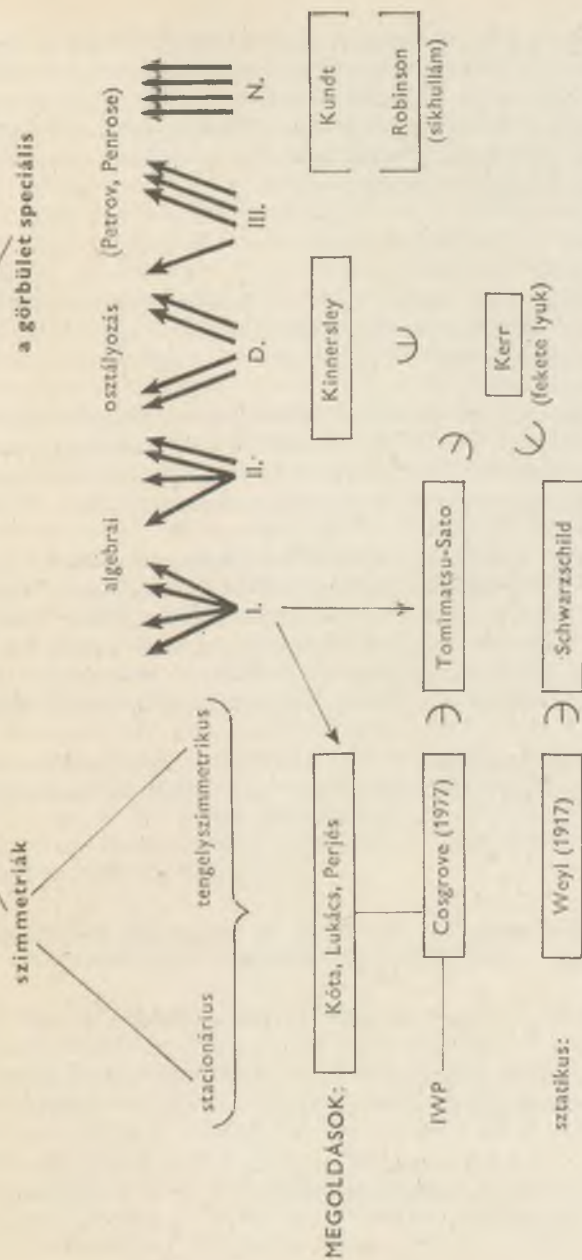
- Ha véges forrás külső gravitációs terét írja le. A külső tér lehet vákuum, vagyis ez esetben az anyageloszlást $T = 0$ jellemzi. Lehet elektrovákuum, ami azt jelenti, hogy az anyagot csupán az elektromágneses tér képviseli. Az ilyen megoldásoknak aszimptotikusan simának kell lenniök.
- Ha illeszteni lehet egy külső térhez. Az illesztés feltételeit a relativitáselméletben Papapetrou és Hamoui tárták fel részletesen. Sajnos, ezt a programot csupán gömbszimmetria esetében sikerült mindmáig keresztülvinni.
- Ha kozmológiát ír le. Az ilyen téridő kielégíti az Einstein-egyenleteken kívül a *kozmológiai elvet* is: a geometria homogén (helytől független) és izotróp (iránytól független). A metrika általános alakját Robertson és Walker, a gravitációs egyenleteket pedig Fridman tanulmányozta ebben az esetben.
- Ha síkhullámot tartalmaz. A síkhullám tipikus példája annak az esetnek, amikor a gravitációs egyenletek megoldása véges szituációt modellez. A síkhullám-megoldások nem aszimptotikusan simák, de ezt nem is várjuk tőlük, hiszen azok csupán véges tartományokra (pl. „dobozra”) vonatkoznak.

A felsorolás itt valószínűleg nem ér véget. Azok a téridők, amelyek egyik kategóriához sem sorolhatók, még mindig fontossá válhatnak a jövőben egy új típusú probléma tanulmányozásában.

Milyen módszerekkel tudjuk a gravitációs egyenletek megoldását levezetni? Itt kétfajta megközelítéssel találkozunk. Vagy az a kiindulópont, hogy valamilyen *szimmetriával* rendelkező téridőt keresünk (mint tettük a kozmológiai megoldások esetében), vagy feltételezzük, hogy a *görbület* meghatározott tulajdonságú (7. ábra).

A fizikai szemszögből jelentős, ismert megoldások legnagyobb része valamilyen szimmetriatulajdonsággal jellemezhető. Időtől független (stacionárius) vagy esetleg tengelyforgási szimmetriával rendelkezik. Ez felel meg legjobban az égitestek gravitációs terének. A csak időfüggetlenséggel vagy csak tengelyszimmetriával jellemezhető terek legáltalánosabb eseteit Kóta József, Lukács Béla és Perjés Zoltán oldották meg a hetvenes években. Elektromágnesség jelenlétében egy ilyen típusú általános megoldást Perjés és függetlenül Israel és Wilson kaptak 1971-ben.

A MEGOLDÁSI MÓDSZEREK



7. ábra. A gravitációs egyenletek megoldási módszerei

További megszorítást jelent, ha megköveteljük, hogy a téridő mind idő-független legyen, mind pedig tengelyszimmetriát mutasson. Ezek a megoldások nagyon fontosak az asztrofizikában, és itt gyakran elegendő a vákuum esetét tanulmányozni. Üres téridőt a $G = 0$ Einstein-egyenletek jellemeznek. Idő-független, tengelyszimmetrikus esetben ezek tovább egyszerűsödnek egyetlen komplex parciális differenciálegyenletté:

$$\operatorname{Re} \varepsilon \Delta \varepsilon = \nabla \varepsilon \cdot \nabla \varepsilon \quad (\text{Ernst-egyenlet})$$

A gravitációs teret itt az $\varepsilon = \varepsilon(r, \vartheta)$ komplex függvény képviseli. A valós részét $\operatorname{Re} \varepsilon$ jelöli. Közönséges háromdimenziós euklideszi térre vonatkoznak az egyenletben szereplő szimbólumok; Δ a Laplace-operátor, ∇ pedig a gradiens jele.

Az Ernst-egyenlet ma még a megoldatlan matematikai rejtélyek közé tartozik. Az elmúlt években D. Kramer és G. Neugebauer jénai kutatók felderítették, hogy belső szimmetriát — az $SU(1, 1)$ csoportot — mutat. William Kinnersley általánosította az eredményt elektrovákuumra. Ekkor a szimmetriacsoport $SU(2, 1)$.

Valójában a probléma szimmetriacsoportja mindkét esetben sokkal nagyobb. Ez a rendkívül jelentős eredmény az elmúlt évben született. Tovább növeli a jelentőségét, hogy japán kutatók felfedezték az Ernst-egyenlet szilárdtestfizikai vonatkozásait. Megmutatták, hogy a Heisenberg-modell tér-egyenletei is Ernst-egyenletté alakíthatók át. Valamennyi tengelyszimmetrikus téridő egyben a ferromágneses anyag egy lehetséges állapotát is szolgáltatja!

A tengelyszimmetrikus téridők legrégebbiről ismert példája a Schwarzschild-megoldás, amely gömbszimmetrikus is. Vezessük be egyszerűség kedvéért a

$$\xi = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 1}$$

új komplex potenciált. Ha R és Θ közönséges *polárkoordináták*, akkor ezekről az

$$R \cos \Theta = r \cos \vartheta \quad \text{és} \quad R^2 \sin^2 \Theta = (r^2 - 1) \sin^2 \vartheta$$

összefüggésekkel térhetünk át az (r, ϑ) *szferoidális koordinátákra*. Mérjük a hosszúságot tömeg egységekben: legyen $x = r/m$, $y = \cos \vartheta$.

Akkor

a Schwarzschild-megoldás (1917): $\xi = x$,

a Kerr-megoldás (1962): $\xi = px + iqy$.

Itt $p^2 + q^2 = 1$. A Kerr-megoldást A. Tomimatsu és H. Sato japán kutatók 1972-ben tovább általánosították. A Kerr-megoldás meghatározott megnyúlási paraméterrel jellemzett forgó test terét adja meg. A Tomimatsu—Sato esetben a megnyúlás tetszőleges egész számú értéket felvehet. 1977-ben C. Cosgrove további általánosítást ért el: nála a megnyúlás értéke már teljesen tetszőleges. A Cosgrove-téridőket a tömeg, az impulzusnyomaték és a megnyúlás három adata jellemzi. 1978-ban Kinnersley és Chitre ezeket a téridőket fantasztikus mértékben általánosította: a megoldásukat végtelenül sok paraméter jellemzi. Az eredmény a már említett új szimmetriák felfedezésének köszönhető. Kinnersley és Chitre szimmetriacsoportja végtelenül sok paraméteres. Az ε terménnyiséget potenciálok végtelen hierarchiájából származtatják. Ezek a potenciálok képezik az új szimmetriák ábrázolási terét. Robert Geroch mondta ki először azt a sejtést, hogy Kinnersley és Chitre téridői az Ernst-egyenlet általános megoldását képezik. Ezt a sejtést sztatikus esetben valóban igazolni is lehet! A sztatikus tengelyszimmetrikus vákuum problémája azonban már régóta megoldott. A megoldások a Weyl-féle téridők.

A megoldási módszerek másik nagy osztálya a görbület tanulmányozásán alapul. A Riemann-féle görbület algebrai tulajdonságait A. Z. Petrov vizsgálta meg elsőként. Módszerét Penrose fejlesztette a gravitációs terek ma elfogadott osztályozásává. A Riemann-tenzor fényszerű irányokat jelöl ki a téridőben. Ezt a négy irányt a görbület *főirányainak* nevezzük. Általános esetben mind a négy irány különböző (7. ábra). Ha azonban két főirány egybeesik, akkor a tér II. típusú. Ha a fennmaradó két főirány is egybeesik, akkor a tér degenerált (D típusú). A gravitációs egyenleteket Kinnersleynek sikerült megoldania a D típusú vákuumok esetére. Ide tartozik egyébként a Kerr-féle téridő is, amelynek a tanulmányozásából fejlődött ki a fekete lyukak fizikája. A III. típusú téridőkben három főirány párhuzamos, az N (nulla) típusúak esetében pedig valamennyi. N típusú téridők Robinson és Kundt sikhullám-megoldásai.

5. Fekete lyukak és gravitációs szingularitások

Hangsúlyozni kívánom, hogy a fekete lyukak és a téridő szingularitásai merőben különböző fizikai fogalmak. Fizikusok gyakran összetévesztik a kettőt, mert a fekete lyuk határfelületén, az *eseményhorizonton* egyes koordináták szingulárisan viselkednek. A téridő azonban itt nem szinguláris. Mégis összetartozik lyuk és szingularitás, mert minden fekete lyuk belsejében megtaláljuk az utóbbit.

A fekete lyuk olyan tartomány, amelybe tárgyak és fényjelek bezuhanhatnak, azonban nem jöhetnek ki onnan. Relativisztikus képződmény, azonban valamennyi olyan elméletben fellép, ahol a fény terjedését befolyásolja a tö-

megvonzás. A newtoni fizikában is megtaláljuk; létezését már 1798-ban ki-következtette Laplace.

Az asztrofizikai folyamatok elemzése 1939-ben mutatta ki először a fekete lyukak keletkezését. Oppenheimer és Volkov számítása szerint az összeomló csillaganyag egyáltalán nem képes stabilis állapotba jutni, ha a tömege meghaladja a naptömeg néhányszorosát. A szakadatlan összeomlásban a gravitációs térerősség korlátlanul növekszik a csillag felszínén. Amint a második kozmikus sebesség meghaladta a fénysebességet, azt mondjuk, hogy létrejött az eseményhorizont. A fogalmat 1956-ban alkotta W. Rindler.

Hosszú ideig csupán egyetlen olyan megoldását ismertük a gravitációs egyenleteknek, amely fekete lyuk modelljét szolgáltatja. Ez a gömbszimmetrikus Schwarzschild-téridő, és annak általánosítása elektromágneses tér jelenlétében. A Schwarzschild-téridőben a lyuk tömege szabad paraméter; az eseményhorizont átmérője vele egyenesen arányos. Ha a Nap anyaga összeomolnék, hat kilométernyi átmérőjű fekete lyuk keletkezne. Valójában a Schwarzschild-téridő nem jól alkalmazható a csillagok összeomlására, mert azok tengelyforgást végeznek.

A forgó fekete lyukak modelljét 1962-ben állította elő Roy Kerr. Létezik-e még általánosabb fekete lyuk? Természetesen létezik, hiszen a lyuk nemcsak forogni, hanem különféle időbeli változásokra is képes. Amikor létrejön a gravitációs összeomlásban, vadul fortyogva, gravitációs sugárással szabadul meg gerjesztett állapotától. Miután azonban az átmeneti folyamatok lecsillapultak, a lyuk Kerr-típusú lesz. Ezt a sejtést 1968-ban mondta ki Israel, a gömbszimmetrikus eset tanulmányozása alapján. Israel unicitás-sejtését csak 1975-ben sikerült bebizonyítani D. Robinsonnak.

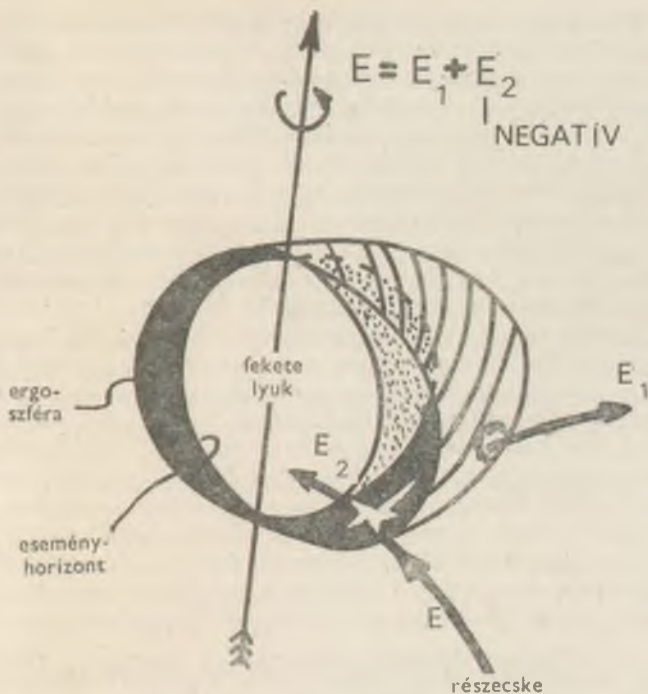
Penrose mutatott rá arra, hogy a fekete lyuk forgási energiáját meg lehet csapolni. Egy fejlett jövőbeli civilizáció képes lehet energiaszükségleteinek teljes fedezésére a fekete lyuk köré épített róművel. *Ergoszférának* nevezzük a fekete lyuknak azt a környezetét, ahol lehetséges az energiatermelés.

Legegyszerűbb esetben egy bomlékony részecskét juttatunk az ergoszférába. A szabadon mozgó részecske E energiája állandó. Szokásos körülmények között az energia pozitív és folytonosan változtatható az impulzus folytonos megváltoztatásával. Az ergoszférában azonban úgy is lehet állítani az impulzust, hogy negatív legyen az energia.

Képzeljük el, hogy a részecske elbomlik az ergoszférában két, E_1 és E_2 energiájú másik részecskére (8. ábra). Az energiamegmaradás törvénye szerint

$$E = E_1 + E_2$$

Az egyik energia — például E_2 — itt negatív is lehet. A negatív energiájú részecske természetesen nem távozhatik el a lyuk környezetéből, mert távolabb nem lehetséges számára ilyen energiájú állapot. Az lesz a sorsa, hogy belezuhan a fekete lyukba és csökkenti annak energiáját. Nincs azonban



8. ábra. A fekete lyuk forgási energiáját kitermelő Penrose-folyamat

akadálya annak, hogy az E_1 pozitív energiájú részecske eltávozzék a lyuk környezetéből, és felfogjuk. Az ergoszféra ugyanis az eseményhorizonton kívül helyezkedik el. Minthogy pedig az E_2 energia negatív volt, az eltávozó részecske E_1 energiája nagyobb lesz, mint amennyit befektettünk!

A Penrose-folyamat tanulmányozása vezetett a fekete lyukak termodinamikájának felfedezéséhez. 1972-ben Bekenstein azt javasolta, hogy a lyuk hőmérséklete megegyezik a felületén mért gravitációs térerősséggel. Ez a hőmérséklet az asztrofizikai méretű lyukak esetében nagyon alacsony: kevesebb, mint a kozmikus háttérsugárzás hőmérséklete. Ha azonban léteznek kicsiny tömegű fekete lyukak, ezek igen forrók lehetnek. Hőmérsékleti sugárzást kell kibocsátaniok. Hawking megvizsgálta a vákuum kvantumfluktuációit az eseményhorizont közvetlen közelében. Azt találta, hogy ezek a fluktuációk

valóban létrehozzák a várt hőmérsékleti sugárzást. Hawking munkája értékes eredményeket szolgáltatott a gravitáció kvantumviselkedéséről is.

A fekete lyukak elméletének kidolgozása napjainkban főbb vonásaiban lezárult. Még nemrégiben is hiányzott azonban egy alapvető formális követelmény: a lyuk pontos definíciója. Aszimptotikusan egyszerű téridőben (3. fejezet) nincs probléma a lyuk fogalmával, azonban a Világegyetem nem aszimptotikusan egyszerű. 1977-ben Tipler tisztázta a fekete lyuk fogalmát a Világegyetem szerkezetétől függetlenül. Az elmúlt évben McNamara felfedezte, hogy a vákuum kvantumnyomása a lyuk eseményhorizontjának belső részére végtelenül nagy. Ez meglehetősen nyugtalanító eredmény, és további munkát követel helyes fizikai értelmezése (1. táblázat).

A fekete lyukon belül nem létezik stacionárius állapot. Amint az összeomló csillag anyaga ide ájt, nincs többé egyensúlyi állapot a részére, még akkor sem, ha anyagi tulajdonságai ezt egyébként megengednék. Az összeomlás folytatódik, míg létre nem jön a téridő szingularitása:

TÉRIDŐ-SZINGULARITÁS = VÉGTELEN A GÖRBÜLET

1. táblázat

Történeti áttekintés a fekete lyukak elméletéről

1798	<i>Pierre Simon Laplace</i> felveti a fekete lyukak létezését a nemrelativisztikus elméletben
1939	<i>J. R. Oppenheimer és G. Volkoff</i> rámutat a korlátlan gravitációs összeomlás lehetőségére a csillagok fejlődésében
1956	<i>Wolfgang Rindler</i> megalkotja az eseményhorizont fogalmát
1962	<i>Roy Patrick Kerr</i> levezeti a forgó fekete lyuk modelljét a gravitációs egyenletekből
1968	<i>Werner Israel</i> unicitás-sejtése a Kerr-féle modellről
1972	<i>Jacob Bekenstein és Stephen Hawking</i> felfedezik a lyuk termodinamikáját és kvantum sugárzását
1975	<i>David Robinson</i> bebizonyítja az unicitás-sejtést
1977	<i>Frank J. Tipler</i> definiálja a fekete lyukat
1978	<i>J. M. McNamara</i> megmutatja, hogy a lyuk belső horizontja instabil

Penrose és Hawking bebizonyították, hogy a szingularitás nemcsak akkor alakul ki, ha az összeomló test részecskéi pontosan gömbszimmetrikusan tartanak egyetlen pontba, hanem mindig. Híres szingularitástételeiket 1966-ban közzölték. A téridő-szingularitások létezése súlyos elvi problémákat vet fel. Honnan tudhatjuk például, hogy egy téridő szingularitásmentes-e? És ha találunk benne egy szingularitást, honnan tudjuk, hogy az valódi-e? A koordináta-rendszerek tökéletlenségei gyakran utánoznak ilyen viselkedést. Egy másik probléma abból származik, hogy itt maga a geometriai háttér válik szinguláris. Az elektromágnesség és más fizikai terek szingularitásai rögzített geometriai alapon vizsgálhatók. Például a ponttöltés e/r Coulomb-potenciálja szinguláris az $r = 0$ helyen. Tudjuk, hogy ez a hely egyetlen pont. Tudhatjuk, mert a geometria itt sem szűnik meg érvényes lenni. De hogyan állapíthatjuk meg a *geometria szingularitásának* az alakját? Itt nincs metrika.

Egy téridő szingularitásmentességére különféle kritériumokat találhatunk. Az \mathbf{R} Riemann-féle görbület szingularitását úgy találhatjuk meg, hogy szorzással a koordináták választásától függetlenül *invariánsokat* alkotunk \mathbf{R} -ből. Üres térben négy ilyen invariáns van; ha ezek bármelyike szinguláris, ott a téridő biztosan szinguláris. Sajnos, ez a négy invariáns nem jellemzi egyértelműen a görbületet. Például a síkhullám-téridő esetében mindegyikük zérus, a téridő mégis görbült. Léteznek olyan görbületi invariánsok is, amelyek nem szorzással keletkeznek \mathbf{R} -ből. Ezek azonban nem viselkednek megbízhatóan, mert végtelenné válhatnak olyan esetben is, amikor a görbület véges marad.

Geroch felvetette azt a gondolatot, hogy a téridő szingularitásainak a felderítéséhez a geodetikus vonalak viselkedéséből induljunk ki. A szabadon mozgó test hirtelenül nem szűnhetik meg létezni. A világvonala geodetikus vonal. Ha egy geodetikus vonal semmiképpen sem terjeszthető egy ponton túl, akkor ott szingularitásnak kell lennie. Geroch gondolata nagyon jó, de mégis ki lehet tervezni olyan agyafűrt helyzeteket, amelyekben nem lehet eldönteni téridő-szingularitások létezését. Ezenkívül, egy téridő lehet például a fényszerű geodetikus vonalak számára „átjárható”, az időszerűek számára viszont nem. Vajon ez a téridő szingularitásmentes-e?

Berndt Schmidt 1971-ben pontos definíciót talált a téridő-szingularitás matematikai fogalmára. Ehhez a definícióhoz felhasználta a vektorbázisok nyálbjainak terét, amely tér határpontjain helyezkednek el a szingularitások. A gyakorlat számára azonban a kérdés még nincs kielégítően rendezve, mert Schmidt módszere nagyon körülményes. Eddig csupán a Minkowski-téridő, egy kétdimenziós univerzummodell és legújabban a Schwarzschild-téridő szingularitásait sikerült vele részletesen tárgyalni (a Minkowski-téridő természetesen szingularitásmentes). Az elmélet fejlesztése ezen a ponton a jövő ígéretes feladata.

Talán a legrészletesebben tanulmányozott téridő a Kerr-féle. Biztosan tudjuk, hogy szinguláris, mert a szorzat-típusú görbületi invariánsok szingulá-

risan viselkednek egy gyűrű alakú tartományban. A gyűrű alakot csak közvetve sikerül kikövetkeztetni: ha a felhalmozott tömeget csökkentjük, az erős gravitációs tér tartománya csökkenő méretű gyűrű lesz. Carter részletesen megvizsgálta a geodetikus vonalak viselkedését a gyűrűszingularitás környezetében. Kauzalitássértő viselkedést talált. Mennyire súlyos ez a probléma?

Kétféle Kerr-téridőt ismerünk. Az egyikben a szingularitás fekete lyuk belsejében fordul elő, a másikban csupasz. A fekete lyuk belsejében a kauzalitássérülés nem komoly probléma, mert arról nem juthat információ a kívülvilágba. Komoly viszont a helyzet, ha a téridő-szingularitás csupasz. Úgy tűnik, hogy a téridő-szingularitások közelében mindig fellépnek akauzális (kauzalitássértő) jelenségek. Hogy meg tudjuk menteni a természettörvények oksági rendjét, Penrose bevezette a *kozmosz cenzúra* hipotézisét. Eszerint a természet irtózik a csupasz szingularitásoktól. A gravitációs összeomlásban sohasem ez keletkeznék, hanem esetleg fekete lyuk. Nem tudjuk, hogy a kozmosz cenzúra helyes hipotézis-e. A szingularitást úgy is felfoghatjuk, mint a klasszikus természetleírás csődjét. Wheeler szerint ebben a tartományban a kvantumgravitáció (ma még ismeretlen) törvényei kormányozzák a jelenségeket.

6. Kvantumgravitáció

A relativitáselmélet téridőmodellje kvantálatlan, klasszikus. Ez a matematikai modell az elemi események (a pontok) halmazát különféle struktúrák hierarchiájával látja el. Talán a legfontosabb alapkérdés a gravitáció kvantálásában az, hogy mely szinten éreztetik a hatásukat a kvantumjelenségek. A különféle próbálkozások a kvantumgravitáció-elmélet létrehozására elsősorban abban különböznek egymástól, hogy a geometria kvantálását más-más mélységben kísérik meg. Ezeket a kezdeményezéseket nevezhetjük valódi kvantumgravitáció-elméleteknek. Más vizsgálatok indirekt módon közelítik meg a geometria kvantumtulajdonságait. Ismert eljárás például, hogy *rögzített geometrián* építünk fel kvantumelméletet.

Leggyakrabban a skalármező kvantálásával találkozunk rögzített geometriai háttérrel. Ennek az az oka, hogy a skalártér a legegyszerűbb viselkedésű a fizikai mezők közül. Mozgásegyenlete az ismert Klein—Gordon-egyenlet:

$$(\square - m^2)\Phi = 0$$

Görbült téridőben egyszerűen feltételezzük, hogy a dobozoperátor kovariáns általánosítása érvényes:

$$\square \Phi = g^{-\frac{1}{2}} \partial_k (g^{\frac{1}{2}} g^{kl} \partial_l \Phi)$$

Minden egyszerűsége mellett a rögzített geometriás kvantálás sok problé-

mával küszködik. Fel sem veti viszont azt a kérdést, hogy kvantálandó-e a metrika. Elhanyagolja a kvantumozás visszahatását a geometriára. A módszer főbb alkalmazási területei a részecskekeltés vizsgálata erős gravitációs terekben (amely a kozmológia számára értékes tárgykör) és a fekete lyukak kvantumozás sugárzása.

A kvantumozásról jó, szemléletes képet alkothatunk. A vákuum kvantumozás fluktuációi szüntelenül és mindenütt létrehozhatnak virtuális részecske-antirészecske párokat. Szokásos esetben ezek a párok nem válhatnak valódi részecskékké, hanem ismét egyesülnek. Már csak azért sem „igaziak”, mert egyikük energiája negatív (az összenergia zérus). Más a helyzet az ergoszféra-ban, az eseményhorizont közvetlen szomszédságában (8. ábra). Itt a negatív energiájú állapot tökéletesen legális. A virtuális pár felbomlik, és valódi részecskékké lesz. A vákuum kvantumozás folyamatai így vezetnek a fekete lyuk hőszugárzásához.

A rögzített háttérű kvantálás egyik érdekes esete az, amikor a téridő metszékét sorba fejtjük a κ gravitációs állandó hatványai szerint. A sorfejtés első tagjáról szokás feltételezni, hogy ez a görbületlen Minkowski-téridő metrikája (ez a feltevés valószínűleg helytelen), és ezt használják általában rögzített geometriai háttér gyanánt. Érdekes módon elegendő elmenni a sorfejtés következő tagjáiig, és azt kvantálni. A magasabb rendű kvantumozások ismét visszahozzák az elhanyagolt sorfejtési tagokat.

Történetek kísérletek a rögzített geometriás kvantálás hibáinak a kiküszöbölésére is. Ilyen például a *kvantálás visszahatással*. Ebben a módszerben az Einstein-egyenletek továbbra is megtartják klasszikus formájukat, azonban bennük az anyageloszlást a kvantumelméletből kapott várható érték képviseli:

$$G = -\kappa \langle T(\text{anyag, metrika}) \rangle$$

A visszahatásos kvantálás azonban nem orvosolja az elmélet sok más problémáját. Alkalmazási területe a téridő-szingularitások vizsgálata a gravitációs összeomlásban. Parker és Fulling megmutatták, hogy a kvantumozás visszahatás az Einstein-egyenletekre elegendő a téridő-szingularitások elkerüléséhez.

Térjünk most rá a *valódi kvantumgravitáció-elméletek* rövid összefoglalására. Ezeket „kovariáns kvantálás” és „kanonikus kvantálás” címszavakkal két típus egyikéhez szokás sorolni, jóllehet az elnevezések félrevezetőek. A kovariáns kvantálás azt a módszert jelzi, amelyben a metrikát két tagra bontjuk:

$$\text{METRIKA} = \text{OPERÁTOR} + \text{KLASSZIKUS HÁTTÉR}$$

Az operátortagot fizikai mezőként kezeljük, a klasszikus tagot pedig a geometria részeként. Tulajdonképpen ebbe a típusba sorolható a már említett Minkowski-háttéren történő kvantálás. A módszer következő lépése, hogy meghatározzuk a rendszer Einstein—Lagrange operátorát. Ezután perturbációs eljárás vezet a Feynman-gráfokhoz.

A kovariáns kvantálás legsúlyosabb problémája a renormalizálhatatlanság. Összefügg az itt alkalmazott perturbációs számítással. Egyszerű hasonlattal élve, képzeljük el, hogy az $e^{-1/x}$ függvény értékét kívánjuk kiszámítani az $x = 0$ helyen sorfejtéssel. Nézzük a függvény Taylor-sorát $1/x$ szerint:

$$e^{-1/x} = 1 - \frac{1}{x} + \frac{1}{2!x^2} - \dots$$

Ha tagonként elvégezzük az $x \rightarrow 0$ határátmenetet:

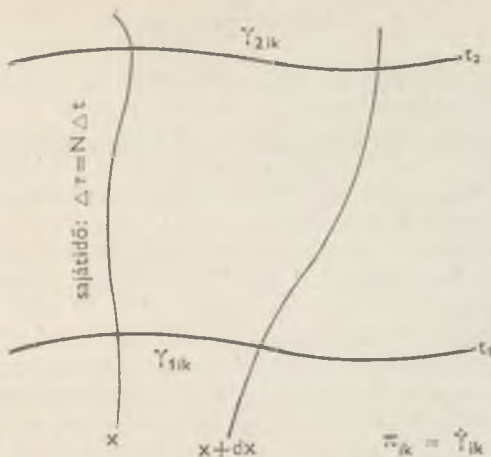
$$0 = 1 - \infty + \infty - \dots$$

Impulzusképpen a sorfejtés egy-egy tagja Feynman-gráfnak felel meg. Határátmenet után az eredmény értelmetlen.

Jelenleg a kutatás egyik legdivatosabb iránya a kovariáns kvantálás nehézségeinek kiküszöbölésére tett javaslatokkal foglalkozik. Az egyik ilyen megközelítés a szupergravitáció-elmélet, amely a fellépő végtelenekeket tagonként kívánja közömbösíteni, egy második gravitációs mező bevezetésével. Ez utóbbi mező feles spinű fermiontér. A kétféle gravitációs mezőt a szuperelmélet általánosított Lie-szimmetriával kapcsolja össze. Egy másik javaslat szakít a kvantumtérelmélet hagyományos felépítésével, és a Feynman-féle pályaintegrál-módszert alkalmazza. 1978-ban Hawking pályaintegrálokkal fogalmazta meg a vákuum kvantum tulajdonságait.

A kvantumgravitáció-elméletek másik változata a *kanonikus kvantálás* című alatt tárgyalható. Ez természetesen a téregyenletek kanonikus szerkezetét állítja előtérbe. A gravitációs egyenletek esetét Dirac, majd Arnowitt, Deser és Misner tanulmányozták ebből a szempontból. Megvizsgálták, hogyan változik a metrika két szomszédos hiperfelület között.

Legyen t_1 és t_2 két szomszédos térszerű hiperfelület (9. ábra). Legyen x egy rajtuk áthaladó koordinátavonal. A vonal mentén a két hiperfelület között eltelt sajátidő $\Delta\tau = N(t_1 - t_2)$. Arnowitt, Deser és Misner (ADM) az N mennyiséget a probléma „lapse” (múlás) függvényének nevezik. Egy másik mennyiség a „shift” (elmozdulás) pedig a koordinátavonal és a hiperfelület közti szöveget jellemzi. Kítűnik, hogy az Einstein-egyenletekben ezek csupán segédmennyiségek. A tér idő dinamikáját a hiperfelületek saját, belső metrikája, γ_1 és γ_2 hordozza. Annak is csupán egy része. A $\gamma(x)$ metrikára ugyanis kényszer egyenletek származnak. Ezek nemlineárisak és nem sikerült őket megoldani. Ez olyan gyakorlati probléma, aminek következtében az ADM-kvan-



9. ábra. ADM-kvantálás

tálás nem járható, és valószínűleg még elvi problémák is felmerülnek a módszerrel kapcsolatban!

A kanonikus kvantálás egy másik változatában a háromdimenziós görbült tér lehetséges geometriáit egyetlen absztrakt tér pontjaiként kezeljük. Ez John Wheeler *szupertere*. Azonnal kitűnik ennek a módszernek a hiányossága: nem kovariáns. Másik probléma, hogy az állapotok nem alkotnak Hilbert-teret ebben az elméletben.

Egy újabb kanonikus elmélet Kostant és Souriau *geometriai kvantálása*. Ez a fázistér szimplektikus szerkezetéhez folyamodik. Ha a téridőre alkalmazzuk, kovariáns módszert eredményez. N. Woodhouse vizsgálatai szinguláris viselkedést mutattak ki a geometriai kvantálás állapotfüggvényeiben. Nem világos, hogy az elmélet tartható lesz-e a jövőben.

A kanonikus kvantumgravitáció-elméletek felsorolását Penrose *tvizstör-elméletével* zárjuk. A tvizstör-elmélet a téridő oksági szerkezetét még nem kívánja megváltoztatni a kvantálás folyamatában. A metrikus szerkezet, sőt maga a pontfogalom is „elmosódottá” válik azonban. Az alapvető elem a zérus tömegű részecske: a tvizstör ebben az elméletben. Sok nehéz probléma vár megoldásra. Nem tudjuk például, hogy a konformis invariancia megsérülése miképpen függ össze a nyugalmi tömeggel. Ez mindmáig megakadályozza, hogy felírjuk az Einstein-egyenletek kvantumozott változatát. További mély meglátásokra van szükség a tvizstör-elméletben, a felmerülő nehézségek azonban nem tűnnek leküzdhetetlennek.

Ajánlott irodalom

1. *fejezet*: Tériidő, gravitáció és relativitáselmélet. (A gravitációs iskola előadásai, megjelenőben)
2. *fejezet*: C. Misner, K. Thorne és J. Wheeler: Gravitation. (Freeman, 1975.)
3. *fejezet*: S. Hawking és G. Ellis: The Large-Scale Structure of Space-time. (Cambridge University Press, 1975.)
4. *fejezet*: W. Kinnersley cikke a General Relativity and Gravitation c. kötetben. Szerkesztők: G. Shaviv és J. Rosen. (Wiley és Israel University Press, 1975.)
5. *fejezet*: R. Penrose: Fekete lyukak. (Fizikai Szemle, 1975/1.)
6. *fejezet*: Quantum Gravity: an Oxford Symposium. Szerkesztők: C. Isham, D. Sciama és R. Penrose. (Oxford University Press, 1975.)

SZOLÁRIS-TERRESZTRIKUS HATÁSOK AZ IDŐJÁRÁSRA ÉS AZ ÉGHAJLATRA*

Az elmúlt száz év alatt a naptevékenység egyes megnyilvánulásai és a földi időjárás vagy éghajlat néhány jellemzője közötti kapcsolatról szóló, a kapcsolat mellett vagy ellen érvelő cikkek száma ezernél is többre rúg. Ezen időszak legnagyobb részében azonban az „eredmények” ilyen özöne az elvárások ellenére sem hozta közelebb a kérdés megoldását. Mindig is az volt a probléma, hogyan különítsük el a Nap és az időjárás közötti feltételezett összefüggést mindkét rendszer jellegzetesen „zajos” háttérétől. Jelen évtized hozta meg az előrehaladás első bizonyítékait ezen a téren. Három, egymástól független, megbízható vizsgálat is jelzett összefüggéseket a Nap és az időjárás között, noha még korai lenne mindegyiket fenntartás nélkül elfogadni. Korreláció mutatkozik: a földi éghajlat és a Maunder-minimum típusú naptevékenység-változások; a regionális aszály-időszakok és a 22 éves mágneses napciklus; valamint a téli félgömb légköri cirkulációja és a Földnek a napszél szektorhatárain való áthaladásai között. A Nap és az időjárás közötti összefüggésekre utaló jelek most már fokozottan a kauzális fizikai kapcsolatok feltárására ösztönöznek.

A Nap és az időjárás kapcsolata iránti aktív érdeklődés alkalmasint sokkal nagyobb napjainkban, mint valaha volt a múltban. Ebben a témakörben 1972 óta hat jelentősebb országos és nemzetközi konferenciát rendeztek. A szakirodalom ennek megfelelően nagyon gazdag, és azok számára, akik e rövid áttekintésben említettek túlmenően is érdeklődnek a téma iránt, ezen konferenciák már megjelent (vagy rövidesen megjelenő) közleményeit ajánljuk, valamint A. B. Pittock új keletű cikkének bőséges szakirodalomegyezékét.

* A *Nature*, Vol. 276 (1978) pp. 348—352, No. 5686-ban megjelent angol nyelvű cikk fordítása. Fordította Rostás Sándor (MTA Napfizikai Obszervatórium).

Az itt közölt cikkben sokszor idézett két fontos kutatási eredménnyel kapcsolatban a szerkesztők felhívják a figyelmet az 1978. évre szóló Csillagászati Évkönyvben J. M. Wilcox és J. A. Eddy egy-egy cikkére, amely „A Nap és a földi időjárás”, illetve „A Maunder-minimum” címmel jelent meg.

A változó Nap

A Nap és az időjárás kapcsolatának tárgykörét a naptevékenység változásai és a földi időjárás- és klímaváltozások közötti, valódi vagy látszólagos korrelációk alkotják. Akármilyen változékony lenne is a földi légkör, ha a Nap nem változna, ez a tárgykör sem létezne. Érdemes ezért a Nap változásainak tömör összefoglalásával kezdeni. Természetesen ezek a változások eltérő időtartamúak: a legismertebb közülük a 11 éves napfoltciklus. A napfoltpárok vezető foltjainak mágneses polaritása szintén változik, 22 éves periódussal, ez az ún. Hale-féle mágneses ciklus. Wolf—Gleissberg-ciklusnak nevezzük azt a hosszabb, durván 80 éves változást, amely a napfoltciklusok amplitúdójának nagyságában mutatkozik, pl. ha az évi közepes napfoltszámokat ábrázoljuk.

Még nagyobb időtartamot átfogó, napjainkban újrafelfedezett típus a Nap változásainak sorában az, amelyet az 1645-től 1715-ig tartó naptevékenységi szünet, a mostanában híressé vált Maunder-minimum képvisel. A Maunder-minimum azért elképesztő, mert ez idő alatt a Nap felületén napfoltok szinte egyáltalán nem voltak, és ezzel párhuzamosan hiányzott a földi égboltról a sarki fény, amely a naptevékenység megbízható mutatója. Ma már általános az a vélemény, hogy az ismert korú fak évgyűrűiben bizonyos időszakokban található rendellenes mennyiségű ^{14}C a gyenge naptevékenység időszakait jelzi. Hasonlóan jelzi a szokatlanul erős naptevékenység időszakait is. Az egymást követő anomáliák között eltelt időtartamok különbözőek, de nagyjából 400 év körüliek. Sejthető még egy kb. 2500 éves periódusú, lassúbb változás, amely az ugyanazon előjelű eltérések felhalmozódásával kapcsolatos.

A 11 éves periódusnál a napfoltciklus rövidebb időszakait vizsgálva mind a földmágnesség, mind a sarki fény mutat éves és féléves változásokat a Föld pályamenti mozgása miatt, amelynek során a naptevékenység más-más hatékonysággal befolyásolja a Föld magnetoszféráját. Még rövidebb időskálákat tekintve: itt van a Nap 27 napos forgásideje, és egy változó, de közelítőleg 8 napos intervallum a Földnek a szoláris szektorhatárokon való áthaladásai között. Ezenkívül szabálytalan időközönként a napkitörések (flerek) földmágnességi viharokat okoznak, amelyek tipikus élettartama 1—2 nap.

Bizonygatták vagy feltételezték, hogy a földi atmoszféra a naptevékenység felsorolt változástípusainak mindegyikére reagál, kivéve az éves és a féléves változásokat, amelyeket lehetetlennek látszik felismerni az egymást követő időjárási évszakok miatt. Az Ohio State University-n nemrégiben tartott konferencia résztvevőiből alakult tudományos bizottság arra az igen nagy horderejű következtetésre jutott, hogy a figyelemre érdemes korrelációk közül három, eddig csak lehetségesnek minősített bizonyítottan kell tekinteni. A rendelkezésre álló korlátozott terjedelem miatt csak ezzel a három korrelációval foglalkozunk részletesebben, nevezetesen a Maunder-minimum típu-

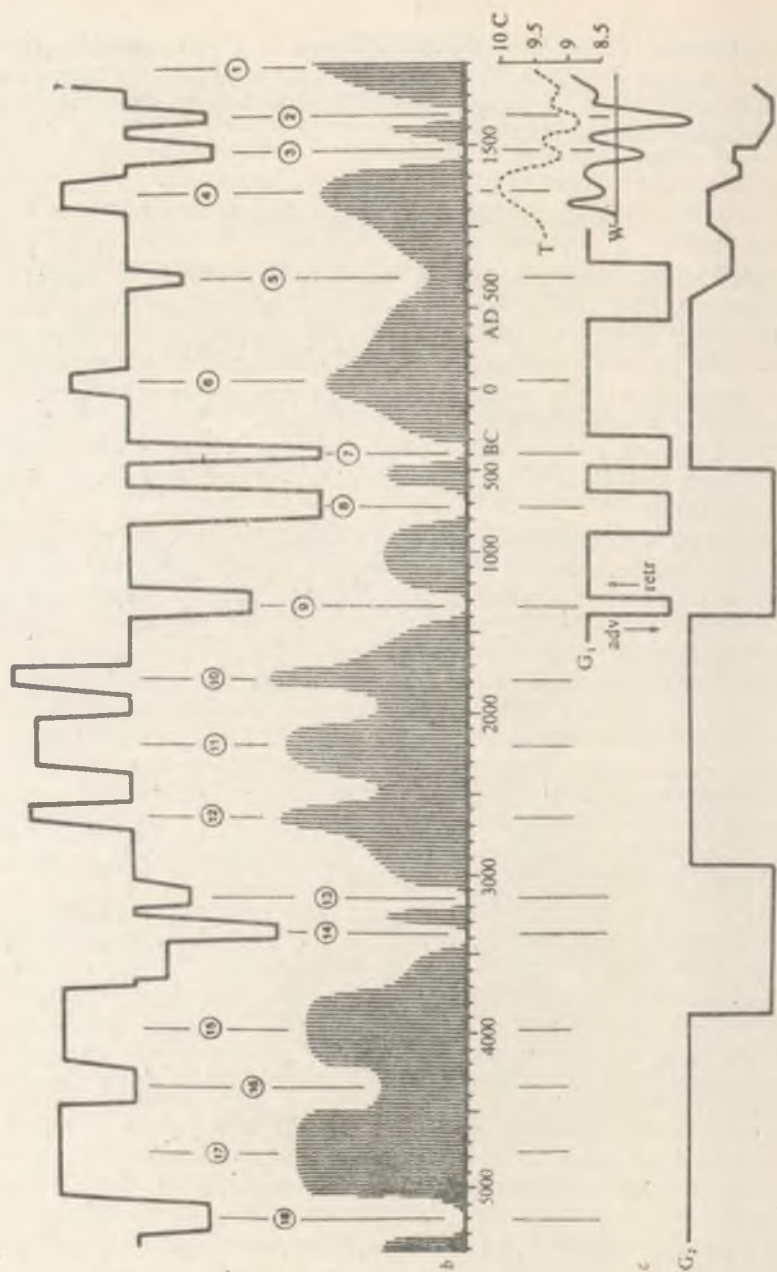
sú időszakokkal, a Hale-féle mágneses ciklussal és a szektorhatár-átmenetekkel. A Nap és az időjárás közti kapcsolatokra vonatkozó más, lehetséges összefüggéseket, így a naptevékenységet és a napprotációt illetőket továbbra is a vitathatók közé kell sorolnunk.

A Maunder-minimum típusú időszakok

A Napon lezajló olyan változásokra, amelyeknek alaptípusa a Maunder-minimum, a légköri „válasz” igen határozott: az egész Földre kiterjedő éghajlatváltozás. A Maunder-minimum és az azt megelőző Spörer-minimum (1420—1570) az ún. kis jégkorszak két leghidegebb időszaka, amely mintegy a XV. századtól a XVII. századig tartott, amikor is a felszíni hőmérséklet Európában és Amerikában 0,5—1 °C-kal lecsökkent. A Maunder-minimum esetében a klimatikus változások a Nap rendellenes viselkedésével kapcsolatosak, amit alátámaszt a kérdéses időszakban végzett számos távcsöves napmegfigyelés is.

A korábbi éghajlatkilengésekre; amelyen a Spörer-minimum, valamint a Középkori Klimatikus Optimum, a XII. századbéli globális meleg időszak; és a szoláris változások kapcsolatára csak közvetett adataink vannak. Ezek közül fontosságban a legelső a fák évgyűrűiben talált ^{14}C -anomália, amit annak tulajdonítunk, hogy a naptevékenységtől függ a Földre érkező és a Földön ^{14}C izotópot termelő galaktikus kozmikus sugárzás erőssége. A magas napaktivitás csökkenti a Földre érkező galaktikus kozmikus sugárzást, így csökken a ^{14}C keletkezésének mértéke. A naptevékenység csökkenésekor a fordított folyamat megy végbe. Ha a fák évgyűrűi ^{14}C anomáliáit feltüntető görbét összehasonlítjuk a klimatikus változásokat ábrázoló görbével — „az egybeesés alakzatról alakzatra csaknem olyan, mint egy kulcs illeszkedése a zárba” (1. ábra), J. A. Eddy szerint, aki meggyőzően bevezette és alkalmazta a hosszú időszakra vonatkozó szoláris változásokat.

J. R. Bray, a J. D. Schove által (régmúlt idők sarki fény észleléseiből és szabad szemmel végzett napfoltészleléseiből) konstruált naptevékenységi indexet használva, már a ^{14}C -re vonatkozó vizsgálatok előtt felismerte a Nap és az éghajlat közötti hosszú időszakokra érvényes korrelációt. Egy újabb keletű és részletesebb jegyzék, amely felsorolja, hogy a régmúlt időkben mikor láttak sarki fényt (és ez mind a nyugaton, mind a keleten megfigyelt eseteket felöleli), szintén azt mutatja, hogy a magas napaktivitások jellemző sajátosságainak velejárói a nagy klimatikus kilengések.



A Hale-féle mágneses ciklus

A légkör viselkedése és a (közelítőleg) 22 éves mágneses napciklus között talált korreláció nyilvánvalóvá teszi a helyi klíma módosulását is. Az USA délkeleti és Mexikó északi része között elterülő sivatagról régóta ismert volt, hogy területe kb. 20 éves időközökben felváltva nő és csökken, ami ciklikusan aszályokat okoz a Mississippri folyótól nyugatra eső vidékeken. Az 1930-as években a „Porteknő” (az USA azon aszályos és porviharoktól sújtott területe, mely Colorado, Kansas, Oklahoma, Texas és Új-Mexikó államok egyes részeit foglalja magában — a ford. megj.), valamint az 1950-es és 1970-es aszályos évek a sivatag terjeszkedésének újabb jelei. Többen feltételezték és bizonyítékokat is szolgáltatottak annak kimutatására, hogy az aszályos időszakok a Hale-féle kétszeres napfoltciklussal kapcsolatosak. A legutóbbi időig azonban a hiteles adatok túl rövid időintervallumra korlátozódtak, és az aszályos időszakok sem voltak számszerűen meghatározva, így a feltételezett korreláció statisztikai ellenőrzése nehézségekbe ütközött.

Most J. M. Mitchellnek és C. W. Stocktonnak sikerült a sivatag időszakos klimatikus viselkedését egyetlen kvantitatív paraméterrel jellemezni: kb. i. e. 1700-ig visszamenőleg 40 különböző, a klímaváltozásokra érzékeny területről származó fa évgyűrűi alapján számítottak évi indexeket. (Valójában az indexek négy sorozatából három csoportot képeztek az eljárás megbízhatóságának ellenőrzésére.)

A kapott adatok, az ún. aszályterület-indexek matematikai analízise során jól meghatározott, kb. 22 éves periódusokat nyertek, 95—99%-os szignifikanciával. Az analízist az 1700 és 1962 közti évekre 262 adat felhasználásával végezték; ez nagyjából 12 teljes Hale-féle mágneses ciklust fog át. A Hale-ciklusok és az aszályciklusok között a fázisegyezés 99%-ban szignifikáns.

1. ábra. (Eddy nyomán)

- a: A ^{14}C izotóp gyakoriságának sematikus ábrázolása, a Maunder-minimumra vonatkozó 2 jelű szinthez viszonyítva. Az eltérések lefelé jelentik a relatíve több ^{14}C -t, és ez csökkent mérvű naptevékenységre utal
- b: A felső a görbe értelmezése. mint a (feltételezett) napfoltciklusok maximumainak burkológörbéje, ami legalacsonyabb a 2, 3, ..., 18, s igen magas volt a 4, 6, ... 17 időszakban
- c: Négy becslés a múltbeli éghajlatra.
G₁ lépcsős görbe: az Alpok gleccserei előrenyomulásának („adv”) és hátrálásának („retr”) időszakai. Le Roy Ladurie nyomán;
G₂ görbe: ha az egész Föld gleccser-ingadozásait figyelembe vesszük, Denton és Karlen után.
T görbe: becslés az angliai évi középhőmérséklet változására (skála a jobboldalon), Lamb nyomán.
W görbe: a tél keménységére jellemző index a Párizs—London területen. Lamb után (lefelé van hidegebb)

Továbbá, az egymást követő aszályciklusok amplitúdói erős hasonlóságot mutatnak a Hale-ciklus amplitúdóinak burkológörbéjéhez. A lineáris korreláció a két adatsor között szignifikáns, 95—99%-ban. Az alacsony napfoltciklus-amplitúdók és az aszályok minimumainak időszakai — úgy tűnik — megegyeznek, de a szerzők azonnal rámutatnak, hogy a látszólagos korreláció nem megbízható alap az éghajlat érdemi előrejelzésére.

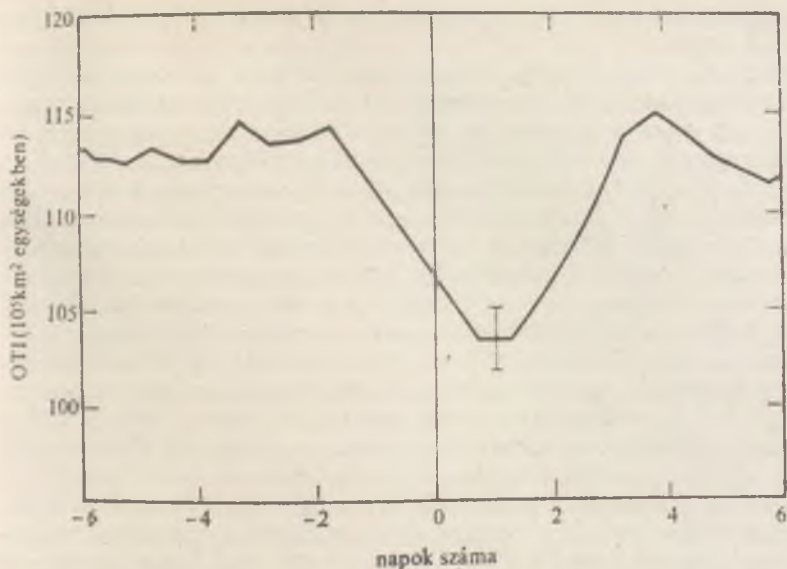
Pittock azonban óva intett attól, hogy készpénznek vegyük ezt a Nap—időjárás korrelációt, mert „igen bonyolult problémák vetődnek fel az eredmény szignifikanciájának megbízhatósága körül”, de ennek ellenére a Hale-féle napciklus és a regionális klimatikus viszonyok kapcsolatát legalábbis erősen valószínűnek kell tekintenünk, mert a statisztikus tesztek próbáját három szinten is kiállta. Teljesen azonban csak akkor bízhatunk meg az eredményben, ha azt független vizsgálatokkal más kutatók is megerősítik, akik, mint Mitchell és Stockton, készek arra, hogy szigorúan ellenőrizzék vizsgálataik realitását. A következőkben ismertetjük a harmadik említett korrelációt, amelyet már ilyen módon is igazoltak.

A szoláris szektorhatár-átmenetek

Az 1950-es években gondoltak először arra a lehetőségre, hogy a földmágneses aktivitás (azaz szoláris effektus) befolyásolhatja a légköri cirkulációt. Ez a gondolat visszautasítások és félrevezető hamis érvek közepette formálódott, ellentmondásmentes pozitív felfedezésektől ösztönzötteen, amíg újabban lehetségessé nem vált a hipotézis egyik változatának szigorú statisztikai vizsgálata. A döntő fordulat akkor történt, amikor sikerült két, alkalmasan meghatározott objektív adatsort felismerni, amelyek közül az egyik a légköri cirkulációt jellemzi, a másik pedig statisztikai szempontból elegendő számú „szoláris” eseményt ölel fel, és amelyek így a korrelációs analízis céljaira használhatónak bizonyultak.

A korrelációban szereplő szoláris tényezők a Földnek a napszél szektorhatárain való áthaladásainak időpontjai. Szektornak a napszél olyan tartományát nevezzük, ahol túlnyomó többségben csak azonos mágneses polaritás fordul elő; a tér iránya vagy a Nap felé mutat, vagy azzal ellentétes. (Ezt először J. M. Wilcox és N. F. Ness ismerte fel.) Az ellentétes polaritású szomszédos szektorokat egymástól vékony, rendszerint jól meghatározott határok választják el. Ezek a mágneses szektorok és a határaik igekeznek a Nappal együtt forogni. Egy adott időpontban normális esetben kettő vagy négy szektor van. A mágneses szektorhatár valódi időjelzőnek mutatkozik, amely időlegesen szoros kapcsolatban áll a napszéljelenség változatos fejlődésével. Visszakövetkeztetve napbeli keletkezési helyére, egyben szoláris sajátosságok valódi pozíciójelzőjévé is válik.

A korrelációban az atmoszférikus tag egy származtatott mennyiség, a W. O.



2. ábra (Wilcox és szerzőtársai nyomán)

Az örvényterületi-index (az északi félgömb összes alacsony nyomású zónájának a területe) és szoláris mágneses szektorhatárok viselkedése a szektorhatárok 54 Föld melletti áthaladásának időpontja alapján

Roberts és R. H. Olson által bevezetett örvényterület-index (ÖTI). Bizonyos örvényértékeknél berajzolták az abszolút örvénykontúrokat az állandó — általában a 300 millibar — nyomású felületeket feltüntető atmoszféra-térképekre (de a korreláció 500 millibarnál is kétségtelen). Az ÖTI-t a 20° északi szélességtől északra eső területre számították ki. Definíciója itt a következő: azon területek összege (km²-ben), amelyek felett az abszolút örvényszám nagyobb mint $20 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$, plusz az a terület, ahol ez $24 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ -nél nagyobb. Az indexet kifejezetten az alacsony nyomású zónák gyakoriságának és kiterjedésének mérésére szánták, amelyek durván a „rossz idő” területeinek mondhatók.

Wilcoxék az ÖTI-adatokra a szuperponált epocha analízis módszert alkalmazták, zéró napoknak véve a szoláris szektorhatárok áthaladásának publikált időpontjait. A 2. ábrán látható az 54 határáthaladásra végzett analízisük eredménye: vitathatatlanul szignifikáns statisztikai sajátsgot mutat; időben mintegy 6 napos szélességű bemélyedést, amelynek a centruma a szektorhatár-áthaladás után kb. 1 nappal van, amikor is az örvényterület-index mintegy 10%-kal lecsökken a szomszédos értékekhez képest. A jelleg-

zetes bemélyedés csak a téli hónapokra látszik tisztán, a nyári hónapokra teljesen eltűnik.

E sajtóságos Nap—időjárás effektus viszonylag rövid (a 2 hetet meg nem haladó) időszak, és az ehhez képest hosszú (több éves) időszakok, amelyekre vonatkozólag rendelkezésre állnak az ÖTI-adatok, lehetővé tették az index statisztikai sajátosságainak alapos ellenőrzését egy megfelelő időszakra. C. O. Hines és I. J. Halevy megpróbált olyan magyarázatot keresni, hogy az állított korrelációt csupán a két adatsorozat véletlen sajátosságai (vagyis azonos periódusú, de ismert és egymástól független okokra visszavezethető változások) okozzák, de kísérletük sikertelennek bizonyult. Végül arra a következtetésre jutottak, hogy az összefüggés vagy ténylegesen fennáll, vagy csak egy véletlen fluktuáció eredménye, amire az a priori valószínűség szerintük egy a húszhoz. R. J. Shapiro hasonló vizsgálatot végzett, és ugyanerre a végeredményre jutott. A korreláció mindkét bírálója mindazonáltal rámutatott, hogy az a priori valószínűség voltaképp nem használható, mert az adatok bizonyos tekintetben a posteriori szelektáltak, csak a téli hónapokra, csak az atmoszféra meghatározott magasságtartományára stb. vonatkoztak.

A kérdés a korreláció valódiságának javára dönt el, amikor további határáthaladási időpontok váltak ismertté, méghozzá több, mint amennyit a korreláció megállapításához eredetileg figyelembe vettek. A 2. ábrán látható görbével azonos alakú görbe csak abban az esetben várható az új időpontokkal végzett hasonló analízis eredményeként, ha a korreláció valóban létezik. Hines és Halevy elvégezte ezt a perdöntő ellenőrzést és valóban ugyanazt a görbét kapták. Szükségképpen arra a végkövetkeztetésre jutottak, hogy a szóban forgó „szoláris jelzést el kell fogadni mint egy jelentőségteljes hatást, aminek most már az eredetét kell megkeresni”.

Egyéb összefüggések

Az elmúlt 100 év alatt ezernél több írás jelent meg a Nap és az időjárás kapcsolatának bizonyítására vagy cáfolatául. Ezek legtöbbször a 11 éves napfoltciklushoz kötődő korrelációkkal foglalkozik. J. W. King értékes katalógust állított össze az e téren felmerült korrelációkról. A 11 és 22 éves korrelációk összességére kritikus, mélyreható vizsgálatokat újabban Pittock végzett. Többször előforduló feltevés volt pl., hogy összefüggés van a napfoltok és a zivatarok, a tropopauza magassága, az ózon mennyisége között, és egyesek szerint még másféle időjárási és éghajlatbeli változások között is. Pittock fenntartja a nyugat-amerikai aszálcyclus új eredményeire vonatkozó véleményét, de ami a többit illeti, arra a következtetésre jut, hogy „a tárgykor hatalmas szakirodalma ellenére jelenleg vagy kevés, vagy nem eléggé meggyőző bizonyíték van, akár statisztikailag kimutatható, akár gyakorlati haszonnal bíró korrelációk létezését illetően a napfoltciklusok és az időjárás

vagy klíma között". A Nap és az időjárás kapcsolatának néhány híve valószínűleg nem osztja ezt a véleményt.

Amikor statisztikai eszközök szükségesek egy korreláció valódiságának megállapításához — különösen az elméletileg előre meg nem határozhatók esetében — teljes bizonyosságról sohasem beszélhetünk. Ehelyett a meggyőzés különböző fokozatait érhetjük el, és ez, ugyanazon statisztikai adatokat tekintve, egyénenként is különböző lehet, aszerint, hogy az illető az egyetértők, a bírálók vagy az agnosztikusok közé tartozik-e. Pittock kijelentéséből azt olvashatjuk ki, hogy a Nap—időjárás kapcsolatok terén még nincs egyetlen olyan korreláció sem, amelynek realitása mellett egy kritikus meggyőzésére elegendő bizonyíték károskodna.

Kiderülhet, hogy némelyik korreláció tényleg fennáll, de közös probléma (ami miatt a statisztikai megközelítés bizonytalanná válik), hogy a légkörre vonatkozó rendszeres feljegyzések a 11 vagy 22 éves periódushoz képest rövid időszakra terjednek ki. Megbízható adatokra támaszkodva néhány esetben kiterjeszthetjük ezt az időtartamot, ami pl. az aszálcyklus esetében a statisztika bizonyító erejét számottevően megnövelte.

A feljegyzett adatok időbeni rövidege miatt a korreláció-keresőknek Roberts azt ajánlotta alternatív megoldásként, hogy az atmoszférában, a naptevékenység változásának tulajdonítható, rövid idő alatt lezajló jelenségek felé fordítsák figyelmüket. A szektorhatár és az örvényterület-index közti összefüggés példa rá, hogy ez az út milyen eredményes lehet. A földmágnességben és a Nap felszínén lezajló változásokról is kiderülhet, hogy korrelálnak az ÖTI-adatokkal. Más, rövid időtartamú korrelációkat is feltételeznek vagy bizonygatnak, pl. a napfoltok és egy kvázi-kétéves sztratoszférabeli változás, a Nap rotációja és az atmoszférabeli nagy amplitúdójú planetáris állóhullámok, valamint a földmágneses aktivitás és a tengerszíni nyomáseloszlás folytonossági sajátosságai között. Ezeket azonban még más, független módszerekkel alaposan ellenőrizni kell.

Egy újabb felmerült rövid időszakra vonatkozó korrelációt még meg kell említenünk. A 11 éves napfoltciklusra alapozott korrelációk között nem voltak meggyőzőek azok a próbálkozások, amelyek a légköri ózommennyiség változásainak (ha egyáltalán változik) a naptevékenységtől való függésének meghatározására irányultak. London és Oltmans elképzelését követve G. M. Keating összefüggésbe hozta a légköri ózon mennyiségének (amelyet a Nimbus—4 mesterséges hold távérzékelő detektorával állapított meg) több hónapra kiátlagolt értékét a Nap havi átlagos 10,7 cm-es elektromágneses fluxusaival. 95%-os bizonyossággal mutatott ki korrelációt, noha csak 10 hónapról álltak rendelkezésére adatok. Az ózommennyiség változásának relatív amplitúdója a vizsgált időszakban 0,1%-kal volt nagyobb az átlaghoz viszonyítva.

Az a lehetőség, hogy a naptevékenység valami módon befolyással lehet a légköri ózon mennyiségére (amit még újabb adatokkal kell alátámasztani

vagy megcáfolni) különösen fontos, mert mai tudásunk szerint az ózonmennyiség módosulásai központi szerepet játszanak a Nap—időjárás kapcsolatok mechanizmusában. Nem szorul magyarázatra, hogy a Nap—időjárás kapcsolatok tárgyköre fejletlen tudományágként szerepel mindaddig, míg legalább egy kauzális fizikai láncot nem tár fel. A hatásos fizikai mechanizmusok meghatározásával hatékony eszköz kerülne a kezünkbe; pl.: ha ezeket is számításba vehetnék a numerikus éghajlat-modellekben, magyarázatot kaphatnánk a naptevékenységnek az időjárás és a klíma specifikus viselkedésére gyakorolt hatásáról.

Mechanizmusok

Általánosan elfogadott nézet, hogy a naptevékenység fogalmába tartozó komplex változások hatására az atmoszférában lezajló eseményeket több ok, többféle hatás együttese idézi elő. Az a nagyon kézenfekvő feltételezés, hogy a naptevékenység hatására az időjárás gépezetét mozgó napállandó változik, továbbra is csak ígéretes lehetőség. Ez különösen áll a hosszabb időtartamú korrelációkra, még akkor is, ha a legújabb elemzések szerint a napállandó 0,75%-on belül változatlanok mutatkoztak. H. Volland vizsgálatai azt mutatták, hogy a szoláris konstans 0,1%-os, 27 napos periódusú változása esetén létrejövő planetáris nyomáshullámok amplitúdója már észlelhető lenne. A napállandó kis változásainak közvetlen, egyszerű következményei miatt fontos volna a konstans értékét folyamatosan, nagy pontossággal mérni.

A Maunder-minimum típusú változásokat tekintve, Eddy újból rámutatott, hogy a legegyszerűbb és a legközvetlenebb magyarázat, hogy a Nap viselkedését a szoláris konstans több ízben bekövetkező, hosszabb időszakra kiterjedő megváltozása befolyásolta, és a változás mértéke 1% körüli lehetett. Nézete szerint a napállandó változásai módosítják a napfoltciklusok amplitúdóinak burkológörbéjét, így megmagyarázva ennek a naptevékenységtől való függését is.

Mindamellett a hosszabb időskálájú korrelációk magyarázatára egyéb lehetőségek is vannak. Bates kimutatta, hogy a sztratoszféra termális struktúrájában történő változások képesek arra, hogy jelentékenyen befolyásolják az alsóbb légrétegeknek az egyenlítőől a pólusok felé irányuló hőtranszportját. A sztratoszféra termális szerkezetét viszont az itt elnyelődő szoláris ultraibolya sugárzás, valamint a sztratoszférikus ózon (amely szintén a Nap ultraibolya sugárzásának egy részét abszorbeálja) mennyiségének feltételezett megváltoztatása által módosíthatja. Egy másik lehetőség, hogy kapcsolatba hozzuk a naptevékenység által modulált, a fák évgűrűiben ^{14}C -anomáliákat okozó galaktikus kozmikus sugárzást, és ennek közvetett, kémiai ózoncsökkentő képességét a sztratoszférában.

A hosszú időskálájú korrelációk szemszögéből ígéretes szerepe ellenére teljesen nyilvánvaló, hogy a Nap elektromágneses sugárzásának egyik vagy másik tartományában bekövetkező fluxusváltozás nem ad magyarázatot az ÖTI és a szektorhatár-átmenetek közti korrelációra. Ha elfogadjuk Hines és Halevy álláspontját, vagyis hogy itt az ideje a korrelációk mögötti mechanizmusok kutatásának, akkor távlatként az merülhet fel előttünk, hogy a felelős tényező talán a Nap részecskesugárzásában keresendő, beleértve a napszelet és a szoláris kozmikus sugárzást. Ebben az esetben az ok-okozati lánc magába foglalja a részecskék és a Föld magnetoszférája közötti, valamint a magnetoszféra és az atmoszféra közötti kölcsönhatást.

Az efféle kapcsolatokat keresők figyelmét azonban fel kell hívnunk arra, hogy a Nap részecskefluxusának energiataralma sokkal kisebb, mint a feltevések szerint velük összefüggő időjárási mechanizmusoké. Másrésről két tanulmány is arra mutat rá, hogy a szektorhatár—ÖTI korreláció fennállásával nem jár együtt az atmoszféra energiataralmának mérhető megváltozása. Ez a helyzet a Hines és Halevy ajánlotta kinematikai magyarázatnak kedvez, amelyben egy, már előzőleg meglevő, meteorológiai „zaj” fáziseltolódása szolgáltatná a megfigyelt egyezést. A szükséges fáziseltoló mechanizmust azonban még nem ismerjük.

Jelenleg a kutatások azokra a magnetoszférabeli részecskékre koncentrálnak, amelyek becsapódnak az atmoszféra felső rétegeibe, és amelyeket a napszél modulál; a cél megtalálni azt a mechanizmust, ami a napszél gerjesztő hatását egy rövid időskálájú légköri jelenséghez közvetíti. Példaként említhetjük a sarki fényt okozó részecskezápороkat, vagy a ritkább, de mélyebbre hatoló becsapódásokat, amelyeket relativisztikus elektronok okoznak. Többen érvelnek amellett, hogy ezek esetleg befolyásolhatják a zivatarok kialakulását, pl. elősegítve a cirrusfelhők keletkezését a troposzféra felső rétegeiben, vagy módosítják a Földet behálózó légköri elektromos áramrendszert.

A felsorolt néhány elgondolás nem azt akarja sugallni, hogy a naptevékenység, valamint az időjárás és az éghajlat közötti kauzalitás kérdése közel állna a megoldáshoz. Viszont, mivel a feltételezett korrelációk közül már többet sikerült a „zaj”-tól elkülöníteni, a témakör iránt egyre nagyobb az érdeklődés. A Nap és az időjárás viszonyát tekintve ezért remélhető, hogy a következő mérföldkő, egy kauzális kapcsolat bebizonyítása, már nincs messze.

RÉGI KÖNYVEK KÖZÖTT A SZABADSÁG-HEGYI CSILLAGDA KÖNYVTÁRÁBAN

Ma már hagyománynak számít intézetünkben, hogy szívesen látott vendégeinket könyvtárunkba is meginvitáljuk. Őszintén szólva büszkék vagyunk könyvtárunkra — melynek gazdagsága a világ nagy csillagászati intézményeivel vetekszik —, és arra is, hogy ezt a hosszú idő óta rendszeresen fejlesztett gyűjteményt ma is korszerűen tudjuk gyarapítani.

Az alsó szinten tárolt folyóiratok közül éppen a legfontosabbak már első számuktól kezdődően megvannak könyvtárunkban (Astrophysical Journal 1895 —, Astronomical Journal 1849 —, Astronomische Nachrichten 1823—), de ha egy emelettel följebb lépünk a könyvtárban, a csillagvizsgáló intézetek kiadványai közé, ott is igen sok régi anyagot találunk.

Egy 1836-os edinburghi kiadványban ez a beírás olvasható: „*The Observatory Buda from the Royal Astronomical Society*”. — „A Budai Csillagvizsgálónak a Királyi Csillagászati Társaságtól”. Odébb néhány hatalmas fóliót látunk, díszes bőrkötésben, a címlapon neves csillagásznak, a gellérthegyi csillagvizsgáló második igazgatójának, Tittel Pálnak a bejegyzése 1817-ből. Greenwichben járván, ajándékba kapta ezeket a Maskelyne-féle megfigyeléseket. Rágondolni is rossz, hogyan tudott hazautazni ezekkel a hatalmas kötetekkel, mikor jó néhány más könyvet is hozott becses „zsákmányként” erről a külföldi útjáról.

A jó viszony úgy látszik továbbra is megmaradt Greenwich-csel. 1730-tól már rendszeresen kapjuk kiadványaikat.

John Herschel személyes ajándéka az Afrika déli csücskén, a Jóreménység fokán végzett megfigyelések vaskos kötetei között bújik meg: „*To the Imperial Observatory Buda with the Author's Respect*”. — „A Budai Csillagvizsgálónak a szerző tiszteletével”. Palermóban készült az a díszes külsejű Piazz-i kötet, melyet Bourbon Lipót (1790—1850) ajánlott a gellérthegyi csillagvizsgálónak: „*Alla Specola Reale di Buda Leopoldo Borbone delle Sicilie Le Opere del Celebre Padre Piazz-i Suo Amico inivia, Vienna, 1814*”. — „A Budai Királyi Observatóriumnak tisztelettel ajánlja Péter Piazz-i műveit Szicíliai Bourbon Lipót”.

Pasquich János, az intézet „praeceptora” 1814-ben épp Bécsben tartózkodott. November 9-én bécsi keltezéssel adott át a nádornak egy feljegyzést — már a másodikat — a gellérthegyi csillagvizsgáló számára szükséges könyvbeszerzésről. Merész ötlettel állott elő. Saját könyveit ajánlotta fel az épülő csillagvizsgálónak, azzal a kikötéssel, hogy térítsék meg néki a könyvek árát, ő pedig az így kapott összegből újabb beszerzésekkel gazdagítja a létesítendő könyvtárat. Végleges választ 1816. március 15-én kapott. Értesítették, hogy a Kancelláriától leirat érkezett a Helytartótanácshoz, mely elrendelte számára a kért 600 Ft kiutalását. Pasquich 1817. december 20-án számolt be az újonnan beszerzett könyvekről. Annak a jegyzékének az eredetije, melyben az általa ajándékozott könyveket sorolta fel tételszerűen, ma is megvan könyvtárunkban.

Ha felmegyünk a könyvtár harmadik szintjére, a régi gellérthegyi könyvek jó részét ma is megtaláljuk. Könyvet kedvelő halandó számára már messziről is vonzóak ezek a könyvek, bőrkötésük kopottas aranyozása megragadja a szemet, s itt-ott egy-egy sárgás-fehér pergamenkötés is látható közöttük. Elsevir, Firmin Didot, Trattner, Landerer stb. — ezek mind ismerős nevek a könyvészetben jártas ember számára, ahhoz azonban már huzamosabb ismeretség is szükséges, hogy a könyvekben rejtőző kézírásos bejegyzések napfényre kerüljenek, hogy megértsük jelentőségüket, és könyveink, könyvtárunk régi történetét olvassuk ki belőle.

Mert hogyan is kerültek hosszú kalandozás után, 1928-ban az akkor felépült új Svábhegyi Csillagvizsgálóba a régi gellérthegyi könyvek? Budavár 1849-es ostroma idején a csillagvizsgáló épülete megrongálódott, berendezése tönkrement. Néhány műszert és a könyvtár egy részét Pestre vitték, és az egyetem fizikai intézetében helyezték el „ideiglenesen”. 1928. február havában Tangl Károly professzor ezeket a könyveket — szám szerint 529 tételt — átadta csillagvizsgálónknak. Még ebben az évben visszakerült a gellérthegyi könyvek másik része is. Albert Ferenc a szabadságharc bukása után Egerbe került, s odavitte a Gellérthegyről a megmaradt könyvek egy részét is. Elsősorban a saját könyveit és szeretett tanítójának, Tittel Pálnak az örökségét. Albert hagyatékát Podmaniczky Géza báró és felesége, Degenfeld-Schomburg Berta grófnő vette meg, 1884-ben létesített kiskartali csillagvizsgálójuk részére. Örökösük, Degenfeld Pál az obszervatórium megszűnése után a harmincezer kötetet is meghaladó, nagy értékű Podmaniczky-féle könyvtár néhány száz csillagászati könyvét 1928 októberében ugyancsak az újonnan létesült svábhegyi intézménynek ajándékozta.

De most kerüljünk beljebb a polcok közé, és emeljünk le néhányat a régi könyvek közül! (XI. tábla).

Kopott kötésű barna könyvecske, kapcsos imakönyvhöz hasonlít. A címlapon: „*Joannis de Sacro Busto Libellus de Sphaera, Wittenberg, 1531.*” — „*Joannes Sacro Busto könyvecskéje az égi szférákról, Wittenberg, 1531.*” A kötet előszavát Melanchton Fülöp írta. Mindjárt az előszóban magyar

INSTRUMENTVM

quo facillime omnes diuersitates ortus Poetici, oculis subijciuntur.



Sacrobosco: „Libellus de Sphaere” c. művének illusztrációi

N I C, Mar cel li, bo ni, dat, iun, pri mi, B4, Cy ri ni.
V I tiq;, Mar, pro tus, al, san cti, lo han, lo, dor, le, Pe,
Pau.

I V L, ui fit, Huld rich, oc, Bil, Chil li, fra, be ne, Mar
gar, A post, al.

E r nel phus, prax, Mag, Ap, Chris, la co bi q;, sim,
Ab don.

P E, Steph, steph, pro tus, Six, don, Cyr, Ro, Lau, Ty
bur hyp, Eus.

Sun pti o, A ga pi ti, Ti mo, Bar tho lo, ruff, Aug,
Col, au cti.

E G I di um, sep, ha bet, Nat, Gor gon, Pro ti q;, Crux
Nic.

Euph, Lam per ti q;, Matth, Mau ri ci us, & Da,
Vuen, Mich, Hier.

RE mi q;, Fran ci scus, Mar cus, Di, Ger, Ar ti q;, Ca
lix.

GAL li, Lu cas, uel, und, Sc, Se uc, Cri spi ni, Si mo
nis, Quin.

OM ne, No uem ber, Le on, qua, The o, Mar tin, Bri
tij q;.

Post, h, ec, E li sa, ce, Cle, Cris, Ca tha rina, sat, An.

DE cem ber, Bar ba, Ni co la us, & al ma, Lu ci a.

San ctus, ab, in de, Tho mas, mo do, Nat, Steph, loh
pu, Tho mæ, Syl.

F I N I S.

vonatkozású adatra lelünk. Simon Gryneus, akinek a könyvet Melanchton ajánlja, Magyarországon is működött néhány évig. A Mátyás alapította Budai Akadémia tanára volt a 16. század elején, neves tudós barátjával, Vuinshemius-sal együtt. A protestáns üldözések miatt kellett később Budát elhagyniuk. Sacro Busto — ismertebb nevén Sacrobosco — egy másik művét is megtaláljuk ugyanebben a kötetben. Ez egy 1553-ban megjelent kronológia, címe: „*De anni ratione seu ut vocatur vulgo Computus Ecclesiasticus*”. „Évszámítás, vagy ahogy népszerűen nevezik egyházi időszámítás”. Egy, a középkorban oly népszerű kétoldalas csíziót is találunk benne. A csízió rövid kalendáriumocsksa, mely versbe szedve sorolja el az év fontosabb napjait. Célja az volt, hogy segítsen memorizálni — elsősorban az iskolásgyerekek számára — a nevezetesebb ünnepnapokat.

Magáról a szerzőről keveset tudunk. Eredeti neve John Hollywood volt. Valószínűleg Yorkshire-ban született, Angliában. Csillagászati tevékenységét Párizsban folytatta, az 1230-as években. Itt írta nagy sikerű könyveit, melyeket még 400 év múlva is iskolakönyvként használtak. Nem tekinthetjük ezeket tudományos igénnyel megírt műveknek, Sacrobosco világképe nem volt eredeti, arab elődei — Al Battani, Al Farghani — elképzeléseit formálta át a maga felfogása szerint. De asztrológiai célokra jól használható „szakácskönyvek” voltak, amit több száz éven át megőrzött népszerűségük is bizonyít.

Ha tovább lapozunk a kötetben, örömmel vesszük észre, hogy magyarországi szerző művét is tartalmazza e kapcsos könyvecske: az erdélyi szász reformátor, neves nyomdász, Honterus János „*Rudimentorum Cosmografiae*” — „A csillagászat alapjai” c. művének két kiadását. Az elsőt kilenc évvel az 1541-es brassói kiadás előtt, 1532-ben nyomtatták Krakkóban, Scharfenberg betűivel. A krakkói kiadásban Honterus még prózában mondja el a szükséges csillagászati és földrajzi ismereteket, míg a kötetben szintén szereplő 1552-es zürichi kiadás már pompás latin versekkel szolgál. Ebben a földrajzi részt 13 térképlap is kiegészíti. Honterus művének népszerűségét bizonyítja, hogy Magyarországon kívül számos más országban is többször kiadták. Hogy Sacrobosco műveit mikor kötötték egybe e két Honterus-kiadvánnyal, azt nem tudjuk, de azt igen, hogy Tittel Pál örökségeként került a kötet a gellérthegi könyvtárba, már ebben a formájában. A múlt században is igen ritka, értékes könyvnek számított.

Ugyanezen a polcon találjuk a korábban említett Vuinshemius csillagászati könyvecskéjét: „*Novae questiones de sphaerae, hoc est de circulis coelestibus, et primi mobilis, in gratiam studiosae iuventutis scriptae a M. Sebastiano Theodorico Vuinshemius Mathematicum Professore*”. — „A szférák, azaz az égi körök és a „*primum mobile*” * újabb kérdései, a tanuló ifjúság hasznára írta M. Sebas-

* „*primum mobile*” az égbolt 24 órás mozgása a nyugvó föld körül

RVDIMEN

TORVM COSMOGRAPHICORVM

*rum Ioan. Honteri Coronensis libri III. cum
tabellis Geographicis elegantissimis.*

De uariarum rerum nomenclaturis per
classcs, liber I.



TIGVRI APVD FRÖSCHOZ

uerum. Anno, M. D. LII,



Földünk térképe a Honterus-könyvből

tianus Vuinshemius matematikus professzor.” A könyvet Wittenbergben nyomtatták, 1563-ban, Joannes Crato betűivel. Tudományos igénnyel megírt mű. Bevezetőjében a csillagászati tudomány elsajátításához szükséges matematikai ismereteket foglalja össze, a korban szokásos kérdés-felelet formában. Próbáljunk megbirkózni a 16. századi latin tudományos nyelvvel, s beleolvasni a könyvbe. Jó tudnunk, hogy még csak néhány év telt el Kopernikusz „*Reolutio...*”-jének megjelenése óta. Mi a véleménye Vuinshemiusnak a héliocentrikus világrendszerrel kapcsolatban?

„*Sol inter planetas omnes medium obtinet locum, calidus et siccus mediocriter, qui esí autor caloris vitalis in omnibus nascentibus et lucis diurnat anno spacio Zodiacum percurrit hoc suo motu annorum spacium definit...*”

„*Si terra moveretur versus ortum, meteora omnia in alia aere constantia, videretur ferri versus occasum econitra.*

Si vero aer ea quae in aera consistunt, una cum terra circum ferrentur omnia videretur consistere.

Sed nihil horum fieri experientia testatur ergo terra non movetur, sed in medio mundi quiescit.

In revolutione circuli necesse est centrum esse immotum, Terra est mundi centrum.

Ergo necesse est terram in medio quiescere." —

„A Nap a bolygók között a középső helyet foglalja el, meleg és mérsékelt szára, ő a forrása az éltető melegnek minden élőlényben, fényével napokra bontja az évet, egy év alatt körüljárja az Állatövet, ezzel a mozgásával az év hosszát szabja meg...”

„Ha a Föld kelet felé mozogna úgy látszana, hogy nyugat felé viszi a meteorát*, és mind a levegőben tartózkodókat, és viszont.

Ha pedig a levegő és minden ami benne van áll, és a földdel együtt körbeforog, minden állni látszana.

De a tapasztalat tanúsága szerint ezekből semmi sincs. Tehát a Föld nem mozog, hanem a világ közepén nyugszik.

A körmozgáshoz az szükséges, hogy a centrum mozdulatlan legyen.

A Föld a világ centruma, tehát szükséges, hogy a világ közepén nyugodjék.”

Látjuk, hogy Vuinshemius Tycho Brahénak az egyházak által is támogatott elképzelését tanította, némi módosításokkal. A könyv többször is említi Reinholdus csillagászati táblázatait. Melancton pedig a bevezetőben az 1553-as kiadású Sacrobosco könyvet ajánlja nagy tisztelettel a kiváló csillagásznak, Erasmus Reinholdusnak.

Vegyük kézbe Reinholdusnak 1585-ben, Wittenbergben kiadott „*Prutenicae Tabulae Coelestium motuum*” — „Az égitestek mozgásának összefoglaló táblázata” c. könyvét. S íme ezeket a sorokat találjuk Kopernikuszról, mindjárt a szerzői előszóban:

„*Magnam igitur gratiam debemus summo viro Nicolao Copernico, quod et observationes suas multorum annorum vigiliis et magna laboris assidue partas studiosus liberaliter communicavit, et collapsam pene motuum doctrinam restituit, atque in lucem revocavit edito suo revolutionum.*” — „Nagy hálával tartozunk a legkiválóbb férfiúnak Nicolaus Copernicusnak, hogy megfigyeléseit, melyeket sok évi állandó virrasztással végzett, és szorgalmas munkával megszerzett eredményeit nagylelkűen közreadta, és a mozgások csaknem összeomló elméletét újjá alakította és „*Reolutio...*”-jának kiadásával megvilágította.”

Ne gondoljuk, hogy a két szerző — Vuinshemius és Reinholdus — eltérő állásfoglalását az a röpke harminc esztendő magyarázza, mely a két könyv kiadása között telt el. Hisz Ricciolus, 1665-ben kiadott nagyszerű csillagászati táblázatainak bevezetőjében, még mindig csak mint egyfajta hipotézist említi a héliocentrikus szemléletet. Folytathatnánk persze a felsorolást, hogy például a nagyszombati egyetemen csak a 18. század második felének fizikatankönyvei merik először helyeselni a kopernikuszi elveket. A jeles erdélyi csillagász, Mártonfi Antal viszont az 1798-ban, Gyulafehérvárott kiadott „*Initia astro-*

* „meteora” = időjárási jelenségek

**INITIA
ASTRONOMICA
SPECULAE BATHYANIANAE
ALBENSIS IN TRANSILVANIA**

Cujus

- I. Originem, et Adjuncta.
- II. Adparatum Astronomicum.
- III. Rectificationem Instrumentorum.

PROPOSUIT

ANTONIUS MARTONFI,

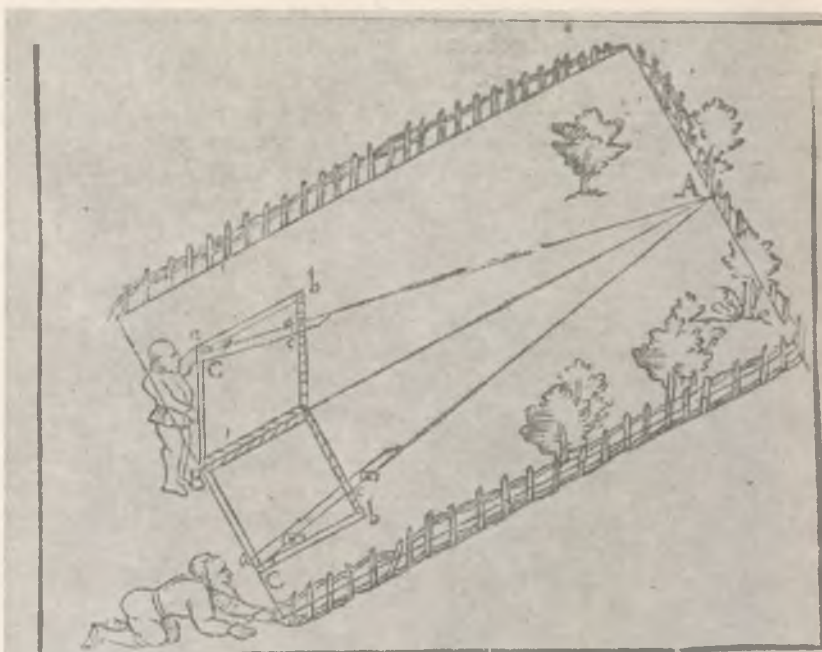
**PRESBYTER SECULARIS, PHILOSOPHIAE DOCTOR,
SPECULAE EJUDEM DIRECTOR, ET ASTRONOMUS.**



Cum XI. Tabulis Aeneis.

ALBAE CAROLINAE.
Typis EPISCOPALIBUS, ANNO M. DCC. XCVIII.

Mártonfi könyve a gyulafehérvári csillagvizsgálóról



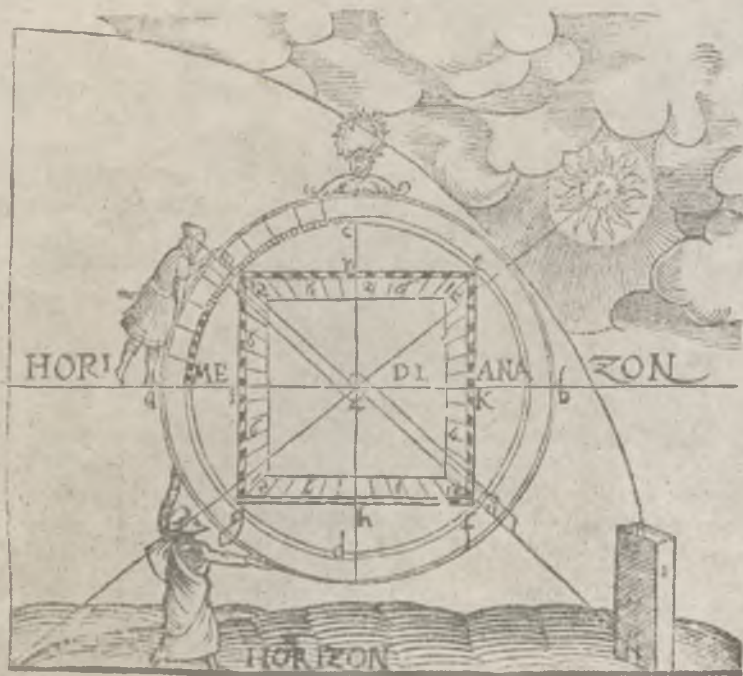
Das 49. Capitel. Wie ein ackers / wiss-
mats etc. lenge vnd breite / durch zwen stände
abgemessen mag werden.

Wenn aber solche feldung so gar lang / oder so
gar weyt ist : so wirdt die höhe des Instru-
ments solchem grossen triangel einen Cathetum zuge-
ben nit genügsam sein / von wege der grossen leng des
basis solches grossen triangels : Darumben auch die
leng oder weyte solcher feldung gar schwerlich ge-
funden kan werden / als die an jr selbst ist : wie du im

T

13. Ca.

26
 ist / des quadrats auff dem rucken des Astrolabij ge-
 macht / des mehrern thail gebrauch: das thünich allein
 darün: Nachdem dyes quadrat in dem Circel ge-
 macht vnd verfaßet: vnd quadrat vnd circel ein re-
 gel zu dem abscheyn in messen einer höhe / tieffe / oder
 were haben: daß man alda sehe vñnd lerne / daß diser
 vñnd des Georgij Peurbachij quadrat / ja ein jedes ins-
 trument zu dem messen gemacht sampt ihren abtau-
 lungen / den vrsprung auß dem circel nemen / vñnd ge-
 macht werden: wie nach folgende figur des einen au-
 genschein vñnd güte anzeigen thüt geben.



G ij Da

nomicae . . .” — „A csillagászat alapelvei” c. művében még mindig a geocentrikus elképzelést tanítja.

Nem feladata e tanulmánynak, hogy tudománytörténeti alapossággal tárgyalja a szóban forgó kérdést. Csak arra akartam felhívni a figyelmet, milyen alkalmat nyújt egy ilyen könyvtár a kutatónak, hogy az itt-ott már elmosódott sorokat böngészve, végre eredetiben, s ne kommentárok alapján próbálja megismerni a régi tudósok elképzeléseit, kibogozni az olykor szándékosan is bonyolított szöveg mögött rejtőző tiszta gondolatot.

Magyar vonatkozású mű van most a kezemben. Papírkötése nem mutatja valódi értékét. Ez az 1563-ban Dilingenben kiadott könyv a második matematikai munka, amely magyarországi szerzőtől jelent meg: „*Ein kurze und grundliche anleitung zu dem rechten verstand Geometriae*” — „Egy rövid és alapvető bevezetés a geometria jobb megértése érdekében”. Írójáról, aki magát Christoffen Puehler von Syclas in Ungern néven nevezte, Bendefi László bibliográfiájában ezt olvassuk: „A siklósi vagy sziklai eredetű Pühler Kristóf fiatal korában a bécsi egyetem hallgatója. Innen Németországba vetődött el és a Saar-vidéken dolgozott”. A kötet előszavából megtudjuk, hogy Pühler hosszan tartó betegeskedése készítette a geometria alaposabb tanulmányozására. Könyve tele van szebbnél szebb illusztrációkkal. Olyan geometriai példákat használ, amelyek a korabeli földmérés és a csillagászat gyakorlatában voltak szükségesek. Külön értéke, hogy a 16. században használatos mérőműszerek részletes leírását is megtaláljuk benne, s magukat a mérési munkálatokat is képekben örökíti meg. 1974-ben Pécsen magyar nyelvű fordításban is megjelentették.

Látogatóink gyakran felteszik a kérdést, melyik a könyvtár legrégebbi könyve, s csalódottan nézik azt a néhány lapos, egyszerű kötésű verses kötetet, melyet csak belső illusztrációi tesznek ünnepélyessé. 1502-ben adták ki, címe: „*Clarisimi Hyginii Astronomi De Mundi Et Sphere Utriusque Partium Declaratione Eis Planetis Et Clariis Signis Historiatis.*” — „Az igen híres Hyginus csillagász a világról és annak szféráiról, és mindkettőnek a részeiről, kifejtve benne ennek bolygóit és a történelmi nevezetességű égi jegyeket”. A középkor egyik legnépszerűbb könyve volt, nyomtatott formában 1482-ben jelent meg először Velencében. Néhány oldalas bevezető után az egyes csillagképekről írott verseket tartalmazza. Szerzőjük Hyginus római költő volt, Augustus császár pártfogoltja, könyvtárának őre. Jól tudjuk, mily népszerű „tudomány” volt Rómában az asztrológia. Petronius elbeszélésében, a „Trymalchio lakomájában” olvashatjuk, hogy a palota legékesebb termét a Zodiákus jeleivel díszítették (XIV. tábla). De ha nem is nevezhetjük tudományos műnek Hyginus könyvét, olvasmánynak ma is élvezetes ez a csaknem kétezer éves verszet, mely a csillagképek elnevezésének mitológiai hátterét is megvilágítja. A kötet végén az egyes égitestek egymástól mért távolságaira vonatkozó érdekes

In nomine Dñi

A terra usq; ad lunam est distantia 126600
stadiorum .i. 15825 miliariorum.

A luna usq; ad mercurium 7812 miliaria.
& semis.

Inde ad uenerem 7812 miliaria.

Inde ad solem 2246 miliaria.

A sole ad martem 15625 miliaria.

Inde ad Iouem 7812 miliaria.

Inde ad firmamentum 22426 miliaria.

Inde ex his colligi potest q; a terra usq; ad
caelum interfunt 107570 miliaria.

Circuitus terræ est 180000 stadiorum .i.
22500 miliariorum.

Néhány számszerű adat a „világ” méretéről Hyginus könyvében

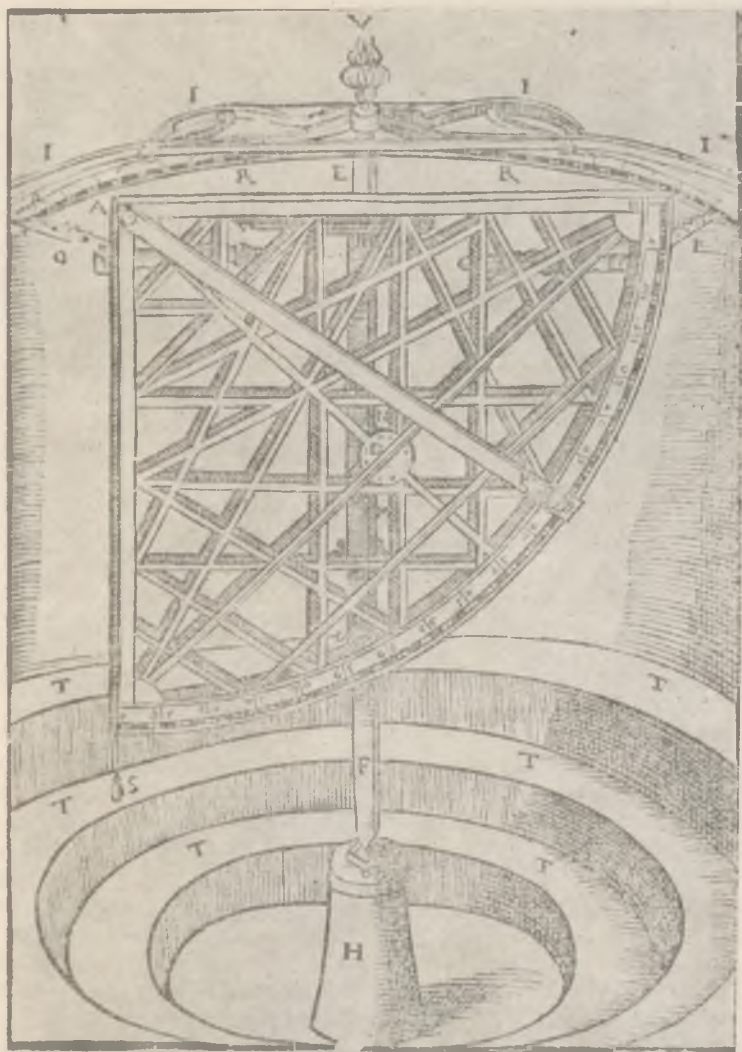
számszerű adatok olvashatók „*A terra usque ad lunam est distantia 126600 stadorum. I. 15825 miliariorum. A luna usque ad mercurium 7812 miliaria et semis. Inde ad venerem 7812 miliaria*” stb.

Kuriózumként tekintsünk bele néhány percre egy pergament borítású, két-nyelvű könyvbe. Oxfordban nyomtatták 1665-ben, perzsa és latin nyelven. Címe „... *Tabulae long. ac lat. Stellarum Fixarum ex observatione Ulugh Beighi Tamerlanis Magni Nepotis...*” — „Táblázatok az állócsillagok (csillagászati) hosszúságáról és szélességéről Ulug Begnek Tamerlan nagy unokájának megfigyelései alapján”. (XII. tábla) Ulug Beg 1428-ban kezdte építeni híres csillagvizsgálóját, mely ma is büszkesége Szamarkandnak. Itt végezte csillagászati megfigyeléseit. Hogy az addigi katalógusoknál pontosabbat készítsen, újra megfigyelte a Ptolemaiosz-féle katalógus minden egyes csillagát, annak a 17-nek a kivételével, melyet Szamarkandban soha nem lehet látni. Ulug Beget uralkodó létére csak a tudományok művelése érdekelte. Ellenségei 1449-ben, 56 éves korában, a saját fia segítségével végeztek vele. Katalógusának sem jutott sokkal szerencsésebb sors. Csak kétszáz év múlva adták ki Európában, s ekkorra már korszerűtlenné vált, a sokkal pontosabb, új katalógusok mellett már nem volt jelentősége.

E történeti érdekességek, könyvészeti ritkaságok után vegyük most kézbe a „nagyok” műveit.

Vaskos kötet, megemelni is nehéz. Fólió nagyságú, terjedelme 1000 oldal. „*Historia Coelestis... Observationes Astronomicas Varias Ad Historiam Coelestis*”. Szerzője Tycho Brahe, a modern csillagászat egyik megalapítója. A könyv 1671-es kiadás, Regensburgban, Johann Conrad Emmrich betűivel adták ki. Tycho évtizedes észlelési anyagát adta közre benne, mások történeti értékű régi megfigyeléseivel egyetemben. Megtaláljuk a könyvben Tycho híres műszereinek képét is, azokét, melyekkel a mester a saját korában szinte hihetetlen pontosságú megfigyeléseit végezte.

Egy másik, az előbbinél sokkal egyszerűbb kiadású, papír kötésű könyv ritka érték. 1628-as megjelenésével (a címlapon 1627 szerepel) forradalmasította az egész csillagászatot. A Rudolf-féle táblázatokat tartjuk kézben, nem minden meghatódottság nélkül. Kepler ezt a munkáját maga is élete főművének tartotta, itt közli az általa számított bolygótáblázatokat. E táblázatok az 1618-ban megjelent „*Epitomae Astronomiae Copernicanae*” — „Kivonatok a Kopernikuszi csillagászatból” c. művének elméleti eredményei és a ma már általánosan ismert Kepler-féle törvények segítségével készültek el. A puritán egyszerűséggel nyomott könyv címlapját érdekes metszet díszíti, melyet Kepler személyes útmutatásai alapján készített barátja, Wilhelm Schickard (XV. tábla). Ezt érdemes alaposabban szemügyre vennünk. Templomszerű épületet tart a Zodiákus 12 oszlopa (ezek közül a képen csak 10 látható). A templom



QVADRANS VOLVBILIS AZIMVTHALIS.

Csillagászati műszer Tycho: „*Historia Coelestis...*” című könyvében

közepén márványtábla függ, ezen olvasható a könyv címe: „*Tabulae Rudolphinae Astronomicae*”. A két középső oszlop mellett a főszereplők vitatkoznak, Tycho és Kopernikusz. Tycho indulatosan állva szónokol, nem hisz az oszlopnak dülve üldögélő öreg tudós magyarázatainak. Kopernikusz mellett — szintén egy oszlopnak dőlve — Hipparkhosz kínálja a megfigyeléseit az utókornak (több mint ezer éven át mindenki az ő adatait használta fel), Tycho mögött viszont Ptolemaioszt takarja el félig egy oszlop, amint számítások fölé hajolva, munkájába merül. Ez jelképezi, hogy Tycho elméleti elképzelései mögött az ő gondolatai bújnak meg. Leghátul egy káldeus csillagász végzi megfigyeléseit, jelezve a kezdeteket. Az épület talapzatának közepén egy kis térképet látunk Hven szigetéről, ahol Tycho folytatta Kepler által is felhasznált csillagászati megfigyeléseit. (Hátsó borító képe: Hven szigete.) Az egyes oszlopokon az alattuk álló vagy ülő csillagász legfontosabb műszerei függenek. Kepler is ott gubbaszt a talapzat baloldali részén, gyertyafény mellett dolgozva. Feje fölött egy márványtáblán olvashatjuk eddig megjelent műveinek címét. A talpazat jobb oldalán a könyv betűszedőjét és nyomtatóját látjuk, amint az ulmi Jonas Saur műhelyében munkájukat végzik. Az emlékmű tetején látható allegorikus személyek — „Magnetica”, „Statica”, „Geometria”, „Logarithmica”, „Astronomia”, „Optica” a Kepler által művelt tudományágakat jelképezik.

Kepler táblázatai 50-szeres pontosságot értek el az előzőekhez képest. A bennük rögzített adatok alapján eddig meg nem figyelt csillagászati jelenségeket lehetett megjósolni. 1639-ben egy fiatal angol csillagász Jeremiah Horrocks, a Kepler-táblák segítségével számította ki a Vénusz Nap előtti átvonulásának idejét, és figyelte meg a történelemben először ezt a ritka jelenséget. Megdöbbentő az akkori tudomány korszerűsége, hogy ez az ifjú angol pap már így felhasználta az alig 12 éve megjelent Kepler-könyvet.

Az említett „*Epitomae Astronomiae Copernicanae*” első kiadása is megvan könyvtárunkban. Mellette Keplernek egy 1606-ban kiadott másik könyve, egy elsősorban asztrológiai célokat szolgáló, mégis igen értékes mű: a „*De stella nova in pede Serpentarii...*”, amely a Kígyótartó csillagképben feltűnt, híres, 1604-es, Kepler-féle szupernóva megfigyelési adatait tartalmazza. Ugyanebben a kötetben a nagy csillagász két másik érdekes munkája is megtalálható. Egyik az 1600-ban felbukkant Kepler-féle „nova” (ma már tudjuk, hogy a P Cygni csillag) adatait közli, a másikban viszont — „*De Iesu Christi Servatoris Nostri Vero Anno Natalitio*” — „Jézus Krisztusnak a mi megváltónknak születésének pontos idejéről” Kepler tudományos eszközökkel, történeti művek és régi csillagászati megfigyelések egybevetésével akarja meghatározni Jézus születésének pontos dátumát, s bár eredményei nem egyeznek a ma általánosan elfogadottakkal, e kronológia alapvető forrásmunkája volt mindazon szerzőknek, akik később ugyanezzel a problémával foglalkoztak.

T A B U L A E

RUDOLPHINÆ,

QUIBUS ASTRONOMICÆ SCIENTIÆ, TEMPO

anno iniquitatis obitus RESTAURATIO CONTINGIT.

A Phœnice illo Astronomorum

TYCHONE,

Ex Imperatoris Generosi HÆREDEMUS REGIS DUCIS

Sancti Imperialis Equitis.

PRIMUM ANIMO CONCEPTA ET DESTINATA ANNO CHRISTI MDLXIV: EXINDE OBSERVATIONIBUS SIDERUM ACCURATISSIMIS. POST ANNUM PRÆCIPUE MDLXXII, QUO SIDUS IN CASSIOPIÆ CONSTELLATIONE NOVUM REFULSIT, ANTE INVENTATA, TABULIS OPERIBUS, CUM MECHANICIS, TUM LIBRARIIS, IMPENSA PARITER ET CURA, ANNO DOMINI MDLXXIII, A PONTIFICI H. DE SILENTIIS, REGALI MAGNIFICENTIA, IMPER. ITALIA PER ANNO XX, VI, P. DE SILENTIIS, SIVE BENEDICTI HUGONI, SACRE URANI TABULÆ, QUOD NUNC DICTUM

datum est, illustrata:

TANDEM TRADUCTA IN GERMANIAM, INQUE ADAM ET NOMEN RUDOLPHI IMP. ANNO MDLXXII.

TABULAS IPSAS, JAM ET NUNCUPATAS, ET AFFECTAS, SED MORTE AUCTORIS SUI ANNO MDCLXXXV.

JUSSU ET STIPENDIIS FRETUS TRIUM IMPER.

RUDOLPHI, MATTHIÆ, FERDINANDI,

ANNITENTIBUS HÆREDIBUS BEAHEANIS, ET FUNDAMENTIS OBSERVATIONUM CIVILIARUM, AD EXEMPLUM SERIATIONUM, TAM CIVILIARUM, QUAM ASTRONOMICARUM, PER ENIATIAUBIA, ET COMITATUBIA, PRIMUM PER AUSTRIAM, BEHEM, MORAVIAM, ET SILESIAM, L. MCCCLXXIII.

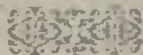
Superiorum Austriae, Stiriae, Carinthiae, et S. P. P. TABULAS ASTRONOMICAS, PER ANNO, VI, P. DE SILENTIIS, SIVE BENEDICTI HUGONI, SACRE URANI TABULÆ, QUOD NUNC DICTUM

IOANNES KEPLERUS,

TYCHONI PRIMARIO RUDOLPHO II IMP. AUSTRIÆ SACRÆ MAJESTATIS CONSILII, TRIUM ORDINE IMPER. VIENNAENSIS:

Quod sibi de Imperialis mandato FERDINANDI II, SACRÆ MAJESTATIS CONSILII, VIENNAENSIS.

Quibus ad usus præsentium, ET posteritatis, COPIAS, NUMERICIS, ET SPATIIS, CETERIS, ET PRÆCIPUE JOHANNIS SAMMII, REIP. ULMI, VIZ. TYPOGRAPHI, IN PUBLICUM EXTULIT, ET TYPOGRAPHICIS OPERIBUS, L. M. & C. CURAVIT ASSUMI.



Cum Privilegiis, IMP. & Regum Rerumq; publ. vivo TYCHONI ENIMQ; HÆREDIBUS, & speciali Imperatoris, ipsi KEPLERO concessio, ANNO MDC.

ANNO M. D. C. XXVII.

A híres Rudolf-féle táblák címlapja

JOANNIS KEPLERI

Sac. Cæs. Majest. Mathematici

DE

STELLA NOVA
IN PEDE SERPENTARII, ET
QUI SUB EJUS EXORTUM DE
NOVO INIIT,
TRIGONO IGNEO.

LIBELLUS ASTRONOMICIS, PHYSICIS, META-
physicis, Meteorologicis & Astrologicis Disputationibus,
observat. & prædictis plenus.

ACCESSERUNT

I. DE STELLA INCOGNITA CIGNI:
Narratio Astronomica.

II. DE JESU CHRISTI SERVATORIS VERO
*Anno Natalitio, consideratio novissimæ sententiæ LAU-
RENTII SVSLIGÆ Poloni, quatuor annos in usitata
Epocha desiderantis.*

Cum Privilegio S. C. Majest. ad annos xv.



PRAGAE

Typis PAULI SESSII, impensis AUTHORIS.

ANNO M. DCVI.

Könyv az 1604-es szupernóváról

n hodierno mane dispositio Planetarum ista:



nr attinet diem conjunctionis Saturni & Iovis.

Illusztrációk Kepler: „De stella nova. . .” c. könyvéből



Némi szorongást érzek, mikor a tudományos munkák talán legnagyobbikát, a „Principiát” veszem kézbe. Az 1713-ban, Cambridge-ben megjelent második kiadás van előttem. Nézem Newton előszavát, a lap széle tele kézirásos megjegyzésekkel. A bejegyzések három nyelven íródtak (latin, német, angol) és különböző időszakokból származnak. A szerkesztő, Roger Cotes előszavát is indulatos, kézzel írott széljegyzetek tarkítják. Keresem a könyvben a híres newtoni törvényeket, melyek megfogatták az akkori tudományos világot. Íme:

Axiomata sive leges motus

„Lex I. *Corpus omne perservare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.*

Lex II. *Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.*

Lex III. *Actioni contrariam semper et aequalem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi.”*

Axiómák avagy a mozgásnak a törvényei

„I. Minden test megőrzi nyugalmi állapotát vagy egyenes-irányú egyenletes mozgását, amíg csak egy másik erőtlől befolyásolva helyzetének megváltoztatására nem kényszerül.

II. A mozgás mennyiségének megváltozása arányos a mozgást befolyásoló erővel, és abban az irányban jön létre, amelyből az erő hat.

III. Az ellenhatás mindig egyenlő és ellentétes irányú a hatással, két test hatása egymásra kölcsönös, és ellentétes részekre irányul.”

Néhány mondat a gravitációról, ezek a Principia 3. kötetében találhatóak:

„Corol 1. *Gravitas igitur datur in Planetas universos. Nam Venerem, Mercurium, caeterosque esse corpora ejusdem generis cum Jove et Saturno, nemo dubitat. Et cum attractio omnis (per motum Legem tertiam) mutua sit, Jupiter in Satellites suos omnes, Saturnus in suos, Terraque in Lunam, et Sol in Planetas omnes primarios gravitabit.*

Corol 2. *Gravitatem, quae Planetam unumquemque respicit, esse reciproce ut quadratum distantiae locorum ab ipsius centro.*

Corol 3. *Graves sunt Planetae omnes in se mutuo per Corol 1. et Corol 2. Et hinc Jupiter et Saturnus prope conjunctionem se invicem attrahendo, sensibilibiter perturbant motus mutuos, Sol perturbat motus Lunares, Sol et Luna perturbant Mare nostrum, ut in sequentibus explicabitur.”*

”I. Tehát a gravitáció minden bolygónál megvan. Senki sem kételkedik ugyanis abban, hogy a Vénusz a Merkúr és a többiek azonos nemű testek a Jupiterrel és a Szaturnusszal. És minthogy minden mozgás kölcsönös, a mozgás harmadik törvénye értelmében a Jupiter minden holdjára, a Szaturnusz az övéire, a Föld a Holdra, a Nap minden egyes bolygójára gravitációs erővel hat.

2. A nehézségi erő, amely egy bizonyos bolygóra vonatkozik, fordítottan arányos a helyek középponttól mért távolságának négyzetével.

3. Nehézségi erő lép fel minden egyes bolygóban, kölcsönösen, az első és második korollárium értelmében. Ebből következően a Jupiter és a Szaturnusz együttállásukban, miközben egymást kölcsönösen vonzzák, észrevehetően zavarják a másik mozgását is. A Nap zavarja a Hold mozgását, a Nap és a Hold a mi tengerünket zavarja, ahogy ezt a következőkben ki fogjuk fejteni.”

A Principia (teljes címén: „*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*”) 1723-as amszterdami kiadásában Newtonnak egy másik remekművét is megtaláljuk: „*Analysis per Quantitatum Series, Fluxiones, Ac Differentias cum Enumeratione Linearum Tertiū Ordinis*”

Newton műveitől nem messze, a könyvtár fólió nagyságú kötetei között egy jóval későbbi kiadású munkát találunk, 1835-ből. Szerzője: Francis Bailly, címe: „*An Account of the Rev^d John Flamsteed, the first Astronomer Royal*”. Ez Flamsteed híres „*British Catalogue*”-jének javított kiadása. Bevezetőjében Bailly a hírhedt Newton—Flamsteed háborút tárgyalja, dokumentumokkal is alátámasztva a sokat üldözött első királyi csillagász igazát. Megvan egyébként könyvtárunkban a Flamsteed-féle gyönyörű csillagatlász is.

De térjünk ismét hazai tájakra. Az 1606-ban kiadott „*De stella nova...*” c. könyvben ezt a bejegyzést találjuk: „*Catalogi Societis Jesu, Tyrnavia... 1632*”.

1635-ben alapította Pázmány Péter a nagyszombati egyetemet, mai Eötvös Loránd Tudományegyetemünk őseit. Ez a beírás azonban igazolja, hogy már az egyetem megalakulása előtt is foglalkoztak csillagászzal az itteni jezsuita kolostorban.

A régi gellérthegyi könyvek közül mintegy negyven kötetben olvasható eredeti nagyszombati bejegyzés.

Az egyetemnek idővel már igen gazdag könyvtára volt. Erről ma is hű képet kapunk, ha a „*Merkur von Ungarn*” c. 18. század végi folyóirat 2. kötetében fellapozzuk az erről szóló oldalakat. A könyvtár a csillagvizsgáló szomszédságában épült, faburkolatú, díszes nagy teremmel, s kisebb olvasótermekkel, melyekben kötelező volt a teljes szilencium. Külön termet rendeztek be az intézet tanárainak, s voltak a maiakhoz hasonló „kutató-szobák” is.

A nagyszombati csillagvizsgáló 1756-ban épült fel. De hogy már előtte is foglalkoztak az egyetemen csillagászzal, arra utal számos csillagászati könyv, amely bizonyíthatóan már előbb Nagyszombatba került.

Hogy az itt végzett tudományos munkáról képet kapjunk, érdemes áttanulmányozni magukat a nagyszombati kiadványokat is. Egy kötet például az 1676—1694 közötti nagyszombati kalendáriumokat tartalmazza. (XIII. tábla 2. képe) Ezek egy részét Linzben vagy Bécsben nyomták, a többi az itteni egyetemi nyomdában készült. Különös keverékei ezek a népi kalendá-

T A B U L A.

Quoad cursum Luna: per Signa Zodiaci, quandonam respectu cur-
sus Luna:, Signorum quæ percurrit, Bonum, vel Malum, vel Indiffe-
rensit: 1. Sanguinem mittere. 2. Medicinas sumere. 3. Balneis uti.
4. Ædificare. 5. Piscari. 6. Cædere ligna pro ædificiis. 7. Semina-
re, & Plantare.











Signa.	♈ Ari- es.	♉ Tau- rus.	♊ Ge- mini.	♋ Can- cer.	♌ Leo.	♍ Vir- go.	♎ Li- bra.	♏ Scor- pio.	♐ Sagit- tarius.	♑ Ca- prie.	♒ A- quar.	♓ Pi- ces.
Phlebot.	B	M	M	B	I	M	B	B	R	M	B	I
Medicina.	B	M	B	B	M	B	B	B	M	I	B	B
Balnea.	I	I	M	B	B	M	M	B	M	M	M	B
Ædificatio.	I	B	I	M	I	M	B	M	I	I	M	B
Piscatio.	M	M	I	I	I	M	M	B	I	I	M	B
Cæd. lign.	B	I	I	B	M	B	B	I	M	B	M	M
Plant. sem.	I	B	B	M	B	B	M	M	M	B	I	M










Asztrológiai tanácsok egy 1756-os kalendáriumból

riumoknak és a tudományos évkönyveknek. A cikkek, tanulmányok szerzőinek neve sajnos nem szerepel a kötetekben. Mindegyik évkönyv tartalmaz egy „*Prognosis Coniecturalis Astrologia*” c. fejezetet. Ez sem egyértelmű csillagjósítás. Az 1694-es kötetben külön tanulmányt olvashatunk a csillagokból való jóslás ellen, „*De iis eventibus quae Astrologi ex Astris possunt praedicere*” — „Azokról az eseményekről, melyeket az asztrológia a csillagokból előre meg tud jövendölni” címmel. Ugyanebben a kötetben viszont ott találjuk a népi kalendáriumokból is jól ismert férfialakot: meztelen testét a Zodiákus jelei övezik, melyekből nyilak indulnak a test különböző tájai felé. Ezek jelezték, mikor volt tilos késsel megérinteni — tehát eret vágni, operálni is — testünk ezen részeit. Az 1686-os kötetben csillagászati tanulmányt is találunk, címe: „*Dissertatio Physico-Mathematica, Astronomia*”.

1686-ban került vissza Buda vára keresztény kézre. Még ebben az évben megjelent a történetének főbb dátumait ismertető aktuális cikk: „*Synopsis Chronologica de Regia Urbe Buda*” a kalendáriumban.

A kalendáriumok nagy részében Andreas Argoli neve szerepel mint csillagászati megfigyelő. Nagyszombati csillagásznak gondolhatná az ember, ha nem tudná, hogy Argoli (1570—1657) páduai csillagász volt, s neve csak

PROPRIETATES ET SIGNORUM COELESTIUM.	
	Artes, pVT, gIDVet artem, a Vrato est VeL. esse pnia Cepi, a CLICet a signo Ver flordVt in Chaot illi.
	Venit Veris honos, a pferit silit raVeVs aprILeM, fLora patens VrIDes fLuelVs ornat agros.
	noL meMnos intrat, nVnC annI pVL Chror atas, LIL la en hIC fLorent. La VrI, V, xqVe, rafaqVe.
	solILitVM CaVsat CanCet, hat phoeVs In aXe, a CLICet ls nobls aLlor esse atqVf.
	noCre Leo rones, trit Vens In LVcE CaLores, CuelitVs aXe tonat, fVLMlnat atqVe tonat.
	Dat segetes Virgo, qVoaVe portat In horres granis, Mensis at aVpVtVs porro CaLore fVrit.
	signat Libra Dies aVeVMnt, hat noCdbVs xqVat, e Zonis nullis proctVnVs xilVs ablt.
	MVnera nVnC baCClI CaVels noVa sCuphon, Laxitls Ingenti Vafa LI, Vore replct. (Infer.)
	Digne sagittari, profers eVa MVfita proba l, ameqVt aLleltVr, LaxitVs hluC bllibVr.
	aCCe CapuCoruVs flk flrll MVnera torVVt, Lhmoat tenti aCLICat atqVe nVes.

Hic Sont Celsus nomenclaturae in Reconditis In Notulis:			
	Artes.		Libra.
	Taurus.		Scorpio.
	Gemini.		Sagittarius.
			Capricornus.
			Aquarius.
			Pisces.
Tunc nomenclaturae in Reconditis In Notulis:			
● Novilun.) Primus Quadr. ● Plenilun. ● Ultimus Quadrans			
Quatuor Anni Tempora.			
Vernalis.	1.	21.	Hivernalis.
2. Junil.	2.	21. Novembris.	16. Decembris.
3. Mardi.	3.	24.	17.
4.	4.		
Quatuor Anni Tempora sunt Ver, Aestas, Autumnus, Hiems.			
Quatuor Partes Dies, Aurora, Meridies, Vesper, Nox.			
Quatuor Partes Vita Humana sunt Puertia, Juventus, Virilitas, Senectus.			
Et Quatuor Aetates Dignitas.			
Ver Venit aVrocl, noVh Laxitls fLora.			
aVro mas qVnelt d pVrtila aric.			
altc abate fons fLora fVrtilaVt, bati.			
eL exora Dies, qVa los ablat aCles.			
at xoni Veflor nCraatVe It xelti belpit.			
AVVfite en qVam Vico, Vrtila etlt.			
aVMA nortCaVlt pna Cendit ligu aL Vels.			
ILLiqVe LVcE Latet, on X x opul. patit.			
Interpre. Quod Vita Humana.			
Rep. Vira ncl rVdICVaDa aLlon, Mox Veflor fLora.			

A Zodiákus jelei egy nagyszombati kalendáriumból

úgy került a címlapra, hogy az egyes csillagászati eseményeket az ő — 1630—1700 közötti időre érvényes — „Ephemerisei” alapján számolták ki, jósolták meg.

Egy jóval későbbi füzetecske, 1756-ból. Ekkor már állandó csillagvizsgálója is van Nagyszombatnak. A kalendárium még mindig tartalmaz asztrológiai prognózist. Elmés táblázata pontosan közli, mikor szabad, mikor tilos s mikor lehetséges bizonyos fontosabb munkákat — például favágást — elvégezni.

Nézzünk bele összehasonlításképpen egy 1650-ből származó németországi paraszt-kalendáriumba. Gyűrött lapjai tán azt mutatják, hogy gyakran forgott kézben. Rajzos illusztrációi a kor mindennapi életét varázsolják elénk. A meztelen férfialakot a Zodiákus jegyeinek védnöksége alatt természetesen itt is megtaláljuk. A mindennapi élet hasznos tudnivalóinak felsorolása közben megismerjük a kor csillagászati-geodéziai műszereit, a mérések elvégzésének módját is. A Frankfurt am Mainban megjelent kalendárium címe: „Himmelstlauf Wirkung und Naturliche Influenz der Planeten und Gestirn Ausgrundt der Astronomen nach jeder Zeit, Jahr, Tag und Stunden Constellation” — „Az égi pályák valamint a csillagok és bolygók természetes hatása csillagászok számításai alapján minden időre, év, nap, óra és konstellációk szerint”.

Den den ruckel Wein essen.



Das feilich, Man sol den Kranck nemmen noch Aderlassen, allein im
schreyffer manne er ven nehten ist. In sanften Baden mag man
nuehtern haben. Man sol in diesen dreyen Monaten wenig Weins trin-
cken, es derra den Magen vnd die Leber. Kalt Wasser in diesem Mos-
nat nichtern getruncken vertribt die Cholera. Was arult ist sel man
dieser zeit im Gesicht haben ist gut dem Haupt vnd Augen. In feurer
zeit kompt lieber Geschwuer dann in dieser. Noutenfastt vnd
Eysen fastt sel man mit Henis nischen den Hals vnd Keelen darmit
behalten ist gesundt vnd gut. In feurer zeit sel man in diesen dreyen
Monaten Geschwuer oder Drusen auffstun, auch reing haben.

¶ Augmenten.

Kreutzsch so die Altsien man
auff das ich heilich oder Wein. Ich mindt Wiltch vnd ich fahre Eysen
Wetche so werthen alle vnd groß.



Das herbstlich Wein.

Die Sonn kompt in Scorpiou / Nehet dorum / biß den heyligen
Tag Herbstmonats. Darin sol man nicht Aderlassen, noch
Aderlaß nemmen: Hat dich viel fül fülter vnd nemmen Oba-
hat dich vor neueren Weh vnd Zer. Nuss osti Conium. Alle sal-
te ding sind gut als Lanch vnd Pflanz. trunde ob Chermeng. De
adute / Polcy / vnd Wegbreit. ist etra auf herbstom.

¶ Herbstmonat.

Erauen mach ich die Ader weile. Dief so wete Kelsch kan ich mer erkeren
Der Wein der ist getebet weile. Vnd ich die fischen T. auch in sein.



Er zeit sind allerley Krancken viel zu erkennen. In allen
zur Kranck dumlisch ist zeit man müte er alle in diesen Mos-
nat end Wehen verhalten. Was um Wehen verschluckt brun-
get der Hutz wider. Wehet das Blut gibt gute Zart.

¶ Weinmonat.

Ich bewert die herbstliche Weinzeit. Das es nicht ruckel das Jar erntsch. Das es nicht ruckel das Jar erntsch.

Das 17. Tag Weinmonats ist die Sonnen in Capricorn
17. Tag Wintermonats. Er ist Aderlassen. Kranck er nemmen.
Hüte dich aber vor neueren Krancken. Das es nicht ruckel das Jar erntsch.

Életrképek a „Himmelslauf...“ c. kalendáriumból

A 18. század második felében a nagyszombati egyetem virágkorát élte. Az 1750-^{es} években születtek meg a híres fizikakönyvek, Jaszlinszky, Ádány, Revicky tollából. Ezek már csak elavult hipotézisként tárgyalják Ptolemaiosz elképzeléseit. Majd a 70-es években írta meg két volt nagyszombati tudós, Horváth Keresztelő János és Makó Pál, nemzetközileg is elismert, külföldön is több kiadást megért matematika-, illetve fizikakönyveit. Ezek közül jó néhány könyvtárunk polcain is megtalálható, így Makó: „*De Arithmetica et Geometricis*” és „*Compendaria Physica Institutio*” c. műve, valamint Horváth: „*Elementa Physicae...*” és „*Institutio Physicae Generalis*” c. vaskos kötetei. Horváth már a newtoni eredmények alapján írta meg fizikáját. Egy Lalande-könyvünk címlapja Makó Pál aláírását is őrzi.

Az 1770-es években egy jeles csillagászati tankönyv is megszületett. Szerzője, Mitterpacher Lajos, neves férfiú volt a maga korában. Jeles történészünk, Horvát István „Mindennapi” c. naplójában a felsorolt 200 hazai híresség közül elsőként őt említi. Mezőgazdasági könyveket is írt különben, ő volt az agrártudományok első professzora a pesti egyetemen. Nagy alaposággal megírt csillagászati művének címe: „*Anfangsgründe der physikalischen Astronomie*” (Wien, 1781.)

Gebrauch

Wie du messen solt die höhe eines Thurms
auff einem Berg / so du im Thal stehest.



Du wollen wir zeigen / wie man eines jeden dinges höhe / das
auff einem Berge stehet / in einem Thal messen soll. Zum er-
sten / so luge / das du habest einen ebenen Plas / dann so bedenck
die höhe des Berges / durch die zween gleichen Stränd / als im nechsten
Capitel gesagt ist / das thue auch mit der höhe des thurns nach der nech-
sten Lehr / dann so zeuch die höhe des Berges von der ganzen höhe / vnd
was vberbleibet / ist die höhe des Thurns.

W

Visszatérve a nagyszombati könyvekre, azok közül a Weiss Ferenc által igazgatott csillagvizsgáló 1756—1770 között kiadott csillagászati megfigyelései a legfontosabbak számunkra. Az 1770-es megfigyeléseket 1772-ben nyomtatták ki. 1773-ban pápai rendeletre feloszlott a jezsuita rend, 1777-ben került a csillagvizsgáló az egyetemmel együtt Budára. 1779-ben elkészült a királyi Várra épített csillagvizsgáló, 1780-ban kezdődtek meg benne a csillagászati megfigyelések. Munkatársai saját kiadvány híján a Hell-féle bécsi és a Bode-féle berlini évkönyvekben publikálták eredményeiket. Weiss Ferenc 1785-ben bekövetkezett halála után Taucher Ferenc volt a budai csillagvizsgáló igazgatója, több mint húsz esztendeig. Az ő aláírását is őrzi néhány könyvünk, így a többi között az ő könyvtárából valók a nagyszombati megfigyelések kötetei.

Sajnovics János a „*Demonstratio*” neves szerzője is a várbéli csillagvizsgálóban dolgozott. 1778-ban adták ki Budán, Landerer betűivel „*Idea astronomiae...*” c. könyvét, mely a kor egyik legkiválóbb ismeretterjesztő könyve volt. Benne találjuk 'az ajánlást: „*Obtulit celeberrimus author Budae 1780, 3 jul.*”. Ha könyve nem latinul jelenik meg, egyike lehetett volna a legnépszerűbb magyar könyveknek.

A 18. század végén a felvilágosodás eszméinek jegyében sorra jelentek meg hazánkban a magyar nyelvű ismeretterjesztő illetve tankönyvek. Nagy részüik könyvtárunkban is megtalálható, így az első magyar nyelvű fizikakönyv, Molnár János: „*A fizika eleji*” c. műve, vagy Dugonics András matematika-könyvei: „*A tudákosságnak első könyve... (algebra), A tudákosságnak második könyve... (geometria)*”. Ez utóbbiakat a Landerer-nyomda bocsátotta közre, 1784-ben. Már a 19. század elejéről származik Katona Mihály két könyve: „*A föld matematikai leírása a világ alkotmányával együtt*” (Rév Komárom, 1814) és az 1824-ben Pesten kiadott „*Közönséges természeti földleírás*”. 1809-ben Nagyváradon adták ki Varga Márton könyvét: „*A tsillagos égnek és föld golyóbissának... az ő tüneményeivel való természeti előadása*”.

A puszta felsorolást abbagyva, lássunk most egy különleges költői művet, a magyar csillagászati ismeretterjesztés korai gyöngyszemét, Pálóczi Horváth Ádám könyvecskéjét. 1791-ben Pozsonyban adták ki, címe: „*Legrövidebb nyári éjszaka mellyben le-iratik egy olyan tsillag-vizsgálónak beszélgetése, a'ki a' múlt 1787dik Esztendőben nyárkezdeikor, az égi testeket tsudálkozva nézegeti, azoknak forgásaikat le-írja, és az ismérteosebbs Tsillagzatok' Neveit a' régi Pogányok Költeményjeiből, a' nagyjából magyarázza.*”

Pálóczi a mindennapi égi színhátékot írja le költői ihletettséggel, kiválasztva az év éjszakái közül a legrövidebbet, legnevezetesebbet, a nyári napfordulót. Tudjuk milyen nagy szerepet játszott a Szent Iván-éj a régiek életében. Európa északi országaiban még ma is a legnagyobb ünnepek egyike.

Pálóczy Horváth Ádám jeles költő, ismert személyiség volt, szabadkőműves lévén kötelességének is tarthatta az akkori modern természettudományos ismeretek terjesztését. De buzgólelkű magyar hazafi is volt, így nemzeti szolgálatnak is tekinthette ezt a munkát. „*A kezdete mindennek tsekély, a legtudósabb nemzetek is gráditsonként léptek arra a fényes póltzra, melyre idővel a magyar is ráléphet*” — írja költeménye bevezetőjében.

A gellérthegyi csillagvizsgáló könyvtári naplóját ma is örizzük. Ebből is világosan látszik, milyen rendszeresen gazdagított, körültekintéssel fejlesztett könyvtár volt ez.

Melyek voltak azok a művek, melyekre elsősorban volt szüksége a korabeli csillagásznak? Gellérthegyi gyűjteményünk könyvei között kutatva, ki-rajzolódnak a körvonalak:

- Nagy elméleti művekre (Newton, Laplace, Gauss, Euler stb.),
 - Csillagászati táblázatokra (Bode, Bessel, Bailly, Zach stb.),
 - Csillagtérképekre (Flamsteed, Hevelius, Bode stb.),
 - Kortársak csillagászati megfigyeléseinek sokszor csak kézírással lejegyzett és könyv formájába összekötött köteteire,
 - Alapvető matematikai, fizikai könyvekre, lexikonokra, szótárakra stb.
- Már az előző korszakban is, a 18. század végén, rendszeres levélváltás folyt Hell Miksa és Weiss Ferenc között a könyvek beszerzéséről. 1784-ben az egyetem Pestre került, a Budán maradt csillagvizsgáló könyvtára véglegesen elszakadt az Egyetemi Könyvtártól. Ez eleinte nem vált hasznára. 1808-ban, Taucher Ferenc után a már említett Pasquichot nevezték ki a budai csillagvizsgáló igazgatójának, s tudjuk, hogy a műszerek és a könyvek állapota akkor már egyaránt siralmas volt a várbéli obszervatóriumban. Pasquich 1810-ben kezdte meg az építendő gellérthegyi csillagvizsgáló számára a könyvek gyűjtését.

Pasquich akkor már nemzetközi hírnévnek örvendő, jeles matematikus volt, akit számos külföldi barát, jóakaró támogatott. Több olyan könyvet is örö-zünk, melyet neves csillagászok — Schumacher, Struve, Santini, Piazzi stb. — személy szerint neki ajánlottak.

Végezetül meg kell emlékeznünk régi könyveink legjelesebb gyűjtőjéről, Tittel Pálról. Sajnos csak rövid ideig, 1824—1831 között állt a Budai Csillagvizsgáló élén. Ugyanaz a kolerajárvány vitte el 1831-ben, amely nagy költőnket, Kazinczy Ferencet. Több mint ötven könyv őrizi Tittel bejegyzéseit, aláírását. Van olyan könyvünk is, így például Tobias Mayernek egy műve, melybe Tittel a szerző életrajzát, cikkeinek rövid bibliográfiáját is bejegyezte.

Világjáró ember volt Tittel, szegénysége ellenére is vásárolt könyveket. Könyveibe beleírta a vásárlás helyét, idejét, igen gyakran a könyvek ára is szerepel a kötetekben. Így tudjuk, hogy 1815-ben egy-egy Gauss és Euler művet vásárolt, 1817-ben Párizsból többek között egy Delambre kötetet is

Nachlass des verehrten Vaters
Lehrers und Freundes
P. Tittel.
Albert Eigenthum:
F. Albert

Albert Ferenc bejegyzése Littrow: „Theoretische und Praktische Astronomie” c. könyvében

hozott magával stb. Kézzel írott könyvtári katalógusából az is kitűnik, hogy bár lelkes könyvgyűjtő volt, aki szerette a ritkaságokat, főleg a hazai csillagászati munkát akarta segíteni vásárlásaival.

Tittel Pált 1830-ban a Magyar Tudományos Akadémia tagjai közé választotta. Ő volt az első csillagász, aki ebben a megtisztelésben részesült. Kortársai is nagyra tartották, nem utolsósorban Széchenyi István. Vörösmarty versben énekelte meg váratlan halálát. Az ő idejében a gellérthegyi Urania egyik központja volt a kibontakozóban levő magyar szellemi életnek. Kazinczy írja egy levelében, a csillagvizsgálóban tett látogatását idézve: „Szerencsésnek tartom magamat, hogy az ég csillagaival együtt a haza Csillagát, Tittel urat is láthatám.”

Végezetül meg kell még említenünk a könyvtár jótéveői között Albert Ferencet, Tittel tanítványát. Neki köszönhető, hogy az 1849-es pusztulás ellenére, ma is megvan a csillagvizsgáló akkori könyveinek nagy része. Nem lehet meghatódottság nélkül olvasni egy Littrow könyvben az alábbi sorokat: „Nachlass des verehrten Vaters Lehrers und Freundes P. Tittel. Jetzt Eigenthum F. Albert.” — „Tittel Pálnak a legnemesebb atyának, tanítónak és barátának hagyatéka, jelenleg Albert Ferenc tulajdonában.”

TARTALOM

Táblázatok

A Nap és a Hold kelte és fontosabb adatai	6
A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának héliografikus koordinátái 0 ^h világidőkor	30
A holdkorong sugara 0 ^h világidőkor	31
A szabad szemmel látható bolygók adatai	32
Az Uránusz és Neptunusz adatai	39
Bolygók héliocentrikus ekliptikai koordinátái (0 ^h világidőkor)	40
A Jupiter-holdak helyzetei és jelenségei	42
A Mars és Jupiter centrálmeridiánjának planetografikus hosszúsága és adatok a Szaturnusz gyűrűjére vonatkozólag	50
Bolygókorongok megvilágításának adatai	52
A Csillagászati Évkönyv korábbi köteteiben megjelent fontosabb táblázatos adatok	54
A csillagos ég 1980-ban	67

Beszámolók

Szeidl Béla: Az MTA Csillagvizsgáló Intézet beszámolója az 1978. évről .	83
Dezső Loránt: Az MTA Napfizikai Obszervatóriumának működése az 1976—78. években	90
Balázs Béla: Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése az 1977—78. években	95
Ponori Thewrewk Aurél: TIT budapesti Uránia Bemutató Csillagvizsgáló és Planetárium az 1978. évben	102
Kanyó Sándor: A TIT Csillagászati és Űrkutatási Választmányának és Szakosztályainak 1978. évi tevékenysége	112

Cikkek

Marik Miklós—Szécsényi-Nagy Gábor: A csillagászat legújabb eredményeiből	123
Ádám József: A Hold lézeres és VLBI-megfigyelése	132
Balázs Béla: Távolságmérés a Tejútrendszerben	153
Barta György: Az űrkutatás nemzetközi kongresszusairól	176
Benkó György: Az Interkozmosz-program	180
Guman István: Az ekvidenzitometria és napfizikai alkalmazása	200
Kovács Géza: A gyorsfotometria eredményei	222
Paparó Margit: A nyílthalmazok szerkezete	240
Perjés Zoltán: A fejlődés irányai a gravitációelméletben	258
George L. Siscoe: Szoláris-terresztrikus hatások az időjárásra és az éghajlatra	283
Vargha Domokosné: Régi könyvek között a Szabadság-hegyi Csillagda könyvtárban	294

A kiadásért felel a Gondolat Könyvkiadó igazgatója

79-2716 Pécsi Szikra Nyomda

Pécs, 1979

Felelős vezető: Szendrői György igazgató

Felelős szerkesztő: Gerner József és Schlosser Tamás

Műszaki vezető: Gonda Pál

Műszaki szerkesztő: Radó Péter

A borító- és kötéstervezés Radó Péter munkája

Megjelent 10 000 példányban

20,5 (A/5) ív + 16 oldal melléklet terjedelemben

Ez a könyv az MSZ 5601—59 és 5602—55 szabvány szerint készült

