

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV-1958



TARTALOMJEGYZÉKBŐL:

- | | |
|--------------------------|--|
| <i>Kulin György:</i> | A mesterséges holdak |
| <i>Béll Béla:</i> | A Nemzetközi Geofizikai Év |
| <i>Kulin György:</i> | A Mars megfigyelése az 1956-os nagy oppozícióban |
| <i>ifj Bartha Lajos:</i> | A magyar csillagászat történetéből |

Imre

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

AZ 1958. ÉVRE

SZERKESZTETTE

A TÁRSADALOM- ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI
ISMERETTERJESZTŐ TÁRSULAT CSILLAGÁSZATI
SZAKOSZTÁLYA

Tiszteletpéldány

GONDOLAT KIADÓ
1958

CSILLAGÁSZATI ADATOK
AZ 1958. ÉVRE

*A közép-európai zónaidőben megadott értékekhez a nyári
időszámítás tartama alatt 1 órát kell hozzáadni, hogy a
Magyarországon használt időadatokat nyerjük*

A táblázatokat készítette:

MERSITS JÓZSEF

kutatói segéderő a Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézeténél

Chuman
Mé

I. JANUÁR

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fény-változásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	1	1	7 32	11 47	16 03	12 47	2 50	
2	Cs		2	7 32	11 48	16 04	13 27	3 51	
3	P		3	7 32	11 48	16 05	14 13	4 52	
4	Sz		4	7 32	11 49	16 06	15 09	5 49	
5	V		5	7 32	11 49	16 07	16 12	6 41	○ 21 09
6	H	2	6	7 32	11 50	16 09	17 22	7 27	
7	K		7	7 31	11 50	16 10	18 36	8 08	
8	Sz		8	7 31	11 51	16 11	19 52	8 44	
9	Cs		9	7 31	11 51	16 12	21 07	9 16	
10	P		10	7 30	11 51	16 13	22 22	9 47	
11	Sz		11	7 30	11 52	16 14	23 36	10 17	
12	V		12	7 29	11 52	16 16	—	10 47	☾ 15 01
13	H	3	13	7 29	11 53	16 17	0 49	11 20	
14	K		14	7 28	11 53	16 18	2 01	11 58	
15	Sz		15	7 28	11 54	16 20	3 09	12 40	
16	Cs		16	7 27	11 54	16 21	4 11	13 28	
17	P		17	7 26	11 54	16 22	5 07	14 22	
18	Sz		18	7 26	11 55	16 24	5 55	15 20	
19	V		19	7 25	11 55	16 25	6 37	16 22	● 23 08
20	H	4	20	7 24	11 55	16 27	7 12	17 26	
21	K		21	7 23	11 55	16 28	7 44	18 28	
22	Sz		22	7 22	11 56	16 30	8 10	19 31	
23	Cs		23	7 21	11 56	16 31	8 35	20 32	
24	P		24	7 20	11 56	16 32	8 59	21 33	
25	Sz		25	7 19	11 56	16 34	9 23	22 33	
26	V		26	7 18	11 56	16 35	9 48	23 33	
27	H	5	27	7 17	11 57	16 37	10 16	—	
28	K		28	7 16	11 57	16 39	10 45	0 33	☾ 3 16
29	Sz		29	7 15	11 57	16 40	11 22	1 34	
30	Cs		30	7 14	11 58	16 42	12 03	2 34	
31	P		31	7 13	11 58	16 43	12 53	3 32	

Nap: 3-án 15h-kor földközelen.

Hold: 10-én 1h-kor földközelen, látszólagos sugara: 16'18'', 7

26-án 1h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'47'', 4

HÓNAP

0 ^h világitőkor						
Julián dátum 2436...	Csillagidő (λ = 0-nál)	A N A P			A H O L D	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látászó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
204,5	6 40 33,568	18 44	—23 04	16 18	2 34	+14 55
205,5	6 44 30,126	18 48	22 59	16 18	3 25	17 22
206,5	6 48 26,686	18 53	22 53	16 18	5 19	19 02
207,5	6 52 23,248	18 67	22 48	16 18	5 16	19 43
208,5	6 56 19,811	19 01	22 41	16 18	6 14	19 16
209,5	7 00 16,373	19 06	22 35	16 18	7 12	17 39
210,5	7 04 12,934	19 10	22 28	16 18	8 11	14 55
211,5	7 08 09,492	19 15	22 20	16 17	9 08	11 15
212,5	7 12 06,048	19 19	22 12	16 17	10 04	6 54
213,5	7 16 02,601	19 23	22 04	16 17	10 59	+ 2 10
214,5	7 19 59,153	19 28	21 55	16 17	11 53	— 2 39
215,5	7 23 55,705	19 32	21 46	16 17	12 47	7 17
216,5	7 27 52,259	19 36	21 36	16 17	13 42	11 27
217,5	7 31 48,814	19 41	21 26	16 17	14 37	14 56
218,5	7 35 45,372	19 45	21 15	16 17	15 32	17 33
219,5	7 39 41,932	19 49	21 04	16 17	16 29	19 09
220,5	7 43 38,494	19 54	20 53	16 17	17 25	19 40
221,5	7 47 35,055	19 58	20 41	16 17	18 20	19 07
222,5	7 51 31,615	20 02	20 29	16 17	19 14	17 36
223,5	7 55 28,173	20 06	20 16	16 17	20 06	15 14
224,5	7 59 24,730	20 11	20 03	16 17	20 55	12 12
225,5	8 03 21,284	20 15	19 50	16 17	21 43	8 42
226,5	8 07 17,837	20 19	19 37	16 16	22 29	4 53
227,5	8 11 14,388	20 23	19 22	16 16	23 14	— 0 56
228,5	8 15 10,939	20 27	19 08	16 16	23 59	+ 3 01
229,5	8 19 07,490	20 32	18 53	16 16	0 44	6 51
230,5	8 23 04,042	20 36	18 38	16 16	1 30	10 26
231,5	8 27 00,595	20 40	18 23	16 16	2 17	13 37
232,5	8 30 57,150	20 44	18 07	16 16	3 06	16 17
233,5	8 34 53,707	20 48	17 51	16 16	3 58	18 16
234,5	8 38 50,266	20 52	17 35	16 16	4 52	+19 22

A *Berliner Astronomischen Jahrbuch* nyomán az a valódi csillagidő, amely a mutációnak a hosszúperiódusú tagját magában foglalja (de a rövidperiódusút nem).

I. FEBRUÁR

Dátum	A hét napja	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fényváltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	délel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(5)	32	7 11	11 58	16 45	13 59	4 27	
2	V		33	7 10	11 58	16 46	14 58	5 17	
3	H	6	34	7 09	11 59	16 48	16 12	6 01	
4	K		35	7 07	11 59	16 50	17 28	6 39	○ 9 05
5	Sz		36	7 05	11 59	16 52	18 45	7 15	
6	Cs		37	7 04	11 59	16 53	20 04	7 47	
7	P		38	7 03	11 59	16 54	21 22	8 18	
8	Sz		39	7 01	11 59	16 56	22 37	8 50	
9	V		40	6 59	11 59	16 58	23 50	9 23	
10	H	7	41	6 58	11 59	16 59	—	9 59	
11	K		42	6 57	11 59	17 01	1 00	10 41	☾ 0 34
12	Sz		43	6 55	11 59	17 02	2 05	11 27	
13	Cs		44	6 53	11 59	17 04	3 02	12 18	
14	P		45	6 52	11 59	17 05	3 53	13 15	
15	Sz		46	6 50	11 59	17 07	4 36	14 14	
16	V		47	6 49	11 59	17 08	5 13	15 16	
17	H	8	48	6 47	11 59	17 10	5 45	16 18	
18	K		49	6 45	11 59	17 12	6 14	17 20	● 16 38
19	Sz		50	6 43	11 59	17 14	6 40	18 22	
20	Cs		51	6 42	11 59	17 15	7 04	19 22	
21	P		52	6 40	11 58	17 16	7 27	20 22	
22	Sz		53	6 38	11 58	17 18	7 52	21 22	
23	V		54	6 37	11 58	17 19	8 19	22 22	
24	H	9	55	6 35	11 58	17 21	8 48	23 23	
25	K		56	6 33	11 57	17 22	9 21	—	
26	Sz		57	6 31	11 57	17 24	9 58	0 22	☾ 21 51
27	Cs		58	6 29	11 57	17 25	10 44	1 19	
28	P		59	6 28	11 57	17 26	11 36	2 13	

Hold: 5-én 24^h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'33'', 0
 21-én 16^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'44'', 6

H Ó N A P

0 ^h viláigidőkor						
Julán dátum 2436...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	deklina- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	deklina- ciója
	h m s	h m	° ' "	" "	h m	° ' "
235,5	8 42 46,826	20 56	—17 18	16 15	5 49	+19 28
236,5	8 46 43,887	21 00	17 01	16 15	6 47	18 25
237,5	8 50 39,946	21 04	16 44	16 15	7 46	16 12
238,5	8 54 36,503	21 09	16 26	16 15	8 44	12 55
239,5	8 58 33,058	21 13	16 08	16 15	9 42	8 47
240,5	9 02 29,609	21 17	15 50	16 15	10 40	+ 4 04
241,5	9 06 26,160	21 21	15 32	16 15	11 36	— 0 54
242,5	9 10 22,709	21 25	15 13	16 14	12 32	5 45
243,5	9 14 19,260	21 29	14 54	16 14	13 28	10 10
244,5	9 18 15,812	21 33	14 35	16 14	14 24	13 55
245,5	9 22 12,367	21 37	14 15	16 14	15 20	16 47
246,5	9 26 08,924	21 40	13 56	16 14	16 16	18 38
247,5	9 30 05,482	21 44	13 36	16 13	17 12	19 26
248,5	9 34 02,041	21 48	13 16	16 13	18 07	19 10
249,5	9 37 58,599	21 52	12 55	16 13	19 00	17 56
250,5	9 41 55,155	21 56	12 35	16 13	19 52	15 51
251,5	9 45 51,709	22 00	12 14	16 13	20 42	13 05
252,5	9 49 48,261	22 04	11 53	16 12	21 30	9 46
253,5	9 53 44,812	22 08	11 32	16 12	22 16	6 05
254,5	9 57 41,361	22 12	11 10	16 12	23 01	— 2 13
255,5	10 01 37,909	22 15	10 49	16 12	23 46	+ 1 43
256,5	10 05 34,458	22 19	10 27	16 12	0 31	5 34
257,5	10 09 31,007	22 23	10 05	16 11	1 16	9 12
258,5	10 13 27,556	22 27	9 43	16 11	2 03	12 29
259,5	10 17 24,108	22 31	9 21	16 11	2 51	15 16
260,5	10 21 20,662	22 34	8 59	16 11	3 41	17 26
261,5	10 25 17,217	22 38	8 37	16 11	4 33	18 50
262,5	10 29 13,774	22 42	— 8 14	16 10	5 27	+19 19

I. MÁRCIUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fény-változásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(9)	60	6 26	11 57	17 28	12 37	3 04	
2	V		61	6 24	11 57	17 30	13 45	3 50	
3	H	10	62	6 22	11 57	17 31	14 58	4 30	
4	K		63	6 20	11 56	17 32	16 15	5 07	
5	Sz		64	6 18	11 56	17 34	17 34	5 42	○ 19 28
6	Cs		65	6 16	11 56	17 36	18 55	6 14	
7	P		66	6 14	11 56	17 37	20 14	6 47	
8	Sz		67	6 12	11 56	17 39	21 31	7 21	
9	V		68	6 10	11 55	17 40	22 46	7 58	
10	H	11	69	6 08	11 55	17 42	23 56	8 39	
11	K		70	6 06	11 55	17 43	—	9 25	
12	Sz		71	6 04	11 55	17 45	0 56	10 15	☾ 11 48
13	Cs		72	6 02	11 54	17 46	1 49	11 11	
14	P		73	6 00	11 54	17 48	2 35	12 09	
15	Sz		74	5 58	11 54	17 49	3 14	13 10	
16	V		75	5 56	11 54	17 51	3 48	14 12	
17	H	12	76	5 54	11 53	17 52	4 17	15 13	
18	K		77	5 52	11 53	17 54	4 43	16 14	
19	Sz		78	5 50	11 53	17 55	5 09	17 14	
20	Cs		79	5 48	11 52	17 56	5 33	18 15	● 10 50
21	P		80	5 46	11 52	17 58	5 57	19 14	
22	Sz		81	5 44	11 52	17 59	6 23	20 15	
23	V		82	5 42	11 52	18 01	6 52	21 15	
24	H	13	83	5 40	11 51	18 02	7 22	22 14	
25	K		84	5 38	11 51	18 03	7 59	23 11	
26	Sz		85	5 36	11 51	18 05	8 41	—	
27	Cs		86	5 34	11 50	18 06	9 28	0 06	
28	P		87	5 32	11 50	18 07	10 24	0 57	☽ 12 18
29	Sz		88	5 30	11 50	18 09	11 26	1 42	
30	V		89	5 28	11 49	18 10	12 35	2 24	
31	H	14	90	5 26	11 49	18 12	13 49	3 01	

Tavaszi kezdete: 21-én 4^h07^m-kor.

Hold: 6-án 10^h-kor földközelen, látszólagos sugara: 16'44",3

20-án 20^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'43",7

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2436...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látászó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
263,5	10 33 10,332	22 46	— 7 51	16 10	6 23	+ 18 47
264,5	10 37 06,889	22 50	7 29	16 10	7 20	17 09
265,5	10 41 03,445	22 53	7 06	16 10	8 18	14 26
266,5	10 44 59,998	22 57	6 43	16 09	9 16	10 44
267,5	10 48 56,549	23 00	6 20	16 09	10 13	6 17
268,5	10 52 53,097	23 04	5 57	16 09	11 11	+ 1 23
269,5	10 56 49,645	23 08	5 33	16 09	12 09	— 3 38
270,5	11 00 46,193	23 12	5 10	16 08	13 06	8 23
271,5	11 04 42,742	23 16	4 47	16 08	14 05	12 31
272,5	11 08 39,295	23 19	4 23	16 08	15 03	15 47
273,5	11 12 35,849	23 23	4 00	16 08	16 01	18 00
274,5	11 16 32,406	23 27	3 36	16 07	16 58	19 06
275,5	11 20 28,963	23 30	3 13	16 07	17 54	19 07
276,5	11 24 25,520	23 34	2 49	16 07	18 48	18 07
277,5	11 28 22,075	23 38	2 25	16 06	19 40	16 15
278,5	11 32 18,628	23 41	2 02	16 06	20 30	13 40
279,5	11 36 15,179	23 45	1 38	16 06	21 18	10 32
280,5	11 40 11,728	23 49	1 14	16 06	22 04	6 59
281,5	11 44 08,276	23 52	0 51	16 05	22 50	— 3 13
282,5	11 48 04,823	23 56	0 26	16 05	23 35	+ 0 41
283,5	11 52 01,370	24 00	— 0 03	16 05	0 19	4 32
284,5	11 55 57,918	0 03	+ 0 21	16 05	1 05	8 12
285,5	11 59 54,467	0 07	0 44	16 04	1 51	11 34
286,5	12 03 51,017	0 10	1 08	16 04	2 38	14 28
287,5	12 07 47,569	0 14	1 32	16 04	3 28	16 47
288,5	12 11 44,122	0 18	1 55	16 04	4 18	18 22
289,5	12 15 40,678	0 21	2 19	16 03	5 11	19 06
290,5	12 19 37,234	0 25	2 42	16 03	6 05	18 54
291,5	12 23 33,791	0 29	3 06	16 03	7 00	17 41
292,5	12 27 30,347	0 32	3 29	16 02	7 55	15 27
293,5	12 31 26,900	0 36	+ 3 52	16 02	8 51	+ 12 16

I. ÁPRILIS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fényváltózasai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	K	(14)	91	5 24	11 49	18 13	15 04	3 36	
2	Sz		92	5 22	11 48	18 14	16 22	4 09	
3	Cs		93	5 20	11 48	18 16	17 43	4 41	
4	P		94	5 18	11 48	18 17	19 03	5 15	○ 4 45
5	Sz		95	5 16	11 48	18 19	20 20	5 51	
6	V	15	96	5 14	11 47	18 20	21 35	6 30	
7	H		97	5 12	11 47	18 21	22 41	7 16	
8	K		98	5 10	11 47	18 23	23 42	8 06	
9	Sz		99	5 08	11 46	18 24	—	9 02	
10	Cs		100	5 06	11 46	18 26	0 30	10 01	
11	P	16	101	5 04	11 46	18 27	1 13	11 02	☾ 0 50
12	Sz		102	5 02	11 46	18 29	1 49	12 04	
13	V		103	5 00	11 45	18 30	2 20	13 06	
14	H		104	4 58	11 45	18 31	2 48	14 07	
15	K		105	4 56	11 45	18 33	3 12	15 07	
16	Sz	17	106	4 54	11 44	18 34	3 37	16 08	
17	Cs		107	4 52	11 44	18 36	4 01	17 08	
18	P		108	4 51	11 44	18 37	4 27	18 07	
19	Sz		109	4 49	11 44	18 39	4 53	19 08	● 4 23
20	V		110	4 47	11 44	18 40	5 24	20 07	
21	H	18	111	4 45	11 44	18 42	5 59	21 06	
22	K		112	4 43	11 43	18 43	6 40	22 01	
23	Sz		113	4 41	11 43	18 44	7 25	22 53	
24	Cs		114	4 40	11 43	18 45	8 18	23 40	
25	P		115	4 38	11 43	18 47	9 17	—	
26	Sz	18	116	4 36	11 42	18 48	10 21	0 22	☾ 22 36
27	V		117	4 34	11 42	18 50	11 31	0 59	
28	H		118	4 33	11 42	18 51	12 42	1 33	
29	K		119	4 31	11 42	18 53	13 57	2 06	
30	Sz		120	4 30	11 42	18 54	15 14	2 37	

Hold: 3-án 22h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'43'',7
 20-án 24h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'44',5

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julian dátum 2436...	Csillagidő ($\lambda = 0^{\circ}$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szczeniója	dekliná- ciója	látászó- sugara	rekta- szczeniója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	”	h m	° ′
... 294,5	12 35 23,451	0 40	+ 4 16	16 02	9 48	+ 8 15
295,5	12 39 20,000	0 43	4 39	16 02	10 44	+ 3 38
296,5	12 43 16,548	0 47	5 02	16 01	11 41	- 1 18
297,5	12 47 13,095	0 51	5 25	16 01	12 39	6 12
298,5	12 51 09,644	0 54	5 47	16 01	13 38	10 41
299,5	12 55 06,196	0 58	6 11	16 01	14 38	14 26
300,5	12 59 02,750	1 01	6 33	16 00	15 38	17 09
301,5	13 02 59,307	1 05	6 56	16 00	16 38	18 43
302,5	13 06 55,865	1 09	7 18	16 00	17 36	19 06
303,5	13 10 52,423	1 12	7 41	15 59	18 33	18 23
304,5	13 14 48,979	1 16	8 03	15 59	19 26	16 43
305,5	13 18 45,534	1 20	8 25	15 59	20 17	14 17
306,5	13 22 42,086	1 23	8 47	15 59	21 06	11 16
307,5	13 26 38,636	1 27	9 09	15 58	21 53	7 49
308,5	13 30 35,185	1 31	9 30	15 58	22 38	4 07
309,5	13 34 31,733	1 35	9 52	15 58	23 23	- 0 16
310,5	13 38 28,281	1 38	10 13	15 57	0 08	+ 3 35
311,5	13 42 24,830	1 42	10 34	15 57	0 53	7 18
312,5	13 46 21,379	1 46	10 55	15 57	1 39	10 45
313,5	13 50 17,931	1 49	11 16	15 57	2 27	13 47
314,5	13 54 14,483	1 53	11 37	15 56	3 16	16 15
315,5	13 58 11,038	1 57	11 57	15 56	4 06	18 01
316,5	14 02 07,594	2 01	12 17	15 56	4 58	18 58
317,5	14 06 04,152	2 04	12 37	15 56	5 52	19 00
318,5	14 10 00,710	2 08	12 57	15 55	6 46	18 03
319,5	14 13 57,267	2 12	13 17	15 55	7 40	16 08
320,5	14 17 53,823	2 16	13 36	15 55	8 34	13 18
321,5	14 21 50,376	2 19	13 55	15 55	9 28	9 40
322,5	14 25 46,927	2 23	14 14	15 54	10 23	5 24
323,5	14 29 43,477	2 27	+14 33	15 54	11 18	+ 0 43

I. MÁJUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fény-változásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Cs	(18)	121	4 28	11 42	18 56	16 32	3 09	
2	P		122	4 26	11 42	18 57	17 51	3 43	
3	Sz		123	4 25	11 42	18 58	19 08	4 20	○ 13 23
4	V		124	4 23	11 42	19 00	20 20	5 02	
5	H		19	125	4 22	11 42	19 01	21 25	5 51
6	K		126	4 20	11 42	19 03	22 21	6 46	
7	Sz		127	4 19	11 42	19 04	23 08	7 45	
8	Cs		128	4 17	11 41	19 05	23 47	8 48	
9	P		129	4 16	11 41	19 06	—	9 52	
10	Sz		130	4 15	11 41	19 07	0 21	10 56	☾ 15 38
11	V	20	131	4 13	11 41	19 09	0 50	12 00	
12	H		132	4 12	11 41	19 10	1 17	12 59	
13	K		133	4 10	11 41	19 12	1 41	13 59	
14	Sz		134	4 09	11 41	19 13	2 05	14 58	
15	Cs		135	4 08	11 41	19 14	2 30	15 59	
16	P		136	4 06	11 41	19 16	2 57	17 00	
17	Sz		137	4 05	11 41	19 17	3 27	18 00	
18	V	21	138	4 04	11 41	19 18	4 00	18 59	● 20 00
19	H		139	4 03	11 41	19 19	4 38	19 57	
20	K		140	4 02	11 41	19 20	5 22	20 50	
21	Sz		141	4 01	11 41	19 21	6 14	21 39	
22	Cs		142	3 59	11 41	19 23	7 12	22 23	
23	P	143	3 58	11 41	19 24	8 14	23 02		
24	Sz	144	3 57	11 41	19 25	9 22	23 36		
25	V	145	3 57	11 42	19 26	10 32	—	/	
26	H	22	146	3 56	11 42	19 27	11 42	0 10	☽ 5 38
27	K		147	3 55	11 42	19 28	12 56	0 39	
28	Sz		148	3 54	11 42	19 29	14 12	1 09	
29	Cs		149	3 53	11 42	19 30	15 28	1 40	
30	P		150	3 52	11 42	19 31	16 43	2 14	
31	Sz	151	3 52	11 42	19 32	17 57	2 53		

Hold: 2-án 7h-kor földközelen, látszólagos sugara: 16'38",4
 14-én 12h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'45",8
 30-án 8h-kor földközelen, látszólagos sugara: 16'25",7

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julján dátum 2436...	Csillagidő ($\lambda = 0^{\circ}$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szczenziója	dekliná- ciója	látászó- sugara	rekta- szczenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
324,5	14 33 40,026	2 31	+14 51	15 54	12 14	— 4 06
325,5	14 37 36,576	2 35	15 09	15 54	13 12	8 44
326,5	14 41 33,129	2 38	15 27	15 53	14 11	12 50
327,5	14 45 29,684	2 42	15 45	15 53	15 11	16 04
328,5	14 49 26,242	2 46	16 03	15 53	16 12	18 11
329,5	14 53 22,802	2 50	16 20	15 53	17 12	19 05
330,5	14 57 19,362	2 54	16 37	15 53	18 11	18 47
331,5	15 01 15,922	2 58	16 53	15 52	19 08	17 24
332,5	15 05 12,480	3 02	17 10	15 52	20 01	15 09
333,5	15 09 09,035	3 06	17 26	15 52	20 51	12 15
334,5	15 13 05,588	3 09	17 41	15 52	21 40	8 52
335,5	15 17 02,140	3 13	17 57	15 51	22 26	5 11
336,5	15 20 58,690	3 17	18 12	15 51	23 11	— 1 21
337,5	15 24 55,240	3 21	18 27	15 51	23 56	+ 2 31
338,5	15 28 51,791	3 25	18 41	15 51	0 41	6 17
339,5	15 32 48,342	3 29	18 56	15 51	1 26	9 50
340,5	15 36 44,895	3 33	19 10	15 50	2 14	13 00
341,5	15 40 41,450	3 37	19 23	15 50	3 02	15 40
342,5	15 44 38,007	3 41	19 37	15 50	3 53	17 40
343,5	15 48 34,565	3 45	19 49	15 50	4 45	18 51
344,5	15 52 31,124	3 49	20 02	15 50	5 39	19 08
345,5	15 56 27,685	3 53	20 14	15 49	6 33	18 25
346,5	16 00 24,244	3 57	20 25	15 49	7 27	16 44
347,5	16 04 20,802	4 01	20 38	15 49	8 22	14 07
348,5	16 08 17,359	4 05	20 49	15 49	9 15	10 43
349,5	16 12 13,913	4 09	21 00	15 49	10 09	6 40
350,5	16 16 10,465	4 13	21 10	15 49	11 02	+ 2 12
351,5	16 20 07,016	4 17	21 20	15 48	11 56	— 2 28
352,5	16 24 03,568	4 21	21 30	15 48	12 51	7 04
353,5	16 28 00,121	4 25	21 40	15 48	13 48	11 18
354,5	16 31 56,677	4 29	+21 49	15 48	14 46	—14 51

I. JÚNIUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fény-változásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	V	(22)	152	3 51	11 42	19 33	19 05	3 39	○ 21 55
2	H	23	153	3 50	11 42	19 34	20 07	4 29	
3	K		154	3 50	11 43	19 35	20 58	5 27	
4	Sz		155	3 49	11 43	19 36	21 42	6 30	
5	Cs		156	3 49	11 43	19 37	22 20	7 34	
6	P		157	3 48	11 43	19 38	22 51	8 39	
7	Sz		158	3 48	11 43	19 38	23 20	9 44	
8	V		159	3 48	11 44	19 39	23 44	10 46	
9	H	24	160	3 47	11 44	19 40	—	11 48	☾ 7 59
10	K		161	3 47	11 44	19 40	0 10	12 48	
11	Sz		162	3 47	11 44	19 41	0 34	13 48	
12	Cs		163	3 47	11 44	19 41	0 58	14 48	
13	P		164	3 46	11 44	19 42	1 27	15 49	
14	Sz		165	3 46	11 44	19 42	1 58	16 49	
15	V		166	3 46	11 45	19 43	2 35	17 48	
16	H	25	167	3 46	11 45	19 43	3 18	18 43	
17	K		168	3 46	11 45	19 43	4 06	19 35	● 8 59
18	Sz		169	3 46	11 45	19 44	5 03	20 22	
19	Cs		170	3 46	11 45	19 44	6 05	21 03	
20	P		171	3 46	11 45	19 44	7 12	21 39	
21	Sz		172	3 46	11 46	19 45	8 22	22 13	
22	V		173	3 47	11 46	19 45	9 33	22 44	
23	H	26	174	3 47	11 46	19 45	10 47	23 13	
24	K		175	3 47	11 47	19 45	12 00	23 42	☽ 10 44
25	Sz		176	3 48	11 47	19 45	13 13	—	
26	Cs		177	3 48	11 47	19 45	14 27	0 16	
27	P		178	3 49	11 47	19 45	15 40	0 51	
28	Sz		179	3 49	11 47	19 45	16 49	1 33	
29	V		180	3 49	11 47	19 45	17 53	2 19	
30	H	27	181	3 50	11 48	19 45	18 48	3 13	

Nyar kezdete: 21-én 22^h57^m-kor.

Hold: 11-én 5^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'47",8

26-án 10^h-kor földközelen, látszólagos sugara: 16'13",8

H Ó N A P

0 ^h világitőkor						
Julián dátum 2436...	Csillagidő (λ = 0°-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	° ′	h m	° ′
...355,5	16 35 53,236	4 33	+21 57	15 48	15 46	—17 26
356,5	16 39 49,797	4 38	22 05	15 48	16 47	18 53
357,5	16 43 46,359	4 42	22 13	15 48	17 47	19 07
358,5	16 47 42,922	4 46	22 21	15 47	18 45	18 10
359,5	16 51 39,482	4 50	22 28	15 47	19 41	16 14
360,5	16 55 36,041	4 54	22 35	15 47	20 33	13 30
361,5	16 59 32,597	4 58	22 41	15 47	21 23	10 12
362,5	17 03 29,151	5 02	22 47	15 47	22 11	6 33
363,5	17 07 25,704	5 06	22 52	15 47	22 57	— 2 42
364,5	17 11 22,255	5 10	22 57	15 47	23 42	+ 1 12
365,5	17 15 18,807	5 15	23 02	15 47	0 27	5 02
366,5	17 19 15,360	5 19	23 06	15 46	1 13	8 40
367,5	17 23 11,914	5 23	23 10	15 46	1 59	11 59
368,5	17 27 08,469	5 27	23 14	15 46	2 47	14 31
369,5	17 31 05,027	5 31	23 17	15 46	3 37	17 06
370,5	17 35 01,586	5 35	23 19	15 46	4 30	18 35
371,5	17 38 58,147	5 40	23 22	15 46	5 23	19 11
372,5	17 42 54,708	5 44	23 23	15 46	6 18	18 47
373,5	17 46 51,269	5 48	23 25	15 46	7 14	17 21
374,5	17 50 47,829	5 52	23 26	15 46	8 09	14 57
375,5	17 54 44,387	5 56	23 26	15 46	9 03	11 43
376,5	17 58 40,943	6 00	23 27	15 46	9 57	7 47
377,5	18 02 37,496	6 05	23 26	15 46	10 50	+ 3 24
378,5	18 06 34,049	6 09	23 26	15 46	11 43	— 1 11
379,5	18 10 30,601	6 13	23 25	15 46	12 37	5 45
380,5	18 14 27,154	6 17	23 23	15 46	13 32	10 01
381,5	18 18 23,710	6 21	23 21	15 46	14 28	13 43
382,5	18 22 20,268	6 25	23 19	15 46	15 26	16 36
383,5	18 26 16,829	6 29	23 16	15 45	16 25	18 27
384,5	18 30 13,391	6 34	+23 13	15 45	17 24	—18 45

I. JÚLIUS

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

Nap: 5-én 21^h-kor földtávolban.

Hold: 8-án 24^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'50",0

21-én 12^h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'13",7

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2436...	Csillagidő ($\lambda = 0^{\circ}$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látászó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	° ′	h m	° ′
... 385,5	18 34 09,953	6 38	+23 10	15 45	18 23	-18 42
386,5	18 38 06,514	6 42	23 06	15 45	19 20	17 10
387,5	18 42 03,074	6 46	23 01	15 45	20 14	14 44
388,5	18 45 59,631	6 50	22 57	15 45	21 05	11 38
389,5	18 49 56,186	6 54	22 51	15 45	21 54	8 04
390,5	18 53 52,739	6 58	22 46	15 45	22 42	4 15
391,5	18 57 49,291	7 02	22 40	15 45	23 27	- 0 19
392,5	19 01 45,843	7 07	22 34	15 45	0 13	+3 34
393,5	19 05 42,395	7 11	22 27	15 45	0 58	7 18
394,5	19 09 38,948	7 15	22 20	15 45	1 44	10 44
395,5	19 13 35,502	7 19	22 12	15 45	2 31	13 46
396,5	19 17 32,059	7 23	22 04	15 45	3 20	16 15
397,5	19 21 28,617	7 27	21 56	15 45	4 11	18 03
398,5	19 25 25,177	7 31	21 48	15 46	5 05	19 00
399,5	19 29 21,738	7 35	21 39	15 46	5 59	19 00
400,5	19 33 18,298	7 39	21 29	15 46	6 55	17 57
401,5	19 37 14,858	7 43	21 19	15 46	7 51	15 52
402,5	19 41 11,416	7 47	21 09	15 46	8 47	12 51
403,5	19 45 07,972	7 51	20 59	15 46	9 43	9 04
404,5	19 49 04,525	7 55	20 48	15 46	10 37	4 43
405,5	19 53 01,077	7 59	20 37	15 46	11 31	+ 0 06
406,5	19 56 57,628	8 03	20 25	15 46	12 25	- 4 31
407,5	20 00 54,179	8 07	20 14	15 46	13 20	8 52
408,5	20 04 50,733	8 11	20 01	15 46	14 15	12 42
409,5	20 08 47,289	8 15	19 49	15 46	15 12	15 47
410,5	20 12 43,847	8 19	19 36	15 46	16 10	17 54
411,5	20 16 40,407	8 23	19 23	15 46	17 08	18 57
412,5	20 20 36,968	8 27	19 09	15 47	18 05	18 53
413,5	20 24 33,528	8 31	18 56	15 47	19 01	17 45
414,5	20 28 30,086	8 35	18 42	15 47	19 56	15 40
415,5	20 32 26,642	8 39	+18 27	15 47	20 48	-12 50

I. AUGUSZTUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fényváltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	P	(31)	213	4 22	11 50	19 18	19 50	6 16	
2	Sz		214	4 23	11 50	19 17	20 16	7 20	
3	V		215	4 24	11 50	19 16	20 41	8 22	
4	H	32	216	4 26	11 50	19 14	21 06	9 23	
5	K		217	4 27	11 50	19 12	21 33	10 23	
6	Sz		218	4 28	11 50	19 11	22 01	11 23	
7	Cs		219	4 30	11 50	19 09	22 31	12 22	☾ 18 49
8	P		220	4 31	11 50	19 08	23 08	13 21	
9	Sz		221	4 32	11 49	19 06	23 50	14 18	
10	V		222	4 33	11 49	19 05	—	15 13	
11	H	33	223	4 35	11 49	19 03	0 39	16 05	
12	K		224	4 36	11 49	19 01	1 36	16 52	
13	Sz		225	4 37	11 49	19 00	2 39	17 34	
14	Cs		226	4 38	11 48	18 58	3 48	18 11	
15	P		227	4 40	11 48	18 56	5 02	18 46	● 4 33
16	Sz		228	4 41	11 48	18 55	6 17	19 19	
17	V		229	4 42	11 48	18 53	7 32	19 50	
18	H	34	230	4 44	11 48	18 51	8 49	20 22	
19	K		231	4 45	11 47	18 49	10 05	20 57	
20	Sz		232	4 46	11 47	18 48	11 19	21 34	
21	Cs		233	4 48	11 47	18 46	12 29	22 17	☾ 20 45
22	P		234	4 49	11 47	18 44	13 36	23 05	
23	Sz		235	4 50	11 46	18 42	14 34	23 58	
24	V		236	4 51	11 46	18 40	15 26	—	
25	H	35	237	4 53	11 46	18 38	16 11	0 56	
26	K		238	4 54	11 45	18 36	16 49	1 57	
27	Sz		239	4 56	11 45	18 34	17 22	3 01	
28	Cs		240	4 57	11 45	18 33	17 52	4 05	
29	P		241	4 58	11 45	18 31	18 19	5 08	
30	Sz		242	5 00	11 45	18 29	18 44	6 11	○ 6 53
31	V		243	5 01	11 44	18 27	19 10	7 11	

Hold: 5-én 19^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'48",5
 17-én 16^h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'25",5

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2436...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szczeniója	deklina- ciója	látszó- sugara	rekta- szczeniója	deklina- ciója
	h m s	h m	° ′	° ′	h m	° ′
...416,5	20 36 23,196	8 43	+18 12	15 47	21 38	— 9 27
417,5	20 40 19,748	8 47	17 57	15 47	22 26	5 43
418,5	20 44 16,299	8 50	17 42	15 47	23 12	— 1 49
419,5	20 48 12,849	8 54	17 26	15 47	23 58	+ 2 06
420,5	20 52 09,399	8 58	17 11	15 48	0 43	5 53
421,5	20 56 05,949	9 02	16 54	15 48	1 29	9 25
422,5	21 00 02,502	9 06	16 38	15 48	2 16	12 34
423,5	21 03 59,055	9 10	16 21	15 48	3 04	15 14
424,5	21 07 55,610	9 13	16 04	15 48	3 53	17 17
425,5	21 11 52,168	9 17	15 47	15 48	4 45	18 33
426,5	21 15 48,726	9 21	15 29	15 48	5 39	18 59
427,5	21 19 45,285	9 25	15 12	15 49	6 34	18 21
428,5	21 23 41,843	9 29	14 54	15 49	7 30	16 44
429,5	21 27 38,400	9 32	14 36	15 49	8 26	14 05
430,5	21 31 34,954	9 36	14 17	15 49	9 23	10 34
431,5	21 35 31,506	9 40	13 58	15 49	10 19	6 21
432,5	21 39 28,056	9 44	13 40	15 49	11 14	+ 1 43
433,5	21 43 24,605	9 47	13 20	15 50	12 10	— 3 02
434,5	21 47 21,154	9 51	13 01	15 50	13 06	7 34
435,5	21 51 17,705	9 55	12 42	15 50	14 02	11 37
436,5	21 55 14,258	9 59	12 22	15 50	14 59	14 56
437,5	21 59 10,814	10 02	12 02	15 50	15 57	17 18
438,5	22 03 07,371	10 06	11 42	15 51	16 54	18 36
439,5	22 07 03,930	10 10	11 21	15 51	17 51	18 49
440,5	22 11 00,488	10 13	11 01	15 51	18 47	17 59
441,5	22 14 57,044	10 17	10 40	15 51	19 41	16 13
442,5	22 18 53,599	10 21	10 19	15 51	20 33	13 39
443,5	22 22 50,151	10 24	9 58	15 52	21 23	10 30
444,5	22 26 46,701	10 28	9 37	15 52	22 12	6 55
445,5	22 30 43,249	10 32	9 16	15 52	22 58	— 3 06
446,5	22 34 39,797	10 35	+ 8 55	15 52	23 44	+ 0 47

I. SZEPTEMBER

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fény-változásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	H	36	244	5 02	11 44	18 25	19 35	8 12	
2	K		245	5 04	11 44	18 23	20 03	9 11	
3	Sz		246	5 05	11 43	18 21	20 33	10 11	
4	Cs		247	5 07	11 43	18 19	21 06	11 11	
5	P		248	5 08	11 43	18 17	21 46	12 07	
6	Sz		249	5 09	11 42	18 15	22 30	13 01	☾ 11 24
7	V		250	5 11	11 42	18 13	23 22	13 54	
8	H	37	251	5 12	11 42	18 11	—	14 41	
9	K		252	5 13	11 41	18 09	0 21	15 25	
10	Sz		253	5 15	11 41	18 07	1 26	16 04	
11	Cs		254	5 16	11 41	18 05	2 37	16 40	
12	P		255	5 17	11 40	18 03	3 51	17 14	
13	Sz		256	5 18	11 40	18 01	5 07	17 47	● 13 02
14	V		257	5 20	11 40	17 59	6 25	18 20	
15	H	38	258	5 21	11 39	17 57	7 44	18 54	
16	K		259	5 22	11 39	17 55	9 01	19 32	
17	Sz		260	5 24	11 38	17 52	10 16	20 14	
18	Cs		261	5 25	11 38	17 51	11 26	21 02	
19	P		262	5 26	11 37	17 48	12 28	21 54	
20	Sz		263	5 28	11 37	17 46	13 23	22 51	☾ 4 17
21	V		264	5 29	11 37	17 44	14 10	23 51	
22	H	39	265	5 30	11 36	17 42	14 51	—	
23	K		266	5 32	11 36	17 40	15 24	0 54	
24	Sz		267	5 33	11 36	17 38	15 55	1 57	
25	Cs		268	5 34	11 35	17 36	16 22	2 59	
26	P		269	5 36	11 35	17 34	16 48	4 02	
27	Sz		270	5 37	11 35	17 32	17 13	5 03	○ 22 44
28	V		271	5 39	11 35	17 30	17 38	6 03	
29	H	40	272	5 40	11 34	17 28	18 06	7 04	
30	K		273	5 41	11 34	17 26	18 34	8 03	

Ősz kezdete: 23-án 13^h10^m-kor.

Hold: 2-án 12^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'46'',0

14-én 18^h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'37'',6

29-én 23^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'44'',8

HÓNAP

0^h világidőkor

Julján dátum 2436...	Csilagidő (λ = 0°-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szczeniója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szczeniója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
447,5	22 38 36,345	10 39	+ 8 33	15 52	0 30	+ 4 36
448,5	22 42 32,894	10 42	8 11	15 53	1 15	8 12
449,5	22 46 29,443	10 46	7 49	15 53	2 01	11 28
450,5	22 50 25,994	10 50	7 27	15 53	2 49	14 16
451,5	22 54 22,546	10 53	7 05	15 53	3 37	16 29
452,5	22 58 19,101	10 57	6 43	15 54	4 27	18 01
453,5	23 02 15,657	10 01	6 21	15 54	5 19	18 43
454,5	23 06 12,213	11 04	5 58	15 54	6 13	18 31
455,5	23 10 08,770	11 08	5 36	15 54	7 07	17 21
456,5	23 14 05,325	11 11	5 13	15 55	8 03	15 11
457,5	23 18 01,879	11 15	4 50	15 55	8 59	12 05
458,5	23 21 58,430	11 19	4 28	15 55	9 55	8 11
459,5	23 25 54,979	11 22	4 05	15 55	10 51	+ 3 42
460,5	23 29 51,526	11 26	3 42	15 56	11 48	— 1 05
461,5	23 33 48,074	11 29	3 19	15 56	12 45	5 50
462,5	23 37 44,622	11 33	2 56	15 56	13 43	10 12
463,5	23 41 41,173	11 36	2 32	15 56	14 42	13 51
464,5	23 45 37,727	11 40	2 09	15 57	15 41	16 34
465,5	23 49 34,283	11 44	1 46	15 57	16 40	18 12
466,5	23 53 30,840	11 47	1 23	15 57	17 38	18 42
467,5	23 57 27,397	11 51	1 00	15 57	18 35	18 07
468,5	0 01 23,953	11 54	0 36	15 58	19 29	16 34
469,5	0 05 20,507	11 58	+ 0 12	15 58	20 21	14 12
470,5	0 09 17,059	12 02	— 0 11	15 58	21 11	11 14
471,5	0 13 13,608	12 05	0 34	15 58	21 59	7 48
472,5	0 17 10,156	12 09	0 57	15 59	22 46	4 06
473,5	0 21 06,703	12 12	1 21	15 59	23 32	— 0 16
474,5	0 25 03,250	12 16	1 44	15 59	0 17	+ 3 33
475,5	0 28 59,798	12 20	2 07	16 00	1 03	7 12
476,5	0 32 56,346	12 23	— 2 31	16 00	1 49	+10 33

I. OKTÓBER

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

Hold: 13-án 3^h-kor földközelen, látszólagos sugara: 16'45'',3
 28-án 1^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'44'',5

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2436...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szencziója	dekliná- ciója	látászó- sugara	rekta- szencziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ' "	' " "	h m	° ' "
477,5	0 36 52,896	12 27	— 2 54	16 00	2 36	+13 28
478,5	0 40 49,448	12 30	3 17	16 00	3 24	15 50
479,5	0 44 46,001	12 34	3 41	16 01	4 13	17 33
480,5	0 48 42,556	12 38	4 04	16 01	5 04	18 29
481,5	0 52 39,112	12 41	4 27	16 01	5 56	18 34
482,5	0 56 35,668	12 45	4 50	16 01	6 48	17 45
483,5	1 00 32,223	12 49	5 13	16 02	7 42	16 00
484,5	1 04 28,777	12 52	5 36	16 02	8 36	13 21
485,5	1 08 25,329	12 56	5 59	16 02	9 31	9 52
486,5	1 12 21,879	13 00	6 22	16 03	10 26	5 42
487,5	1 16 18,427	13 03	6 45	16 03	11 22	+ 1 05
488,5	1 20 14,975	13 07	7 07	16 03	12 19	— 3 42
489,5	1 24 11,523	13 11	7 30	16 03	13 17	8 19
490,5	1 28 08,074	13 14	7 52	16 04	14 17	12 23
491,5	1 32 04,627	13 18	8 15	16 04	15 18	15 35
492,5	1 36 01,183	13 22	8 37	16 04	16 19	17 42
493,5	1 39 57,741	13 26	8 59	16 04	17 20	18 36
494,5	1 43 54,300	13 29	9 21	16 05	18 18	18 19
495,5	1 47 50,858	13 33	9 43	16 05	19 15	17 00
496,5	1 51 47,414	13 37	10 05	16 05	20 08	14 49
497,5	1 55 43,968	13 41	10 26	16 06	20 59	11 57
498,5	1 59 40,519	13 44	10 48	16 06	21 48	8 37
499,5	2 03 37,068	13 48	11 09	16 06	22 35	4 59
500,5	2 07 33,616	13 52	11 30	16 06	23 21	— 1 12
501,5	2 11 30,165	13 56	11 51	16 07	0 06	+ 2 37
502,5	2 15 26,714	14 00	12 12	16 07	0 51	6 18
503,5	2 19 23,263	14 03	12 32	16 07	1 37	9 44
504,5	2 23 19,815	14 07	12 52	16 07	2 24	12 47
505,5	2 27 16,368	14 11	13 13	16 08	3 12	15 19
506,5	2 31 12,922	14 15	13 33	16 08	4 01	17 12
507,5	2 35 09,478	14 19	—13 52	16 08	4 51	+18 21

I. NOVEMBER

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

Hold: 10-én 15^h-kor földközelen, látszólagos sugara: 16'42''⁵
 24-én 6^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'45''⁴

HÓNAP

6 ^h világitdókor						
Julian dátum 2436...	Csillagidő ($\lambda = 0^\circ$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	. h m	° '	' "	h m	° '
...508,5	2 39 06,035	14 23	—14 12	16 08	5 42	+18 39
509,5	2 43 02,593	14 27	14 31	16 09	6 34	18 05
510,5	2 46 59,151	14 31	14 50	16 09	7 27	16 37
511,5	2 50 55,707	14 35	15 09	16 09	8 19	14 17
512,5	2 54 52,262	14 38	15 27	16 09	9 12	11 10
513,5	2 58 48,814	14 42	15 47	16 10	10 05	7 22
514,5	3 02 45,365	14 46	16 04	16 10	10 59	+ 3 02
515,5	3 06 41,915	14 50	16 22	16 10	11 54	— 1 35
516,5	3 10 38,465	14 54	16 39	16 10	12 50	6 13
517,5	3 14 35,017	14 58	16 56	16 11	13 49	10 33
518,5	3 18 31,571	15 03	17 13	16 11	14 49	14 13
519,5	3 22 28,129	15 07	17 30	16 11	15 51	16 55
520,5	3 26 24,689	15 11	17 46	16 11	16 54	18 24
521,5	3 30 21,250	15 15	18 02	16 12	17 55	18 39
522,5	3 34 17,811	15 19	18 18	16 12	18 55	17 40
523,5	3 38 14,371	15 23	18 33	16 12	19 51	15 42
524,5	3 42 10,928	15 27	18 48	16 12	20 44	12 58
525,5	3 46 07,483	15 31	19 03	16 12	21 34	9 41
526,5	3 50 04,036	15 35	19 18	16 13	22 22	6 04
527,5	3 54 00,587	15 39	19 32	16 13	23 09	— 2 17
528,5	3 57 57,137	15 44	19 45	16 13	23 54	+ 1 33
529,5	4 01 53,689	15 48	19 59	16 13	0 39	5 18
530,5	4 05 50,241	15 52	20 12	16 13	1 25	8 49
531,5	4 09 46,794	15 56	20 24	16 14	2 11	12 00
532,5	4 13 43,349	16 01	20 36	16 14	2 59	14 42
533,5	4 17 39,906	16 05	20 48	16 14	3 48	16 48
534,5	4 21 36,464	16 09	21 00	16 14	4 38	18 11
535,5	4 25 33,024	16 13	21 11	16 14	5 30	18 44
536,5	4 29 29,584	16 18	21 21	16 14	6 22	18 24
537,5	4 33 26,144	16 22	—21 32	16 15	7 15	+17 10

I. DECEMBER

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fényváltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	H	49	335	7 11	11 33	15 55	20 57	10 36	
2	K		336	7 12	11 34	15 55	22 06	11 09	
3	Sz		337	7 13	11 34	15 54	23 15	11 41	
4	Cs		338	7 14	11 34	15 54	—	12 12	☾ 2 24
5	P		339	7 15	11 35	15 54	0 26	12 41	
6	Sz	50	340	7 17	11 35	15 53	1 40	13 13	
7	V		341	7 18	11 36	15 53	2 55	13 48	
8	H		342	7 19	11 36	15 53	4 10	14 27	
9	K		343	7 20	11 37	15 53	5 26	15 13	
10	Sz		344	7 21	11 37	15 53	6 36	16 05	● 17 23
11	Cs	51	345	7 22	11 38	15 53	7 40	17 05	
12	P		346	7 22	11 38	15 53	8 33	18 10	
13	Sz		347	7 23	11 38	15 53	9 20	19 17	
14	V		348	7 24	11 39	15 53	9 58	20 25	
15	H		349	7 25	11 39	15 53	10 30	21 30	
16	K	52	350	7 26	11 40	15 53	10 59	22 35	
17	Sz		351	7 27	11 41	15 54	11 26	23 38	☽ 0 52
18	Cs		352	7 27	11 41	15 54	11 51	—	
19	P		353	7 28	11 41	15 54	12 16	0 38	
20	Sz		354	7 28	11 42	15 55	12 43	1 38	
21	V	53	355	7 29	11 42	15 55	13 12	2 37*	
22	H		356	7 29	11 42	15 55	13 44	3 36	
23	K		357	7 30	11 43	15 56	14 20	4 34	
24	Sz		358	7 30	11 44	15 57	15 03	5 31	
25	Cs		359	7 31	11 44	15 57	15 51	6 24	
26	P	54	360	7 31	11 45	15 58	16 45	7 14	○ 4 54
27	Sz		361	7 31	11 45	15 59	17 45	7 58	
28	V		362	7 32	11 46	16 00	18 50	8 38	
29	H		363	7 32	11 46	16 00	19 57	9 13	
30	K		364	7 32	11 47	16 01	21 05	9 46	
31	Sz		365	7 32	11 47	16 02	22 16	10 16	

Tél kezdete: 22-én 8^h41^m.kor.

Hold: 10-én 1^h-kor földközélen, látszólagos sugara: 16'31",0
 20-án 22^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'47",6

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2436...	Csillagidő (λ = 0°-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szczenziója	dekliná- ciója	látzó- sugara	rekta- szczenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
... 538,5	4 37 22,703	16 26	—21 41	16 15	8 07	+15 03
539,5	4 41 19,261	16 30	21 51	16 15	8 59	12 09
540,5	4 45 15,816	16 35	22 00	16 15	9 51	8 35
541,5	4 49 12,370	16 39	22 08	16 15	10 43	4 30
542,5	4 53 08,922	16 43	22 17	16 15	11 36	+ 0 06
543,5	4 57 05,474	16 48	22 24	16 16	12 30	— 4 25
544,5	5 01 02,028	16 52	22 32	16 16	13 25	8 47
545,5	5 04 58,583	16 57	22 38	16 16	14 23	12 41
546,5	5 08 55,142	17 01	22 45	16 16	15 23	15 49
547,5	5 12 51,703	17 05	22 51	16 16	16 25	17 54
548,5	5 16 48,266	17 10	22 56	16 16	17 27	18 45
549,5	5 20 44,829	17 14	23 01	16 16	18 28	18 20
550,5	5 24 41,392	17 19	23 06	16 16	19 27	16 47
551,5	5 28 37,952	17 23	23 10	16 16	20 24	14 18
552,5	5 32 34,510	17 27	23 14	16 17	21 16	11 08
553,5	5 36 31,065	17 32	23 17	16 17	22 07	7 32
554,5	5 40 27,619	17 36	23 20	16 17	22 54	— 3 42
555,5	5 44 24,171	17 41	23 22	16 17	23 41	+ 0 11
556,5	5 48 20,723	17 45	23 24	16 17	0 26	4 01
557,5	5 52 17,276	17 50	23 25	16 17	1 12	7 38
558,5	5 56 13,831	17 54	23 26	16 17	1 58	10 57
559,5	6 00 10,387	17 58	23 26	16 17	2 45	13 50
560,5	6 04 06,944	18 03	23 26	16 17	3 33	16 10
561,5	6 08 03,504	18 07	23 26	16 17	4 23	17 49
562,5	6 12 00,064	18 11	23 25	16 17	5 15	18 41
563,5	6 15 56,625	18 16	23 23	16 17	6 08	18 38
564,5	6 19 53,187	18 21	23 21	16 17	7 01	17 41
565,5	6 23 49,747	18 25	23 19	16 17	7 54	15 48
566,5	6 27 46,306	18 29	23 16	16 17	8 47	13 05
567,5	6 31 42,862	18 34	23 13	16 18	9 40	9 39
568,5	6 35 39,417	18 38	—23 09	16 18	10 32	+ 5 41

II. A szabadszemmel látható bolygók koordinátái

Dátum	MERKUR			VÉNUSZ			MARS			
	Rekta- szenziója	Dekliná- ciója	Látászó- sugara	Rekta- szenziója	Dekliná- ciója	Látászó- sugara	Rekta- szenziója	Dekliná- ciója	Látászó- sugara	
1858	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	
Jan. 1	17 46	—20 14	4 64	21 10	—15 27	23 38	16 17	—21 16	2 06	
	6	17 40	20 26	4 13	21 12	14 09	25 32	16 32	21 53	2 08
	11	17 48	21 09	3 67	21 11	13 02	27 26	16 47	22 25	2 11
	16	18 07	21 57	3 31	21 05	12 08	29 05	17 02	22 52	2 15
	21	18 31	22 33	3 05	20 55	11 33	30 43	17 17	23 14	2 18
	26	18 58	22 48	2 85	20 43	11 16	31 16	17 33	23 30	2 21
	31	19 28	22 34	2 70	20 30	11 17	31 07	17 48	23 41	2 25
Febr. 5	19 59	21 51	2 59	20 19	11 33	30 18	18 04	23 47	2 29	
	10	20 32	20 35	2 51	20 10	11 58	28 66	18 19	23 46	2 33
	15	21 05	18 45	2 46	20 06	12 27	26 79	18 35	23 40	2 37
	20	21 38	16 21	2 42	20 05	12 57	24 81	18 51	23 28	2 41
	25	22 12	13 22	2 41	20 09	13 22	22 86	19 06	23 11	2 46
Márc. 1	22 39	10 35	2 42	20 15	13 37	21 40	19 19	22 53	2 48	
	6	23 14	6 37	2 47	20 24	13 47	19 72	19 34	22 25	2 54
	11	23 49	— 2 12	2 57	20 37	13 47	18 22	19 50	21 52	2 59
	16	0 23	+ 2 26	2 74	20 51	13 35	16 88	20 06	21 13	2 64
	21	0 55	6 55	3 01	21 07	13 11	15 70	20 21	21 00	2 70
	26	1 22	10 45	3 41	21 24	12 35	14 65	20 36	19 42	2 75
	31	1 41	13 27	3 94	21 42	11 46	13 72	20 51	18 49	2 81
Ápr. 5	1 50	14 43	4 57	22 00	10 46	12 90	21 06	17 51	2 87	
	10	1 48	14 25	5 20	22 20	9 34	12 16	21 21	16 50	2 93
	15	1 39	12 45	5 68	22 39	8 12	11 50	21 36	15 45	3 00
	20	1 27	10 17	5 85	22 59	6 40	10 91	21 50	14 37	3 06
	25	1 19	7 56	5 70	23 19	5 00	10 38	22 05	13 26	3 13
	30	1 16	6 22	5 33	23 40	3 14	9 90	22 19	12 12	3 20
Máj. 5	1 21	5 50	4 89	24 00	— 1 22	9 47	22 33	10 55	3 27	
	10	1 32	6 19	4 44	0 21	+ 0 35	9 07	22 47	9 37	3 35
	15	1 48	7 39	4 02	0 41	2 35	8 71	23 00	8 17	3 42
	20	2 09	9 38	3 65	1 02	4 36	8 39	23 14	6 56	3 50
	25	2 34	12 08	3 33	1 24	6 37	8 08	23 28	5 34	3 59
	30	3 04	14 57	3 06	1 45	8 38	7 81	23 41	4 11	3 67
Jún. 5	3 46	18 29	2 80	2 11	10 59	7 51	23 57	2 32	3 78	
	10	4 26	21 14	2 64	2 34	12 51	7 28	0 11	— 1 10	3 87
	15	5 11	23 25	2 55	2 57	14 39	7 07	0 24	+ 0 11	3 97
	20	5 59	24 39	2 52	3 20	16 18	6 87	0 37	1 32	4 07
	25	6 46	24 43	2 56	3 43	17 49	6 69	0 50	2 51	4 17
	30	7 31	+23 44	2 66	4 08	+19 10	6 52	1 02	+ 4 09	4 28

és látszólagos sugara 0^h világidőkor

Dátum	JUPITER			SZATURNUSZ			URÁNUSZ		
	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara
1958	h m	° ′	″	h m	° ′	″	h m	° ′	″
Jan. 1	13 48	— 9 49	16 12	17 15	—21 41	6 80	8 54	+18 10	1 94
6	13 50	10 01	16 39	17 17	21 44	6 82	8 53	18 13	1 95
11	13 52	10 12	16 62	17 19	21 46	6 85	8 52	18 16	1 95
16	13 54	10 21	16 87	17 22	21 49	6 88	8 51	18 20	1 95
21	13 56	10 29	17 12	17 24	21 51	6 91	8 51	18 23	1 96
26	13 57	10 35	17 38	17 26	21 52	6 94	8 50	18 27	1 96
31	13 58	10 40	17 65	17 28	21 54	6 98	8 47	18 30	1 96
Febr. 5	13 59	10 43	17 92	17 30	21 55	7 03	8 48	18 34	1 96
10	14 00	10 44	18 20	17 32	21 56	7 07	8 47	18 37	1 96
15	14 00	10 44	18 48	17 33	21 57	7 12	8 46	18 41	1 95
20	14 00	10 43	18 75	17 35	21 58	7 17	8 45	18 44	1 95
25	14 00	10 39	19 02	17 36	21 58	7 22	8 45	18 47	1 95
Márc. 1	13 59	10 36	19 23	17 37	21 58	7 27	8 44	18 49	1 94
6	13 58	10 30	19 48	17 38	21 59	7 33	8 43	18 52	1 94
11	13 57	10 22	19 71	17 39	21 59	7 39	8 43	18 54	1 93
16	13 55	10 13	19 93	17 40	21 59	7 45	8 42	18 56	1 93
21	13 54	10 03	20 13	17 41	21 59	7 51	8 42	18 58	1 92
26	13 52	9 52	20 30	17 41	21 59	7 58	8 41	18 59	1 91
31	13 50	9 40	20 44	17 41	21 58	7 64	8 41	19 00	1 91
Ápr. 5	13 48	9 27	20 55	17 41	21 58	7 70	8 41	19 01	1 90
10	13 45	9 14	20 63	17 41	21 58	7 76	8 41	19 01	1 89
15	13 43	9 00	20 67	17 41	21 57	7 83	8 40	19 01	1 88
20	13 40	8 47	20 68	17 41	21 57	7 88	8 41	19 01	1 87
25	13 38	8 33	20 65	17 40	21 56	7 94	8 41	19 00	1 86
30	13 36	8 20	20 58	17 39	21 56	7 99	8 41	18 59	1 86
Máj. 5	13 33	8 08	20 49	17 38	21 55	8 04	8 41	18 56	1 85
10	13 31	7 56	20 36	17 37	21 54	8 09	8 42	18 56	1 84
15	13 29	7 46	20 21	17 36	21 53	8 13	8 42	18 55	1 83
20	13 28	7 37	20 03	17 35	21 53	8 16	8 43	18 52	1 82
25	13 26	7 29	19 82	17 33	21 52	8 19	8 43	18 50	1 82
30	13 25	7 23	19 60	17 32	21 51	8 22	8 44	18 47	1 81
Jún. 5	13 24	7 17	19 32	17 30	21 50	8 24	8 45	18 43	1 80
10	13 23	7 15	19 07	17 29	21 49	8 25	8 46	18 39	1 79
15	13 23	7 14	18 81	17 27	21 48	8 25	8 46	18 36	1 79
20	13 22	7 14	18 55	17 25	21 47	8 24	8 48	18 32	1 78
25	13 23	7 17	18 28	17 24	21 47	8 23	8 49	18 28	1 78
30	13 23	— 7 21	18 02	17 22	—21 46	8 21	8 50	+18 23	1 77

II. A szabadszemmel látható bolygók koordinátái

Dátum	MERKUR			VÉNUSZ			MARS		
	Rekta- szczeniója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szczeniója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szczeniója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara
1958	h m	° ′	″	h m	° ′	″	h m	° ′	″
Júl. 6	8 18	+21 28	2 83	4 37	+20 33	6 34	1 17	+ 5 39	4 42
11	8 52	19 01	3 02	5 02	21 27	6 20	1 30	6 52	4 54
16	9 21	16 17	3 24	5 28	22 07	6 07	1 42	8 02	4 67
21	9 45	13 27	3 50	5 54	22 32	5 95	1 54	9 09	4 80
26	10 05	10 43	3 80	6 20	22 42	5 84	2 06	10 13	4 94
31	10 20	8 16	4 14	6 46	22 35	5 73	2 18	11 14	5 09
Aug. 5	10 29	6 17	4 52	7 12	22 13	5 65	2 29	12 12	5 25
10	10 32	5 03	4 92	7 38	21 34	5 56	2 41	13 06	5 42
15	10 26	4 53	5 27	8 04	20 40	5 48	2 51	13 56	5 60
20	10 13	5 57	5 44	8 29	19 31	5 41	3 02	14 42	5 79
25	9 58	8 03	5 30	8 54	18 08	5 34	3 12	15 25	5 99
30	9 47	10 24	4 84	9 19	16 32	5 28	3 21	16 04	6 20
Szept. 5	9 49	12 14	4 09	9 48	14 22	5 22	3 31	16 47	6 48
10	10 04	12 15	3 51	10 12	12 22	5 17	3 39	17 18	6 73
15	10 31	10 46	3 07	10 36	10 13	5 12	3 46	17 46	6 99
20	11 03	8 03	2 76	10 59	7 57	5 08	3 52	18 10	7 26
25	11 36	4 34	2 57	11 22	5 35	5 04	3 57	18 32	7 55
30	12 10	+ 0 44	2 45	11 45	3 10	5 02	4 00	18 50	7 85
Okt. 5	12 42	- 3 09	2 38	12 08	+ 0 41	4 99	4 02	19 06	8 16
10	13 13	6 56	2 35	12 31	- 1 49	4 97	4 03	19 18	8 46
15	13 43	10 30	2 35	12 54	4 18	4 95	4 02	19 27	8 75
20	14 13	13 48	2 37	13 17	6 46	4 93	4 00	19 34	9 03
25	14 43	16 48	2 41	13 41	9 10	4 92	3 56	19 37	9 26
30	15 13	19 27	2 48	14 04	11 29	4 91	3 51	19 36	9 44
Nov. 5	15 49	22 05	2 60	14 33	14 07	4 91	3 43	19 31	9 57
10	16 18	23 47	2 75	14 58	16 08	4 91	3 35	19 22	9 59
15	16 47	24 58	2 95	15 23	18 00	4 91	3 27	19 12	9 52
20	17 12	25 34	3 23	15 49	19 39	4 91	3 20	18 59	9 36
25	17 32	25 33	3 61	16 15	21 05	4 92	3 13	18 47	9 12
30	17 41	24 51	4 11	16 41	22 15	4 93	3 06	18 36	8 82
Dec. 5	17 33	23 25	4 65	17 08	23 09	4 95	3 01	18 27	8 47
10	17 07	21 21	4 93	17 36	23 46	4 96	2 58	18 22	8 09
15	16 42	19 32	4 68	18 03	24 04	4 98	2 55	18 21	7 70
20	16 33	18 59	4 14	18 31	24 04	5 00	2 54	18 24	7 31
25	16 40	19 36	3 64	18 58	23 45	5 03	2 55	18 32	6 92
30	16 58	-20 45	3 26	19 25	-23 08	5 06	2 57	+18 44	6 55

és látszólagos sugara 0^h világidőkor

Dátum	JUPITER			SZATURNUSZ			URÁNUSZ		
	Rekta- szcenziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szcenziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szcenziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara
1958	h m	° ′	″	h m	° ′	″	h m	° ′	″
Júl. 6	13 24	— 7 28	17 70	17 21	—21 45	8 18	8 51	+18 18	1 77
11	13 25	7 35	17 44	17 19	21 44	8 15	8 52	18 13	1 77
16	13 26	7 44	17 19	17 18	21 44	8 12	8 54	18 08	1 76
21	13 28	7 55	16 95	17 17	21 43	8 07	8 55	18 03	1 76
26	13 30	8 07	16 71	17 16	21 43	8 03	8 56	17 58	1 76
31	13 32	8 19	16 48	17 15	21 43	7 98	8 57	17 53	1 76
Aug. 5	13 34	8 34	16 27	17 15	21 43	7 92	8 59	17 48	1 76
10	13 36	8 49	16 06	17 14	21 43	7 87	9 00	17 43	1 76
15	13 39	9 05	15 86	17 13	21 44	7 81	9 01	17 38	1 76
20	13 42	9 22	15 68	17 13	21 45	7 75	9 02	17 32	1 76
25	13 44	9 40	15 51	17 13	21 46	7 68	9 03	17 27	1 77
30	13 48	9 58	15 34	17 13	21 47	7 62	9 05	17 22	1 77
Szept. 5	13 52	10 21	15 17	17 13	21 48	7 55	9 06	17 17	1 77
10	13 55	10 41	15 03	17 14	21 50	7 48	9 07	17 12	1 78
15	13 58	11 01	14 91	17 15	21 51	7 42	9 08	17 07	1 78
20	14 02	11 22	14 80	17 15	21 53	7 36	9 09	17 03	1 79
25	14 06	11 42	14 70	17 16	21 55	7 30	9 10	16 59	1 79
30	14 10	12 03	14 61	17 18	21 57	7 24	9 11	16 55	1 80
Okt. 5	14 14	12 25	14 53	17 19	21 59	7 19	9 12	16 51	1 80
10	14 18	12 46	14 47	17 20	22 02	7 14	9 13	16 48	1 81
15	14 22	13 07	14 42	17 22	22 04	7 09	9 13	16 45	1 82
20	14 26	13 28	14 38	17 24	22 06	7 04	9 14	16 42	1 83
25	14 30	13 49	14 35	17 26	22 08	7 00	9 15	16 40	1 83
30	14 35	14 10	14 33	17 27	22 11	6 96	9 15	16 38	1 84
Nov. 5	14 40	14 35	14 33	17 30	22 13	6 91	9 16	16 36	1 85
10	14 44	14 55	14 34	17 32	22 16	6 87	9 16	16 35	1 86
15	14 48	15 15	14 36	17 34	22 18	6 85	9 16	16 35	1 87
20	14 53	15 34	14 40	17 37	22 19	6 82	9 16	16 35	1 88
25	14 57	15 53	14 45	17 39	22 21	6 80	9 16	16 35	1 89
30	15 01	16 11	14 51	17 41	22 23	6 78	9 16	16 36	1 90
Dec. 5	15 06	16 28	14 58	17 44	22 24	6 77	9 16	16 37	1 91
10	15 10	16 45	14 66	17 46	22 26	6 76	9 16	16 38	1 91
15	15 14	17 02	14 76	17 49	22 27	6 75	9 15	16 40	1 92
20	15 18	17 17	14 87	17 52	22 28	6 75	9 15	16 42	1 93
25	15 22	17 32	15 00	17 54	22 29	6 75	9 14	16 45	1 93
30	15 26	—17 46	15 13	17 57	—22 29	6 76	9 14	+16 47	1 94

III/a. A Jupiter-holdak helyzetei

Hó- nap	Január		Február					
	A holdak a bolygó				A holdak a bolygó			
Dátum	nyugati oldalán		keleti oldalán		nyugati oldalán		keleti oldalán	
	5 ^h 30 ^m				4 ^h 15 ^m			
1	.3		1. 4..2		.1 .2 .3		4.	
2	4.		.3				1. .2 3. 4.	
3	4..2		.3		3.		4.	
4	4.		.1.2 3.		3. .2 1.		4.	
5	4. 1.		3. 2.		.3 4.		.2 .1	
6	4. 3.2.		.1		4. .31.		2.	
7	.4 3. .1.2				4. 2.		1..3	
8	.4 .3		1. .2		4. 2.1		.3	
9	.4 .12.		.3		.4		1..2 3.	
10	.2 .41.		.3		.4		2.3.	
11			.1.2 .4 3.		.4 2.3.			
12	1.		3.2. .4		3. .4		.2.1	
13	3.2.		.1 .4		.3 1.		.4 2.	
14	3.1..2				.4 2.		.3 .1 .4	
15	.3		1. .2 4.		.2.1		.3.4	
16	.1		.32. 4.				1. .2 3. .4	
17	2.		1. .3 4.		.1		2. 3. 4.	
18			4. 3.		2.3.		4.	
19	4. 1.		3.2.		3.		.1 4.	
20	4. 3.2.		.1		.3 1.		2.4.	
21	4. 3. 1..2				2.4.		.3 .1	
22	4. .3		.1 .2		4..21.		.3	
23	.4 .1 .3		2.		4.		1..2 3.	
24	.4 2.		1. .3		4. .1		2. 3.	
25	.4 .1		.3		4. 2. 3.		1.	
26	.4		2.3.		.4 3.			
27	3.2.		.4.1		.4 .3 1.		2.	
28	3..21.		.4		.4 2.		.3 .1	
29	.3		.2.1 .4					
30	.1.3		2. .4					
31	2.		1. .3 .4					

III/a. A Jupiter-holdak helyzetei

Hónap	Március		Április	
	A holdak a bolygó			
Dátum	nyugati oldalon	keleti oldalon	nyugati oldalon	keleti oldalon
	2 ^h 45 ^m		1 ^h 00 ^m	
1	2 1 4	3	4	2 3 1
2		2 4 1 3	4 23 1	
3	1	2 3 4	3 4	1 2
4	2 3	1 4	3 1	4 2
5	3 2 1	4	2	3 1 4
6	3	2 4	2	3 4
7	3	1 4	1	2 3 4
8	2 1	3 4		1 3 4
9		2 14 3	23 1	4
10	1 4	2 3	3	2 1 4
11	4 2 3	1	3 1	2 4
12	4 3 2 1		2 4	3 1
13	4 3	1 2	4 2 1	3
14	4 3	2	4	2 3
15	4 2 1	3	4	2 1 3
16	4	2 1 3	4 2 1 3	
17	4 1	2 3	4 3	2 1
18	2	4 1	4 3 1	2
19	3 2 1	4	4 2 3	1
20	3	1 2 4	2 4 1	3
21	3	2 4	1	4 2 3
22	2 1	3 4		1 2 3 4
23		1 3 4	2 1 3	4
24	1	2 3 4	3	1 4
25	2	3 1 4	3 1	2 4
26	3 2 1	4	2 3	1 4
27	3 4	1 2	2 1	3 4
28	4 3 1	2		1 4 2 3
29	4 2	3	4	2 3
30	4	2 1 3	4 2 1 3	
31	4 1	2 3		

III/a. A Jupiter-holdak helyzetei

Hónap	Május				Június						
	A holdak a bolygó				A holdak a bolygó						
	nyugati oldalán		keleti oldalán		nyugati oldalán		keleti oldalán				
	0 ^h 00 ^m				23 ^h 15 ^m						
1	4.	.3	1.	.2	4.	.2	.1	.3			
2	.4	.3	2.	.1	4.	1.	2.	3.			
3	.4	.2	1.	.3	4.	2.	1.	3.			
4	.4			1. 2.	3.	4.	.2	3. 1.			
5		.4	.1	2.	3.	.4	3.	1. 2.			
6		2.	3.	.4		.4	.3	2.			
7		3.	.2	.1	.4	.4	2. 1. 3.				
8		.3	1.	.2	.4	.2	.4	.1	.3		
9		.3		.1	.4	1.		.4	.2	.3	
10		.2	1.	.3	.4			1.	3.	.4	
11				1. 2.	.3	4.	.2	1.	3.	.4	
12		.1		2.	3.	4.	3.	1. 2.		.4	
13		2.		1. 3.	4.		.3	.1	2.	4.	
14		3.	.2	4.			2. 3.			4.	
15		3.	4.	1.	.2		.2	.1	.3	4.	
16		4.	.3	2.	.1		1.	4.	.2	.3	
17		4.	.2	1.	.3		4.	2.	.1	3.	
18	4.			.2	1.	.3	4.	.2	1.		
19	.4		.1	2.	3.		4.	3.	1.		
20	.4	2.		1. 3.			4.	.3	1.	2.	
21	.4	3. 2.					.4	.3 2.			
22	3.	.4	1.	.2			.4	.2	.3		
23	.3			2. 1. 4.			.4	1.	.2	.3	
24	2.	1.		.4			.4		2.	.1	3.
25				.1	.3	.4	2.	1.	.4	3.	
26		.1		2.	3.	.4	3.		1.	.4	
27		2.		1.	3.	.4	.3	.1	2.	.4	
28		3. 2.	.1		.4		.3	2.	1.	.4	
29	3.			.2	4.		.2			.4	
30	.3			.1	2.	4.	1.		.2	.3	4.
31	2.	1. 4.	.3								

III/b. A Jupiter-holdak jelenségei

Hó- nap	Január				Hó- nap	Február					
	Dá- tum	h m		Hold		Jelenség	Dá- tum	h m		Hold	Jelenség
2	4 04	k	2		e	2	4 41	k	1		a
	4 08	v	2		a		5 53	k	1		e
	5 27	k	1	f		3	1 12	k	2		a
	6 23	v	2		e		1 55	k	1	f	
3	2 38	k	1		a		2 16	v	3		a
	3 49	k	1		e	3 34	v	2		a	
	4 50	v	1		a	3 37	k	2		e	
	5 59	v	1		e	4 53	k	3		e	
4	3 17	v	1	m		4	5 16	v	1		m
							5 51	v	2		e
9	2 53	k	3	m		4	1 20	v	1		a
	4 17	k	2		a		2 30	v	1		e
	5 08	v	3	m		10	3 45	k	2		a
10	4 32	k	1		a		3 48	k	1	f	
	5 44	k	1		e		3 48	k	3		a
11	3 31	v	2	m		11	4 02	k	1		a
	5 11	v	1	m			2 12	k	1		e
12	2 23	v	1		e		3 13	v	1		a
							4 21	v	1		e
16	1 50	k	3	f		12	1 34	v	1		m
	4 20	v	3	f			3 02	v	2		m
18	3 41	k	1	f		17	5 40	k	1		f
	3 41	v	2	f							
	3 50	k	2		m	18	2 56	k	1		a
	6 08	v	2		m		4 02	k	1		e
19	2 08	k	1		e	19	5 07	v	1		a
	3 05	v	1		a		3 23	v	1		m
	4 17	v	1		e		5 30	v	2		m
20	1 33	v	1	m		21	2 10	k	3		m
23	5 48	k	3	f			4 07	v	3		m
25	3 51	k	2	f		26	2 02	k	1	f	
	5 34	k	1	f			3 33	k	2	f	
26	2 47	k	1		a		5 11	v	1		m
	4 01	k	1		e	27	1 29	v	1		a
	4 58	v	1		a		2 27	v	1		e
27	3 05	v	3		e	28	1 34	k	3	f	
	3 21	y	2		e		2 18	v	2		e
	3 25	v	1	m			4 00	v	3	f	

III/b. A Jupiter-holdak jelenségei

Hó- nap	Március				Hó- nap	Március				
	Dá- tum	h m		Hold		Jelenség	Dá- tum	h m		Hold
5	3 55	k	1		f					
6	1 11	k	1			30	1 06	v	1	m
	2 05	k	1		a		3 15	k	2	f
	3 22	v	1		e	31	22 26	k	2	e
	4 14	v	1		a		23 56	v	2	a
7	1 25	v	1		m	Április				
	2 27	k	2		e					
	3 00	v	2		a					
	4 38	v	2		e					
11	1 03	v	3		e	Dátum				
13	3 05	k	1		a					
14	3 52	k	1		e	1	0 38	v	2	e
	0 16	k	1		f	4	21 24	k	3	f
	3 11	v	1		m	5	0 42	v	3	m
	3 12	k	2		a		3 15	k	1	a
	4 45	k	2		e		3 33	k	1	e
23 44	v	1		a	6	0 24	k	1	f	
	0 27	v	1			e	2 50	v	1	m
15	1 49	v	2			m	21 43	k	1	a
	23 37	k	3			a	21 59	k	1	e
16	1 59	v	3			a	23 54	v	1	a
	2 37	k	3		e	7	0 08	v	1	e
	4 28	v	3		e		8	0 09	k	2
20	4 58	k	1		a	0 39		k	2	e
	2 09	k	1		f	2 30		v	2	a
21	4 56	v	1		m	2 52	v	2	e	
	23 27	k	1		a	9	21 49	v	2	m
	0 04	k	1		e		12	1 21	k	3
22	1 38	v	1		a	4 00	v	3	m	
	2 13	v	1		e	13	2 18	k	1	f
	23 22	v	1		m		23 37	k	1	a
	0 39	k	2		f		23 43	k	1	e
23	4 07	v	2		m	14	1 48	v	1	a
	22 22	v	2		e		1 52	v	1	e
24	3 35	k	3		a		23 00	v	1	m
	4 03	k	1		f	15	2 43	k	2	a
25	1 21	k	1		a		2 52	k	2	e
	1 49	k	1		e	16	21 45	k	2	f
	3 32	v	1		a		17	0 07	v	2
	3 58	v	1		e	21	1 27	k	1	e
22 31	k	1		f	1 31		k	1	a	
					3 36		v	1	e	
					3 42		v	1	a	
						22 34	k	1	m	

III/b. A Jupiter-holdak jelenségei

Hó- nap	Április				Hó- nap	Május				
Dá- túm	h m		Hold	Jelenség	Dá- túm	h m		Hold	Jelenség	
22	0 51	v	1	f	14	1 06	k	1	e	
	21 05	v	3	e		1 43	k	1	a	
	21 48	v	3	a		22 14	k	1	m	
	22 02	v	1	e	15	1 02	v	1	f	
22 11	v	1	a	21 44		v	1	e		
23	0 04	k	2	m	22 22	v	1	a		
	2 42	v	2	f	17	0 59	k	2	e	
28	3 11	k	1	e		21 14	k	1	a	
	3 26	k	1	a		23 33	v	3	f	
29	0 18	k	1	m	18	23 47	v	2	f	
	2 45	v	1	f	22	0 00	k	1	m	
	21 37	k	1	e		22 07	k	1	a	
	21 54	k	1	a	23 30	v	1	e		
	22 23	k	3	e	23	0 17	v	1	a	
	23 27	k	3	a		21 25	v	1	f	
	23 47	v	1	e	24	21 56	k	3	m	
30	0 05	v	1	a	25	0 09	v	3	m	
	0 24	v	3	e		1 13	k	3	f	
	1 46	v	3	a		22 22	k	2	m	
	21 13	v	1	f		29	23 08	k	1	e
					30		0 01	k	1	a
						1 18	v	1	e	
					23 20	v	1	f		
Hó- nap	Május									
Dá- túm	h m		Hold	Jelenség						
1	2 20	k	2	m	Hó- nap	Június				
2	20 27	k	2	e	Dá- túm	h m		Hold	Jelenség	
	21 09	k	2	a	2	0 43	k	2	m	
	22 43	v	2	e		3	21 10	v	2	e
	23 29	v	2	a			23 07	v	2	a
6	2 03	k	1	m		4	21 37	v	3	a
	23 22	k	1	e	6	22 02	k	1	m	
	23 49	k	1	a		7	21 33	v	1	e
7	1 31	v	1	e	22 35		v	1	a	
	1 41	k	3	e	10	21 15	k	2	e	
	1 59	v	1	a		23 24	k	2	a	
	23 08	v	1	f		23 35	v	2	e	
9	22 43	k	2	e						
	23 44	k	2	a						
10	0 59	v	2	e						
	2 04	v	2	a						
11	21 11	v	2	f						

III/b. A Jupiter-holdak jelenségei

Hó- nap	Június				Hó- nap	Június			
	Dá- tum	h m	Hold	Jelenség		Dá- tum	h m	Hold	Jelenség
11	21 16	v	3	e	26	21 16	k	2	m
	23 20	k	3	a					
12	20 52	v	2	f	29	21 08	k	3	f
		k	1	m					
13	23 52	k	1	m	30	21 35	v	1	e
14	21 13	k	1	e •		22 47		v	1
	22 20	k	1	a					
	23 23	v	1	e					
15	0 29	v	1	a					
	21 38	v	1	f					
17	23 41	k	2	e					
18	22 37	k	3	e					
19	23 27	v	2	f					
21	23 04	k	1	e					

A III/a és III/b táblázatokban a Jupiter 1—4., azaz a négy fényes holdjára vonatkozólag a következő adatokat találhatjuk:

A III/a táblázat a fejlécben közölt időpontra feltünteteti a Jupiter és holdjainak látszólagos, körülbelüli viszonylagos helyzetét. A bolygót a vékony középvonal jelenti, a holdak helyzeteit a pontok. A mozgás iránya mindig a holdak megjelölésére szolgáló szám irányába esik.

A III/b táblázatban a k vagy v betű azt adja meg, hogy az időpont a jelenség kezdetére vagy végére vonatkozik-e. A többi betűk jelentése a következő: f = fogyatkozás (a Jupiter-hold holdfogyatkozásban van), m = a hold a Jupiter korongja előtt (tehát a hold látszólagosan a bolygó korongján van), a = a Jupiter korongján a hold „fekete” árnyéka látható (tehát a Jupiteren napfogyatkozás van).

IV. A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong közép-
pontjának héliografikus koordinátái

Dátum	P	B ₀	L ₀	Dátum	P	B ₀	L ₀
Jan. 1	+ 2,2	— 3,1	157,5	Jul. 5	— 1,1	+ 3,3	235,8
6	— 0,2	3,6	91,6	10	+ 1,2	3,9	169,6
11	2,6	4,2	25,8	15	3,4	4,4	103,4
16	5,0	4,7	320,0	20	5,6	4,8	37,3
21	7,3	5,2	254,1	25	7,8	5,3	331,1
26	9,5	5,6	188,3	30	9,9	5,7	265,0
31	11,7	6,0	122,5	Aug. 4	11,9	6,0	198,8
Febr. 5	13,7	6,3	56,6	9	13,8	6,3	132,7
10	15,6	6,6	350,8	14	15,6	6,6	66,6
15	17,4	6,9	285,0	19	17,2	6,8	0,5
20	19,0	7,0	219,1	24	18,8	7,0	294,5
25	20,5	7,2	153,3	29	20,2	7,1	228,4
Márc. 2	21,8	7,2	87,4	Szept. 3	21,5	7,2	162,4
7	22,9	7,3	21,5	8	22,7	7,3	96,3
12	23,9	7,2	315,6	13	23,7	7,2	30,3
17	24,8	7,1	249,7	18	24,6	7,2	324,3
22	25,4	7,0	183,8	23	25,3	7,0	258,3
27	25,9	6,8	117,9	28	25,8	6,8	192,3
Ápr. 1	26,3	6,5	51,9	Okt. 3	26,2	6,6	126,3
6	26,4	6,2	346,0	8	26,4	6,3	60,4
11	26,3	5,9	280,0	13	26,4	6,0	354,4
16	26,1	5,5	214,0	18	26,2	5,6	288,4
21	25,7	5,1	147,9	23	25,8	5,2	222,5
26	25,1	4,6	81,9	28	25,3	4,7	156,6
Máj. 1	24,3	4,1	15,8	Nov. 2	24,5	4,2	90,6
6	23,4	3,6	309,7	7	23,5	3,7	24,7
11	22,2	3,1	243,6	12	22,4	3,2	318,8
16	20,9	2,5	177,5	17	21,0	2,6	252,9
21	19,4	1,9	111,3	22	19,5	2,0	187,0
26	17,8	1,3	45,2	27	17,8	1,3	121,1
31	16,0	0,7	339,0	Dec. 2	15,9	0,7	55,2
Jun. 5	14,1	— 0,1	272,9	7	13,9	+ 0,1	349,3
10	12,1	+ 0,5	206,7	12	11,8	— 0,6	283,4
15	10,0	1,1	140,5	17	9,5	1,2	217,5
20	7,9	1,7	74,3	22	7,2	1,8	151,6
25	5,6	2,2	8,1	27	4,8	2,5	85,8
30	— 3,4	+ 2,8	301,9	Jan. 1	+ 2,4	— 3,0	19,9

A Nap forgási tengelyének irányát megadó P szöveget a napkorong észak-pontjától számítjuk; keletre pozitív, nyugatra negatív előjellel. B₀ és L₀ a napkorong középpontjának héliografikus szélességét, illetve hosszúságát jelenti.

V/1. Refrakció és extinkció

Z	Refr.	Ext.	Z	Refr.	Ext.	Z	Refr.	Ext.
0°	0'',0	0 ^m ,00	65°	2' 8'',5	0 ^m ,32	84°	8'47'',1	1 ^m ,49
10	10 ,6	0 ,00	70	2 44 ,1	0 ,45	85	10 14 ,6	
20	21 ,9	0 ,01	75	3 41 ,5	0 ,65	86	12 13 ,0	
30	34 ,8	0 ,03	80	5 30 ,5	0 ,98	87	14 59 ,8	
40	50 ,5	0 ,06	81	6 5 ,3		88	19 7 ,2	3 ,10
50	1'11 ,7	0 ,12	82	6 47 ,6		89	25 37 ,1	
60	1 44 ,0	0 ,23	83	7 40 ,2		90	36 38 ,6	

Z = zenittávolság. A refrakció itt közölt szöge azt mutatja, hogy 0° C hőmérsékleten, 760° higanybarométer állásnál mennyivel látszanak a légköri sugártörés miatt az égitestek magasabban a horizont felett, mint a „valóságban”. A csillagászati fényrendekben (magnitúdókban) megadott extinkció értékek pedig azt tüntetik fel, hogy a légköri fénygyengítés folytán általában mennyivel halványabbak a csillagok, mint a zenitben. Az extinkció itt közölt értékei a vizuális észlelésekre vonatkoznak, fotogarikus megfigyeléseknél hozzávetőlegesen ezen számok kétszerese érvényes.

Nyári időszámítás Magyarországon

1941. ápr. 8—1942. nov. 1.	1950-ben nem volt
1943. márc. 29—1943. okt. 3.	1951-ben nem volt
1944. ápr. 3—1944. okt. 2.	1952-ben nem volt
1945. máj. 2—1945. nov. 2.	1953-ban nem volt
1946. márc. 31—1946. okt. 6.	1954. máj. 23—1954. okt. 2.
1947. ápr. 6—1947. okt. 5.	1955. máj. 22—1955. okt. 1.
1948. ápr. 4—1948. okt. 3.	1956. jún. 3—1956. szept. 30.
1949. ápr. 10—1949. okt. 2.	1957. jún. 2—1957. szept. 29.

V/2. Az évi precesszió

Deklinációban :

Rekt. →	0 ^h	2 ^h	4 ^h	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h	Rekt. →
	+0',33	+0',29	+0',17	+0',00	-0',17	-0',29	-0',33	
Rekt. ←	24 ^h	22 ^h	20 ^h	18 ^h	16 ^h	14 ^h	12 ^h	Rekt. ←

Rektaszcenzióban :

Rekt. →	0 ^h	2 ^h	4 ^h	6 ^h	Dekl.	12 ^h	14 ^h	16 ^h	18 ^h	Rekt. →
	3 ^s ,1	2,9	2,7	2,6	-20°	3,1	3,3	3,5	3,6	
	3 ^s ,1	3,1	3,1	3,1	0°	3,1	3,1	3,1	3,1	
	3 ^s ,1	3,3	3,5	3,6	+20°	3,1	2,8	2,7	2,6	
	3 ^s ,1	3,6	4,0	4,2	+40°	3,1	2,5	2,1	2,0	
	3 ^s ,1	4,2	5,1	5,4	+60°	3,1	1,9	1,1	0,8	
	3 ^s ,1	6,9	9,6	10,6	+80°	3,1	-0,7	-3,5	-4,5	
Rekt. ←	12 ^h	10 ^h	8 ^h	6 ^h	Dekl.	24 ^h	22 ^h	20 ^h	18 ^h	Rekt. ←

VI/1. A nappal és a szürkület tartama Magyarországon
(Adatok a szabadban való látásra vonatkozólag)

Dátum	A nappal			Polgári	Navigá- ciós	Csilla- gászati	
	szürkület						
	tartama						
	46°	47°	48°				
földrajzi szélességnél							
	óra perc	óra perc	óra perc	perc	óra perc	óra perc	
Január	1	8 43	8 35	8 27	35	1 14	1 51
	7	8 49	8 43	8 35	35	1 13	1 50
	13	9 00	8 52	8 44	35	1 12	1 49
	19	9 10	9 04	8 58	34	1 11	1 48
	25	9 25	9 19	9 12	33	1 10	1 46
Február	1	9 42	9 38	9 32	33	1 09	1 45
	7	9 59	9 55	9 49	32	1 08	1 44
	13	10 17	10 13	10 09	32	1 07	1 43
	19	10 35	10 32	10 29	31	1 07	1 42
	25	10 53	10 51	10 49	31	1 06	1 41
Március	1	11 06	11 04	11 02	31	1 06	1 41
	7	11 26	11 25	11 23	30	1 06	1 41
	13	11 46	11 44	11 44	30	1 06	1 42
	19	12 05	12 05	12 05	30	1 06	1 43
	25	12 25	12 25	12 27	31	1 07	1 44
Április	1	12 47	12 49	12 51	31	1 08	1 46
	7	13 07	13 09	13 11	31	1 09	1 49
	13	13 26	13 29	13 32	32	1 10	1 52
	19	13 45	13 48	13 52	32	1 12	1 56
	25	14 03	14 07	14 11	33	1 14	2 00
Május	1	14 21	14 25	14 31	34	1 17	2 05
	7	14 36	14 42	14 48	35	1 19	2 11
	13	14 52	15 58	15 05	36	1 22	2 18
	19	15 06	15 13	15 20	37	1 25	2 25
	25	15 18	15 26	15 33	38	1 28	2 33
Június	1	15 30	15 38	15 46	39	1 30	2 42
	7	15 38	15 46	15 54	39	1 33	2 49
	13	15 42	15 52	16 00	40	1 34	2 54
	19	15 45	15 54	16 04	40	1 35	2 57
	25	15 45	15 53	16 03	40	1 34	2 56

**VI/1. A nappal és a szürkület tartama Magyarországon
(Adatok a szabadban való látásra vonatkozólag)**

Dátum	A nappal				Polgári	Navigációs	Csillagászati
					szürkület		
	tartama						
	46°	47°	48°				
földrajzi szélességnél							
	óra perc	óra perc	óra perc	perc	óra perc	óra perc	
Július	1	15 41	15 50	15 59	40	1 33	2 52
	7	15 36	15 44	15 53	39	1 32	2 46
	13	15 27	15 35	15 43	38	1 29	2 38
	19	15 17	15 24	15 32	37	1 27	2 30
	25	15 04	15 12	15 18	37	1 24	2 23
Augusztus	1	14 48	14 54	15 00	35	1 21	2 15
	7	14 33	14 38	14 44	35	1 18	2 09
	13	14 15	14 21	14 25	34	1 16	2 03
	19	13 58	14 02	14 07	33	1 13	1 58
	25	13 41	13 44	13 47	32	1 11	1 54
Szeptember	1	13 19	13 21	13 25	32	1 10	1 50
	7	13 00	13 02	13 04	31	1 08	1 48
	13	12 41	12 43	12 43	31	1 07	1 45
	19	12 21	12 22	12 23	30	1 06	1 44
	25	12 02	12 02	12 02	30	1 06	1 42
Október	1	11 43	11 42	11 41	30	1 06	1 42
	7	11 23	11 23	11 21	30	1 06	1 41
	13	11 04	11 02	11 00	31	1 06	1 41
	19	10 46	10 43	10 40	31	1 06	1 41
	25	10 27	10 24	10 20	31	1 07	1 42
November	1	10 07	10 02	9 57	32	1 08	1 43
	7	9 49	9 45	9 39	32	1 09	1 44
	13	9 34	9 28	9 22	33	1 10	1 46
	19	9 19	9 13	9 06	34	1 11	1 47
	25	9 06	9 00	8 52	34	1 12	1 48
December	1	8 56	8 48	8 40	35	1 13	1 49
	7	8 47	8 39	8 31	35	1 14	1 50
	13	8 42	8 34	8 27	35	1 14	1 51
	19	8 38	8 30	8 22	36	1 14	1 52
	25	8 39	8 31	8 22	36	1 14	1 51

VI/2. A Nap zenittávolsága Budapesten fokokban
minden hónap 15. napján

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
h												
4						89						
5					83	80	82	87				
6				80	73	70	72	77	84			
7		89	80	70	63	60	62	67	74	81	89	
8	86	80	71	60	53	50	52	57	64	72	81	86
9	79	72	62	51	43	40	43	48	56	65	74	79
10	73	66	55	44	35	32	34	40	49	59	69	74
11	70	62	51	39	30	26	28	35	45	56	66	71
12	69	60	50	38	29	24	26	33	45	56	66	71
13	70	62	52	41	33	29	30	37	48	59	69	73
14	74	66	57	47	40	36	37	43	54	65	74	78
15	80	73	64	56	50	46	46	52	62	73	81	84
16	88	81	73	65	60	56	56	62	71	82	90	
17		90	83	76	70	66	66	72	81			
18				86	80	76	76	82				
19					89	85	86					

* A táblázat adatai szigorúan véve Pestlőrincre vonatkoznak. (Eredetileg az Orsz. Meteorológiai Intézet pestlőrinci Maczell György obszervatóriuma számára készültek).

VI/3. A Nap delelési magassága (az északi félgömbön)

Földrajzi szélesség											
Dátum	0°	10°	20°	30°	40°	50°	55°	60°	65°	47°	
I	1	67°	57°	47°	37°	27°	17°	12°	7°	2°	20°
	11	68	58	48	38	28	18	13	8	3	21
	21	70	60	50	40	30	20	15	10	5	23
II	1	73	63	53	43	33	23	18	13	8	26
	11	76	66	56	46	36	26	21	16	11	29
	21	79	69	59	49	39	29	24	19	14	32
III	1	82	72	62	52	42	32	22	22	17	35
	11	86	76	66	56	46	36	31	26	21	39
	21	90	80	70	60	50	40	35	30	25	43
IV	1	86—*	84	74	64	54	44	39	34	29	47
	11	82—*	88	78	68	58	48	43	38	33	51
	21	78—	88—*	82	72	62	52	47	42	37	55
V	1	75—	85—*	85	75	65	55	50	45	40	58
	11	72—	82—*	88	78	68	58	53	48	43	61
	21	70—	80—	90	80	70	60	55	50	45	63
VI	1	68—	78—	88—*	82	72	62	57	52	47	65
	11	67—	77—	87—*	83	73	63	58	53	48	66
	21	66,5	76,5—	86,5—*	83,5	73,5	63,5	58,5	53,5	48,5	66,5
VII	1	67—	77—	87—*	83	73	63	58	53	48	66
	11	68—	78—	88—*	82	72	62	57	52	47	65
	21	70—	80—	90—	80	70	60	55	50	45	63
VIII	1	72—	82—*	88	78	68	58	53	48	43	61
	11	75—	85—*	85	75	65	55	50	45	40	58
	21	78—	88—*	82	72	62	52	47	42	37	55
IX	1	82—*	88	78	68	58	48	43	38	33	51
	11	86—*	84	74	64	54	44	39	34	29	47
	21	89,5—*	80,5	70,5	60,5	50,5	40,5	35,5	30,5	25,5	43,5
X	1	87	77	67	57	47	37	32	27	22	40
	11	83	73	63	53	43	33	28	23	18	36
	21	79	69	59	49	39	29	24	19	14	32
XI	1	76	66	56	46	36	26	21	16	11	29
	11	73	63	53	43	33	23	18	13	8	26
	21	70	60	50	40	30	20	15	10	5	23
XII	1	68	58	48	38	28	18	13	8	3	21
	11	67	57	47	37	27	17	12	7	2	20
	21	66,5	56,5	46,5	36,5	26,5	16,5	11,5	6,5	1,5	19,5

A *-gal jelzett dátumoknál a Nap delelési magassága azon helyeken 90°, ahol a földrajzi szélesség = 90°— (a Nap delelési magassága 0° földrajzi szélességnél).

VI/4. A nappal tartama
különböző északi földrajzi szélességű helyeken

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

0° földrajzi szélességnél a nappal tartama az egész év folyamán 12^h07^m.
A nappal tartama = napkeltétől napnyugtáig eltelt idő, szabad horizontnál.
(A napkelte, ill. napnyugta a napkorong felső peremére és tengerszintnyi magasságra vonatkozik.)

VI/5. A polgári szürkület hossza különböző északi földrajzi szélességű helyeken az évszakok kezdetekor

	III 21	VI 21	X 21	XII 21
Földr. szél.	h m	h m	h m	h m
0°	0 21	0 23	0 21	0 23
10°	0 21	0 23	0 21	0 23
20°	0 22	0 25	0 22	0 24
30°	0 24	0 27	0 24	0 26
40°	0 27	0 33	0 28	0 31
50°	0 32	0 45	0 33	0 39
60°	0 42	1 47	0 43	0 58
65°	0 50	(egész éjjel	0 49	1 27

A polgári szürkület hosszának (tartamának) azt az időtartamot nevezzük, ami eltelik; a nap 6°-os horizont alatti magassága és napfelkelte között, ill. napnyugta és a Napnak 6°-nyira a horizont alá való leszállása között. Ezen időközökben általában lehet még a szürkületi világosságnál a szabadban olvasni. Hasonló a jelentése a IV/1. táblázatban található navigációs és csillagászati szürkületnek, amelyek 12°, ill. 18°-os horizontmagasságra vonatkoznak.

VII. Fényesebb csillagok fontosabb adatai

A csillag neve	RA 1950,0	D 1950,0	m	Sp	d fény- évben	M	RS	Jegyzet
α And	0 ^h 5 ^m 49 ^s	28° 49'	2,15	Alp	116,4	-0,61	-12v	
β Cas	0 6 30	58 52	2,42	F5	44,7	1,74	+12	
γ Peg	0 10 39	14 54	2,87	B2	465,9	2,91	+5v	
α Cas	0 37 39	56 16	var	KO	232,9	var	-4	
β Cet	0 41 4	-18 16	2,24	KO	57,2	1,02	+13	
γ Cas	0 53 40	60 27	var	BOp	203,8	var	var	
β And	1 6 55	35 21	2,37	Ma	75,8	0,54	0	
δ Cas	1 22 31	59 59	2,80	A4	101,9	0,33	-8v	
α UMi	1 48 49	89 02	2,12	F7	465,9	-3,60	-17v	
β Ari	1 51 52	20 34	2,72	A3	51,0	1,75	-4v	
γ And	2 0 49	42 5	2,28	KO	407,5	-3,21	-12	
α Ari	2 4 20	23 14	2,23	K2	74,1	0,44	-14	
α Cet	2 59 40	3 54	2,82	Ma	250,8	-1,61	-25	
α Per	3 20 44	49 41	1,90	F5	271,7	-2,70	-2	
τ Tau	3 44 30	23 57	2,96	B5p	191,8	-0,89	+10	rot: 60
δ Per	3 50 59	31 44	2,91	B1	407,5	-2,58	+21	
α Tau	4 33 3	16 25	1,06	K5	63,9	-0,40	+54	r = 80
β Eri	5 5 23	-5 9	2,92	A3	83,6	0,88	-9	
β Ori	5 12 8	-8 15	0,34	B8p	543,4	-5,77	+23v	rot: 25
α Aur	5 12 59	45 57	0,21	G1	45,9	-0,53	+30v	
γ Ori	5 22 27	6 18	1,70	B2	232,9	-2,57	+18	rot: 60
γ Tau	5 23 8	28 34	1,78	B8	130,4	-1,32	+23v	
β Lep	5 26 6	-20 48	2,96	GO	203,8	-1,02	-14	
β Ori	5 29 27	-0 20	2,48	BO	652,0	-4,03	-12v	
α Lep	5 30 31	-17 51	2,69	FO	296,4	-2,10	+24	
τ Ori	5 32 59	-5 56	2,87	O8	155,2	-0,52	+22v	rot: 75
ξ Ori	5 33 40	-1 14	1,75	BO	465,9	-4,03	+26	rot: 100
τ Ori	5 38 14	-1 58	2,05	BO	407,5	-3,44	+19	
κ Ori	5 45 23	-9 41	2,20	BO	543,4	-3,91	+20	
α Ori	5 52 28	7 24	var	M2	296,4	var	+21v	
β Aur	5 55 52	44 57	var	AOp	83,6	var	+18v	
β CMa	6 20 29	-17 53	1,99	B1	296,4	2,80	+33v	
γ Gen	6 34 49	-16 27	1,93	AO	77,6	0,05	v	
α CMa	6 42 56	-16 39	-1,58	AO	11,9	1,30	-8v	
ε CMa	6 56 40	-23 54	1,63	B1	326,0	-3,37	+27	
δ CMa	7 6 22	-26 19	1,98	F8p	652,0	-4,53	+34v	
η CMa	7 22 7	-29 12	2,43	B5p	271,7	-2,17	+40	
α Gem	7 31 25	32 0	1,58	A8A3	46,6	0,80	-1v	rot: 50
α CMi	7 36 41	5 21	0,48	F5	11,2	2,80	+3v	
β Gem	7 42 16	28 9	1,21	KO	33,3	1,17	+4	
α Hya	9 25 8	-8 26	2,16	K2	203,8	-1,82	-4	
α Leo	10 5 43	12 13	1,34	B8	77,6	-0,54	+3	
γ Leo	10 17 13	20 6	2,61	KO	163,0	-0,89	-36	
β UMa	10 58 50	56 39	2,44	AO	75,8	0,16	-12v	
α UMa	11 0 39	62 1	1,95	KO	105,2	-0,59	-9v	
δ Leo	11 11 27	20 48	2,58	A3	63,9	1,12	-18v	rot: 175
β Leo	11 46 31	14 51	2,23	A2	42,4	1,66	-1	rot: 100
γ UMa	11 51 13	53 58	2,54	AO	88,1	0,38	-14	
γ Crv	12 13 14	17 16	2,78	B8	135,8	-0,32	-4v	
β Crv	12 31 45	-23 07	2,84	G5	120,8	0,00	-8	
γ Vir	12 39 8	-1 11	2,91	FO	34,3	2,80	-20	
ε UMa	12 51 50	56 14	1,68	A2p	48,7	0,81	-12v	rot: 50

VII. Fényesebb csillagok fontosabb adatai

A csillag neve	RA 1950,0	D 1950,0	m	Sp	d fény- évben	M	RS	Jegyzet
α CVn	12 ^h 53 ^m 42 ^s	38°36'	2,90	A0p	135,8	-0,20	- 3	
z Vir	12 59 41	11 14	2,95	K0	90,6	0,73	-14	
ξ UMa	13 21 55	55 11	2,40	A2p	77,6	0,52	- 6v	
α Vir	13 22 33	-10 54	1,21	B2	191,8	-2,64	+ 1v	
η UMa	13 45 34	49 34	1,91	B3	191,8	-1,93	-11	rot: 130
α Boo	14 13 23	19 27	0,24	K0	37,5	-0,06	- 4	r = 65
α Cen*	14 36 11	-60 38	0,06	Go, K5	4,3	4,45	-22	
ϵ Boo	14 42 48	27 17	2,70	G0	217,3	-1,42	-16v?	
β Umi	14 50 50	74 22	2,24	K5	116,4	-0,52	+17	
β Lib	15 14 19	9 12	2,74	B8	163,0	-0,76	-37	
α CrB	15 32 34	26 53	2,31	A1	77,6	0,43	+ 3v	rot: 130
α Ser	15 41 48	6 35	2,75	K0	74,1	0,97	+ 3	
δ Sco	15 57 22	-22 29	2,54	B0	293,4	-2,25	-16v	
η Dra	16 23 19	1 38	2,89	G5	98,8	0,49	-14	
α Sco	16 26 20	-26 19	1,22	Ma + A3	232,9	-3,05	- 3v	r = 331
β Her	16 28 4	21 36	2,81	G5	181,1	-0,91	+26v	
τ Sco	16 32 46	28 7	2,91	B0	362,2	-2,32	+ 1	
ξ Oph	16 34 24	-40 28	2,70	B0	543,4	-3,41	-19v	rot: 450
ξ Her	16 39 24	31 42	3,00	G0	29,6	3,21	-71v	
β Dra	17 29 18	52 50	2,99	G0	362,2	-2,24	-20	
α Oph	17 32 37	12 36	2,14	A5	66,6	0,59	+15	
γ Dra	17 55 26	51 30	2,42	K5	148,2	-0,87	-27	
δ Sgr	18 17 48	-29 51	2,84	K0	101,9	0,37	-20	
λ Sgr	18 24 53	-25 27	8,94	K0	90,6	0,72	-43	
α Lyr	18 35 15	38 44	0,14	A0	26,9	0,55	-14	
δ Sgr	18 52 10	-26 22	2,14	B3	155,2	-1,25	-11	rot: 230
γ Aql	19 43 53	10 29	2,80	K2	181,1	-0,92	- 2	
α Aql	19 48 21	8 44	0,89	A5	15,9	2,45	-27	rot: 270
γ Cyg	20 20 26	40 06	2,32	F8p	465,9	-3,40	- 8	
α Cyg	20 39 44	45 06	1,33	A2p	652,0	-5,18	v	
ϵ Cyg	20 44 11	33 47	2,64	K0	84,6	0,60	-10v	
α Cep	21 17 23	62 22	2,60	A5	42,4	2,03	-12	
ϵ Peg	21 41 44	9 39	2,54	K0	250,8	-1,89	+ 5	
α PsA	22 54 54	-29 53	1,29	A3	22,5	1,48	+ 6	rot: 100
β Peg	23 1 21	27 49	2,61	M2	181,1	-1,11	+10	
α Peg	23 2 16	14 56	2,57	A0	98,8	0,16	- 4v	

* nálunk nem látható.

Jegyzet: Az első oszlopban a csillag neve van a szokásos rövidítésekkel. A második a csillag rektaszencenzióját, a harmadik a deklinációját tartalmazza 1950,0 epochára. A negyedik oszlopban a látszólagos nagyságrend (magnitúdó) van, az ötödikben szinképtípusa, a hatodikban távolsága fényévben van megadva. A hetedik oszlop a csillag abszolút nagyságrendje ($M = m + 5 + 5 \log \pi$ képlet alapján). Az utolsó előtti oszlopban a radiális sebesség van. (A mínusz előjel azt jelenti, hogy a csillag távolodik.) „Jegyzet” felírású rovatban „rot” a csillag egyenlítői forgási sebességét jelenti km/sec-ban, „r” a csillag sugarát (a Nap sugarát egységnek véve) interferometrikus mérések alapján.

VIII. A Budapesten látható csillagfedések 1958-ban
(Világidőben)

Dátum	NZC szám	Csillag	Mag.	Fázis	A Hold kora	Világidő	a	b	P	
			m		d	h m	m	m		
Jan.	2	617	188 B. Taé	6,6	1	12,5	18 06,4	-1,3	+1,5	70°
	2	639	85 H. Tau	6,0	1	12,7	23 59,0	-1,1	-0,1	53
	7	1359	z Cnc	5,1	2	17,7	22 50,3	-1,5	+0,9	267
	28	450	145 B. Ari	6,6	1	9,0	22 58,7	-0,3	-0,5	55
	30	710	+18° 684	7,1	1	10,9	18 14,5	-1,9	-0,7	112
	30	718	302 B. Tau	6,1	1	10,9	20 24,8	-1,5	-2,2	122
	30	726	305 B. Tau	6,8	1	11,6	21 50,9	-0,8	-2,7	128
	30	730	97 Tau	5,1	1	11,0	23 07,9	-0,6	-1,5	93
	31	862	+18° 920	7,5	1	11,9	19 59,6	-1,7	-1,1	112
	31	863	127 Tau	6,7	1	11,9	20 14,6	-1,7	-1,2	113
Febr.	22	146	ε Psc	4,4	1	4,0	16 17,4	-1,1	+0,9	38
	23	284	+10° 257	7,4	1	5,1	19 15,5	-0,4	-2,0	102
	25	505	+16° 450	7,0	1	7,1	17 51,2	-1,6	+0,7	51
	26	643	+18° 629	6,7	1	8,1	17 53,3	-1,8	+2,8	31
	26	663	+17° 724	6,9	1	8,2	20 52,1	-0,6	-1,6	97
	27	800	+18° 831	7,5	1	9,2	21 07,0	-1,1	-0,8	72
	28	943	19 B. (Gem)	6,2	1	10,1	18 46,8	-2,0	+1,7	52
	28	951	+18° 1141	6,8	1	10,2	20 02,6	-1,2	-2,1	125
Márc.	1	1091	+17° 1518	6,7	1	11,2	19 05,6	-1,7	-0,2	97
	1	1106	λ Gem	3,6	1	11,3	22 41,9	-0,8	-1,7	108
	2	1237	+14° 1850	6,4	1	12,2	20 40,4	-1,2	-1,8	136
	3	1359	z Cnc	5,1	1	13,2	18 48,7	-1,2	-0,3	125
	8	1887	-8° 3495	6,4	2	17,4	0 40,0	-1,6	-0,1	267
	11	2322	ν Sco m.	4,3	1	20,5	3 20,9	-1,8	-1,5	155
	11	2322	ν Sco m.	4,3	2	20,5	4 05,5	-1,9	+1,0	223
Ápr.	29	1183	+15° 1676	7,2	1	9,5	21 31,1	-0,4	-2,4	139
	24	1011	+17° 13046	7,4	1	5,6	19 13,5	-0,7	-1,5	95
	25	1145	67 Gem	6,7	1	6,7	20 48,7	-0,3	-1,8	111
	25	1147	68 Gem	5,1	1	6,7	20 55,1	-0,6	-0,9	66
	27	1384	+10° 1972	7,4	1	8,7	19 00,5	-1,9	0,0	72
Máj.	29	1623	69 Leo	5,4	1	10,7	21 46,7	-0,4	-2,7	167
	11	3187	47 Cap	6,2	2	22,0	1 43,0	-1,0	+2,0	239
	22	1106	λ Gem	3,6	1	4,0	19 34,9	-0,5	-0,5	54
	23	1237	+14° 1850	6,4	1	5,0	19 31,5	-0,7	-1,0	70
	28	1822	28 Vir	7,2	1	10,0	19 19,4	—	—	187

VIII. A Budapesten látható esillagfedések 1958-ban
(Világidőben)

Dátum	NZC szám	Csillag	Mag.	Fázis	A Hold kora	Világidő	a	b	P
			m		d	h m	m	m	
Máj. 29	1971	86 Vir	5,8	1	11,1	23 01,9	-0,9	-2,9	167°
Jún. 3	2715	89 G. Vir	6,5	2	16,1	21 36,8	-1,4	+2,2	224
14	—	VÉNUSZ	3,5	2	26,3	1 42,3	+0,2	+1,6	259
24	1792	-5° 3513	7,1	1	7,5	20 21,8	-1,0	-1,2	82
Júl. 24	2159	v Lib	5,3	1	8,1	21 21,9	-0,6	-0,2	47
25	2301	-18° 4228	6,8	1	9,1	21 32,5	-0,9	-0,6	59
Aug. 12	1029	26 Gem	5,1	2	26,3	2 00,5	-0,1	+0,9	292
22	2408	-18° 4320	6,9	1	7,7	19 43,7	—	—	25
25	2871	-17° 5699 f.	7,1	1	10,8	22 17,7	-0,9	+0,2	45
Szept. 1	180	ζ Psc	5,6	2	17,8	21 22,0	-1,5	+0,3	307
1	181	+6° 175	6,5	2	17,8	21 22,9	-1,5	+0,2	307
8	970	292 B. (Ori)	6,5	2	24,0	2 16,6	-0,6	+2,2	241
9	1106	λ Gem	3,6	1	25,0	2 07,6	-0,4	+1,6	84
9	1106	λ Gem	3,6	2	25,0	3 12,9	-1,0	+0,9	284
10	1237	+14° 1850	6,4	2	26,0	2 28,9	-0,1	+2,3	243
21	2826	ε Sgv	4,0	1	8,3	19 54,7	—	—	143
Okt. 3	648	ε Tau	3,9	1	19,6	3 36,1	-1,8	+1,4	47
8	1318	A ² Cnc	5,7	2	24,7	3 25,0	-1,1	+1,5	261
20	3051	87 B. (Cap)	7,0	1	7,9	19 52,2	-1,8	-1,8	109
21	3187	47 Cap	6,2	1	9,0	22 42,3	-0,6	-1,0	76
23	3411	-3° 5592 m.	7,2	1	10,9	18 32,9	-2,4	-0,2	114
2	1029	26 Gem	5,1	2	20,2	2 58,3	-0,5	-2,6	320
3	1147	68 Gem	5,1	2	21,2	2 05,0	-1,7	+1,0	263
7	1611	65 Leo	5,7	2	25,2	1 45,8	-0,3	0,0	315
8	1714	46 B. Vir	6,5	2	26,3	3 40,8	-0,5	+0,3	304
Nov. 20	3502	-0° 4566	7,4	1	9,5	18 48,9	-0,8	+2,4	18
28	836	120 Tau	5,5	2	16,8	1 15,1	—	—	332
28	944	124 II. Ori	5,7	2	17,5	18 40,4	-0,1	+1,4	269
28	970	292 B. (Ori)	6,5	2	17,7	22 12,0	-1,0	+3,4	222
29	1106	λ Gem	3,6	1	18,7	23 24,2	-1,5	+0,1	111
30	1106	λ Gem	3,6	2	18,7	0 44,2	-1,8	+0,5	266
Dec. 1	1234	30 B. Cnc	6,1	2	19,8	0 12,4	—	—	345
1	1341	α Cnc	4,3	2	20,7	21 41,4	-0,5	-0,3	323
16	3328	209 B. Aqr	7,0	1	6,0	17 01,7	-0,4	+2,4	10
17	3467	13 Psc	6,5	1	7,0	18 32,6	-1,4	-0,5	74

VIII. A Budapesten látható csillagfedések 1958-ban (Világidőben)

Dátum	NZC szám	Csillag	Mag.	Fázis	A Hold kora	Világidő	α	b	P
			m		d	h m	m	m	°
19	148	+3° 141	6,9	1	9,1	19 01,6	-0,9	+2,6	19
23	648	δ Tau	3,9	1	13,2	22 57,5	-1,6	+0,8	50
23	653	64 Tau	4,8	1	13,2	23 33,4	-1,4	-0,8	79
28	1309	A Cnc	5,7	2	18,2	20 27,8	-0,5	+2,0	253
29	1332	60 Cnc	5,7	2	18,4	4 07,7	-2,0	+0,4	231
29	1341	α Cnc	4,3	1	18,4	4 36,4	-1,6	-0,2	56
29	1341	α Cnc	4,3	2	18,4	5 15,3	+0,1	-3,1	344

Az első oszlopban a csillagfedés napja, a másodikban és harmadikban a csillag katalógusszáma és neve, a negyedikben a magnitúdója található. A fázis-rovatban 1 áll, ha a csillagnak a Hold keleti szélén való eltűnése és 2, ha a csillagnak a Hold nyugati szélén való kibukkanása észlelhető. „A Hold kora” című oszlopban a legutolsó újholdtól eltelt idő, napokban kifejezve, található. A következő rovat a jelenség időpontját adja világidőben (ehhez az időponthoz nálunk egy, ill. nyári időszámítás esetén két órát hozzá kell adni). a és b az 1° hosszúság és szélességre eső változások. Ha tehát valamely hely $\Delta\lambda$ fokkal van nyugatra és $\Delta\varphi$ fokkal északra Budapesttől (kelet, ill. dél esetén negatív előjellel), az illető helyen a jelenség ideje világidőben

$$t = \text{Világidő} + a \cdot \Delta\lambda + b \cdot \Delta\varphi$$

Ha a földrajzi koordináták különbségét fokokban és tizedfokokban fejezzük ki, a korrekciót percekben és tizedpercekben kapjuk meg. A P jelzésű utolsó oszlopban a csillag be- vagy kilépésének a pozíciója van feltüntetve, a fokokat a holdperem mentén északról kelet felé számítva.

A CSILLAGOS ÉG 1958-BAN

(Az időpontok közép-európai zónaidőben vannak megadva)

Január

Bolygók

Merkur 5-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez. 3-ig a Nyilas, 3-tól 8-ig a Kígyótartó, utána pedig újból a Nyilas csillagképben tartózkodik. Az egész hó folyamán látható napkelte előtt a délkeleti égbolton. Legnagyobb nyugati kitérésben 16-án 24° távolságra a Naptól. A hó közepén egy órával kel a Nap előtt. Fázisa 16-án 0,6, fényessége 0,0 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* 5-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. 2-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképekben tartózkodik. A hó elején még látható közvetlenül napnyugta után a délnyugati égbolton. 28-án alsó együttállásban a Nappal. Fázisa 1-én 0,2, fényessége $-4,3$ magnitúdó. — *Mars* előretartó mozgást végez 3-ig a Skorpió, 29-ig a Kígyótartó és utána a Nyilas csillagképben. Közvetlenül napkelte előtt látható a délkeleti égbolton. Fényessége $+1,7$ magnitúdó. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél után kel és az éjszaka második felében látható. 13-án 6 órakor együttállásban a Holddal, ettől 2° -kal északra. Fényessége $-1,5$ magnitúdó. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Napkelte előtt látható a délkeleti égbolton. Fényessége $+0,8$ magnitúdó. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Rák csillagképben (l. a térképet a 61. oldalon). Az egész éj folyamán megfigyelhető. 30-án szembenállásban a Nappal. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben (l. a térképet a 62. oldalon). Éjfél után kel és a hajnali órákban figyelhető meg a délkeleti égbolton.

Hullócsillagok

2-án és 3-án a Bootidák; 17-én a Cygnidák, lassú mozgásúak.

Február

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 6-ig a Nyilas, 23-ig a Bak és utána a Vízöntő csillagképben. E hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Vénusz* 17-ig hátráló, utána előretartó mozgást

végez a Bak csillagképben. A hó második felében látható hajnalban a délkeleti égbolton. Fázisa 25-én 0,2, fényessége $-4,3$ magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. Közvetlen napkelte előtt látható a délkeleti égbolton. Fényessége $+1,5$ magnitúdó. — *Jupiter* 16-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjjel előtt kel és az éjszaka második felében látható a keleti égbolton. Fényessége $-1,8$ magnitúdó. — *Szturnusz* előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. A hajnali órákban látható a délkeleti égbolton. Fényessége $+0,7$. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Rák csillagképben (l. a térképet a 61. oldalon). Az egész éj folyamán megfigyelhető. — *Neptunusz* 5-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben (l. a térképet a 62. oldalon). Éjjélkor kel és az éjszaka második felében figyelhető meg a délkeleti égbolton.

Hullócsillagok

5-től 10-ig az Aurigidák, nagyon lassúak, fényesek.

Március

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 10-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. A hó második felében figyelhető meg napnyugta után a nyugati égbolton. 3-án felső együttállásban a Nappal. 29-én legnagyobb keleti kitérésben 19° távolságra a Naptól. A hó utolsó harmadában két órával nyugszik a Nap után. 21-én 23 óraker szoros együttállásban a Holddal. Fázisa 22-én 0,7, fényessége $-0,8$ magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 11-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. Másfél órával kel a Nap előtt és a hajnali órákban látható a délkeleti égbolton. 16-án 12 óraker együttállásban a Holddal, ettől 1° -kal délre. Legnagyobb fényességét 4-én éri el, amikor is $-4,3$ magnitúdó. Fázisa 12-én 0,3, növekedő. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Az esti órákban kel és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 8-án 22 óraker együttállásban a Holddal, ettől 2° -kal északra. Fényessége $-1,9$ magnitúdó. — *Szturnusz* előretartó mozgást végez 19-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben. Éjjel után kel és a hajnali órákban látható a délkeleti égbolton. Fényessége $+0,7$ magnitúdó. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Rák csillagképben (l. a térképet a 61. oldalon). Hajnalban nyugszik és az egész éj folyamán látható. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben (l. a térképet a 62. oldalon). Az esti órákban kel és az egész éj folyamán látható. 24-én szembenállásban a Nappal.

Hullócsillagok

10-től 12-ig a Bootidák, gyors mozgásúak, maradandó nyommal.

Április

Gyűrűs napfogyatkozás 19-én nálunk nem figyelhető meg. A fogyatkozás az Indiai-óceán környékén és a Csendes-óceán északnyugati partjairól látható.

Bolygók

Merkur 7-ig előretartó, utána 29-ig hátráló ezután pedig újból előretartó mozgást végez. 2-ig a Halak, 12-ig a Kos és utána újból a Halak csillagképben tartózkodik. A hó első napjaiban figyelhető meg napnyugta után a keleti égbolton. 16-án alsó együttállásban a Nappal. Fázisa 1-én 0,3, fényessége +0,5 magnitudo, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 4-ig a Bak, 29-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. A hajnali órákban látható a délkeleti égbolton és másfél órával kel a Nap előtt. 8-án legnagyobb nyugati kitérésben 46° távolságra a Naptól. 15-én 1 óraker együttállásban a Holddal, ettől 4° -kal délre. Fázisa 16-án 0,5 növekedő, fényessége $-3,9$ magnitudo, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez 28-ig a Bak csillagképben. Napkelte előtt látható a délkeleti égbolton. Fényessége +1,1 magnitudo. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. Az egész éj folyamán megfigyelhető. 17-én szembenállásban a Nappal. 5-én 5 óraker együttállásban a Holddal, ettől 2° -kal északra. Fényessége $-2,0$ magnitudo. — *Szaturnusz* 4-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Nyilas, majd 24-től a Kigyótartó csillagképben. Éjjelkor kel és az éjszaka második felében látható a délkeleti égbolton. 9-én 3 óraker együttállásban a Holddal, ettől 3° -kal délre. Fényessége +0,6 magnitudo. — *Uránusz* 15-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Rák csillagképben (l. a térképet a 61. oldalon). Éjjel után nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben (l. a térképet a 62. oldalon). Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 24-én szembenállásban a Nappal.

Hullócsillagok

19-től 23-ig a Lyridák, gyors mozgásúak, maradandó nyommal.

Május

Részleges holdfogyatkozás 3-án, nálunk nem figyelhető meg.

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 19-ig a Halak, 23-ig a Cet és utána a Kos csillagképben. Hajnalban látható napkeltekor a keleti égbolton, megfigyelésre nemigen alkalmas helyzetben, mivel csak félórával kel a Nap előtt. 14-én legnagyobb nyugati kitérésben 26° távolságra a Naptól. Fázisa 16-án 0,4, fényessége +0,6 magnitudo, mindkettő

növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez a Halak csillagképben, 10-e és 14-e között a Cet csillagképet érintve. Egy órával kel a Nap előtt és a keleti hajnali égbolton látható. 15-én 1 óraker együttállásban a Holddal, ettől 4°-kal délre. Fázisa 16-án 0,7, fényessége —3,6 magnitudo, mindkettő csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez 29-ig a Vizöntő, utána a Halak csillagképben. A hajnali órákban látható a délkeleti égbolton. Fényessége +0,8 magnitudo. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az egész éj folyamán látható. Fényessége +1,9 magnitudo. — *Szaturnusz* hátráló mozgást végez a Kigyóirtó csillagképben. Az esti órákban kel és az éjszaka második felében látható a délkeleti égbolton. Fényessége +0,4 magnitudo. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben (l. a térképet a 61. oldalon). Éjfélkor nyugszik és az esti órákban látható a nyugati égbolton. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben (l. a térképet a 62. oldalon). A hajnali órákban nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg.

Hullócsillagok

6-án az Aquaridák, nagyon gyorsak és hosszú pályájúak; 11-től 14-ig a Herkulidák, gyors mozgásúak; 30-án a Pegasidák, gyorsak, maradandó nyommal.

Június

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 2-ig a Kos, 19-ig a Bika és utána az Ikrek csillagképben. A hó utolsó napjaiban másfél órával nyugszik a Nap után és a nyugati égbolton látható az esti szürkületben. 18-án felső együttállásban a Nappal. Fázisa 30-án 0,9, fényessége —0,9 magnitudo, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 3-ig a Halak, 20-ig a Kos és utána a Bika csillagképben. A hó elején másfél, végén két órával kel a Nap előtt. 14-én 4 óraker együttállásban a Holddal, ettől 1°-kal délre. Ez alkalommal kilépése a Holdkorong mögül (Budapest 2 ó 42 p-kor) tőlünk is megfigyelhető. 15-én fázisa 0,8, növekedő, fényessége —3,5, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez a Halak csillagképben, közben 15-től 23-ig a Cet csillagképet érintve. A hajnali órákban látható a keleti égbolton. Fényessége +0,4 magnitudo. — *Jupiter* 19-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjfél után nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. 20-án 21 óraker együttállásban a Holddal, ettől 2°-kal északra. Fényessége —1,8 magnitudo. — *Szaturnusz* hátráló mozgást végez a Kigyóirtó csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 13-án szembenállásban a Nappal. 2-án 19 óraker együttállásban a Holddal, ettől 3°-kal délre. Fényessége +0,3 magnitudo. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben (l. a térképet a 61. oldalon). Napnyugta után figyelhető meg a nyugati égbolton. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Szűz csillagképben (l. a térképet a 62. old.). Éjfél után nyugszik és az esti órákban figyelhető meg a délnyugati égbolton.

Hullócsillagok

2-től 17-ig a Scorpionidák, lassúak és fényesek; 23-tól 30-ig a Draconidák, nagyon lassúak.

Július

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 3-ig az Ikrek, 15-ig a Rák és utána az Oroszlán csillagképben. Az egész hó folyamán látható a nyugati égbolton. A hó elején másfél, végén egy órával nyugszik a Nap után. Legnagyobb keleti kitérésben 26-án 27° távolságra a Naptól. Fázisa 20-án 0,6, fényessége $+0,6$ magnitudo, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 19-ig a Bika, 21-ig az Oroszlán és utána az Ikrek csillagképben. Két órával kel a Nap előtt és a hajnali keleti égbolton látható. 14-én 7 óraker együttállásban a Holddal, ettől 3° -kal északra. 15-én fázisa 0,8, növekedő, fényessége $-3,3$ magnitudo, csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez 25-ig a Halak, utána a Kos csillagképben. Az éjszaka második felében látható a keleti égbolton. Fényessége $+0,1$ magnitudo. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Éjjel előtt nyugszik és az esti órákban látható a nyugati égbolton. Fényessége $-1,6$ magnitudo. — *Szaturnusz* hátráló mozgást végez a Kigyótartó csillagképben. Az éjjel utáni órákban nyugszik és az éjszaka első felében látható a délnyugati égbolton. 27-én 4 óraker együttállásban a Holddal, ettől 3° -kal délre. Fényessége $+0,4$ magnitudo. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben (l. a térképet a 61. old.). A hó első felében még látható napnyugtakor a nyugati égbolton. — *Neptunusz* 14-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben (l. a térképet a 62. old.). Az esti órákban nyugszik és napnyugta után figyelhető meg a délnyugati égbolton.

Hullócsillagok

8-tól kezdve láthatók a Perseidák; 25-től 30-ig az Aquaridák, lassú mozgásúak.

Augusztus

Bolygók

Merkur 8-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez. 5-ig az Oroszlán, 21-ig a Szextáns, utána pedig újból az Oroszlán csillagképben tartózkodik. A hó első napjaiban figyelhető meg a nyugati égbolton, közvetlen napnyugta után. 23-án alsó együttállásban a Nappal. Fázisa 4-én 0,3, fényessége $+1,0$ magnitudo, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 13-ig az Ikrek, 29-ig a Rák és utána az Oroszlán csillagképben. Két órával kel a Nap előtt és mint hajnalesillag látható a keleti égbolton. 27-én együttállásban az Uránusszal, utóbbtól $0,1^\circ$ -kal északra. 14-én fázisa 0,9, növekedő, fényessége $-3,3$, csökkenő. — *Mars* előretartó

mozgást végez 29-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. Éjfél előtt kel és az éjszaka második felében látható a keleti égbolton. 7-én 11 órakor együttállásban a Holddal, ettől 1° -kal délre. Fényessége $-0,3$ magnitúdó. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Az esti órákban nyugszik és már csak napnyugta után látható a délkeleti égbolton. Fényessége $-1,4$ magnitúdó. — *Szaturnusz* 24-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Éjfélkor nyugszik és az esti órákban látható a délnyugati égbolton. Fényessége $+0,5$ magnitúdó. — *Uránusz* a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 4-én együttállásban a Nappal. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben (l. a térképet a 62. old.). Az esti órákban nyugszik és közvetlenül napnyugta után még megfigyelhető a délkeleti égbolton.

Hullócsillagok

9-én megy át a Föld a Perseidák legsűrűbb részén, melyek 20-ig láthatók.

Szeptember

Bolygók

Merkur 2-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez az Oroszlán, majd 24-től a Szűz csillagképben. A hó első felében látható a hajnali szürkületben a keleti égbolton. 10-én másfél órával kel a Nap előtt. Legnagyobb nyugati kitérésben 9-én 18° távolságra a Naptól. 5-én együttállásban a Vénusszal, ettől 2° -kal délre. 10-én igen szoros együttállásban a Regulusszal. 18-án újból együttállásban a Vénusszal, ettől $0,3^\circ$ -kal északra. Fázisa 13-án 0,6, fényessége $-0,5$ magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 27-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. A hó elején másfél, végén egy órával kel a Nap előtt. A keleti égbolton látható hajnalban. 8-án együttállásban a Regulusszal, ettől $0,7^\circ$ -kal északra. 18-án fázisa 1,0, fényessége $-3,4$ magnitúdó. — *Mars* előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. A kora esti órákban kel és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. Látszó átmérője a hó végén már eléri a $16''$ -et, úgyhogy felületének megfigyelése is megkísérélhető. 4-én 22 órakor együttállásban a Holddal, ettől $0,5^\circ$ -kal északra. Fényessége $-0,9$ magnitúdó. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. Napnyugtakor még látható a nyugati égbolton. Fényessége $-1,3$ magnitúdó. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Kígyótartó csillagképben. Az esti órákban nyugszik és napnyugta után látható a délnyugati égbolton. 19-én együttállásban a Holddal, ettől 3° -kal délre. Fényessége $+0,7$ magnitúdó. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben (l. a térképet a 61. old.). A hó folyamán újból látható napkeltekor a keleti égbolton. — *Neptunusz* a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Hullócsillagok

7-től 15-ig a Perseidák.

Október

Teljes napfogyatkozás 12-én, nálunk nem figyelhető meg. A fogyatkozás a Csendes-óceán déli részéről látható.

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 20-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. A hó második felében látható napnyugtakor a nyugati égbolton, de nem kerül megfigyelésre kedvező helyzetben, mivel fél órával nyugszik a Nap után. 5-én felső együttállásban a Nappal. 22-én együttállásban a Jupiterrel, ettől 2°-kal délre. Fázisa 28-án 0,9, fényessége $-0,3$ magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. 1-én háromnegyed órával kel a Nap előtt és már csak a hó elején látható napkeltekor a keleti égbolton. Fázisa 3-án 1,0, fényessége $-3,4$ magnitúdó. — *Mars* 9-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Bika csillagképben. Napnyugta után kel és az egész éj folyamán látható. Látszó átmérője a hó végén eléri a $19''$ -et, felülete már jól megfigyelhető. 2-án 19 órakor és 29-én 20 órakor együttállásban a Holddal, ettől 20°-kal, ill. 30°-kal északra. Fényessége a hó végére eléri a $-1,8$ magnitúdót. — *Jupiter* a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Kigyótartó csillagképben. A kora esti órákban nyugszik és az esti szürkületben látható a délnyugati égbolton. Fényessége $+0,8$ magnitúdó. — *Uránusz* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben (l. a térképet a 61. old.). Éjfélkor és a hajnali órákban látható a keleti égbolton. — *Neptunusz* a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 28-án együttállásban a Nappal.

Hullócsillagok

2-án a Quadrantidák; 19-én a Draconidák; 19-től 23-ig az Arietidák, nagyon lassúak és fényesek; 18-tól 20-ig az Orionidák, gyorsak, mara-dandó nyommal; 30-tól a Tauridák.

November

Bolygók

Merkur előretartó mozgást végez 4-ig a Mérleg, utána a Skorprió csillagképben. 30-án stacionárius és utána hátráló mozgást vesz fel. Az egész hó folyamán látható a nyugati égbolton napnyugta után. A hó végén egy órával nyugszik a Nap után. 20-án legnagyobb keleti kitérésben 22° távolságra a Naptól. 11-én együttállásban az Antareszszel, ettől 2°-kal északra. Fázisa 27-én 0,4, fényessége $+0,2$, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* 11-én felső együttállásban a Nappal. E hó folyamán nem figyelhető meg. — *Mars* hátráló mozgást végez 12-ig a Bika, utána a Kos csillagképben. Az egész éj folyamán látható. 8-án földközelen, amikor is átmérője $19''$, és távolsága a Földtől 73 millió km.

16-án szembenállásban a Nappal. Legnagyobb fényességét $-2,0$ magnitudót — a hó közepén éri el. — *Jupiter* 5-én együttállásban a Nappal. E hó folyamán nem figyelhető meg. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez 24-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A hó elején megfigyelése még megkísérelhető napnyugtakor a délnyugati égbolton. 13-án 17 órakor együttállásban a Holddal, ettől 4° -kal délre. Fényessége $+0,7$ magnitudó. — *Uránusz* 22-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Rák csillagképben (l. a térképet a 61. oldalon). Az esti órákban kel és éjfél után figyelhető meg a keleti égbolton. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben (l. a térképet a 62. oldalon). Napkelte előtt újból megfigyelhető a keleti égbolton.

Hullócsillagok

3-tól 15-ig a Leonidák, nagyon gyorsak; 17-től 27-ig az Andromedidák, nagyon lassúak.

December

Bolygók

Merkur 19-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Skorpió csillagképben. A hó első napjaiban napnyugtakor a délnyugati égbolton, a hó végén pedig napkelte előtt a délkeleti égbolton figyelhető meg. A hó elején egy órával nyugszik a Nap után, a hó végén pedig másfél órával kel a Nap előtt. 10-én alsó együttállásban a Nappal. Fázisa 27-én $0,6$, fényessége $0,0$ magnitudó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* a hó második felében már látható az esti szürkületben, a Nyilas csillagképben előretartó mozgást végezve. A hó végén egy órával nyugszik a Nap után. 27-én fázisa $1,0$, fényessége $-3,4$ magnitudó. — *Mars* 20-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Kos csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az egész éj folyamán megfigyelhető. Látszó átmérője és fényessége gyorsan csökken, a hó végén előbbi $13''$, utóbbi $-0,6$ magnitudó. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Skorpió csillagképben. A hajnali órákban figyelhető meg a délkeleti égbolton. — *Szaturnusz* 20-án együttállásban a Nappal. E hó folyamán nem figyelhető meg. — *Uránusz* hátráló mozgást végez a Rák csillagképben (l. a térképet a 61. old.). A kora esti órákban kel és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben (l. a térképet a 62. old.). Közvetlenül napkelte előtt újból megfigyelhető a keleti égbolton.

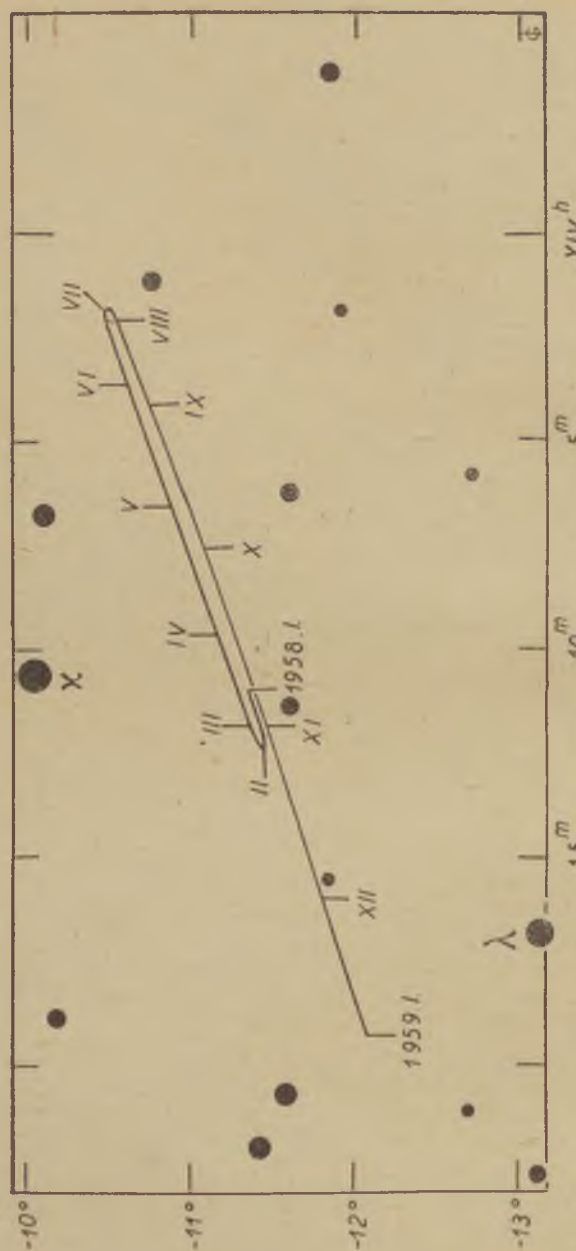
Hullócsillagok

10-től 12-ig a Geminidák.

Guman István



I. ábra. Az Uránusz látható pályája a Bék Csillagképhőn. A római számok a bolygó helyzetét szemléltetik minden hónap első napján, 1958 jan. 1-től 1959 jan. 1-ig. Fényessége az oppozíció idején (jan. 30) 5,8 magnitudo



2. ábra. A Neptunusz látároz pályája a Szűz csillagképzőben. A római számok a haloppó helyzetét szemléltetik minden hónap első napján. 1958 ján. 1-10. Fényessége az oppozíció idején (márc. 28.) 7,7 magnitúdó

DETRE LÁSZLÓ:

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA CSILLAGVIZSGÁLÓ INTÉZETÉNEK MŰKÖDÉSE

(1956. JANUÁR—1957. SZEPTEMBER)

Az Intézet életében az 1956. év legfontosabb eseménye az augusztus 23 és 28 között Budapesten rendezett „Változócsillag-konferencia” volt. A konferencián a magyar csillagászokon kívül 5 szovjet, 4 német, 2—2 holland, kínai és lengyel, valamint 1 belga, 1 cseh és 1 olasz csillagász vett részt. Ezenkívül 1 angol csillagász beküldte előadásának szövegét.

A konferencia augusztus 23-án délután az Akadémia épületében tartott fogadással kezdődött. Ezután az idegen résztvevők autóbuszon megtekintették a fővárost. A tudományos üléseket a következő nap délelőttjén Hajós György osztálytitkár nyitotta meg, majd Kukarkin (Moszkva) elnöklése mellett megkezdődtek az előadások. Az első két előadás, K. Güssow (Jena) „Elméleti megfontolások a fényelektromos fotometriához” és P. Ahnert (Sonneberg) „Fotografikus fokális felvételek fotometriai pontossága” módszertani kérdéseket tárgyalt, ezután a szabálytalan változócsillagokról a következő előadások hangzóttak el: C. Hoffmeister „Két különleges Delta Cephei csillag”, Maszjévecs (Moszkva) „A törpealatti csillagok felépítése és fejlődése”, L. Rosino (Asiago) „Novák és törpe változók fotografiai vizsgálata”, C. Hoffmeister (Sonneberg) „Néhány RW Aurigae-csillag tulajdonságairól”, P. Ahnert (Sonneberg) „Az RV Tauri-csillagok vizuális és fotografiai fényváltozása közti fáziskülönbségek”.

Augusztus 25-én Hoffmeister elnökle mellett a Mira-csillagokra és a fedési változókra való néhány kitérés után rátértünk a konferencia főtémájára, a Delta Cephei csillagok és az RR Lyrae-csillagok periódusváltozásának kérdésére, valamint a többszörös periódusú változócsillagokra. Iwanowska (Torun) „A hosszuperiódusú változócsillagok szinképei” c. előadását tanítványa, dr. Woszczyk olvasta fel oroszul, majd Piotrowszky professzor (Varsó) angolul tolmácsolta. Utána saját előadását tartotta meg „Fedési változók vizsgálata” címmel és főleg VV Aurigae színváltozását diszkutálta. Herczeg (Budapest) „Megjegyzések vizuális és fődési kettőscsillagokról” c. előadásában főleg a Nova Herculis 1934 fedési fényváltozásával foglalkozott, majd kitért a VV Cephei fotoelektromos megfigyelése útján kapott eredményeire. Ezután 5 rokontárgyú előadás következett: P. P. Parenago (Moszkva) „A hosszuperiódusú Delta Cephei csillagok periódusváltozása”, B. V. Kukarkin (Moszkva) „A gömbhalmazokban levő változók néhány törvényszerűségéről”, L. Rosino (Asiago) „A gömbhalmazokban levő változók problémái”, Izsák (Budapest) „M 15 gömbhalmazban levő RR Lyrae-csillagok periódusváltozása” és Ozsváth (Budapest) „A M 3 gömbhalmaz változócsillagai”. Az előadásokat igen élénk vita követte a változócsillagok ún. O—C diagramjainak helyes interpretálásáról.

Délután a szabadsághegyi csillagvizsgáló megtekintése volt a programon, majd másnap, vasárnap kirándulás volt a Balatonra.

Augusztus 27-én folytatódtak az előadások Parenago elnöklete alatt. Elsőnek A. van Hoof (Louvain) több mint egy óras előadásban referált a Béta Canis Majoris csillagokról, majd Woltjer (Leiden) „Igen rövid periódusú RR Lyrae-csillagokról” c. előadásában bebizonyította, hogy ezek a csillagok sokkal halványabbak, mint a hosszabb periódusú RR Lyrae-csillagok. A következő két előadásban Balázs Júlia „RW Draconis Blasko-effektusának periódusos és ugrásszerű változásai”, valamint Detre „RR Lyrae-csillagok fényelektromos megfigyeléseinek eredményei” címmel a Blasko-effektusra vonatkozó legújabb budapesti eredményeket ismertették. Walravenné (Leiden) felolvasta M. Johnson (Birmingham) „Pulzáló csillagok többszörös periódusainak okairól” c. értekezését.

Augusztus 28-án Maszjevics elnöklete mellett Guman (Budapest) „AC Andromedae” címmel adott elő, majd a legkülönbözőbb témájú előadások következtek. Kulikovszki (Moszkva) „A szovjet csillagászok csillagásztörténeti munkái”, Izsák (Budapest) „Az egycentrumprobléma regularizációja”, Th. Walraven (Leiden) „A Crab-kódre vonatkozó vizsgálatok”, Csada (Budapest) „A Nap általános mágneses terének szerkezete”, Kung Shu-mu (Nanking) „A Nap opacitása és belső szerkezete”, M. N. Gnyevisev (Pulkovo) „A koronának fogyatkozásán kívüli megfigyelése a Szovjetunióban”, Z. Svestka (Prága) „A kromoszférikus flérek fizikai tulajdonságai”, Dezső (Budapest) „Napfoltok statisztikai vizsgálata”. A konferencia Maszjevics és Detre zárószavaival ért véget.

A konferencia igen kedvező külföldi visszhangra talált és mindenképpen jól sikerültnek mondható. Az előadásokat az Intézet külön füzetben jelenteti meg.

A konferencia természetesen erősen hozzájárult internacionális kapcsolataink fejlesztéséhez. Az Intézet munkatársai közül Detre László és Balázs Júlia résztvettek az Astronomische Gesellschaft hannoveri kongresszusán. A részvételt az Astronomische Gesellschaft támogatása tette lehetővé. Ezután a leideni csillagda meghívására néhány napot Hollandiában töltöttek, ahol főleg a fotoelektromos berendezéseket tanulmányozták. Ez alkalomból a leideni csillagda egy igen értékes erősítő berendezést adott ajándékba, amely lehetővé teszi, hogy fotoelektromos megfigyeléseinket 1957 őszétől kezdve két távcsővel végezhessük. Az új berendezést a 25 cm-es reflektorra szereljük fel, miután a reflektort a 25 cm-es refraktorral áthelyezzük a kalocsai 18 cm-es refraktorra. A hollandiai út után a Német Akadémia meghívására megtekintették a sonnebergi, jénai és potsdami obszervatóriumokat, valamint a jénai Zeiss művekben készülő 2 méteres reflektort.

A Szovjetunió Napfizikai Bizottságának 1956 szeptemberében Tbilisziben tartott konferenciáján az Intézetet Csada Imre képviselte.

Almár Iván 1956 nyarán megtekintette a brnoi és a prága-ondrejovi csillagvizsgálókat, majd 1957 júniusában kultúrcsere-akció keretében három héten át a krakkói, varsói és különösen a toruni csillagvizsgálókban dolgozott. Az utóbbi helyen alkalma volt spektrálfotometriai és színképklasszifikációs eljárásokat elsajátítani. Prágában és Torunban előadást tartott Intézetünk munkásságáról.

Detre László részt vett a liège-i asztrofizikai kollokviumon (1957. július 8–13), majd német meghívásra „Többszörös periódusú változócsillagok” címmel előadást tartott a bonni és hamburgi csillagvizsgálókban. Négyhetes nyugat-németországi tartózkodása alkalmával alkalma volt tanulmányozni a nemrég létesült Hoher List-obszervatórium, valamint a stockerthegyi rádiócsillagászati telep berendezését, majd augusztusban részt vett az Astro-

nomische Gesellschaft bambergi konferenciáján. A részvételt az egyesület ismét anyagilag támogatta.

1956 júniusában Julius Dick professzor (Potsdam-Babelsberg) meglátogatta Intézetünket és a Csillagászati Tanács rendezésében előadást tartott a meridiánkör-csillagászat modern problémáiról. Malina Popova bolgár csillagász 1957 júniusában négy hélig dolgozott intézetünkben és kimérte TW Herculis és WY Draconis RR Lyrae-csillagokról készített felvételeinket. Rövidebb ideig itt tartózkodott J. Vaniszek professzor, a brnoi csillagvizsgáló igazgatója.

A magyar csillagászat igen fontos eseménye, hogy 1957 júliusában az Akadémia végre megrendelte a jénai Zeiss-műveknél a 90/180 cm-es tükrű és 60 cm-es korrekciós lemezű Schmidt-teleszkópot egy 60 cm-es objektív-prizmával együtt. A műszer elkészítését a Zeiss-művek 1961 elejére vállalták.

Az Intézet személyzete az 1956-ban történt átszervezés után

Igazgató: Detre László.

Sztellárasztrónómiai osztály: Vezető: Detre László; tudományos munkatársak: Detréne Balázs Júlia, Guman István, Almár Iván, Balázs Béla; tudományos segédmunkatárs: Csank Lajos; kutatási segédek: Lovas Miklós, Gefferth Károly és Rizner Ferenc.

Napfizikai osztály: Vezető: Dezső Loránt; tudományos munkatárs: Csada Imre; tudományos segédmunkatárs: Gerlei Ottó; kutatási segédek: Mersits József és Nagy László.

Mechanikai műhely: Elter János főműhelyvezető, Kálmán Béla mechanikus.

Gazdasági részleg: Káldor Ernőné gazdasági vezető, Harsányi Klára titkárnő (félállással, a könyvtár adminisztrációját is ellátja), Hegedűs Béla gépkocsivezető, Iváncsik Miklós szakmunkás, Iváncsikné Guba Borbála hivatalsegéd, Tamási Lajos betanított segédmunkás.

Az Akadémia Elnökségének határozata értelmében a napfizikai osztály a közeljövőben mint „Akadémiai napfizikai kutatócsoport” személyzetével és műszereivel Debrecenbe költözik át.

Tudományos munka és eredmények

Sztellárasztrónómiai osztály. Az osztály tovább folytatta az RR Lyrae-csillagok periódusváltozásának, valamint a többszörös periódusok felléptének vizsgálatát. Az alábbi táblázat áttekintést nyújt a 16 cm-es asztrográfon 1956-ban kapott megfigyelési anyagról. A 60 cm-es reflektorra szerelt fotoelektromos berendezéssel a következő RR Lyrae-csillagokat figyeltük meg: RV UMa, RR Gem, RR Leo, RR Lyr, UY Cyg, TU UMa, XX Cyg (Balázs, Detre, Lovas). Herczeg Tibor és Lovas Miklós megfigyelték az Epsilon Aurigae és VV Cephei fedési kettőscsillagok 1956. évi fogyatkozásait. Ezenkívül a M3, M5 és M15 gömbhalmazokról Lovas Miklós 124 felvételt készített.

A megfigyelések kiértékeléséből a [következő] eredményeket kaptuk:

1. RV UMa RR Lyrae-csillag rendkívül erős Blasko-effektust mutat, amennyiben a maximum magassága 0,5 fényrend ingadozást mutat. Az ingadozás periódusát is sikerült meghatározni: 90,5 nap (Balázs, Detre).

2. RR Gem RR Lyrae-csillag fotoelektromos megfigyeléseink szerint szintén mutat Blasko-effektust kb. 0,3 fényrend amplitudóval és 38 nap periódussal (Balázs, Detre).

3. RV Ari ultrarövidperiódusú csillag szekundér periódusát sikerült meghatározni Broglia és Pestarino olasz csillagászok fényelektromos megfigyelései alapján. A szekundér periódus 0,316330 nap, 3,397-szerese a főperiódusnak. Ez az érték pontosan egyezik az AI Vel hasonló típusú csillagra Walraven által levezetett szekundér periódussal (Detre).

4. XX Cyg, CY Aqu és DY Her ultrarövidperiódusú csillagokról kapott fényelektromos megfigyeléseink szerint ezen csillagok fénygörbéi ciklusról ciklusra teljesen megegyeznek. Az ultrarövidperiódusú csillagok megfigyeléseink szerint vagy rendkívül erős fénygörbeváltozásokat mutatnak, vagy teljesen változatlan a fénygörbéjük. Kicsi vagy közepes Blasko-effektus nem lép fel náluk (Balázs, Detre).

Kimutatás a 16 cm-es asztrográfon készült felvételekről
(1956)

Csillag	Exp. idő	Almár	Bányai	Geffert	Összesen
RV Ari	7—8m	—	—	31	31
SW Boo	15m	—	—	2	2
UU Boo	8m	—	3	3	6
RW Cnc	4m	—	—	26	26
TT Cnc	4—6m	—	—	112	112
ST CVn	4m	—	19	—	19
RW Dra	4m	—	—	59	59
XZ Dra	4m	—	—	176	176
AR Her	4—5m	1732	—	—	1732
RR Leo	2m	—	—	37	37
ST Leo	4—6m	—	15	85	100
V LMi	5m	—	16	96	112
X LMi	12m	—	27	28	55
Y LMi	10—12m	—	—	88	88
SS Tau	8—15m	—	20	22	42
Összesen:		1732	100	765	2597

5. Az RW Dra-ról rendelkezésre álló 23 évre kiterjedő budapesti és leideni fotografikus anyag feldolgozása lehetővé tette a csillag Blasko-effektusában mutatkozó változások tüzetes vizsgálatát. Kiderült, hogy a főperiódusban mutatkozó minden változás együtt jár a Blasko-effektus amplitudójának és periódusának változásával. Ez arra mutat, hogy a csillag ún. O—C diagramja nem egyszerűen a főperiódusban mutatkozó szabálytalan változások statisztikai összegezését ábrázolja, hanem az O—C diagram jellegzeteségei a csillag fizikai állapotában beálló változásokkal függnek össze (Balázs).

6. Kb. 300 RR Lyrae-csillag O—C diagramjának analízise arra az eredményre vezetett, hogy bonyolultabb O—C diagramok csak olyan csillagoknál mutatkoznak, amelyeknél Blasko-effektus lép fel. Ha a fénygörbe nem változik, a csillag periódusa vagy konstans, vagy csak rendkívül lassú változásokat mutat (Detre).

7. A M3 gömbhalmazban levő RR Lyrae-csillagok közül 130 O—C diagramja volt analízálható. M 15-tel szemben ebben a halmazban a periódus-

növekedést mutató csillagok száma kb. egyenlő a perióduscsökkenést mutatók számával. Úgy látszik, nemcsak a periódusgyakoriság függ össze a halmazok Russel-diagramjával, hanem a periódusváltozások tulajdonsága is (Oszváth, kandidátusi disszertáció).

Az 5. pontban említett eredményeket célszerűnek látszik más csillagok esetében is megvizsgálni. Almár Iván kandidátusi disszertációjaként megkezdte AR II-er ilyen irányú feldolgozását.

Izsák Imre égi mechanikai tanulmányai közben igen egyszerű levezetést talált a klasszikus kéttestet probléma regularizációjára.

Herczeg Tibor megvizsgálta a Nova Herculis 1934. kitörése utáni megfigyeléseket abból a szempontból, hogy már azok is mutatják-e a fedési fényváltozást. Az eredmény pozitív, és így sikerült a fedési periódust az eddiginél lényegesen pontosabban meghatározni.

Az osztály a következő tudományos dolgozatokat készítette el:

Izsák: Zur Regularisierung des Einzentrumproblems (Budapest Mit. 39.).

Detre: Die sekundäre Periode von RV Arietis (Budapest Mit. 40.).

Balázs Júlia: Diskussion von 504 photographischen Beobachtungen von RV Arietis (Budapest Mit. 40.).

Herczeg: Photoelectric observations of the 1955—56 eclipse of Zeta Aurigae (Budapest Mit. 41.).

Herczeg: A short note on β 2 Cygni (Budapest Mit. 41.).

Balázs: Periodische und sprunghafte Änderungen im Blasko-Effekt von RW Dra.

Izsák: Die Periodenänderungen der Veränderlichen in M 15.

Oszváth: Die Veränderlichen in M 3.

Detre: Photoelektrische Beobachtungen von RR Lyrae-Veränderlichen.

Herczeg: Notes on visual and photometric binaries.

Napfizikai osztály. Folytattuk a Nap fotoszférájának vizuális és fotografikus megfigyelését. A megfigyelések 1956 közepétől rendszeresen megjelennek az Országos Meteorológiai Intézet Ionoszféra Jelentéseiben. Ezzel a munkával részt veszünk a Nemzetközi Geodéziai Év programjában (Dezső, Gerlei).

Az osztály folytatta a napfoltokra vonatkozó statisztikai vizsgálatokat. E témakörből Dezső osztályvezetőnek a Krimi Napfizikai Konferencián elhangzott előadásának kivonata megjelent a Krimi Asztrofizikai Observatórium kiadványában.

Csada a Nap általános mágneses terét vizsgálta a mt. wilsoni magnetogramok felhasználásával. Eredményei szerint a Nap általános mágneses tere quadrupól jellegű, a tér dipól tagja elhanyagolható.

A műhely elkészült a spektrohélioszkóp cölösztátjával és azt 1956 októberében felállította.

Egyéb munkák. Külföldi felkérésre Oszváth és Balázs Béla több kisbolygó pontos pozícióját határozta meg Kulin régebbi felvételei alapján.

Lovas Miklós 8 felvételt készített az Ahrend-Roland és a Mrkos üstökösről.

Az 1955. évi jelentésben említett hosszúságmeghatározás feldolgozásából az Intézet passage-házának pillérére a következő hosszúság adódott:

$$\lambda = -1^{\text{h}} 15^{\text{m}} 51^{\text{s}} 434 \pm \text{s}, 007.$$

(Megfigyelők Hemler és Poerzel német, Byff és Bárdy magyar geodéták.)

1957 április és május hónapokban a Budapesti Műszaki Egyetem Hadmérnöki Karának Térképészmérnöki fakultásáról Thury József V. éves térképészmérnök hallgató meghatározta a meridián ház pőtpillérének földrajzi koordinátáit egy Wild gyártmányú T 4 típusú univerzális teodolittal.

A Szovjet Akadémia felkérésére az Intézet szervezi meg a szovjet mesterséges hold magyarországi megfigyelését Almár Iván vezetésével, valamint a TTIT közreműködésével.

Az Intézet továbbra is ellátta az Országos Meteorológiai Intézet területünkön levő I. osztályú állomásának munkakörét (Iváncsik).

RÓKA GEDEON ÉS SVÉKUS OLIVÉR:

A TTIT ÁTSZERVEZETT CSILLAGÁSZATI SZAKOSZTÁLYAINAK MUNKÁJÁRÓL

A csillagászati és matematikai ismeretterjesztés irányítását 1956-ig a TTIT központi csillagászati és matematikai szakosztálya látta el. Az 1957. év elején a TTIT jelentős átszervezésére került sor. Több év tapasztalata alapján a Társulat tagjai körében az a vélemény alakult ki, hogy a Társulat szervezeti felépítése itt-ott javításra, kiigazításra szorul. A Társulat tagjainak többsége például nem látta szükségesnek, hogy Budapesten működjék a központi szakosztály mellett még egy külön budapesti szakosztály is. A kettős szakosztályból szükségképpen következett a kettős végrehajtás és az, hogy ugyanazon részletfeladatokkal foglalkoztak mind a központi, mind a budapesti szakosztály tagjai, és ugyanez volt a helyzet a Társulat belső munkatársai esetében is. Ez a szervezeti felépítés többek között az erők felesleges pazarlására is vezetett.

A csillagászati ismeretterjesztő munkában különösen megmutatkozott a budapesti kettős szakosztály összefonódása. A hazánkban működő egyetlen csillagászati tudományos kutató intézet, a szabadsághegyi Akadémiai Csillagvizsgáló Intézet tudományos munkatársai vettek részt a központi szakosztály munkájában. De ugyanezen szakemberek tartották javarészt a budapesti Csillagászati Hetek, az Uránia Bemutató Csillagvizsgáló csütörtöki sorozatai és a Budapesten rendezett egyéb csillagászati előadásorozatok előadásait is. Ha nem is ilyen kirívóan, de többé-kevésbé hasonlóan keveredett össze a többi központi és budapesti szakosztály munkája is.

A Társulat Elnöksége és Titkársága ezért szükségesnek látta a TTIT egészének újrászervezését, a feladatok sikerebb végrehajtása érdekében olyan „racionalizálás” megvalósítását, amely mind a tagság, mind pedig a belső munkatársak eredményesebb munkálkodását teszi lehetővé.

Az átszervezés lényeges pontjai a következők:

1. Az eddigi Központ és külön Budapesti Szervezet egyesítése megtörtént. Változatlanul megmaradt a 19 megyei szervezet.

A Központban 6 természettudományi és 5 társadalomtudományi szakosztály van. Egy szakosztályban együtt vannak a volt központi és budapesti szakosztály tagjai. — Jelentős változás, hogy a természettudományi és a társadalomtudományi szakosztályok külön-külön csoportot képeznek, külön és önállóan működő elnökséggel. — A Társulat főtítkára Mód Aladár, szervező titkára Ónódy Miklós. A természettudományi csoport titkára dr. Réti Endre, a társadalomtudományi csoporté Bencez László.

2. A Társulatnál jelentős mértékű létszámcsoökkentésre került sor.

A függetlenített munkatársak létszáma erősen csökkent: szakosztályonként egy függetlenített titkár van. Az egyesített fizikai-kémiai-matematikai-csillagászati szakosztály titkára Svékus Olivér. — Az országos szervezet létszáma is csökkent: megynként egy-két függetlenített titkárunk van.

3. A Társulat működési területe bővült, feladatai szaporodtak. Ezért, valamint az önálló gazdálkodás és a racionálisabb munkamegosztás érdekében új társulati vállalatok létesültek.

A vállalatok a TTIT olyan végrehajtó szervei, amelyek egy-egy feladat technikai végrehajtásával foglalkoznak. Munkájuk lehetővé teszi, hogy a szakosztályok függetlenített titkárai túlnyomórészt csak a tartalmi munkával foglalkozzanak. — A Társulat vállalatai a következők:

- A. *Budapesti Előadásrendező Iroda.* Hozzá tartoznak az összes budapesti rendezvények, tehát a reprezentatív előadások, előadássorozatok, területi kultúrotthoni, üzemi előadások, tanfolyamok, tudományos és kulturális intézmények látogatásai, üzembátogatások, tárlatvezetések, kirándulások (országjárás) stb. Hozzá tartozik a Szabadegyetem, az Ismeretterjesztő mozi és az Uránia Bemutató Csillagvizsgáló is. — Az Iroda munkájának tartalmi részét (téma, előadó) a szakosztályok biztosítják. — A Iroda kiadványa a Budapesti Műsorkalauz.
- B. „*Gondolat*” *Könyv- és Lapkiadó.* A Társulat saját kiadója. Hozzá tartoznak lapjaink: az Élet és Tudomány és a Természettudományi Közlöny. Külön igazgatósága van. Természettudományi lektorátusának tagjai a TTIT volt központi szakosztály munkatársai. — Kereskedelmi csoportjának új létesítménye az Uránia Ismeretterjesztő Bolt.

Az ily módon átszervezett TTIT-nek tehát jelenleg egyesített fizikai-kémiai-matematikai-csillagászati szakosztálya van, amelynek 1957. május 14-én megtartott vezetőségi ülése úgy határozott, hogy a nagylétszámú szakosztályt négy tagozatra bontja. A munka eredményességének érdekében minden tagozatnak külön elnöksége és külön társadalmi titkára van. Az eddig egy szakosztályban egyesített csillagászati és matematikai ismeretterjesztő munka tehát továbbra is közös szakosztályi keretben, de külön csillagászati és külön matematikai tagozatban folytatódik. A csillagászati tagozat elnöke: Detre László; az elnökség tagjai: Dezső Loránt, Földes István és Kulin György; a tagozat titkára: Róka Gedeon. A tagozathoz tartoznak a volt központi és budapesti szakosztályok csillagász és az asztronautikai munkabizottságot alkotó tagjai. A tagozat keretében mint speciális feladatok végrehajtására alakult munkacsoport működik az Asztronautikai Bizottság, melynek elnöke Kulin György, titkára pedig Almár Iván és Sinka József.

A csillagászati tagozat vezetősége helyesnek látta a tagozat és a budapesti Uránia Bemutató Csillagvizsgáló munkájának az eddiginél sokkal szorosabbra fűzését, amit azzal is kifejezésre kívánt juttatni, hogy a szakosztály csillagász tagjait az Urániában való tevékenykedésre kérte fel, hogy a tagozat összeveteleit az Urániában tartja, hogy a budapesti csillagászati ismeretterjesztés, valamint a vidéki szakosztályok és Urániák munkájának ellenőrzését a budapesti Uránia vezetőjének feladatai közé sorolta.

A tagozat vezetősége javasolta, hogy azon megyei szervezeteknél, ahol már létesültek Uránia Bemutató Csillagvizsgálók, a csillagászati ismeretterjesztés és a szakosztályi élet ugyancsak az Urániákban központosíttassék. Így még inkább meglesz az előfeltétele annak, hogy mind a budapesti, mind a vidéki Urániák rendeltetésüknek megfelelően az ismeretterjesztő munka központjává váljanak.

Az új szervezeti forma nagyobb önállóságot biztosít a megyei szervezetek részére, tágabb teret enged a választott vezetőség irányításának és kezdeményezésének. A megyei szervezetek éltek is ezzel a lehetőséggel, az Arend-Roland üstökös földközelsége idején több megyei szervezet csillagászati hetet vagy csillagászati hónapot rendezett, amikor bemutatásokat és előadássorozatokat tartottak. Az Urániák ezen és más előadásainak eredményeiről az Urániák munkájáról szóló beszámolóban történik említés. Az 1957. év során nagyobb budapesti rendezvények voltak az Asztronautikai Bizottság 6 előadásból álló Űrhajózás c. előadássorozata és a nyár végén megtartott Csillagászati Hét. Az Asztronautikai Bizottság a Néphadsereg Központi Tisztiházában február 26-tól kezdődőleg kéthetenként az alábbi előadásokat tartotta:

Sinka József: Régi álmok, fantasztikus tervek.

Nagy Ernő: Rakéták és rakétahajtóművek.

Almár Iván: Mesterséges holdak, űrállomások.

Érdi-Krausz György: Utak a világűrben.

Somogyi Antal—Galla Emil: A kozmikus sugárzás. Ember a világűrben.

Flórián Endre—Magyar Endre—Aujeszky László: Az űrhajózás meteorológiai és híradástechnikai problémái.

A budapesti Csillagászati Hetet az Uránia Bemutató Csillagvizsgáló szeptember 2—7-ig rendezte az Urániával szemközt a szabadtéri előadóhelyen. Az egyes előadások:

Kulin György: Egy este a szabadban.

Almár Iván: A csillagvilág új rendszere.

Berkes Zoltán: A naptevékenység és az időjárás.

Zerinváry Szilárd: Különleges csillagok.

Ponori Thewrewk Aurél: Vannak-e más naprendszerek?

Horváth Árpád: Hogyan határozták meg a Föld alakját?

A budapesti Csillagászati Héttel egyidejűleg vagy az azt követő hetekben azon megyei szervezetek is Csillagászati Hetet tartottak, ahol az Arend-Roland üstökösrel kapcsolatban ilyen nem rendeztek, vagy szükségesnek tartották újra megtartását. Az 1957. évi Csillagászati Hetek alkalmával egyes előadások a Nemzetközi Geofizikai Év programjának ismertetésére is kitértek. A budapesti Urániában Flórián Endre klubest keretében is ismertetett a Nemzetközi Geofizikai Év programját és az Uránia ezzel kapcsolatos feladatkörét.

A budapesti szakosztály csillagászati tagozata látta el a József Attila Szabadegyetem csillagászati előadásait, előadók voltak: Almár Iván, Guman István, Kulin György, Róka Gedeon, Sinka József és Zerinváry Szilárd.

Az ellenforradalom cseményei jelentős mértékben hátráltatták a különféle szerkesztési munkákat, a már elkészített kéziratok nagy része megsemmisült. Az 1957. évi Csillagászati Évkönyv ennek következtében csak késedelmesen március hóban jelenhetett meg, a Csillagok Világa 1956. évfolyamának 3—4. száma pedig csak 1957. május havában került az előfizetőkhez és olvasókhoz. A csillagászat barátai egyelőre nélkülözik a Csillagok Világa folytatását, mert az olvasók és előfizetők viszonylag kis létszáma miatt mind ez ideig nem vált lehetségessé a további számok megjelentetése. A csillagászati tagozat vezetősége azonban feladatának tekinti, hogy a lap újbóli megindítása iránt minden tőle telhetőt megtegyen.

Az írásos ismeretterjesztés terén amennyire hiányosság a Csillagok Világa szüneteltetése, jelentős eredményként könyvelhetjük el viszont a Társulat saját kiadójának, a Gondolatnak megalakulását, melynek kiadási tervében hazai és külföldi csillagászati tárgyú könyvek is szerepelnek. Az 1957. évben a Gondolat kiadásában jelent meg az Élet és Tudomány kiskönyvtár sorozatban „Az űrhajózás” c. munka, az Asztronautikai Bizottság tagjaiból alakult szerzői munkaközösség tollából, a Bács megyei füzetekben pedig Csongor Edéné—Magyar János „Az üstökösök” és Magyar János „Az ember és a világ-mindenség”.

KULIN GYÖRGY:

A TÁRSADALOM- ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI ISMERETTERJESZTŐ TÁRSULAT URÁNIA BEMUTATÓ CSILLAGVIZSGÁLÓI

Budapest

A mostani beszámolási időszak, amely 1956. szeptember 15—1957. szeptember 15-ig terjed, voltaképpen csak 7 hónapra terjed, minthogy október végétől március végéig az ellenforradalmi események miatt az ismeretterjesztő munka nagyrészt szünetelt. Ennek ellenére sem a látogatók számában, sem pedig a munka elevevességében nem mutatkozott törés, sőt bátran elmondhatjuk, hogy az Uránia munkája sok új színnel gazdagodott.

A Társulatot átszervezték, az állami támogatás összege igen nagy mértékben csökkent, s ez a tény arra kötelezett bennünket, hogy még az ismeretterjesztés eszközeiben és módjaiban is olyan megoldásokat keressünk, melyek a munka további folytatására garanciát nyújtanak.

Megnehezedett tehát a munkánk, mert az ismeretterjesztés közvetlen munkáin kívül gazdasági természetű gondjaink is lettek. E csonka év mérlege mégis azt mutatja, hogy a budapesti Uránia látogatottsága semmivel nem volt kevesebb, mint más években.

Az öthónapos kényszerű szünetben semmi károsodás nem érte a Csillagvizsgálót. Először a műhelymunka indult meg, és a bemutatásokat csak március vége felé kezdtük el.

Az Uránia munkaprogramját az 1957-es évkönyvben részletesen ismertettük.

Mindennapos bemutatások

Az Uránia mindennap, vasárnap is nyitva áll az érdeklődők számára. A bemutatások rendje most is az volt, mint az előző években. Amennyiben legalább 30 fő gyűlt össze, úgy ismeretterjesztő előadást tartottunk, amit kérdések követtek, majd bemutattunk egy-két csillagászati filmet. Ezután következett a távcsöves bemutatás. Ezeknek a programoknak teljes ideje mintegy két órát vett igénybe. Naponta sok esetben löbb csoportot is fogadtunk.

Különösen nagy érdeklődést váltott ki az 1956-os Mars oppozíció, majd az áprilisban földközébe ért Arend-Roland üstökös és az augusztusi Mrkos üstökös.

Csütörtöki sorozat

E beszámolási időszakra esik az 1956-os őszi és az 1957-es tavaszi sorozat. Az előbbi október 18-án kezdődött, s a sorozatnak csak első előadását tudtuk megtartani. A Piramisok csillagászata címen Ponori Thewrewk Aurél tartott előadást.

Az 1957. évi tavaszi sorozat március 21-én kezdődött, s előadói és témái a következők voltak: Zerinváry Szilárd: A naprendszer kisbolygói, Barsi Ödön: Csillagászat a művészetben, Sinka József: A korszerű tájékozódás csillagászati alapjai, Piret Endre: Elektromosság a csillagászatban, Róka Gedeon: Megismerhető-e a világ, dr. Horváth Árpád: E. Halley, dr. Kulin György: Hogyan határozták meg az égitestek tömegét, Bartha Lajos: Gotthard Jenő, az asztrofizika magyar úttörője, dr. Kulin György: Az égitestek távolsága.

Szombati klubesték

A csütörtöki sorozatok időszakában rendszeresen megtartottuk a szombati szabadtemájú klubesteket, amelyeken az előző csütörtökön elhangzott előadás tárgyán kívül minden résztvevő szabadon felvethette kérdéseit, s azokra az Uránia munkatársai válaszoltak.

Shakkörök

Az ionoszférakutató szakkör a regisztráló műszer újjáépítésével volt elfoglalva. A térerősség mérésével a szakkör a naptevékenység által okozott ionoszféra-zavarokat vizsgálta. Ezen a téren Piret Endre és Jáger Tamás tevékenykedtek.

A napfizikai szakkör Bartha Lajos vezetésével rendszeres napfoltszámlálást végzett. A műhely egy nagyobb napkivetítő ernyőt készített a 20 cm-es Heyde-távcsőre s azzal a Nap képét 25 cm-es átmérő nagyságban lehet kivetíteni. A kivetített napképet minden derült napon lerajzolják és a foltok helyét meghatározzák. Ezzel a munkával az Uránia a Geofizikai Év programjába kapcsolódott be.

A program zavartalan lebonyolítására a Társulat Vezetősége anyagi támogatást is megszavazott, ami legalább az észlelők útiköltségét fedezi. A napi észleléseket eleinte Bartha Lajos végezte, újabban ezt a munkát Gauser Károly vette át, s az adatok feldolgozását közösen végzik.

Filmelőadások

Az Uránia eddigi programjában is szerepelt a filmvetítés. Minden nap a csoportok számára bemutattunk néhány csillagászati kisfilmet. Különösen nagy forgalmak idején helyiségeink szűk volta miatt a közönséget el kellett osztanunk. Többször előfordult, hogy kint a kertben vagy a társalgóban tartottunk előadást, az előadóteremben filmvetítést, és ugyanakkor a terasz is tele volt látogatókkal.

Kováts Béla munkatársunk ötletére bevezettük a rendszeres napi természettudományos filmelőadásokat, amely az Uránia távcsöves bemutatásaiból és előadásaiból összetevődő rendszeres programnak szerves részévé lett. Mindezekhez még a napfoltbemutatók is csatlakoztak, úgyhogy a nyári és korábbi napokon már du. 5 órától kezdve bonyolítottuk le a napi programot. A természettudományos filmelőadások nagy közönséget vonzottak. A havi forgalom ettől kezdve elérte a 4000-et. A csillagászaton kívül az érintkező tudományok témájával foglalkozó filmek (fizika, földrajz, geológia, geofizika, meteorológia) közönsége az Uránia rendszeres látogatójává lett. Intézetünk kulturális munkája ezzel kiszélesedett, amire az is kötelez bennünket, hogy a környék semmi hasonló lehetőséget nem nyújt az itt élő lakosságnak.

Részvétel a Geofizikai Év munkájában

Rendszeres napi előadásaink során gyakran megemlékezünk a Geofizikai Év programjáról. Az ismertető előadások nemcsak itt hangzanak el, hanem munkatársaink felkérésre üzemekben is ismertetik ennek programját.

Az ionoszférakutató és a napfizikai szakkörünk munkája közvetlenül kapcsolódik be a Geofizikai Év megfigyelési programjába.

Szervezés alatt áll a mesterséges holdak megfigyelésének követési programja. Munkatársaink a mesterséges holdak optikai nyomkövetésén kívül a rádióműszeres megfigyelések szervezésében is részt vesznek.

Műhely

Az ismeretterjesztő munka még meg sem indult, a műhelyben már január óta folyt a munka. Elkészült egy újabb 50 cm átmérőjű tükör, amit majd az Uránia részére kívánunk felállítani.

A mechanikai részleg márciustól kezdve dolgozik rendszeresen az októberben kezdődött kényszerű szünet után.

A műhely elé is új feladatokat állított az újjászervezett Társulat. Eddig a műhely feladata az volt, hogy a helybeli és vidéki Urániákat műszerekkel lássa el, most lehetőség nyílt arra, hogy az amatőrök széles taborának igényeit is kielégítsük.

Megkezdtük a 10, 12,5 és 15 cm-es távcsövek készítését. Ezekből 10 db készült el izléses kivitelben, parallaktikus szereléssel és kétirányú finommozgatással. Ezek jó részét a közben létesült Uránia Ismeretterjesztő Bolt hozta forgalomba.

Új irányt és új lendületet adott a műhelymunkának az a tény, hogy a Magyar Optikai Művek nagymennyiségű csökkent értékű optikát adott át az Uránia Boltnak. Azóta a műhely teljes kapacitással lencsétávcsöveket, mikroszkópokat és egyéb kisebb optikai eszközöket készített. Forgalomba kerültek a földi és csillagászati célra egyaránt alkalmas távcsőtípusok: az Uránia Junior I, Junior II, a változtatható nagyítású Universal és a 20—120-szoros nagyítású Uránia Extra távcsövek, valamint a 30-szoros zsebmikroszkóp, a 60-szoros kézimikroszkóp és az állványos 120—300-szoros nagyítású mikroszkópok. Terveink között szerepelnek egyéb optikai eszközök: vetítógépek, sztereonézők, fényképnagyítógépek, periszkópok stb. készítése is.

Tovább folyik a győri, szolnoki, tiszapalkonyai üzemekben készülő 30 cm-es távcsövek műhelyrajzainak készítése. E műszerek egyes alkatrészei már el is készültek.

A megnövekedett feladatok feltétlenül szükségessé teszik a felszerelés felújítását és modernizálását.

Statisztika

A beszámolási időszak pontosan egy év. Ebben az időszakban az Uránia forgalma 18 640 fő volt, 26 085 Ft bevételi összeggel.

Ismételten meg kell jegyeznünk, hogy öt hónap teljesen kiesett ebből az évből, a közölt számadatok tehát voltaképpen 7 hónap eredményei. Ennek figyelembevételével a havi átlag 2663 fő, ami 12 hónapra átszámítva csaknem 32 000 főt jelentene. Többet tehát, mint amennyi bármely évben megfordult az Urániában. Ezt a számadatot még kedvezően módosítja az utóbbi hónapokban megindult filmvetítési program. Számíthatunk arra, hogy az elkövetkező év forgalma meghaladja majd a 40 000 főt, vagy legalábbis jól meg fogja közelíteni.

10 éves az Uránia

1947. szeptember 22-én nyitotta meg kapuit az Uránia Csillagvizsgáló a nagyközönség számára. A megnyitás sajtóbemutató keretében történt. Elmondhatjuk, hogy ez az új intézmény beváltotta a hozzá fűzött reményeket.

Az Uránia Bemutató Csillagvizsgáló és a példáján alakult vidéki Urániák ma már az ország természettudományos kultúrájának vitathatatlanul jelentős tényezőivé lettek. E tíz év alatt kiterjedésedett munka az ország százezreirezhez talált utat és a csillagászat népszerűsítése terén nemcsak behoztuk az elmaradást, de sok ország elé törtünk. Egyben azonban azt is megláttuk, hogy még igen sok a tennivaló.

Személyi ügyek

Az Uránia vezetője dr. Kulin György, pénztáros Kováts Erzsébet, műhelyfőnök Orgoványi János (félállásban), gondnok Nagy Ferenc.

A kinevezett tisztviselőkön kívül állandó munkatársak: Bartha Lajos, Edelényi Elemér, Fekete Pál, Fejes Imre és ifj. Fejes Imre, Gauser Károly, Jáger Tamás, Kováts Béla, Mojsza János, Piret Endre, Ponorí Thewrewk Aurél, Ponorí Thewrewk Aurélné, Tóth György az ismeretterjesztő munkában és Hernádi Károly, Enyedi Miklós, Sanyó Lajos, Szegedi Andor, Szécsy Ilona a műhely mechanikai és optikai munkáiban.

Vidék

Debrecen

A Kossuth Lajos Tudományegyetem Földrajzi Intézete és a TTIT közös vezetése alatt álló Uránia Bemutató Csillagvizsgálóban 1957. október 1-ig 27 csillagászati előadást, illetve bemutatót tartottunk 1974 résztvevővel. Leglátogatottabbak az Urániában rendezett, bemutatóval egybekötött előadások voltak.

Ez évben áprilisban kezdtük újra a munkát. Az Arend-Roland üstökös megjelenésével egyidőben csillagászati hónapot rendeztünk, amelynek bevezető előadását dr. Kulin György meghívott előadó tartotta. Ezt az előadást hetenként követték a továbbiak: dr. Kádár László egyetemi tanár „Kozmikus hatások a Föld életében” és Eördégh Béla egyetemi adjunktus „A marskutató legújabb eredményei” c. előadásai. A csillagászati hónapot a csillagászati filmek vetítésével egybekötött ankét zárta le, melyet Váróczy Sarolta tanárnő, szakosztályi titkár vezetett.

Az előadások közötti napokban távcsöves bemutatót rendeztünk és minden derült este bemutattuk az Arend-Roland üstökösét. A többi bemutató tárgyai a Hold és a bolygók voltak.

A debreceni Uránia Csillagvizsgáló jogilag az Egyetemhez tartozik, de a megyei szervezetnek is rendelkezésére áll. A csillagvizsgáló fő célja az egyetemi és középiskolai diákok tanulmányainak elmélyítése. Az általános- és középiskolai csoportok látogatását a megyei szervezet rendezi.

A megyei szervezetnek egy 8 cm átmérőjű Merz-távcső is rendelkezésére áll, ami elsősorban — éppen hordozhatósága folytán — főként a falusi és tanyai bemutatókon tesz jó szolgálatot. Sajnos, a szállítóeszköz hiánya miatt több vidéki előadást, illetve bemutatót le kellett mondanunk, el kellett halasztanunk.

Külön köszönettel tartozunk Debrecen megyei jogú város és Hajdu-Bihar megye Tanácsának, hogy távcsövünket az Arend-Roland üstökös láthatósága idején több faluba és tanyaközpontba kiszállíthatjuk.

Ér Lajos

középiskolai tanár, szaktitkár

Eördégh Béla

egyetemi adjunktus,
a csillagászati munkabizottság vezetője

Eger

Az elmúlt év folyamán összesen 20 előadást és bemutatót rendeztünk, amelyeken 1428 fő jelent meg. Ebből 11 esik Egerre, 7 Hatvanra és 2 Gyöngyösre.

Az előadások témái főként az üstökösökről szóltak. Előadóink és bemutatóink voltak: dr. Ignáczy Béla, Kiss István, Rónai Kálmán, dr. Udvarhelyi Kálmán, Zerinváry Szilárd és Zétényi Endre. Ezenkívül kiállítás rendeztünk Egerben az üstökösökről és a Heves megyei Népújságban öt cikkből álló sorozatot írtunk az üstökösökről.

Kiss István

a csillagászati munkabizottság vezetője

Hódmezővásárhely

Csongrád megye két távcsővel rendelkezik. A szegedi a Tudomány-Egyetem Béke épületének tetején nyert elhelyezést és minden kedden és pénteken bemutatót tart. A szentesi távcsővel csak időszakonként tartanak bemutatókat. Az év első felében 13 előadást tartottunk Szegeden, Hódmezővásárhelyen és Szentesen 2039 résztvevővel. Az előadások zöme az üstökösökről szólt s egy előadás hangzott el a naprendszeréről.

A második felében a Geofizikai Év előadásorozatában szerepelnek csillagászati témák.

Osváth Béla megyei titkár

Kecskemét

A Bács-Kiskun megyei szervezet csillagászati szakosztálya az 1957 augusztusáig terjedő év alatt 82 előadást tartott 7060 hallgató előtt. Ezek közül 47 távcsöves bemutatóval egybekötött volt.

Az előadások és bemutatók zöme Kecskemétre esik, ámbar igen eredményesen működött a bajai és kalocsai csoport is.

A látogatók nagy száma az 1956-os Mars-közelségnek és a feltűnt két új üstökösnek köszönhető.

A kecskeméti Uránia a nyári hónapokban hetenként egy alkalommal tartott távcsöves bemutatókat.

Törekvésünk, hogy a környékre is kiterjesszük az ismeretterjesztő munkát. Ágasegyházán két alkalommal tartottunk bemutatóval egybekötött előadást.

Magyar János
szaktitkár

Kaposvár

A Somogy megyei szervezet csillagászati szakosztálya az év első felében 8 előadást tartott 823 hallgató előtt. Négy előadást falun tartottunk, s az ezeken résztvevő hallgatók száma a nagyobbik részt képviseli 485 fővel. A témák zöme az üstökösökkel volt kapcsolatos. Klubunkban egy előadás keretében a Nemzetközi Geofizikai Év csillagászati vonatkozásaival foglalkoztunk.

A bemutatósokra a 10 cm-es Fraunhofer távcsövet használtuk. Nagyobb távcső építésére vonatkozó terveinket 1958-ra kellett halasztani.

Jakó András szaktitkár

Pécs

A Baranya megyei csillagászati szakosztály műszere egy 14 cm-es Newton-reflektor, mely a Leövey Klára gimnázium tetején nyert elhelyezést.

Jó idő esetén rendszeresen tartunk előadással egybekötött bemutatókat. 13 ilyen előadáson 1316 hallgató vett részt. A legnagyobb számban a

Csillagászati Héten látogatták előadásainkat, amelyet az Arend-Roland üstökös feltűnése idején rendeztünk meg.

Szakosztályunk tagjai több előadást tartottak városunk és megyénk dolgozóinak előtt. Az elmúlt évben 18 ilyen előadást rendeztünk 1340 hallgató részvételével.

Dr. Tóth László
a csillagászati szakosztály titkára

Szekszárd

A Tolna megyei szervezetben a csillagászati szakosztály a matematikaival együtt működik. Távcsovünk nincs, s ezért az előadásokat nem minden esetben tudtuk szemléltetéssel kísélni. A filmvetítést csak ebben az évben tudtuk megszervezni.

Összesen 11 témáról 17 előadást tartottunk 856 hallgató részvételével. Az elhangzott előadások: Csillagászati alapismeretek (1), Nap- és holdfogyatkozások (1), Űrhajózás (4), A világ, amelyben élünk (1), A Föld mozgásai (1), Van-e élet a bolygókon? (1), Rakétarepülés (2), Repülés a Holdba (2), A Naprendszer kialakulása (1), Ablak a láthatatlan világba (1), Üstökösök (2).

Szállásy Ernő
megyei titkár

Szombathely

A Vas megyei szervezet szombathelyi Gothard Jenő Csillagvizsgálója 1956-ban került ismét üzembe. Műszerei az egykori Gothard-féle herényi Csillagvizsgáló műszerei voltak. A műszereket az állam védetté nyilvánította, mint műemlékeket.

Rendelkezésünkre áll: egy 25 cm átmérőjű tükröstávcső, 11 cm-es vezetőtávcsővel és 4 cm-es keresővel. E főműszerre van szerelve egy 11 cm átmérőjű, 42 cm gyűjtőtávolságú fotokamra. A műszert súllyal működő óragép hajtja.

Üzembehelyezéséhez a városi tanácstól kaptunk külön támogatást és a MTA két munkatársától segítséget.

Segédműszereink: okulárspektroszkóp, több laboratóriumi spektroszkóp, két precíziós óra, egy kontakt óra, egy meteoroszkóp, egy heliosztát, két refraktor 10 és 8 cm átmérővel, valamint még több fotokamra, meteorológiai műszer és komparátor.

Három állandó munkatársunk: Zsigmond Vilmos, Tamás Lenke és Pomeisl Imre.

A Hold fényképezése után csillagfényképezésre tértünk át. A MTA Csillagvizsgálójától az RR Lyrae- és Mira-típusú változók fotografikus észlelését kapunk programul.

Kiegészítettük könyvtárunkat, laboratóriumunkat és műhelyünket.

A TTIT rendezésében bemutatásokkal egybekötött előadásokat és csillagászati napokat rendeztünk, amelyeket nagy érdeklődés kísért. A bemutatásokat hetente tartjuk.

Bencze Sándor

Pest megyei szervezet

Bemutató műszerünk nem lévén, a budapesti Urániába szerveztünk több alkalommal látogató csoportokat. Az 1957-ben vásárolt új távcövet Szentendrén helyeztük el, ahol előadássorozatot kívánunk indítani. A megyei sajtóban a nyári időszámításról, a Geofizikai Évről, az üstökösökről és az augusztusi csillaghullásról írtunk cikket.

Földes István
megyei titkár

HENRY NORRIS RUSSELL

(1877—1957)

A múlt év tavaszán 80 éves korában Princetonban elhunyt H. N. Russell, a világhírű amerikai asztrofizikus, a fizikára épülő modern csillagászat egyik legkiválóbb képviselője.

Mint a princetoni Egyetemi Csillagvizsgáló Intézet fiatal munkatársa, nevét azzal tette világhírűvé, hogy elsőként rendszerezi a csillagokat színképosztályaik és valódi fényességük — tehát fizikai tulajdonságaik — szerint. A nevével elnevezett ún. Russell-diagram a csillagok fizikai tulajdonságainak vizsgálatánál ma is a leggyakrabban használt és nélkülözhetetlen alapvető összefüggés.

A mindvégig töretlen pályafutású Russell az Egyesült Államokban született 1877-ben. Zseniális matematika-fizikai képzsége már fiatal korában feltűnő volt. 17 éves korában fejezi be a középiskolai tanulmányait és még 20 éves sincs, mikor a princetoni egyetemen „cum laude” a matematika-fizikai tudományok doktorává avatják — ami az egyetem történetében ma is egyedülálló.

Gyermekkori vágyainak megvalósulását jelenti, mikor diplomájának elnyerése után továbbra is az egyetem szolgálatában maradhat és 1897-ben az Egyetemi Csillagvizsgáló Intézet alkalmazásába lép. Két évi angliai tartózkodását kivéve élete végéig Princetonban él és dolgozik.

Munkásságát csillagparallaxisok (távolságok) mérésével kezdi és ezzel foglalkozik angliai látogatása alkalmával is 1903—1904-ben. Hazatérése után a felési változó csillagokat kezdi tanulmányozni. A két különböző



3. ábra. Henry Norris Russell (1877—1957)
1947-ben készült felvétele.

fényességü csillagból álló rendszer a legnagyobb távcsövel nézve is egynek látszik, csupán a színképelemzése mutatja ki kettős voltát. A Földről szemlélve változófényű csillagnak látszik, mert a két csillag, egymáskörüli keringésük során, időnként eltakarja egymást. Russellnek sikerült több ilyen fedési változó pályaelemeit és fizikai tulajdonságait meghatározni. Az erről írt dolgozata egyszerre ismertté teszi nevét; könyvét több nyelvre lefordítják. Újabb felfedezése tovább növeli hírnevét: felismeri — a holland Hertzsprungtól függetlenül — hogy a sárga és vörös színképosztályba tartozó csillagok két csoportra, törpékre és óriásokra oszthatók.



4. ábra. A princetoni obszervatórium. Itt élt és dolgozott Russell közel 60 éven keresztül. A baloldalt látható kupolában elhelyezett 9'-es (kb. 22,5 cm) távcsövel készítette színképfelvételeit, melyek híres diagramja alapjául szolgáltak

Eredményeinek elismerése nem sokat várta magára. Alig 35 éves korában a princetoni csillagvizsgáló igazgatójává nevezik ki, mely tisztségét 35 évig viseli.

Tovább folytatva a csillagok színképének tanulmányozását, 1913-ban a világon elsőnek készíti el a csillagok színkép szerinti rendszerezését. Munkájában felhasználja mások sokszor összefüggéstelennek látszó eredményeit, így Hertzsprungét is. A híres diagram, melyet röviden Russell-vagy néha *HR-diagramnak** nevezünk, az asztrofizikában alapvető fontossággal bír. Igazi jelentőségének megértéséhez tudnunk kell, hogy a csillagászok egészen a múlt század közepéig általában arra az álláspontra

* Hertzsprung és Russell nevének kezdőbetűi után.

helyezkedtek, hogy a valóságban valamennyi csillag egyforma fényességű. Hogy látszó fényességük mégis különböző — ez csupán annak következménye, hogy a csillagok a térben különböző távolságokra helyezkednek el. Ez a téves és a csillagászat fejlődését gátoló feltevés még a múlt században megdőlt, hogy ugyanakkor átadja helyét egy nem kevésbé káros, új elképzelésnek. Mint ellenkező végllet, az a nézet kapott lábra, hogy valamennyi csillag más és más fényességű, illetve hőmérsékletű.

A Russell-diagram egyértelműen hebizonyította, hogy a természet törvényei nem engedik meg bármilyen csillag létezését, amit emberi fantázia kigondolni képes. Egy adott színképosztályú csillag nem lehet akármilyen fényes, vagy megfordítva: adott fényességhez meghatározott színkép, illetve hőmérséklet tartozik. Színképeik alapján a diagramba berajzolt csillagok nem összevissza, hanem bizonyos rendszer szerint helyezkednek el. Ha ismerjük egy csillag színképét, a diagram segítségével lényegében minden fizikai tulajdonsága meghatározható, sőt a tőlünk való távolsága is kiszámítható.

A Russell-diagram a csillagtávolságok mérésében is jelentős szerepet játszik. Az ismert trigonometriai módszerekkel 300 fényévnél messzebb levő égitest távolsága nem mérhető. Ez a jelenlegi legpontosabb műszereink teljesítőképességének felső határa. A diagram új és egyszerű távolságmérés alkalmazását teszi lehetővé. Ismert logaritmikus összefüggés áll fenn az égitestek látszólagos és valódi fényessége, valamint a tőlünk való távolsága között*. A módszer szempontjából közömbös, hogy a kérdéses égitest valódi fényességét milyen módszer szerint határoztuk meg. Színképelemzés útján megállapítható bármely csillag színképosztálya. A Russell-diagramból a színkép alapján következik a valódi — abszolút — fényesség. A csillag látszó fényessége pedig minden nehézség nélkül lemérhető. A két ismert fényességadattól a távolság már könnyen kiszámítható.

A már világhírű Russell mintegy két évtizedig foglalkozik műve tökéletesítésével. Számos dolgozata jelenik meg a csillagszínképek osztályozásáról, a színképek molekulásávjainak és atomi eredetű vonalainak intenzitásváltozásairól. Ilyenirányú munkáinak betetőzését jelenti a „Napléggör összetétele” című dolgozata 1929-ben, melyben 56 elem színképvonalainak pontos adatait rendszerezi. E munkája, nagy pontosságá folytán, hosszú ideig a napléggör-kutatások alapjául szolgál.

Széleskörű atomfizikai ismeretei révén sokat foglalkozott a Nap és a csillagok szerkezetének és fejlődésének problémájával. Az angol Eddingtonnal egyidejűleg elméletileg kimutatta, hogy egy csillag belső szerkezetét és fejlődésének irányát tömege és kémiai összetétele teljesen meghatározza. Kedvelt témája volt a naprendszer eredetének vizsgálata. Bár önálló elméletet nem alkotott, nevét e téren is ismertté tette. Mint kiváló matematikus, az elsők között cáfolta meg az angol Jeans kozmogóniai elméletét. A Jeans-elmélet a hollygók keletkezését véletlen eseményre: a Napnak egy másik csillaggal történt találkozására vezette vissza. Russell e lépése idealista,

* $\log r = \frac{m - M + 5}{5}$ (r a csillag távolsága parsecban = 3,26 fényév, m a látszó, M az abszolút fényesség nagyságrendekben kifejezve).

kreacionista (világteremtésben hívő) tudományos körökben nemtetszést váltott ki, de világhíre, elismert nagy tudása és főleg népszerűsége e pillanatnyi nehézségen átsegítette.

Még egy jelentős, bár adminisztratív jellegű alkotása ismeretes. 1922-ben a Nemzetközi Csillagászati Unió elfogadta egy Shapley-vel közös javaslatát a csillagképek nevének 3 betűs nemzetközi rövidítéséről, melyet azóta is használnak (pl. a Canum Venaticorum — a Vadászebek α -ja helyett α CVn). Russell idealista felfogású volt, de csak a józan ész és logika határain belül — mint a Jeans-elmélettel kapcsolatos állásfoglalásból is kiderül. Sokat foglalkozott vallásfilozófiával is, sőt ilyen tárgyú könyvet is írt. Mint minden amerikainak, neki is volt „hobby”-ja, vesszőparipája: ókori történelem és archeológia. Mindkét tudomány kiváló ismerője volt s erre büszkébb volt, mint csillagászati ismereteire.

Őszinte, egyenes jellemű és kiváló módszerekkel dolgozó tanár volt, akit mind munkatársai, mind tanítványai szerettek. Mint a szórakoztató gyakorlati tanítás híve, egyetemi tanítványainak rendszeresen bemutatta a Nap és a csillagok színeképeit; borult idő esetén ritka fének laboratóriumi színeképeit állította elő s eközben maga is elismert színeképelemzési szakemberré küzdötte fel magát. Szerencsés ember volt, anyagi gondokkal sohasem küzdött. Családja gazdag, apja miniszter volt. Egész életében a kitiüntéseket, elismeréseket mindig idejében kapta. Több ízben megválasztották az Amerikai Csillagászati Társaság elnökévé — ami náluk a legnagyobb kitiüntetés —, de mint maga mondogatta: „Nem nekem való mesterség.” Jobban szeretett tanítványai körében dolgozni és villámgyors matematikai számításokat végezni, mint unalmas üléseken elnökölni.

Sikerekben és elismerésekben gazdag 35 éves igazgatói működés után 1947-ben, 70 éves korában vált meg a Csillagvizsgáló vezetésétől. Továbbra is Princetonban maradt és kapcsolatát volt intézetével, munkatársaival és tanítványaival mindvégig fenntartotta. Egészségi állapota gyorsan romlott és hosszú betegeskedés után 1957. február 18-án halt meg.

Befejezésül idézzük a Yale-egyetem hivatalos véleményét Russell legutolsó kitiüntetése alkalmából, mely sajátosan foglalja össze Russell helyét a tudományokban:

„Az amerikai csillagászok legjobbjja, az atom szerkezetének és a csillagok fizikájának kiváló tudósa; az asztronómiai kutatások teljes tárházának mesterei tolmácsolója, az Ember világegyetemi helyének és kozmikus fejlődésének filozófusa.”

A XX. század csillagászatának egyik vezéralakja volt. Nincs még egy csillagász, akinek neve és életműve ennyire összefonódott volna az asztrofizika fejlődésével.

Gausser Károly

BÉLL BÉLA:

A NEMZETKÖZI GEOFIZIKAI ÉV

1957. július 1-én megkezdődött az emberiség eddigi legnagyobb méretű tudományos együttműködése: a Nemzetközi Geofizikai Év. Ez a szerénytelennek látszó jelző valóban megilleti ezt a másfél évig tartó mérési és megfigyelési kampányt. A tervezett mérések ugyanis kiterjednek az egész Földre, a tudományos munkában részt vesz a Föld minden számottevő országa, végül a kutatások felölelik a geofizikának minden ágát.

Az utóbbi követelmény semmivel sem jelent kisebb igényeket a Geofizikai Év programjával szemben, mint az első kettő. A geofizika általános feladata, a Föld fizikai jelenségeinek kutatása az elmúlt évtizedek nagyarányú fejlődése következtében nagyon kiterjedt és szerteágazó programmá vált. A Föld belsejének, a szilárd kéregnek, az óceánoknak, s az 1000 km-nél magasabb légkörnek kutatása egy 15 000 km átmérőjű heterogén gömb fizikai vizsgálatát jelenti. Ha ezt a gömböt külső hatások érik, aminő például a napsugárzás energiaárama, a Földet magába foglaló térségben a fizikai jelenségek hosszú láncolata indul meg. Így például megfigyelték, hogy erős napkitörés idején a légkör magas rétegeiben, az ionoszférában elektromos háborgások lépnek fel, amelyek a rövidhullámú rádióvételben jelentékeny zavarokat okoznak. Ezt követően háborgások jelentkeznek a földmágneses tér erősségében s ezzel egyidejűleg nyugtalanság figyelhető meg a sarkifény lobogásában. A magaslégtérben végbemenő változások átterjednek az alsó légrétegekre is. A sarki térség hideg kitörései, amelyek egész világrészek időjárását megváltoztatják, gyakran kapcsolatba hozhatók a folyamatok láncolatát megindító naptevékenységgel.

Ez a jelenségsorozat, amely Földünk életében egyáltalában nem mondható ritka eseménynek, elektromos, fénytani, mágneses, hőtani és mozgástani jelenségekből áll és kiterjed az egész Földre. Nyilvánvaló, hogy ezek a nagyméretű geofizikai folyamatok szorosan összefüggnek egymással éppen úgy, mint ahogyan egyetlen fizikai egységnek tekinthető az egész Föld légkörével és óceánjaival együtt.

Elszigetelt vizsgálatok tehát csak akkor öltik fel a geofizikai jelleget, ha beilleszkednek az egész Föld fizikai kutatásába. Ezt a tényt felismerték már a geofizika hajnalán is, de a Föld túlságosan nagy laboratórium ahhoz, hogy a mérések egységes irányítása könnyen megtörténhessék. Mindenekelőtt olyan nemzetközi légkörre van szükség, amely

legalább a tudományos együttműködés terén lehetővé teszi a kutatóknak az egész Földre kiterjedő megszervezését. Számos anyagi nehézséget kell leküzdeni, ha a méréseket a trópusi övezetekre, az óceánokra, a sivatagokra és a sarki térségekre is ki akarjuk terjeszteni.

A geofizika, szorosabban a meteorológia és a földmágnesség történetében két olyan kísérletről tudunk, amelyeknek célja ezen geofizikai szempontból kevésbé feltárt területek egyikének, az Északi-sarkvidéknek megismerése volt. Ezeket a vizsgálandó területről Poláréveknek nevezték el. Az első Nemzetközi Polárévet 1882—83-ban rendezték. Ebben az időszakban számos meteorológiai és földmágneses állomás létesült az Északi-sarkvidéken, amelyek egy év alatt sok értékes adathoz juttatták mindkét tudományt. Az együttműködés sikerén felbuzdulva a résztvevő intézmények elhatározták, hogy a szervezett sarkvidéki kutatásokat 50 évenként megismétlik.

A második Nemzetközi Polárévet programszerűen 1932/33-ban rendezték. A mérési technika fejlődése lehetővé tette, hogy a sarki övezetben felállított meteorológiai állomások már nemcsak a talajon, hanem a magaslégtérben is végeztek rendszeres méréseket. Erre a célra íróműszerekkel ellátott léggömböket, meteorológiai sárkányokat és repülőgépeket használtak. Hasznos ismereteket nyújtottak ezek a mérések a sarki légtömegek kitöréseiről, a sztratoszféra poláris elhelyezkedéséről és változásairól, a sarkvidéki ciklonképződésről, a sarkifény változásairól stb. A földmágneses kutatásokban 16 állandó és 25 időszakosan működő állomás vett részt.

A harmadik Polárév az eredeti tervek szerint 1982-ben került volna sorra. A gyorsan fejlődő geofizika igényeit azonban az 50 évenként rendezett Polárévek már nem elégítették ki. A rádióhírközlés nagy gyakorlati jelentőségére mutat, hogy a harmadik Polárév gondolata a Nemzetközi Tudományos Rádióegyesület (URSI) egyik szekciójának: az Ionoszféra-kutatások Bizottságának brüsszeli ülésén 1950-ben született meg. Javasolták a harmadik Polárév mielőbbi megrendezését, s ezen belül a magas légrétegeknek: a rádióhírközlésben nagy szerepet játszó ionoszférának az egész Földre kiterjedő kutatását.

A felhívást váratlan siker koronázta. A harmadik Polárév tervezett kutatásaihoz hat nagy nemzetközi tudományos egyesület csatlakozott. Ezek: a Nemzetközi Tudományos Rádióegyesület (URSI), a Nemzetközi Csillagászati Egyesület (IAU), a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió (IUGG), a Meteorológiai Világszervezet (WMO), a Nemzetközi Elméleti és Alkalmazott Fizikai Egyesület (IUPAP), és a Biológiai Tudományok Nemzetközi Egyesülete (IUBS). Miután a tervezett kutatások nemcsak a sarki övezetre és nem kizárólag a meteorológiára és a földmágnességre korlátozódtak, az IUGG és a WMO javaslatára a tervezett tudományos időszak neve Nemzetközi Geofizikai Év (NGÉ) lett. Az NGÉ sikere a jó szervezéstől függ. Ennek a feladatnak megoldására a Tudományos Egyesületek Nemzetközi Tanácsa (ICSU) 1952-ben megalakította az NGÉ Speciális Bizottságát (CSAGI).

A CSAGI 1952-ben felszólította az egyes országok tudományos központjait, akadémiait, hogy szervezzenek nemzeti bizottságokat az

NGÉ előkészítésére, s ezek nyújtsanak be javaslatokat a munkaprogramra vonatkozólag. Ennek a felhívásnak példátlan sikere volt. Az elmúlt évek során 95-re nőtt azon államok és gyarmati territoriumok száma, amelyek részt vesznek az NGÉ programjában (az ENSZ tagállamainak száma 81!).

A CSAGI felhívására számos program-javaslatot dolgoztak ki az egyes nemzeti bizottságok. Ezeket 1953—56 között évenként tartott négy ülésen (Brüsszel, Róma, Brüsszel és Barcelona) vitatták meg, s ezekből alakították ki az NGÉ végleges programját. Eszerint az NGÉ-t a legközelebbi napfoltmaximum időszakára, 1957—58. évekre tűzték ki. Időtartama 18 hónap (1957. július 1-től 1958. december 31-ig). A vizsgálatok 13 tudomány-területre tagozódnak. Ezek: meteorológia, földmágnesség, ionoszféra-kutatások, sarkifény-jelenségek, naptevékenység, kozmikus sugárzás, hosszúságok és szélességek ellenőrzése, glaciológia, oceanográfia, rakétákkal végzendő kutatások, világnapok szervezése, földrengés és gravitáció.

Valamennyi tudományág programját egyetlen cikk keretében nehéz lenne ismertetni. Éppen ezért a következőkben a Csillagászati Évkönyv érdeklődési körének megfelelően részletesebben a naptevékenység vizsgálatával és azokkal a témakörökkel foglalkozunk, amelyek ezzel közvetlen kapcsolatban állnak.

A naptevékenység vizsgálata

Kétségtelen, hogy számos geofizikai jelenségnek a létrejötte vagy legalább a módosulása a Nap energiaáramának lassú vagy gyors változásaira, a naptevékenységre vezethető vissza. Ezért az NGÉ egyik fontos kutatási területe a Napon észlelhető olyan jelenségek állandó megfigyelése, amelyekből a Nap fokozott tevékenységére lehet következtetni. Ezek a megfigyelések kiterjednek a Nap felszínén: a fotoszférában, továbbá a naplégkörben, különösen a kromoszférában és a koronában felbukkanó jelenségekre. Ezek a következők:

- a) A fotoszféra leggyorsabban megfigyelhető jelenségei a napfoltok. Rendszerint csoportosan jelennek meg a napkorong keleti szélén. A Nap tengelykörüli forgásának megfelelően 12—16 nap alatt nyugati irányban végig vonulnak a napkorongon, majd eltűnnek a nyugati szélén. Számukból, kiterjedésükből, mágneses terükből stb. következtetni lehet erősebb vagy gyengébb naptevékenységre. A megfigyelések a napfoltokon kívül kiterjednek a napfáklyákra, a fotoszféra finom, felhőszerű s a napfelületnél fényesebb képződményeire.
- b) A Nap légkörének nagy kiterjedésű középső rétegében, a kromoszférában különös figyelmet fordítanak a lángszerűen feltörő s a napkorong szélén megfigyelhető protuberanciákra. A naptevékenység megerősödését feltűnően jelzik az ún. kitöréses protuberanciák, amelyek néhány óra alatt több százezer kilométer magasságot is elérhetnek. Állandó megfigyelést igényelnek a rövidéletű kromosz-

férikus erupeiók vagy flérek. Miután ezek a fényes, rostos szerkezetű vagy fénylő pontokból álló képződmények maximális kiterjedésüket néhány perc alatt elérik, s élettartamuk mindössze 10—40 perc, észrevételük és megfigyelésük a legnehezebb feladata a napfizikai obszervatóriumoknak.

- c) A naplégkör külső övezetének, a koronának alakváltozásai mutatnak rá legszembetűnőbben a naptevékenységre. Napfoltmaximum idején a sugaras szerkezetű korona megközelítőleg kör alakú, utána laposabb formát ölt, napfoltminimum előtt 1—2 évvel pedig eléri legalapultabb formáját. Magashegyi obszervatóriumok tisztá, átlátászó levegőjében koronográffal bármikor megfigyelhetők a koronajelenségek, s így ezeket is be lehetett kapcsolni a naptevékenység megfigyelésébe.
- d) A második világháború idején kimutatták, hogy a Nap aktív zónáiból néhány mm-től néhány m-ig terjedő hullámsávban rádiófrekvenciás sugárzás indul ki, amely rádióteleszkópokkal jól felvehető. Ennek egyik komponense, az ún. eruptív rádiófrekvenciás sugárzás gyorsan kifejlődő, de rövid ideig tartó jelenség, s fellobbanásszerűen felülmúlhatja az átlagos rádiófrekvenciás sugárzás félmilliószorosát is.

Ezek a Napon megfigyelhető fontosabb jelenségek nemcsak napfizikai szempontból jelentősek, hanem előjelei olyan behatásoknak, amelyek a földi légkör legmagasabb rétegeiben, majd az alsóbb légrétegekben is mint geofizikai folyamatok jelentkeznek.

Ezért a napfizikai obszervatóriumokból az NGÉ alatt ún. őrszolgálatot szerveztek. Ebben az őrszolgálatban kb. 40 obszervatóriumban végeznek napfolt-megfigyelést, 44-ben a fléreket, 14-ben a koronaaktivitást, 24-ben pedig a Nap rádiófrekvenciás sugárzását figyelik meg. Az obszervatóriumokat úgy választották ki az egész Földön, hogy a Nap az NGÉ 48 hónapja alatt sohasem maradjon őrizetlenül.

Ionoszféra-kutatások

A naptevékenység hatása a földi jelenségekre mindenekelőtt a légkör külső övezetében, a 80 km fölött elhelyezkedő ionoszférában jelentkezik. A napsugárzás ezekben a légrétegekben még jóval gazdagabb rövidhullámú sugarakban, mint a tengerszinten. Rakétával végzett mérésekkel kimutatták, hogy a napszínkép felfelé haladva fokozatosan kiterjed a rövidebb hullámhosszak felé, s 20 km fölött megjelennek a napszínképben a 300 millimikronnál rövidebb hullámhosszú összetevők is, amelyek a tengerszintjére nem érkeznek el. A 200—300 millimikron-sávba eső sugárzási energiát a 20—50 km között található ózonréteg nyeli el. Az elnyelt energia fedezi az ózonréteg fenntartásához szükséges fényenergiát. A 200 millimikronnál rövidebb hullámhossztartomány a légkör külső övezetében olyan nagymértékben ionizálja a levegő gázait, hogy ennek eredményeképpen 80 km fölött-nagy kiterjedésű ionrétegek burkolják a Földet. Az ezekről elnevezett ionoszférában, amelyet újab-

ban az ionizációval járó magas hőmérséklete miatt termoszférának neveznek, a nagy ionsűrűségű rétegek magassága, élettartama s maga az ionsűrűség is nagyon változó. Nyilvánvaló, hogy az ibolyántúli sugárzásnak a naptevékenységgel járó nagy ingadozása elsősorban felelős az ionoszférában jelentkező háborgásokért.

Az ionoszférrétegek kutatása rádióhullámokkal történik. Ezek az ionizált rétegekben elhajlanak az egyenes úttól és hosszabb-rövidebb út megtétele után visszatérnek a Földre. Az ionrétegben megtett út függ a hullámhossztól. Ezért a hírközlésre olyan hullámhosszakat használnak, amelyek az ionoszférából visszatérve ott érik el a talajt, ahová a rádióadást szánják.

Az átlhidalt távolság többek között függ még az ionréteg magasságától és az ionsűrűségtől. Ez a körülmény magyarázza az ionoszférrétegek kutatások nagy gyakorlati jelentőségét.

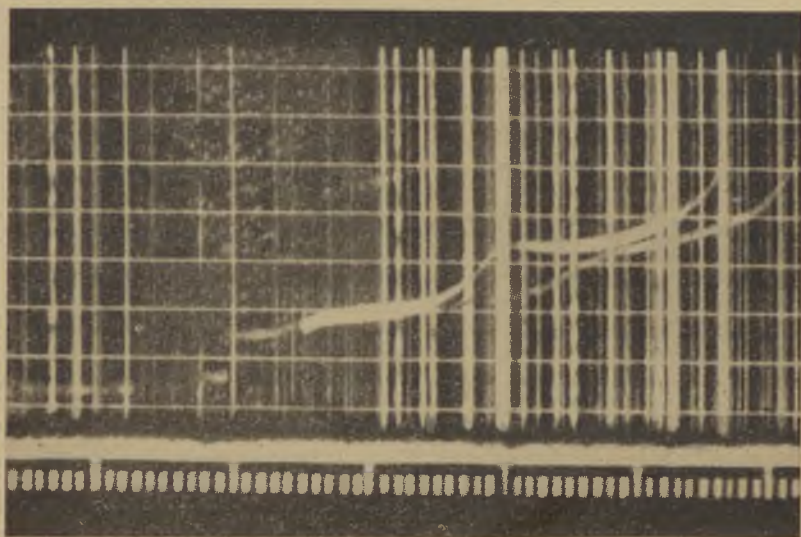
Az ionoszférát olyan rádióadókkal kutadják, amelyek függőleges irányban rövid ideig tartó jeleket, rádióimpulzusokat bocsátanak ki. Az impulzus az ionoszférrétegeiről visszaverődve mint rádióvisszhang jelentkezik az adóval egybeépített vevőkészülékben. A rádióhullámok terjedési sebességét ismerve, a kibocsátás és visszaérkezés között eltelt időből kiszámítható az ionoszférréteg magassága. Ha az impulzus hullámhosszát fokozatosan rövidítjük, olyan hullámhosszhoz jutunk, amely már áttöri az alacsonyabban fekvő ionréteget és egy magasabbról verődik vissza. Ez a határhullámhossz vagy határfrekvencia jellemző érték a réteg ionizációs állapotára. Ilyen adatokat az ionoszférrétegmérés már bőven nyilvánosságra hoztak, de ezek térbelileg összefüggő, földi méretű vizsgálata nagyon lehetetlenek fokon áll (5. ábra).

Az NGÉ alatt a Földön lehetőség szerint egyenletesen elosztott állomások óránként mérik rádióvisszhang-módszerrel az ionoszférrétegek magasságát és határfrekvenciáit. Ezek egyike az Országos Meteorológiai Intézet lórincai obszervatóriumában felállított ionoszférrétegmérő állomás.

Az egyidejű adatok lehetővé teszik az ionoszférrétegek szinoptikus, azaz nagy területre, lehetőleg az egész Földre kiterjedő tanulmányozását. Meg akarják vizsgálni az ionoszférrétegek szerkezetét, rétegeinek változását az egyes napszakokban, évszakokban, erős naptevékenység, földmágneses viharok stb. idején. Tanulmányozzák a rádióhullámok abszorpcióját, különösképpen az alsó ionoszférrétegek (így az ún. D-réteg) elnyelő hatását. Mérik az ionizált levegőrészek vízszintes mozgását s ezzel az ionoszférában mutatkozó szelet, ezen keresztül pedig az ionoszférréteg ár-apályjelenségeit. Az egész Földre kiterjedő vizsgálatokat végeznek a rádióhullámok terjedésének, a különböző vételi zavaroknak tanulmányozására. Külön programot például a „fűtődés” néven ismert zörejek tanulmányozása, amelyek villámlások révén keletkeznek, a mágneses tér erővonalai mentén terjednek, s igen nagy távolságban, gyakran a másik félgömbön jelentkeznek.

Földmágneses kutatások, sarkifény-megfigyelések

Ismeretes, hogy a Nap aktív területeiről, a napfoltok, protuberanciák, fáklyák stb. leggyakoribb előfordulási zónáiból nagy sebességgel elektromosan töltött részecskék, korpuszkulák áramlanak ki a világűrbe. Ez a korpuszkuláris sugárzás eléri a Föld légkörét is. A földmág-



5. ábra. Rádióvisszhang-módszerrel nyert kép az ionoszféra rétegeiről. Vízszintes tengelyen a balról jobbra növekvő frekvencia (1,4—7,2 MHz), függőleges tengelyen 100 km-es magasságbeosztás (0—800 km). Ionoszféra-rétegek: 1,2 MHz-ig 130 km-en E1 réteg; 1,8—2 MHz 170 km-en E2 réteg; 2—4 MHz 250—420 km-en F1 réteg; 4—5,6 MHz 420—600 km-en F2 réteg (Lőrinci Observatórium)

neses tér a részecskéket eltéríti eredeti irányuktól, s a Föld egyes zónáiban akadályozza a légkörbe való behatolásukat. Más helyeken, így a magasabb szélességeken pedig elősegíti ezek beözönlését, s lehetővé teszi mélyen a Föld légkörébe való bejutásukat. A beözönülő elektromos korpuszkulák elektromos áramokat jelentenek a Föld körül. Ezen áramok intenzitása időben és helyileg is változik, s megzavarja magát a földmágneses teret is. Ezek a zavarok, háborgások erős naptevékenység idején mágneses viharokká válnak, s a földmágneses műszerek regisztrálásában jól kimutathatók (6. ábra).

A mágneses viharok és a napkitörések időpontja között több mint 1 napos időközt találtak. Ebből adódik a korpuszkulák közepes sebessége: 1000—1600 km/sec.

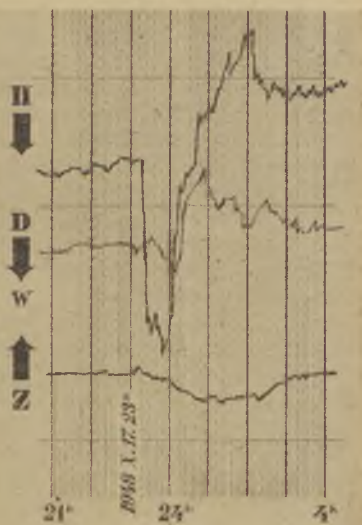
A nagy sebességű korpuszkuláknak és a felső légkör részecskéinek ütközése fény-kibocsátással jár, s a beözönlés leggyakoribb zónáiban,

a sarki övezetekben létrejön a sarkifény jelensége. Ennek megjelenési formája, intenzitása, magassága és földrajzi kiterjedése nagyon változó. A sarkifény leggyakoribb magassága 100 km körül van, de alsó határa lenyúlhat 80 km-re, felső határa pedig meghaladja az 1000 km-t. Ezekből a mérésekből tudjuk, hogy 1000 km magasan még van levegő a Föld körül, jóllehet 800 km-től kezdve az exoszférából már eltávoznak egyes gyorsmozgású levegőrészek, hidrogén-ionok a bolygóközi térbe.

A sarkifény leggyakoribb megjelenési övezete a Skandináv félszigeten, a Ferenc József-földön, Észak-Szibérián húzódik végig, de erős naptevékenység idején lenyúlhat a sarkifény alacsonyabb szélességekre is. Megfigyelték már sarkifényt Magyarországon, sőt Észak-Afrikában és Indiában is. Számos megoldatlan kérdés van még a sarkifény eredete és a földmágnességgel való kapcsolata terén. Ezért az NGÉ programjában kiterjedt hálózat vizsgálja mindkét jelenséget.

A mágneses vizsgálatok kiterjednek mindennemű mágneses háborgás térbeli és időbeli vizsgálatára. Ebből a célból olyan helyeken is létesülnek mágneses obszervatóriumok, ahol egyébként ezek hiánya nem teszi lehetővé az egész Földre kiterjedő részletes vizsgálatot. Különösen sokat várnak a mágneses és földrajzi egyenlítő térségében felállított műszerek regisztrálásából. Itt a mágneses tér intenzitásában szokatlanul nagy napi ingadozás mutatkozik, amely a magaslégtérben, kb. 90 km magasságban folyó erős és változó intenzitású elektromos áramra mutat. Az NGÉ alatt ezt az érdekes geofizikai jelenséget rakétákkal vizsgálják. Magyarországon az Eötvös Lóránd Geofizikai Intézet tihanyi obszervatóriumában gyors regisztrálásokkal követik a mágneses tér változásait, s több kis obszervatóriumot szerelnek fel az ország különböző pontján.

A sarkifény tanulmányozása elsősorban a nagy méretű sarkifényjelenségekre terjed ki (gyakoriság, helymeghatározás, alak- és intenzitásváltozások, szinképi energia-csoztlás stb.). Ezeket az NGÉ alatt szinoptikusan, tehát területi eloszlásban vizsgálják. Kutatják a sarkifény és a földmágneses viharok összefüggését mindkét félgömbön. Ide sorolják az éjszakai égbolt fényének vizsgálatát is. Ezt a sugárzást valószínűleg a felső légkör bocsátja ki, s a földről éjszaka, hajnalban és



6. ábra. A mágneses térerősség jellegzetes háborgása.

alkonyatkor figyelhető meg. Az NGÉ alatt ezt a gyenge intenzitású fényt érzékeny fotoelektromos műszerekkel vizsgálják.

A sarkifény megfigyelését kb. 850 állomásból álló hálózat végzi az NGÉ alatt.

Világnapok

Különleges geofizikai jelenségek tanulmányozására az NGÉ alatt ún. világintervallumokat, világnapokat jelölnek ki. Ezekben a jelenség részletesebb megismerése céljából a rendszeres megfigyeléseket sűrítik vagy különleges méréseket iktatnak közbe. A világnapoknak három csoportját különböztetjük meg. Ezek:

1. Szabályszerű világnapok: újhold, teljes napfogyatkozás és az átlagosnál sűrűbb meteorzáporok idején. Az egész NGÉ alatt összesen 72 szabályszerű világnap lesz.

2. Meteorológiai világintervallumok: 10—10 nap a tavaszi és az őszi napéjegyenlőség, valamint a téli és a nyári napforduló idején. Az NGÉ alatt 6 meteorológiai világintervallum lesz, ezek 18 szabályszerű világnapot tartalmaznak.

3. Különleges világintervallumok: erős napaktivitást követő 2—3 napos időszakok a napaktivitás geofizikai hatásainak tanulmányozására.

Az első két csoport világnapjait előre kijelölték az NGÉ naptárában. A különleges világintervallumokat alkalomszerűen tűzik ki a Napon megfigyelt előjelek alapján. Ezt a feladatot külön szervezet látja el a NGÉ alatt. A szervezet célja egyrészt a világnapok kijelölésének tudományos alapon való végrehajtása, másrészt olyan híradási szervezet kiépítése és fenntartása, amely az egész Földre kiterjedő észlelőhálózatot órákon belül mozgósítani tudja a világnapok különleges méréseinek elvégzésére.

A híradástechnikai szempontok figyelembevételével a szervezet központja a Washington melletti Fort Belvoirban van. A híradás technikai lebonnyolítását a Meteorológiai Világszervezet végzi évtizedek óta fennálló, korszerű híradási hálózatával. A világnapok tudományos alapokon történő kijelölését a Fort Belvoir-i világközpont erre a célra kijelölt napfizikai, földmágneses és ionoszféra-obszervatóriumok jelentései alapján hajtja végre. A Földet ebből a célból 4 régióra osztották. Ezek:

1. nyugat-európai régió, központja: Párizs, Hága, Darmstadt;
2. eurázsiai régió, központja: Moszkva;
3. nyugat csendes-óceáni régió, központja: Tokió;
4. nyugati félgömb, központja: Fort Belvoir.

Minden egyes körzetben megfelelő számú obszervatórium végzi a világnapok kijelölésének „órszolgálatát”. A napaktivitás első jele a napkorong keleti szélén megjelenő aktív foltcsoport. Ettől számítva rendszerint 4—5 nap telik el, amíg az aktív zóna a napforgás következtében a napkorong középső részére érkezik. Az aktivitás nagyságának jellemzésére felhasználják a kromoszférikus képződményeket és a koronaaktivitás különböző ismertető jeleit, a Nap rádiófrekvenciás

kisugárzását stb. Az obszervatóriumok a megfigyelt napjelenségeket rövid számtávirat formájában jelentik regionális központjuknak.

Ha a megfigyelt napfizikai jelenségek intenzitása egy hármas erősségi fokozat második fokát eléri, a regionális központ javaslatot küld a világgéközpontnak „készültségi állapot” kihirdetésére. A világgéközpont az összes régiókból beérkezett javaslatok alapján a regionális központokon keresztül még annak a napnak 16 GMT órájában, amikor a napaktivitást észlelték, elrendeli a készenléti állapotot. A Meteorológiai Világszervezet gondoskodik arról, hogy ezek a híradások még azon a napon (világidő) a Föld minden megfigyelő állomására eljussanak.

Ha a készültség kimondása után valószínűvé válik, hogy a napaktivitásnak észrevehető következményei jelentkeznek a Föld légkörében (mágneses és ionoszféraviharok, sarkifény-jelenségek), a világgéközpont az említett úton kihirdeti a különleges világintervallumot. Ez a jelenségek befejeztéig, rendszerint néhány napig tart. Befejezése hasonló híradás útján történik.

Meteorológiai kutatások

A geofizika említett tudományágai között a meteorológiának van legnagyobb szüksége az állandó nemzetközi együttműködésre. Ezt az együttműködést nemcsak a különleges célú kutatás, hanem a mindennapi gyakorlati munka is megkívánja. 1873 óta, amikor a Nemzetközi Meteorológiai Organizációt létrehozták, a háborús évek kivételével ez a szervezet megszakítás nélkül működik s a meteorológiai megfigyelésekben, publikációkban, táviró-, rádió-, majd géptáviró-adatközlésben olyan egysége és az egész Földet átfogó rendszert alakított ki, amely a nemzetközi szervezés területén a meteorológiának első helyet biztosít. Jelenleg a Meteorológiai Világszervezet az ENSZ keretében működik s 72 független állam, valamint 22 függőségben levő teritorium tartozik a tagjai közé.

Ez az állandóan működésben levő gépezet biztosítja az NGÉ nagyarányú meteorológiai programjának megvalósítását. Ez a program a két Polárév eredményeinek kiszélesítését tűzte ki célul. Ezek a meteorológiai vizsgálatokat elsősorban a sarki térségre koncentrálták. Az NGÉ megfigyelései kiterjednek minden kevésbé ismert földi területre, így a trópusi övezetre, az Északi- és a Déli-sarkvidékre, az óceánokra, a kontinensekben aránylag szegény déli féltekére és az egész Földön a magasabb légrétegekre.

A jól átgondolt program egyik része a légkör energiaforrásaira, az energia földi átalakulásaira és az időjárás gépezetébe való bekapcsolódására vonatkozik. A másik munkaterület az energia munkává alakulásának, a légköri cirkuláció mechanizmusának, talajközeli és a felsőbb légrétegekbe nyúló részleteinek megismerése.

A program első része, az ún. fizikai meteorológia a légkör legfontosabb energiaforrását, a talajra érkező napsugárzást vizsgálja az NGÉ alatt. A napsugárzás közvetlen napfény és diffúz égboltsugárzás formájában éri el a talajt. Ennek egy részét a talaj visszaveri, abszorbeált része

pedig felmelegíti a talajt. A felmelegedett talaj, valamint a légkör hosszúhullámú sugárzást bocsát ki, amelynek egy része a világűrbe jut, másik része visszasugárzás formájában újból a talajhoz kerül. A talaj sugárzásháztartásának ezek a pozitív és negatív tételei az idők folyamán nagyon változó értékűek s változó az az energia-bevétel is, amely végeredményben fedezi az időjárás (beleértve a szélrendszerek, a víz-közforgalom stb.) energiaszükségletét. Éppen ezért az NGÉ tartama alatt gondosan meg kell mérnünk a Föld sugárzási háztartásának energiatételeit. Ennek egyik részlete a Föld albedójának folyamatos vizsgálata, amelyet a CSAGI felkérésére az NGÉ alatt a Nemzetközi Csillagászati Egyesület szervez. A másik feladat: a talaj sugárzási bevételeinek és veszteségének vizsgálata a meteorológusokra hárul. Ezt a munkát az egész Földön lehetőleg egyenletesen elhelyezett kb. 700 sugárzásmérő állomás végzi.



7. ábra. A siofoki Meteorológiai
Obszervatórium

Ezek feladata a közvetlen sugárzásban, az égsugárzásban és a hosszúhullámú visszasugárzásban beérkező energiának, valamint a talaj hosszúhullámú kisugárzásának mérése. Az állomások minden egyes napról közlik az 1 cm^2 vízszintes felület napi energia-bevételét és kiadását, valamint a napsütés időtartamát. Az utóbbi adat egyszerű eszközökkel, az aránylag olcsó és egyszerűen kezelhető napfénytartammérőkkel nyerhető. Ezekből a műszerekből az NGÉ után sűrű hálózat marad fenn az egész Földön. Az NGÉ sugárzásméréseiből viszont megállapítható a napfénytartam és a besugárzott energiaösszeg közti éghajlati összefüggés, amely 10 napos időtartamra már kielégítő pontossággal megadja pusztán a napfénytartam adataiból a valószínű energiaösszeget. Így biztosítható lesz a Föld energiabevételének számbavétele az NGÉ befejezése után is pusztán napfénytartam-mérések alapján.

Magyarországon 14 állomás regisztrálja a közvetlen- és az égholt-sugárzás összegét, 3 állomáson pedig (budapest-lőrinci obszervatórium, siofoki obszervatórium, kékestetői meteorológiai állomás) ezenkívül mérik több szinképtartományban a közvetlen sugárzás egyes komponenseit is. Ezek a mérések egyúttal alkalmasak arra, hogy általuk a városi szennyeződésnek és iparteleknek a sugárzásra gyakorolt hatását, a hegyvidék és a Balaton sugárzási viszonyait megismerjük (7. ábra).

A Föld sugárzási háztartása csak egyik ága az időjárás energetikájában nagyon fontos földi hőháztartásnak. Ennek további tényezői: a hőmérséklet függőleges eloszlása a légkörben és a talaj felszíni rétegeiben, a vízgőz- és az ózontartalom függélyesmenti változásai ugyancsak földi méretekben vizsgálándók az NGÉ alatt.

A hőmérséklet és a nedvesség függélyesmenti eloszlását 20—30 km magassáig kb. 650 aerológiai állomás méri a Földön. Ezek napjában kétszer, a világnapokon négyszer léggömbökre kötött rádiószondákkal mérik a levegő hőmérsékletét, nyomását és nedvességét a léggömb pukkanásáig. Ennek a rádiószondahálózatnak egyik állomása a lőrinci Aerológiai Observatórium (8. ábra).

Nagyobb magasságokban rakétákkal mérik a levegő hőmérsékletét. A rakéták valóságos geofizikai observatóriumok. A hőmérsékletmérésen kívül mérik az ózontartalmat, a napsugárzás intenzitását és színképi összetételét, a kozmikus sugárzás erősségét, a földmágneses térerősségét, a levegő sűrűségét, kémiai összetételét, ionizációs állapotát stb. A CSAGI barcelonai kongresszusán a Szovjetunió, az USA, Franciaország és Anglia jelentett be rakéta programot, ennek keretében a Szovjetunió és az USA mesterséges holdak kilövését is.

A rakéta programhoz csatlakozott Ausztrália és Japán is. Az NGÉ folyamán 1000-nél több, különböző nagyságú rakétát bocsátanak fel, amelyek a Föld különböző pontjairól kiindulva kb. 300 km magasságig vizsgálják át a légkört. Jöllehet a rakétafelállások száma az eddigiekhez képest nagy, mégis csak egy bizonyos időpontban adnak a légkör függőlegesmenti állapotáról egy-egy pillanatképet. Ennél jóval értékesebb eredmények várhatók a mesterséges holdaktól, amelyek ellipszis-pályán keringve kb. másfélóránként körüljárják a Földet s méréseiket folytonosan végzik. Az ismert tervek szerint a mesterséges holdak földközeli 300, földtávolban pedig kb. 1000 km magasságban lesznek a tengerszintje fölött, tehát sűrű egymásutánban átkutatják a 300—1000 km közti légréteget. Keringés közben a levegő sűrűsége lassítja majd a mesterséges holdat, emiatt a pálya magassága fokozatosan csökken. A levegő ellenállása ismert törvényszerűség szerint egyenesen arányos a hold sebességének négyzetével és a levegő sűrűségével. Ennek felhasználásával pontos pályamegfigyelésekből kiszámíthatjuk a felső légkör sűrűségét. A rakéta program említett mérésein kívül a mesterséges



8. ábra. Rádiószonda-felbocsátás a lőrinci Aerológiai Observatóriumban

holdakból ismert gázok kibocsátását is tervezik, amelyek a levegő-részekkel reakcióba lépnek. Ennek eredményeképpen a hátrahagyott világos csíkok spektroszkópiái megfigyelése adatokat nyújt a magas-légkör kémiai összetételére. A meteorológiai adatokon kívül számos más mérési eredményt is várnak a mesterséges holdaktól.

A meteorológiai program másik része a légköri cirkulációk részletes vizsgálatát tűzte ki célul. A régebbi vizsgálatok alapján kialakult bizonyos áramlási modell a nagyméretű légcirkulációkról. Ezek közé tartoznak a trópusi övezet passzát cirkulációja, az óceánok és kontinensek között kialakuló monszunszélrendszerek, a mérsékelt övek nyugati légáramlása és ennek ciklonális, anticiklonális módusulásai. Ezeknek a szélrendszereknek pontos dinamikáját azonban távolról sem ismerjük. Különösen hiányosak ismereteink a cirkulációk magaslégköri viszonyairól. Nem eléggé ismert az északi és a déli félgömb cirkulációinak kapcsolata, a trópusok és a trópuson kívüli területek cirkulációi között feltételezett kölcsönhatás. Nem ismerjük a cirkulációk kinetikai energiájának légköri eloszlását, kicserélődését, átalakulásának körülményeit, a sűrűlódás szerepét a cirkulációs folyamatokban. Részleteiben vizsgálandó a troposzféra határán, mintegy 10 km magasságban felfedezett lapos, csóalakú és nagy sebességű levegőáramlás, az ún. futóáram, amely helyenként több ágra szakadva, úgy látszik, összefüggő öv gyanánt fogja körül a Földet.

Ezeket a kérdéseket a talajon elhelyezett kb. 2100 meteorológiai állomás és csaknem ugyanennyi magassági szelet mérő állomás adataiból vizsgálják meg. Ebben a munkában 5 magyar megfigyelő állomás vesz részt. Ezek naponta négyszer végeznek időjárás-észlelést és kétszer, a világnapokon négyszer léggömbös magassági szelmérést.

Azokban az övezetekben, amelyekben a cirkulációk tömegszállító és energetikai viszonyai különösen érdekesek, sűrűbben állítottak fel megfigyelő állomásokat. Ilyen övezetek: a 180°-os délkör sávja, amely teljes hosszában tengeren fut végig, a 75° E délkör, amely az északi félgömbön szárazföldön, a délin tengeren vonul át, a 20° W délkör, amely ott vonul végig, ahol a futóáramlás az Atlanti-óceánt elhagyja s az európai kontinens fölé érkezik. Ilyen övezetek a trópusi zónák a 30° szélességi körök között. Ebben a zónában a passzátcirkuláció tanulmányozása mellett az egyenlítői állomásoktól magyarázatot várunk az egyenlítői tropopauza fölötti nyugatias szelekre, amelyek a régebbi cirkulációs modellbe nem illeszthetők be.

Adatközlés

Az NGÉ mérései mindenekelőtt óriási adathalmazt bocsátanak a kutatók rendelkezésére. Ezek feldolgozása évtizedek munkája lesz. A jól megszervezett adatközlés ezt az óriási munkát megkönnyítheti. A meteorológiai észlelési anyag 18 hónap alatt a becslések szerint 4500 kötetes könyvtárrá nőne, amelyben minden könyv 100 oldalas lenne. Ehelyett egy adatközpont az összegyűjtött anyagot ún. mikro-optikai kártyákon rendezzi. Egy kártyára (12 és $\frac{1}{2}$ -szer 7 és $\frac{1}{2}$ cm²)

60 000 számjegy kerül az egyes országokból beküldött s az előírt formátumú lapok 20-szoros kicsinyítése után. 18 000 db ilyen fotográfiai úton előállított kartonlap tartalmazza majd a teljes meteorológiai adatanyagot. Ezek leolvasó berendezéssel nagyon könnyen kezelhetők.



9. ábra. Mikrooptikai hártya meteorológiai adatokkal

A Meteorológiai Világszervezet az NGÉ kezdetére már felállította az adatgyűjtő világközpontot, amely a résztvevő országoktól félhavonta megkapja a teljes adatanyagot s a fenti mikrokártyákat folyamatosan készíti (9. ábra).

Nem térhettünk ki itt részletesen az NGÉ több érdekes munkaterületére. A közölt munkaprogramokból is láthatjuk az NGÉ eddig példátlan méreteit, nagy tudományos jelentőségét s azt a példamutató nagy erkölcsi értéket, amely a nemzetek önzetlen együttműködéséből az emberiségre háramlík.

A MARS MEGFIGYELÉSE AZ 1956-OS NAGY OPPOZÍCIÓBAN

A Mars 1956 szeptemberi nagy földközelségének idején végzett megfigyelésekről az első hivatalos közlemény 1956 decemberében jelent meg. Ez alkalommal az *American Astronomical Society* és a *Section D of the American Association for the Advancement of Science* közös konferenciát tartott, amelynek egyetlen tárgya a Mars legutóbbi szoros földközelsége volt. Az előadók a következők voltak: *R. S. Richardson* (Wilson-hegyi és Palomar-hegyi Obszervatóriumok), *C. C. Kiess* (National Bureau of Standards), *C. H. Mayer* (Naval Research Laboratory), *Seymour L. Hess* (Florida State University) és *G. P. Kuiper* (Yerkes és McDonald Observatories). A konferencia elnöke *Dr. Fred L. Whipple* (Harvard Observatory) volt. Az ülést New Yorkban tartották.

A tudományos nivón lefolyt konferencia tárgyilagosan mondta el a megfigyelések módszereit és azok eredményeit vagy eredménytelenségeit. Már előzőleg több híradás jelent meg külföldi heti- és napilapok tudósításai alapján, de ezekben több volt a fantasztikum, mint a realitás. A soron következő beszámoló nem erősítette meg ezeket a híradásokat.

A Wilson-hegyi Csillagvizsgálóban *dr. Richardson* három területen vállalt megfigyeléseket: *a)* a 150 cm-es reflektor Cassegrain fókuszában direkt felvételeket készített a bolygóról, *b)* nagy színbontású színeképelemző műszerrel színeképelemzést végzett és *c)* a 150 és 250 cm-es reflektorral a Mars holdjait fényképezte. A május 15-től december 16-ig terjedő időszakban 36 éjszaka összesen 110 órán át fényképezett és észlelt.

Bevezetőjében *Richardson* közölte, hogy az 1956-os oppozíció a nagy földközelség ellenére sem volt különösen alkalmas a csatornáknak nevezett marsfelületi képződmények megfigyelésére. A korábbi tapasztalatok ugyanis azt mutatták, hogy a csatornarendszerek kifejlődése közvetlenül a marsbeli tavaszi napéjegyenlőség után a legintenzívebb. Márpedig a marsbeli április a mi naptárunk szerint 1956 májusára esett, igen távol az oppozíció idejétől, ekkor tehát a Mars még nagy távolságra volt tőlünk. *Dr. Richardson* mindössze két alkalommal látta a csatornákat. Első ízben 1956. június 3-án hajnalban a 150 cm-es reflektorral, amikor még a Mars 74 millió kilométerre volt tőlünk, távolabb tehát, mint közepes mérvű oppozíció idején. Több világoskék vonalat figyelt meg, amelyek színükben a „tengerek”-nek nevezett képződmények színéhez hasonlítottak és a vöröses részekben haladtak keresztül. A látási

viszonyok jók voltak s ennek ellenére az 1/3—20 sec. időtartam közötti expozícióval készített felvételeken nyoma sem mutatkozott a szabadszemmel látottaknak. A kép mérete 13 milliméter volt, tehát elég nagy ahhoz, hogy ilyen finom képződmények is felismerhetők legyenek rajta. Amint tehát a múltban, most sem sikerült Richardsonnak fényképlemezen rögzíteni a csatornákat.

Másodízben 1956. okt. 10-én sikerült csatornákat észlelni a 250 cm-es reflektor *coudé*-fókuszában. Néhány másodpercen át látni lehetett a Simois és Thermadon csatornákat a bolygó déli felén. A következő éjszaka a „tengerek” világoszöld és szürkészöld színűek voltak, míg június 3 és szeptember 11 között inkább kékes színűeknek tűntek.

A Wilson-hegyi csillagászokkal együtt Richardson sikeres felvételeket készített a Mars két parányi holdjáról, a Phobosról és a Deimosról. A lemezek kiértékelése még nem fejeződött be.

Még 1956 őszén jelentették a szovjet megfigyelők, hogy a Mars felületén hatalmas homokviharok dúlnak. A budapesti Urániában az oppozíció előtt és után láttuk a hősapkát, de éppen az oppozíció körüli időkben semmit nem láttunk belőle. Richardson észlelése szerint a porvihar 1956. aug. 30-án kezdődött és még az oppozíció napján is tartott. A kék színszűrővel készített felvételek rendszerint mutatják a felhőalakulatokat, míg most ezek a felvételek egyszínű korongot mutattak a hősapkával.

A szinképvizsgálatok egyik feladata a kék felhők természetének tisztázása volt. A rövidhullámú fényben (kék és ibolya) a Mars légköre rendszerint átlátszatlan, míg sárgában és vörösbén átlátszó. Az volt a kérdés, hogy melyik hullámhossznál következik be az átmenet. Richardson ezt a határt a 4420 Angström hullámhossznál találta.

A szinképvizsgálatok másik kérdése az volt, hogy a széndioxid 7820 Angströmös sávja észlelhető-e. A vizsgálatokhoz dr. Richardson a 2,5 méteres távcsövet használta. Ennek *coudé*-fókuszában alkalmazta az 5,6 A/mm felbontású spektrográfot. Ennek a sávnak nyomát nem sikerült felfedezni annak ellenére, hogy a Vénusz légkörében végzett próbaészleléseken jelentkezett.

Az oxigén és vízgőz jelenlétét már régóta siker nélkül kutatják a Mars légkörében. A vizsgálat rendkívül nehéz, hiszen a Marsról jövő fény áthalad a Föld erős oxigéntartalmú légkörén és a földi légkör vízgőze is erősen nyomot hagy a szinképen. A mársi eredetű oxigén és vízgőz szétválásztása a földi légkör oxigén és vízgőzétől a Doppler-féle vonaleltolódással lehetséges. A megfigyelési időszakban a Mars látóirányba eső sebessége —8,9 km/sec.-től +14,9 km/sec. érték között mozgott. Az első mérések nem mutatták az oxigén és a vízgőz nyomát, de a szinkép finom kimérése még hátra van.

A Mars légkörének összetételét vizsgálta az 1956 júliusában Hawaiiiba indult négytagú expedíció is. Ennek vezetője dr. Kiess volt. A rendkívül érzékeny spektrográfot előbb a Jupiteren végzett vizsgálatokkal próbálták ki a Georgetown Kollégium Csillagvizsgálójában, majd onnan elszállították a 3300 méter magasan fekvő Mauna Loa-Obszervatóriumba. A műszer felbontóképességére jellemző, hogy milliméterenként 600—

1200 spektrumvonalat ad és diszperziója 2 Angström per mm. A vizsgálatok módszere az, hogy a Mars színképét a Hold színképével hasonlítják össze és a földi légkör vonalaitól a Doppler-effektus segítségével választják szét a Mars légköri vonalait. Nem találták a vízgőz, a molekuláris oxigén és az atomos nitrogén nyomát sem. A műszer érzékenysége alapján becslést lehetett végezni a Mars maximális víztartalmára. Azt az eredményt kapták, hogyha a Mars egész vízgőzmenyiségét vízzé kondenzálnánk, az legfeljebb 0,08 mm vastagságban borítaná a Mars felületét. Ha ennél több vize lenne, a készüléknek jelezni kellett volna.

A vízgőz kimutatására eddig alkalmazott módszereknél a jövőre dr. Kiess egy sokkal érzékenyebb eljárást ajánlott. Eszerint az infravörösben az 1,4 mikron hullámhosszú sávot kellene vizsgálni, mert az ugyanolyan vízgőzmenyiség mellett 200-szorta erősebb a most vizsgált sávnál.

Eredménnyel végződtek a rádiótávcső megfigyelések. Szeptember 9—22 között a 30 méteres rádiótávcsővel 125 görbét vettek fel. Az összesített eredmény azt mutatja, hogy a Mars irányából 3,15 cm-es hullámhosszon egy gyenge, de jól definiált intenzitásmaximum észlelhető.

Ez a rádiófrekvenciás sugárzás minden bizonnyal a Mars termikus sugárzása. A Stefan—Boltzmann-törvény értelmében ez a maximum 230° Kelvinnek felelne meg, ha a Mars abszolút fekete testként sugározna. A Mars hőmérséklete azonban nyilván magasabb ennél (230° Kelvin = -43° C), mert a Mars nem tekinthető abszolút fekete testnek, hanem annál kisebb hatásfokkál sugároz.

A Nemzetközi Mars Bizottság 10 csillagvizsgálója a Mars felhőzetét kutatta. A legnagyobb felhőt a japánok figyelték meg 1956. aug. 16—26 között. A felhők áramlásából az átlagos áramlási sebességet is meg lehetett határozni, ez azonban valószínűleg nem a levegőrészek sebessége volt, hanem a zivatarcentrum áramlási sebessége.

A marskutatóokról nevezetes Lowell Observatórium észrevétele szerint csaknem teljesen hiányzott a felületi részek kontrasztja. Ez a kellemetlen jelenség az aug. végén kitört homokvihar alkalmával kulminált, amikor még a hősapka is eltűnt.

Dr. Richardson bejelentette, hogy *dr. Slipher*, aki a délafrikai bloemfonteini Csillagvizsgálóban 38 000 felvételt készített a Marsról, még nem érkezett vissza a newyorki konferenciára, s felvételeinek kiértékelése még hosszú időt vesz igénybe.

Dr. Hess főként a kék köd elméleti tanulmányozásával foglalkozott. Megállapításai szerint ezek nem állhatnak porrészekből, mert ezek nem tudnának oly hirtelen leülni, mint ahogyan a kék köd eltűnik és újra hirtelen elborítja a bolygó felszínét. Csak jégkristályokról lehet szó, éspedig inkább víznek, mint széndioxidnak a jégkristályairól. A víz mellett dönt a megfigyelésen kívül az a tény is, hogy a Mars légkörének vertikális keveredése is van kilométerenként $3,7^{\circ}$ C hőmérsékletcsökkenéssel.

Dr. Hess számításai szerint, ha a kék-köd szénsavkristályokból állana, sokkal kevésbé lenne átlátszó, mint ahogyan a megfigyelések

mutatják. A víz-jég ez esetben is jobban összhangban áll a megfigyeléssel. Ez esetben viszont egy másik következtetés is adódik. Ezek a ködszerű felhők csak akkor létezhetnek, ha a Mars felületén a harmatpont -90°C . Ilyen alacsony harmatpont viszont rendkívül száraz légkörre utal. A számítások elvégzése után a Mars légkörének összes vízgőze kondenzált állapotban csak 0,002 mm vastagságban borítaná a Mars felületét. Ez a mennyiség csak negyvenedrésze annak, amit dr. Kiess expedíciója mint felső határt megállapított.

Dr. Kuiper beszámolt a texasi McDonald-Obszervatórium 2 méteres távcsövével végzett megfigyelésekről. A júliusban megkezdett és főként augusztus közepétől szeptember közepéig folytatott vizsgálatok hat területre terjedtek ki: 1. a felületi részletek vizsgálata, 2. színes fényképezés, 3. vizuális színösszehasonlító vizsgálatok, 4. a Mars átmérőjének és lapultságának mérése, 5. a marsholdak fényképezése pontos pozíciómérésre és 6. a marsholdak fotoelektromos fotometrállása a fényesség és a szín meghatározására.

Az összehasonlításokhoz két Mars-térképet használtak, az Antoniadi-félet és a Pic du Midi észlelések alapján 1939 óta készített Mottoni-térképet. Ez utóbbi nem annyira részletes, mint az Antoniadi-féle, de a megfigyelések szerint a mostani észlelésekkel jobban egyezik.

Dr. Kuipernek egy igen érdekes jelenséget sikerült észlelnie a déli hósapkával kapcsolatban. 1956. szept. 9-én, miután a sapka semmivé zsugorodott, egy 1300 km átmérőjű felhő jelent meg fölötte, ami még 12-én és 13-án is látható volt. 14-én a felhő eloszlott, és helyén egy új hósapka tűnt fel. Mivel ennek körvonalai igen élesen rajzolódtak ki, a jelenség a felhő kondenzációjának tekinthető.

Más értesülések alapján megemlítjük még W. M. Sintonnak a Harvard Csillagvizsgálóban végzett megfigyeléseit. Abból a gondolatból indult ki, hogy a szerves molekulák a színek infravörös részében 3,4 mikron hullámhosszon elnyelést mutatnak. Az a tény, hogy ezt az elnyelési sávot a Mars színekében fel lehetett ismerni, önmagában még erős kritikai vizsgálatot igényel, mert a Mars gyenge sugárzása miatt a felület világos és sötét részének színekét nem lehetett jól elválasztani. W. M. Sintonnak tehát az a megállapítása, hogy „igen valószínű, hogy a Marson jelen van a vegetáció”, még további meg erősítésre szorul.

Az 1956-os oppozíció alkalmával megfigyelt porvihar ugyanis egy igen érdekes jelenségre mutatott rá. A Yerkes Csillagvizsgáló munkatársai megjegyezték, hogy amikor ez a homokvihar elült, a korábban láthatatlan felületi részletek ismét tisztán láthatókká váltak. A felületi kontrasztok élessége és színváltozása tehát sokféleképpen magyarázható.

*

A várva várt nagy Mars-oppozíció megfigyelési mérlege ezzel még nem zárult le. Az elmondottakból látható, hogy nem várt zavaró körülmények hiúsították meg sok olyan vizsgálat véghezvitelét, amelyekre felkészültek. Így is számos új eredmény született és még több más is várható, ha a sok tízezer felvétel és mérés feldolgozásával elkészülnek.

A MAGYAR CSILLAGÁSZAT TÖRTÉNETÉBŐL

A magyar csillagászat fejlődése híven tükrözi vissza hazánk kultúrájának állapotát egy-egy történeti korszak folyamán. Éppen ezért ennek — a magában véve is érdekes — tárgykörnek kutatása igen hasznosnak látszik. Az alábbi dolgozatban a hazai csillagászat történetének legrégebbi emlékeit, dokumentumait kívánjuk ismertetni, a honfoglalástól a távcsöves megfigyelések koráig, tehát a XVIII. század elejéig. Sajnos, éppen ezeknek az évszázadoknak feljegyzései, emlékei jobbra elkallódtak történelmünk viharos korszakaiban. Így csupán vázlatos képünk van a középkor végének és az újkor elejének hazai asztronómiájáról. A meglévő adatok is elégségesek azonban arra, hogy e téren is igazolják Zrinyi Miklós mondását: „*Egy népnél sem vagyunk alábbvalóak!*”

Őseink csillagászati ismeretei. Nem kétséges, hogy a honfoglaló magyarok — akik ez idő tájt (890 körül) jelentek meg az európai történelem színpadán — rendelkeztek bizonyos csillagászati ismeretekkel. Tudásuk természetesen még a *csillagmitológia* korának állapotát tükrözte. Megfigyelték pl. a Hold fényváltozásának szakaszosságát, sőt ezt *idő-mértékül* is alkalmazták. Észrevették a Nap évszakai változását, a *nyári napfordulót megünnepezték*. Ismerték a Vénusz bolygót, talán a Jupitert és a Marsot is. Csillagképeket különböztettek meg, erre vall néhány, máig is fennmaradt népi elnevezés. A csillagokat is bevonták vallási szertartásaikba, bár az ősmagyarok nem voltak csillagimádók.

A csillagászati ismereteket — feltehetőleg — őseink papjai őrizték. Amikor azonban a Szent István-i politika eredményeképpen népünk gyors ütemben áttért a keresztény vallásra, a régi hittel együtt az ismeretek nagy része is elpusztult. A nyugatról — főként Német- és Olaszországból — behívott térítők a középkori csillagászati ismereteket honosították meg. Meg kell jegyeznünk, hogy ez a tudás eléggé szűk körben vált ismertté, hiszen ekkoriban a tudomány művelői kizárólag a klérus köréből kerültek ki.

Nehezebb volt kiirtani a régi elgondolásokat a nép köréből. Néhány évszázad alatt azonban a pogány csillagmondát sikerült teljes mértékben „elkeresztényesíteni”. A nyári napforduló szertartásából Szent Iván (egyres helyeken Szent János) napjának ünnepe lett. Az Iván napi „tüzugrás” helyenként még a század elején is szokásban volt. Keresztény neveket kaptak a csillagképek is. Így lett az őseinknél *Korona* vagy *Koszorú* néven ismert csillagképből (Corona Borealis) *Urunk asztala*,

míg a *Furu*, másképp *Bába motollája* (Sarkcsillag) csillagból *Boldogasszony motollája* vagy *Rokka*. A világ teremtésére vonatkozó mítoszok is keresztény zamatot kaptak. Pl. az ősmundákban a világot létrehozó *ősiszten* segítőként egy *jó szellem* (demiurg) és egy ellene dolgozó *rossz szellem* is szerepel. A kereszténység felvétele után a jó szellem szerepét Szent Péter kapta, míg a rossz szellem természetesen a Sátán lett.



10. ábra. Ptolemaiosz világhépe egy 1493. évi hódezből

Cisiók és krónikák. Mindezek az elképzelések természetesen messze alatta maradtak a tulajdonképpeni csillagászati ismereteknek, ámbar a X.—XIV. sz.-ban ezek sem mozdítottak magas szinten. A világról alkotott kép teljes mértékben Ptolemaiosz feltevéseire alapult, anélkül azonban, hogy gyakorlati téren még csak meg is közelítették volna az ókor e nagy csillagásznak tudását. A világot mint egy lapos korongot képelték el. A Földkorong közepét *Jeruzsálem* foglalta el, körülötte helyezkedtek el az akkor ismert országok. A Föld körül keringtek a bolygók és a Nap, valamint a Hold hét tökéletesen átlátszó, koncentrikus kristálygömbre

erősítve. (Az ún. *szférákra*.) A nyolcadik szférán mozogtak a csillagok, rajta túl a mennyországot képzeltek el. A szférákat az angyalok mozgatták. Ilyen elképzelés — melyet inkább nevezhetünk *biblikus világképnek*, mint ptolemaiosinak — számos régi kódexben marad ránk (10. ábra). Ilyen képet őriz a számunkra egy német eredetű kézirat is, mely jelenleg az Orsz. Széchényi Könyvtárban foglal helyet*. A „*Rotulae Astronomicae*” valószerűleg a XII. vagy XIII. sz.-ból származik. Egy másik kódexünkben pl. a következőket olvashatjuk:

„*A Nap ható állat... igen serény... egy éjjel és egy nap ő oly igen nagyot és igen sokat fut, hogy egy ellőt nyíl száz esztendeig annyit nem mehetne.*”

A gyakorlati ismeretek rendkívül szerények voltak, hiszen a középkorban alig merült fel ilyen igény. Helymeghatározásra alig volt szükség — az ókor térképeit és adatait használták fel. Csupán a naptárkérdésnek volt némi fontossága. Ismeretes, hogy a *húsvét dátuma csillagászati úton határozható meg*. A húsvét időpontjának kitűzésére táblázatokat készítettek, melyek a *Hold fényváltozását* is tartalmazták. Ilyen táblázatot nagyobb könyvtárainkban többet is találhatunk.

A középkor egyik legjellegzetesebb — időméréssel kapcsolatos — terméke a *cisió* volt. Manapság általában valami kalendárium-félet értenek alatta, a valóságban azonban a cisió ügyes, mnemotechnikai keretbe öltöztetett naptár. A középkorban igen kevesen tudtak írni és olvasni. A világiak közül majdnem senki, de még a klérus körében is sok volt az analfabéta, különösen az alsóbb rangú papok és az apácák között. Az egyes szentek ünnepeinek dátumára azonban minden papnak szüksége volt. Erre a célra szolgáltak a cisiók, melyek az *ünnepek időpontjainak emlékezetbe idézését* könnyítették meg.

A „cisió” név a naptár latin nyelvű kezdő sorától származik. A cisióknak ugyanis annyiszor két versszakuk volt, ahány hónapot az év számlál. *Minden két-két versszak szótagainak száma megegyezett a hónapban foglalt napok számával*. Az egyes szavak kezdő szótaga viszont az arra a napra eső ünnep nevével kezdődött. A latin nyelvű cisió kezdő sora a következő:

„*Cisio Janus Epi sibi vindicat Oc Feli Mar An.*” Innen a cisió név. (A szó a *circumcisióból* származik — körülmetélés — ez a vízkereszt ünnepeinek latin neve.)

Külföldön az első cisiók — nevüket a nép később *csizióra* „magyarosította” — a XII. sz.-ban tűntek fel. Nem sokkal későbbi az első hazai cisió. Ezt a *Pray-kódex* őrizte meg a számunkra. A cisió nyelve latin, hiszen latinul értő papok használták. Tartalma elég gazdag. A tulajdonképpeni cisión kívül *húsvétszámító táblázatot* és egyéb, időszámítási és *csillagjósolási* adatokat is tartalmaz. (L. alább.)

A XIV. sz.-ban már magyar nyelvű cisióval is találkozunk, mely az ún. *Peer-kódexben* maradt fenn. A Peer-kódex cisiója meglehetősen

* Széch. Könyvt. Kézirattár. Quart. Lat. 130.

darabos fordítása egy latin nyelvűnek. Mutatóban közöljük a január hónapra vonatkozó versszakait, eredeti írásmóddal (balra) és mai írásban (jobbra):

*Cws cara cýjontol
kerst wýz loth pal remeteh
mynt nagh dýs Anth
Prisca faban vincennel pal
fordol fénesege...*

*Kis karácsonytól
kerszvíz lett Pál remete
mint nagy disz. Ant.
Prisca Fab An Vincennel Pál
Fordul fényességre...*

Hogy a kellő szótagszám kijöjjön, egyes neveket rövidítve írtak. Pl. nagy. disz. Ant. = nagy disznós Antal apát (jan. 17) Prisca = Piroska (jan. 18), Fab = Fábián és Sebestyén (jan. 20), An = Angalit szűz (jan. 21), Vincennel = Vince mártír (jan. 22), Pál = szt. Pál fordulása (jan. 25).

A későbbiekben egyre több cisió láthatott napvilágot, bár csak kevés maradt fenn. Pl. Toldy Ferenc említést tesz egy 1462-es „*Deák-kódexről*”, melyet azonban nem sikerült megtalálni.

A cisiók mellett régi krónikáink sok csillagászati eseményt is feljegyeztek. Említést tesznek a feltűnőbb *Nap- és Holdfogyatkozásokról, fényes üstökösökről*. Ezek a feljegyzések azonban jobbra túlzottak, szinte érezni bennük a szerző rettegését a „*borzasztó égi jelektől*”. Kulturális szempontból azonban érdekes emlékei egy, számunkra sokszor nehezen érthető kornak.

Egyetemek és tudósok. A csillagászati ismereteket a korabeli egyetemeken oktatták. A középkor szellemi világán két tekintély uralkodott: az egyház és az egyetemek. Tulajdonképpen az egyetemek is az egyház szervei voltak, az egyetem tanulói is jobbra egyházi személyek. Így persze az oktatás hangúlya a teológiára esett, míg a tudományok felett a bölcsezsét uralkodott. A XI. sz.-tól kezdve az egyetemek a *skolaszticizmus* fellegváraivá váltak. A skolasztikus tanítás egyik jellegzetessége volt a betűhöz, a tekintélyhez való ragaszkodás, a maga korában megvolt azonban az a haszna, hogy fegyelmezett gondolkodásra nevelt.

A tulajdonképpeni tudományos oktatás a „művészetek fakultásán” történt. Ez két részre oszlott: a *triviumra* és a *quadriviumra*. Az előbbiben grammatikát, retorikát és dialektikát tanítottak, míg az utóbbi a számolást, zenét, *csillagászatot* és *geometriát* ölelte fel. A csillagászatban természetesen az elméleti rész Ptolemaios nézeteinek — többé-kevésbé elferdített — ismertetéséből állt, míg a gyakorlati részben időszámítás, és csillagjósolást tanítottak. Ide csatlakozott a geometria is, melyen akkoriban nem mértant, hanem földrajzot értettek.

A középkor első egyetemei Franciaországban (Sorbonne), Angliában (Oxford) és Itáliában létesültek a XI. sz. folyamán. Nem sokkal később azonban már hazánkban is létrejöttek az első egyetemek, rendszerint uralkodói támogatással. Ezek az egyetemeken eleinte külföldi tanárok oktatták a hallgatókat, később azonban egyre több magyar származású tanárral találkozunk. Sajnos, legtöbb főiskolánk nem volt hosszú életű.

A hét szabad művészet keretében valószínűleg már legelső egyetemünkön, a XII. sz.-ban létesített *veszprémi* főiskolán is foglalkoztak

csillagászzal. A kétszáz évvel későbbi pécsi egyetemen (melyet Nagy Lajos alapított) inkább csak teológiát tanítottak, de Zsigmond király 1389-ben létesített és tizenhat esztendővel később teljes oktatásivá („studium generale”) nyilvánított főiskolájáról már a tanárok neveit is ismerjük. A szabad művészeteket, köztük az asztronómiát, először János mester magyarázta. 1414-ben Bisznarói Miklós az „*artium magister*”. Fennmaradt még Diernachi Máté és András pap neve is.

Asztrológia. A középkor vége felé egyre nagyobb szerephez jutott a csillagjósolás. Az egyház eleinte harcolt ellene, utóbb viszont éppen vallási érvekkel támogatta, mondván: a *csillagok irányítják az ember sorsát, de Isten irányítja a csillagokat.* Az asztrológia igen jól beillett a középkor tudományos és társadalmi világnézetébe. Igaz, hogy bizonyos fokig a csillagászat tudománya is köszönhet valami keveset az asztrológiának. A horoszkópok elkészítéséhez az addigiaknál pontosabb bolygó- és holdtáblázatokra volt szükség. Ilyeténképpen az asztrológia is hozzájárult a megfigyelési eszközök fejlesztéséhez és az észlelések pontosabbá tételéhez.

Kezdetben az asztrológiai szkémák egyszerűek voltak. Rendszerint a cisiók tartalmaztak *orvosi előírásokat és jóslatokat.* Példaképpen néhány részletet mutatunk a már említett Pray-kódexből.

A Pray-kódex cisiója minden hónapra orvosi előírással is szolgált. Pl. januárra a következőket tanácsolja:

„*J a n u á r i u s* hónapban eret ne vágas, reggel jókor három kupa bort igyál, ha lehet gyömbéres és rebarbarás bort végy magadhoz.”

A gyermekek születésére vonatkozólag a hét egyes napjaira ad jóslást:

„*Aki v a s á r n a p* születik nagy és híres lesz. *A k e d d i* erős lesz. *A s z e r d á n* születő szenvedélyes lesz és fegyver által fog kimúlni. *A c s ü - t ö r t ö k i* a birodalmat fogja kormányozni. *Az* aki *p é n t e k i* napon születik tisztelni és becsülni fogják. *Végül a s z o m b a t i* fényűző lesz, ki minden órának leszakítja a virágát de ritkán életre való.”

Később a horoszkópok bonyolultabbá váltak. A horoszkóp-ábrák készítése külön tudomány volt. Ekkoriban keletkezett az *udvari csillagász* tiszte. Az udvari csillagász sokszor orvos vagy pap volt. Csupán a XIV.—XV. sz. folyamán találkozunk a pusztán csak asztrológiával (majd néhány évszázad múlva asztronómiával) foglalkozó tudóssal.

A magyar királyok udvarában már korán felbukkan az udvari asztrológus alakja. Az első, akiről tudunk, Klingensor szász pap, aki II. András (1205—1235) udvarában élt és horoszkóp-készítéssel foglalkozott. Nagyra becsült személy lehetett, mert évi 3000 marka fizetést húzott. (Ugyanakkor 20 márkáért már kiterjedt szőlőbirtokot lehetett bérálni!) Az 1300-as években Erdélyi Péter (Petrus de Dacia) foglalkozott csillagjósolással, kortársai nagyra becsülték. Több művet is írt, melyek azonban elvesztek. Asztrológus volt Gerardus mester is, IV. Béla, V. István és IV. László udvarában (1235—1260 között).

Az asztrológia révén a csillagászat a királyi udvarokban és a főurak körében is népszerű lett. A csillagos ég jelenségeit allegorikus képek-

ben és képzőművészeti motívumok alakjában is felhasználták. Fennmaradt pl. egy kép, mely Nagy Lajos királyunkat ábrázolja, *körülötte lovagjait egy-egy bolygó személyesítette meg*. Ekkoriban már az asztrológia és asztronómia művelésével sem kizárólag papok foglalkoztak, hanem felűnnek az egyetemet végzett világi személyek is.

A *humanizmus Magyarországon*. A XIV.—XV. sz. nagyarányú társadalmi és kulturális mozgalmak tanúja volt. A főurak és jobbágyok osztálya mellett egyre nagyobb helyet kért magának a polgárság. Ekkor indult fejlődésnek az ipar és a kereskedelem. Ezzel párhuzamosan az ember egyre jobban felfedezte az őt környező világot és annak szépségeit. Egyre nagyobb becsben részesült az ókor világszemlélete. Csirába szökken az a mag, amelynek talaját a skolasztikus iskolák vetették meg. (Ugyanekkor a skolasztikus szellem elavulttá kezd válni.) Ez a *humanizmus* kora, mely nagymértékben kedvezett a tudományok fejlődésének, és amely a *kopernikuszi forradalomban* érte el csúcspontját.

Hazánkban Hunyadi Mátyás uralkodása alatt (1458—1490) fejlődött ki a humanizmus, és állíthatjuk, hogy a csillagászat is ekkoriban élte virágkorát. Mátyás állandó háborúi között is talált időt arra, hogy udvarában meghonosítsa a humanista kultúrát. Sok külföldi tudóst hívott udvarába. Mátyás nagy érdeklődést tanúsított az *asztrológia* iránt, de már a csillagászat *tudományát is pártolta*. Talán nála is nagyobb pártfogóra akadt azonban a csillagászat Vitéz János *nagyvárad*i püspök és *esztorgomi primás* személyében.

Vitéz meghívására került hazánkba a középkor legnagyobb csillagásza, a német Johannes Regiomontanus (1436—1476). Vitézt szoros barátság fűzte Peurbachhoz, a másik nagy csillagászhoz. Peurbach híres táblázatait Nagyvárad délkeletre számította, innen e táblázat neve: *Tabulae Waradiensis*. Ezenkívül Vitéznek ajánlotta egyik, általa szerkesztett szögmérő műszerét, a *gnomon geometricust*. Vitéz János nagyon szerette volna Peurbachot Magyarországra hívni. Peurbach azonban tanítványát, Regiomontanust ajánlotta: Regiomontanus 1468-tól 1472-ig tartózkodott hazánkban. Eleinte *Nagyváradon* tartózkodott, ahol Vitéz berendezte számára az *első csillagvizsgálót*. (Persze ez a „csillagvizsgáló” még nem volt a mai értelemben vett obszervatórium. Valószínűleg a vár egyik bástyáját állították a rendelkezésére, ahol műszereit felállíthatta. Ilyen volt pl. Kopernikus csillagvizsgálója is!)

Itt írta Regiomontanus akkoriban nagy jelentőségű munkáit: a *Tabulae Directionum*-ot, a horoszkópok elkészítéséhez szükséges táblázatot, és a benne foglalt *Tabulae Foecundat*, az első tangens táblát. Mátyásnak feltűnt a tehetséges csillagász és udvarába hívta. Budán és Esztergomban készítette Regiomontanus a híres *Tabulae Primi Mobilis*t, a gömbháromszög tan egyik alapvető művét. Mátyásnak ajánlotta szögmérő műszerét, a *torquetrum*ot is.

Regiomontanus gyakorlatilag is működött. Ő tervezte a *kassai székesegyház* és a *szepesváraljai püspöki templom* napóráit. Könyvei, egyéb, akkoriban nevezetes csillagászati művekkel egyetemben, Mátyás könyvtárában voltak összegyűjtve. E művek egy része elveszett, más része ma a *krakkói* könyvtár gyűjteményét gyarapítja. Regiomontanus



12. ábra. Részlet az eszterpomi csillagászati freskókból. Balra a K o s, lent az Ikrék lövedéke, lent a Bika jegye (A szerzők felvétele)



13. ábra. Részlet az esztergomi csillagászati freskókból. Fent a Mérleg egy része, lent a Skorpio (A szerzők felvétele)

zetét diszítette hasonló freskó, valamint több éggömb is volt, egyik köztük cseh királlyá történt koronázásának idején ábrázolta az eget. Bonfini ezekről így ír:

„A felső emeleten, a friss palota felőli részen, a felső ebédlopalotákba vezető feljártnál remekművű faragványban látható az égbolt tizenkét csillagképe... . . . A mennyezetek pazar költséggel készültek: az égen keringő bolygókat mutatták és pályájukat csodás pontossággal ábrázolták.

Mindezek — az esztergomi freskók kivételével — Mátyás halála után lassan elpusztultak. Még a király életében szüntette be működését a *pozsonyi egyetem*, ahol Ilkusch és Gattius János tanították az asztro-nómiát, Mátyás dédelgetett terve, a *budai egyetem* is feledésbe ment. Azután ránk szakadt Mohács, a másfél évszázados török hódoltság, és a magyar kultúra Erdélybe és a Felvidékre húzódott, vagy külföldön bújdosott.

Geográfusok. Pedig éppen ebben az időben nagy lendületet vett a tudomány haladása. Kolumbusz felfedezte a negyedik kontinenst; ezzel együtt megindultak a nagy utazások. Előterbe léptek a térképészeti, földmérési kérdések.

A XVI. sz.-i magyar kultúra fáklyája Erdélyben lobogott. A csillagászat és földrajz terén egyik legjelesebb képviselője Honterus János volt. Honterus (1498—1549) a szászok „apostola”, a reformáció élharcosa kétségtelenül korának egyik legnagyobb geográfusa volt. Hires *Rudimenta Cosmografica*-ja 35 kiadást ért meg (első kiadás: Krakkó 1530). Ez a földrajzi munka nemcsak az amerikai kontinenst ábrázoló térképek egyik elsőjét tartalmazza, hanem *világviszonylatban elsőnek* — Erdélyt ábrázoló — *részlettérképeket*. Emellett kiváló *csillagászati földrajzi* részek is találhatók benne. Honterus térképéhez feltétlenül végzett csillagászati helymeghatározásokat is.

Tulajdonképpen nem Honterus térképe az első hazai földrajzi felvétel. Megelőzte őt Lázár diák térképe, melyet Bécsben adtak ki 1528-ban. Ennek hibái azonban nagyobbak. Honterus után Lázius Farkas adott ki térképet, melyhez csillagászati helymeghatározást végeztek (1556). Húsz évvel később készült Zsámboki János (Johannes Sambokius) Magyarország térképe, mely szintén asztro-nómiai méréseken alapszik.

A térképezés pontos idő- és fokmérést tételezett fel. Eppen ezért a műszerek is fejlődésnek indultak (14. ábra). A csillagászok és térképészek fontos feladatnak tekintették, hogy pontos műszereket és táblázatokat hozzanak létre. A táblázatkészítők közül Erdélyi Láczi Jakab neve érdemes említésre. Ezt a táblázatot, melynek címe *Tabulae Astronomicae Inservientes...*, 1563-ban adták ki *Wittenbergben*. Erdélyi Láczi Jakab tehát nem idehaza dolgozott, akárcsak kortársa, Pühler Kristóf, aki büszkén tette nevéhez a „Hungarus” (magyar) jelzőt. Pühler egy ideig idehaza dolgozott, a maga idejében igen használatos könyvét azonban *Dillingenben* nyomatta ki. Művének címe: „*Eine kurtze und gründliche analytung zu dem rechten verstand Geometriae.*” Benne nemcsak a csillagászati földrajz és geodézia alapfogalmainak kitűnő

smertetését találhatjuk, hanem néhány újfajta műszer leírását is. Gergely pap szintén külföldön — *Bolognában* — vált híressé.

Kalendáriumok. A polgárság megerősödésével a műveltség szélesebb rétegekre terjeszkedett ki. Egyre többen és többen tanultak írni és olvasni,



14. ábra. Szögmérő műszerek a 16. században Apianus Péter műszer tankönyvéből

ami egy — a szempontunkból is érdekes — irodalmi terméknek megszületését tette lehetővé: a *kalendáriumokét*.

A kalendárium tulajdonképpen a régi csiziókból fejlődött ki. Nyelve már rendszerint nemzeti nyelv — hiszen latinul nem tudó polgárok számára készült. A tulajdonképpeni naptárrészen kívül orvosi előírásokat, jóslásokat és különböző — sokszor ismeretterjesztő jellegű — olvasmányokat is tartalmazott. A XVI.—XVIII. sz.-ban a kalendárium volt a legelterjedtebb nyomtatvány.

Az első kalendáriumok Németországban láttak napvilágot. Hazánkban is a német ajkú polgárság terjesztette el, főként a Habsburg császárság területein. Eleinte *Lengyel- és Németországban*, később a *Felvidéken, Erdélyben és Debrecenben* nyomtatták a magyar kalendáriumokat. Az első ismert magyar kalendárium Székely István: *Calendarium magyar nyelven* c. munkája, melyet *Krakkóban* nyomtak 1538 körül. Előszavában így indokolja kalendáriumának kiadását:

„Mikoron minden nemzetet látnék, kalendáriumot szerezne igen jónak vélem én is, hogy magyar nyelvre a kalendáriumot fordítanám.”

A későbbi kalendáriumok sokszor Regiomontanus nevét tűzik címlapjukra. Általában egymást másolták, tartalmuk is megegyezett. Nálunk a két Heltai adott ki nagyszámú kalendáriumot. A XVII. sz.-ban Frölich Dávid (1590—1648) *Késmárkon 20 kalendáriumot szerkesztett*. Kalendáriumaink igen hiányos bibliográfiája mintegy 200 különböző kiadást tartalmaz a XVI.—XVII. sz.-ból.

A kalendáriumok mellett kell megemlékeznünk a *naptárreformról* is. Mint ismeretes, a régi, Julius Caesar-féle naptár nem bizonyult kielégítőnek. Több javítási kísérlet után VIII. Gergely pápa 1582-ben Lilius javaslata nyomán új *naptárformát* hozott létre. A *Gregoriánus naptárt* hazánkban igen korán, 1587-ben fogadták el, bár a protestánsok egy ideig harcoltak ellene. Magyarország ezzel megelőzte Németországot és Angliát is.

A *kopernikuszi forradalom*. A XVI. sz.-ban megjelent Kopernikusz híres műve, mely kimondja, hogy a bolygók nem a Föld, hanem a Nap körül mozognak, a Föld pedig csak egy bolygó, mely maga is a Nap körül kering. (Heliocentrikus világkép.) Ezzel vette kezdetét a csillagászat nagy forradalma, mely az emberiség művelődésére is nagy hatással volt.

Kopernikusz megállapításai eleinte nem keltettek nagyobb feltűnést, csak Galilei és Kepler működése adtak komoly súlyt a *heliocentrikus világképnek*. Mégis Kopernikusztól számítjuk a *modern csillagászat korát*. Működésével egyidőben kezdett a csillagászat egzakt tudomány rangjára emelkedni, fokozatosan elhagyva a régebbi, gyermekes elképzeléseket.

Magyarország ebben az időben igen elmaradott. Az állandó háborúk lehetetlenné tették a tudományos búvárkodást. Mégis akadtak, akik a sanyarú körülmények közt is foglalkoztak csillagászattal. Igaz, hogy több asztrológus is akadt köztük, hozzá kell azonban tennünk, hogy ekkoriban virágzik külföldön is a csillagjósolás.

A XVI. sz. végén jelent meg pl. az első magyar nyelvű csillagászati munka: Az *Eghi Csillagoknak Forgásáról* (1584). Ez még *asztrológiai* munka. Heltai Gáspár „*Magyar Krónikája*” több üstökösről és meteorhullásról emlékezik meg. Pribiceri Jakab és Dudith András az üstökösökről írt tanulmányt. (Besztercebánya 1577). Érdemlegesebb írásokkal azonban csak egy évszázaddal később találkozhatunk.

Legnevezetesebb Apácai Cseri János *Magyar Enciklopédiája*. Apácai 1654-ben adta ki művét, melynek VI. fejezete foglalkozik az *Eghi dolgok*-kal. A rendkívül nagy műveltségű pedagógus itt már Kopernikusz álláspontját fogadja el, míg egyéb nézeteiben Descartes tanítványának vallotta magát. Némcsak hazánkban, de egész Európában az úttörők közé tartozott bátor nézeteivel. Mellette Tolnai Dali János *sárospataki tanár* méltó a megemlékezésre. Tolnai, mikor a főiskola élére került, törölte a régi, aristotelészi filozófiát és fizikát, hangsúlyozta a kísérletek jelentőségét. Ő is Kopernikusz híve volt.

Igen nevezetes Komáromi Csipkés György debreceni prédikátor munkássága. Komáromi tulajdonképpen a *vándor asztrológus* Hübner Izrael jóslatai ellen irt vitairatot, mikor kiadta az *Üstökös csillagokról való Judicium* című művét (Debrecen 1665). Ebben rendkívül élesen bírálta és elítélte az asztrológusok szédelgéseit, majd ismertette korának tudományos nézeteit az üstökösök természetéről. Kijelentette többek közt, hogy az üstökösök:

... „épp úgy égítetek, mint a bujdosó csillagok” (bolygók).



15. ábra. Nürnbergi napóra a 17. századból

Apácai és Komáromi Csipkés felvilágosult nézetei mellett kissé elmaradottnak tűnik Hevenessy Gábor nagyszombati tanár fizika-tankönyve. Ő még meg sem említi Kopernikust, viszont helyesen írja le a Tejutat és a fogyatkozásokat. Utóda, Szentiványi Márton hatkötetes magyar fizikájában még mindig Ptolemaios mellett kardoskodik, egyébként azonban igen jó leíró csillagászatot adott. Könyve 1679 és 1704 közt jelent meg.

Műszeres megfigyelések. A XVII. sz. már a távcső, a pontosabb műszerek kora volt. Időmérő szerkezeteket, órákat készítettek, finom-

mabbá váltak a szögmérések is. A század második feléből már nálunk is számos műszer maradt fenn. Napórák és rugós időmérők egész serege található gyűjteményeinkben*. A napóra ekkor még fontos eszköz volt: a rugós órákat ezek segítségével szabályozták. De drágák is voltak ezek a kerekes órák; kispénzű emberek nappal napórával, éjszaka homok- vagy vízórával mérték az időt.

A Magyarországon összegyűjtött napórák jórészt német eredetűek. Nürnberg és Augsburg volt az órákészítés központja. Az ábráinkon bemutatott napórák is erről a két helyről származnak. Velük egykorú a csillagóra vagy *nocturnalium*, illetve *horologium*. Segítségével éjszaka, a Nagy Medve állásából állapították meg az időt.

Akad azonban szép számmal kerekes óra is, hiszen a XVII. sz.-ban már nálunk is vannak órás céhek. E korból származó óráinkat az *Iparművészeti Múzeum* őrzi.

Az első távcsöves megfigyelések Magyarországon Luigi Ferdinando Marsigli di Bologna nevéhez fűződnek. (Egyes fellelések szerint

* Magyar Nemzeti Múzeum, Iparművészeti Múzeum, Uránia Csillagvizsgáló stb.

Frölich Dávid is végzett távcsöves észleléseket, de ennek megbízható bizonyítékát nem találtuk.)

Marsigli (1658—1732) a törökök kiűzésére összegyűjtött expedíciós hadsereg — mai értelembé véve — műszaki parancsnoka volt. Részt



16. ábra. Horológium (csillagóra) a 17.

17. ábra. Hold- és napóra a 17. századból

század közepéről

vett Buda várának visszafoglalásában és számos ütközetben. A nagy műveltségű olasz gróf azonban talált időt tudományos munkára is. Szinte harc közben végezte földrajzi, meteorológiai, botanikai, zoológiai és csillagászati megfigyeléseit. Térképeket készített, és több ponton csillagászati helymeghatározást végzett. Megfigyelte a *Jupiter holdjainak* mozgását. A *Holdról* készült rajzainak egyikét képünkön is bemutatjuk. Marsigli észleléseit *Danubius* címet viselő és Magyarország *természeti viszonyait* ismertető remek szép könyvében tette közzé (Hága—Amsterdam 1724).

Marsigli működésével a magyar csillagászat történetének egy nagy korszaka zárult le. A XVIII. sz.-tól kezdve hazai tudósaink egyre élénkebb részt vettek az asztronómiai ismeretek gyarapításában, s az 1700-as évek közepén Magyarország e téren már komoly tekintélyt vívott ki magának. Erről a korról azonban később számolunk be.

Összefoglalás. A fentiekben vázlatosan ismertettük a csillagászat fejlődését hazánkban a X.—XVII. sz. között. Részletekbe nem bocsátkozhattunk — a helyszűke miatt — de úgy véljük, hogy mégis sikerült legalábbis nagy körvonalakban képet adni erről az időszakról. Adatainkat igyekeztünk mindegyiket a csillagászat fejlődésének nagy körképébe illeszteni.



18. ábra. Marsigli rajza a fogyó Holdról

A középkor folyamán nem sok névvel, eredménnyel találkozunk. Ez azonban nemcsak nálunk, de világszerte így van. Mátyás idejében viszont virágkorát élte nálunk a csillagászat. A következő évszázadokban azonban nem tudunk lépést tartani a fejlődéssel: *jegyverek közt hallgatnak a műzsák.* Csak a XVIII. sz. közepén sikerült elmaradottságunkat teljes mértékben be-

hozni, joggal nevezhetjük ezt a kort csillagászatunk második fénykorának.

Végül e helyen kívánjuk megköszönni mindazok szíves fáradozását, akik munkánkban támogattak. Meg kell jegyeznünk, hogy a latin nyelvű idézetek Tóth György munkatársunk fordításai, míg a szöveget irodalmi szempontból Kováts Erzsébet volt szíves átnézni.

RÓKA GEDEON:

MEGISMERHETŐ-E A VILÁGMINDENSÉG?*

A világ vagy világmindenség végeredményben azonos jelentésű fogalmak. Mindkettő egyaránt jelenti mind az égitestek világát, mind a Földet, mert a Föld is egyike a világmindenség égitestjeinek. Világmindenség alatt azonban gyakran csak a Földön kívüli világot szoktuk érteni, és ezúttal ebben a szűkebb értelemben szeretnénk foglalkozni a világmindenség megismerhetőségének néhány kérdésével. A szokásos értelemben a világ megismerhetőségének problémája valójában a filozófia területére tartozik és a maga teljességében csak ezen alapon tárgyalható. Jelen cikk keretében azonban nem szándékozunk általában a megismerés elvi, filozófia alapjait érinteni, hanem csupán az égitestekről szerzett ismereteink megbízhatóságát vesszük szemügyre. A világmindenség megismerhetőségének kérdését tehát abból a szempontból vetjük fel, hogy a csillagászat eredményei vajon kevesebb bizalmat érdemelnek-e, mint a többi természettudomány, például a fizika, a kémia vagy a biológia törvényei?

A kérdésnek ilyen módon való leszűkítése természetesen nem tarthat igényt az elvi alapon való tárgyalásra, de mégis hasznosnak látszik, mert a gyakorlatban sokszor felmerülnek a csillagászat eredményei iránt nem filozófiai jellegű kételyek. Amíg ugyanis a közzelfogás általában a földi dolgok megismerhetőségét nem tartja problematikusnak, mert magától értetődőnek látszik, hogy nem tudnánk hidakat és repülőgépeket építeni, ha nem ismernénk a természet törvényeit, a távoli égitestek megismerhetőségét viszont éppen a nagy távolság miatt gyakorlatilag erősen korlátozottnak vagy éppen lehetetlennek vallja.

Előljáróban ezért felsoroljuk a leggyakrabban hallható ilyen természetű kételyeket, majd sorra megvizsgáljuk, hogy mennyiben tekintjük ezeket indokoltnak.

A csillagászzal szembeni bizalmatlanság egyik megnyilvánulása a szokatlan nagyságrendű adatok realitásában való kételkedés. A fontosabb csillagászati eseményekről a nagyközönség manapság a napisajtó és a rádió útján is értesül, és az olvasott vagy hallott „millió kilométereket” rendszerint némi fejesóválással fogadja. Legutóbb az Arend-Roland üstökösről olvashattuk, hogy 86 millió kilométerre közelítette

* A budapesti Uránia Bemutató Csillagvizsgálóban 1957. május 2-án megtartott előadás kivonata.

meg a Földet. Sok ember úgy gondolta, hogy a csillagászok éppen úgy mondhatnák, hogy 100 millió kilométerre, vagy éppen 50 millió kilométerre, mert ilyen távolságokról nem lehetnek pontos ismereteink, legfeljebb feltevések, tehát az üstökös a közölt adat ellenére esetleg össze is ütközhet a Földdel. Még inkább észlelhető ez a bizalmatlanság az asztrofizikai adatokat illetően. Ha arról van szó, hogy valamely csillag felületének hőmérséklete például 30 000 fok, vagy hogy a Nap tömege 332 000-szer akkora, mint a Földé, akkor úgy gondolják, hogy a csillagászok könnyen tehetnek ilyen kijelentéseket, hiszen az ilyen természetű adatok ellenőrzése senkinek sincs módjában.

Akik ugyanis nem ismerik a csillagászat módszereit, a bizonyítás matematikai, fizikai fegyvertárát, sőt arról sincsen tudomásuk, hogy a csillagászatban is csak azt fogadják el tényként, amit mérni vagy a mérési és megfigyelési adatok általánosítása révén tudományos módszerrel bizonyítani lehet, hajlamosak arra, hogy csak elképzelésnek minősítsék, amit a világmindenségről tudni vélünk. Éppen ezért még egyetemet végzettek körében is nem is olyan ritkán felbukkannak olyan nézetek, amelyek egyenrangúnak tekintik a csillagászat tudományának megállapításait az égitestekhez fűződő misztikus hagyományokkal és elképzelésekkel. A csillagjósítás babonája ugyan csak meglehetősen szűk körben virul nálunk abban a formában, hogy valaki egyéni sorsát a csillagokból akarja „kiolvasni”. De tanult, sőt bizonyos természet-tudományos műveltségű emberek is gyakran hódolnak a csillagjósítás tudományos álarcban kísértő alakjának, amikor elemi csapásokat, járványokat, társadalmi eseményeket az égitestekről hozzánk érkező, de általunk még nem ismert fizikai hatásoknak tulajdonítanak. Az ilyen nézetek gyökere nyilván az a téves hiedelem, hogy a csillagászatnak nincs módjában megállapítani, hogy pl. a Mars bolygóról más nem érkezik hozzánk, mint a Nap sugárzásának visszavert parányi része, melynek hatása gyakorlatilag a semmivel egyenlő. Lehetségesnek tartják ezért olyan nagy energiájú, különleges „ kozmikus ” sugárzások érkezését is, amelyek képesek általunk ugyancsak megismerhetetlen módon földrengéseket, árvizeket, orkánokat, sőt háborúkat is előidézni. Az ilyen babonáság „logikus” továbbfejlesztése annak a felfogásnak, hogy végeredményben igen keveset tudhatunk arról, hogy valójában mi is lehet a Földön kívüli világban.

Egy más természetű kétely viszont éppen azok körében merül fel, akik már közelebbi ismeretségbe kerültek a csillagászat eredményeivel és módszereivel. Belátják, hogy a csillagászat is éppen olyan egzakt természettudomány, mint a fizika vagy a biológia. Tudják, hogy mint minden tudományban, a csillagászatban is vannak különféle elméletek és vannak már bebizonyított tények, — bár a népszerűsítő írások a kettőt helytelenül néha összekeverik. A beavatottabbak tehát nem kételkednek abban, hogy amit pl. a naprendszer méreteiről, a naprendszerhez tartozó égitestek mozgásáról, fizikai tulajdonságairól tudunk, túlnyomórészt a tények közé sorolhatjuk. De a csillagászat különféle területein megismert tények ellenére mégis fel szokták tenni a kérdést: ha a világmindenség végtelen, hogyan lehet csak beszélni is a világ

megismeréséről? Hiszen akármeddig is fokozzuk műszereink teljesítő-képességét, akárhány újabb és újabb milliárd fényévekre hatolunk is be a világmindenségbe, amit megismertünk, a semminél is kevesebb a végtelenséghez képest.

Külön említést érdemelnek még a kozmogónia, különösen a planetáris kozmogónia iránt támasztott kételyek. A naprendszer kialakulásának vizsgálata az az ága a csillagászatnak, ahol még nem építhetünk a tényekre, ahol nagy szerepük van a kezdeti feltevéseknek, és ahol az egymást felváltó elméletek útján közelíti meg a tudomány a valóságot. Erthető, hogy a nagyközönséget a csillagászatnak éppen ez a kevésbé biztos lábon álló ága érdekli leginkább. A Föld kialakulása központi kérdése a természettudománynak és sokkal szélesebb körű érdeklődésre tarthat igényt, mint a csillagászatnál közelebről megismerkedni szándékozók részéről. Az érdeklődés kielégítésére szánt népszerűsítő előadásokban vagy cikkekből azonban a könnyebben érthetőség kedvéért sokszor túlságosan leegyszerűsítve tárgyalják a kozmogóniai elméleteket, mellőzik a nehézségeket, a még megoldatlan problémákat, és a hallgató vagy olvasó tényként könyveli el azt, ami még csak elmélet. Amikor ezután egyik-másik elmélet megdöntéséről értesülnek, meginog a bizalom a kozmogónia, sőt a csillagászat tudományában. Sok ember ugyanis leginkább csak ezt a részét ismeri a csillagászatnak, ezt tekinti a fő problémának a csillagászatban, erről ítéli meg a csillagászatot mint tudományt. Találkozhattunk olyan nézettel is, hogy jelenleg, amikor a Smidt-elmélettel párhuzamosan több kozmogóniai elmélet is verseng egymással, a „csillagászat” egy időre elvesztette aktualitását. De nemcsak tájékozatlanságból emelnek vádakot a planetáris kozmogóniával szemben, hanem ez az a területe a csillagászatnak, ahol néha a szakemberek is felvetik a bizalmatlanság kérdését. Manapság egy újabb kozmogónia-elmélet kidolgozása igen nagyfokú tudást igényel nemcsak a csillagászatban, hanem a rokontudományokban is, és rengeteg munkával jár. Nemegy csillagász felteszi a kérdést, hogy vajon érdemes-e egy életet valamely újabb kozmogóniai elmélet kidolgozására áldozni, amikor az utódok vagy talán még a kortársak úgyis megdöntik.

A felsorolt kételyeket illetően nem törekedtünk teljességre, csupán a leginkább jellemzőket választottuk ki a csillagászati előadások utáni hozzászólásokból. Vizsgáljuk most meg ezek jogosultságát a csillagászat tudományának szemszögéből.

Már az elmondottakban is érintettük, hogy a csillagászat tényként elkönnyelhető eredményei iránti bizalmatlanság főként tájékozatlanságból, a mérési módszerek nemismeréséből fakad. A csillagászatot a köztudatban nem annyira az különbözteti meg a többi természettudományoktól, hogy a csillagász nem kísérletezhet, hanem csak megfigyeléseket végezhet, hanem főleg a kutatás tárgyának rendkívül nagy távolsága. Az alábbiakban ezért arra szeretnénk rámutatni, hogy az égitesteket tőlünk elválasztó roppant távolság ellenére mi teszi a csillagászatot mégis egzakt tudománnyá.

Az égitestek megismerését egyrészt lehetővé teszi, hogy a távolság nem minden esetben akadály a bizonyos észlelési és mérési eljárások

közvetlen alkalmazásának, amik semmiben sem különböznek a többi természettudományok módszerétől. A távcső nagyító hatása lehetővé teszi a Hold esetében 30—40 méternyi, a bolygókon pedig néhány kilométer nagyságú alakulatok közvetlen szemléletét. A távcső fénygyűjtő hatása folytán több milliárd fényév távolságban levő objektumokról tudomást szerezhettünk, és a fényképező lemez fényösszegező tulajdonsága módot ad millió fényévekre levő csillagrendszerek alakjának, szerkezetének közvetlen tanulmányozására. A földi mérnöki gyakorlatban használatos trigonometriai módszerrel mintegy 300 fényév távolságig meg lehet mérni az égitestek távolságát. A thermoelemmel felszerelt érzékeny műszer közvetlenül méri a bolygók felületének hőmérsékletét. A szinképelemzés közvetlen adatokat szolgáltat a csillagok légkörének vegyi összetételére. Ez a néhány példa talán elégséges annak érzékeltetésére, hogy az égitestek alakjára, méreteire, távolságára, hőmérsékletére, vegyi összetételére vonatkozó adatok nagy része közvetlen mérés eredménye. De a megismerés eddigi észlelési és mérési módszereihez szüntelenül újabbak is csatlakoznak. Újabban már nemesak az égitestekről jövő fényt, hanem az égitestek által kibocsátott rádióhullámokat is vallatóra foghatjuk. Ezek a fényt elzáró sötét portömegeken is keresztülhatolnak, és tudomást szereztünk általuk többek között Tejútrendszerünk spirális szerkezetéről vagy a Jupiter és Vénusz légkörében tomboló zivatarokról. A csillagászat perspektívái: az űrhajózás tudományos tervei, újabb műszerek és az elektronikus számológépek felhasználása pedig még az eddigi sikereket is messze túlszárnyaló eredményekkel biztatnak.

A közvetlen méréseken túl a világmindenség megismerését az a fontos és a tapasztalat által igazolt tény teszi lehetővé, hogy a nagy világmindenségben is a Földön megismerhető természeti törvények érvényesülnek. Ezt először Newton bizonyította be az általános tömegvonzás törvényeivel kapcsolatban. Sőt, ez az alapvető természeti törvény először éppen a csillagászat területén, a Hold mozgása kapcsán vált ismeretessé. Newton mutatta ki, hogy az az erő, amelynél fogva a leejtett kő a Földre esik, azonos azzal az erővel, amely a Holdat keringésre készíti a Föld körül. Az általános tömegvonzás törvénye nemcsak az égitestek keringő mozgására, hanem sok más kozmikus jelenségre is magyarázatot adott. Ezen az alapon lehetett megmagyarázni például a precessziót, vagyis azt a jelenséget, hogy a Föld tengelye az ekliptikára emelt merőleges körül 26 000 év alatt egy kúpfelületet ír le, vagy a holdpálya csomópontjainak hátrálását, továbbá az apály és dagály jelenségét. Mindennél ékeesebben bizonyítja azonban, hogy milyen hathatós eszköze az általános tömegvonzás törvénye a világmindenség megismerésének, az a már sokszor idézett példa, hogy az Uránusz bolygó ekliptikai hosszúságában mutatkozó periodikus egyenetlenségek alapján Adams és Leverrier előre kiszámították a Neptunusz bolygó pályáját, mielőtt bárki látta volna a Neptunuszt. A számítás útján felfedezett új bolygót Leverrier közlése alapján Galle mindjárt az első alkalommal meg is találta, a számított helytől csupán 25' távolságra.

Az általános tömegvonzás törvénye azonban csak egyike a csillagászati kutatásokban alkalmazott fizikai törvényeknek. Más fizikai törvények felhasználásával vált például lehetségessé, hogy bár a csillagok a legnagyobb távcsövekben is csak kiterjedés nélküli pontoknak látszanak, a csillagok fényének beható vizsgálata alapján, vagyis a csillagok színképeiből mégis meg lehet határozni a csillag légköri hőmérsékletét, a csillagok abszolút fényességét, tengely körüli forgását, mágneses és elektromos jelenségeit és még számos fizikai tulajdonságát. A csillagászat emellett nemcsak a már ismeretes természeti törvényeket alkalmazza, hanem új törvényszerűségeket hámoz ki a megfigyelési adatokból, és az így felismert törvények is újabb eszközeivé válnak a megismerésnek. Legjobb példa erre az úgynevezett periódus-fényesség reláció, vagyis az a felismerés, hogy a Cepheida típusú változó csillagok fényváltozásának szakasza és abszolút fényessége között bizonyos függvénykapcsolat áll fenn. A fényváltozás szakasza könnyen mérhető, az összefüggés alapján ebből viszont ki lehet számítani az abszolút fényességet, amelyet a látszó fényességgel összevetve megkapjuk a csillag távolságát. A Cepheidák nagy fényességű óriáscsillagok, amelyek igen nagy távolságokból is észlelhetők. Ez a módszer tehát nagymértékben kitolta a csillagászati távolságmérés határát, ez alapon sikerült a több millió fényév távolságú csillagrendszerek távolságát meghatározni.

Azt mondhatjuk tehát, hogy a világmindenség megismerését egyrészt a közvetlen észlelés és mérés lehetősége, másrészt a természeti törvények egysége teszi lehetővé. Ellentmondásban van-e vajon ezzel a világmindenség végtelensége? A végtelenséget rendszerint a világmindenséggel kapcsolatban szokás említeni, de a megismerést illetően a végtelenség mégsem a csillagászat különleges problémája. Nemcsak a nagy világegyetem, hanem az atomok világa is végtelen, abban az értelemben, hogy itt sem juthatunk el valamilyen végső, oszthatatlan elemi részecskékhez, a tudás végső határához. Az atom éppen olyan kimeríthetetlen, mint a világmindenség. Ilyen értelemben igaz a shakespeare-i gondolat: „Több dolgok vannak a földön és égen Horatio, mintsem bölcselmetek álmodni képes” (Hamlet). Azt jelenti-e ez azonban, hogy sohasem ismerhetjük meg az atomok világát? Ezt a gyakorlat cáfolja meg, hiszen szolgálatunkba állítjuk az atomenergiát. Ehhez azonban nem volt szükség valamennyi atom vagy az atomok összes tulajdonságainak megismerésére. Ennek — attól eltekintve, hogy lehetetlen — nem is volna semmi célja és értelme. A megismerés a gyakorlatban alkalmazható törvények felismerésére irányul és a fizika meg tudta alkotni a kinetikus gázelméletet, vagy fel tudta ismerni a rádióaktív anyagok bomlásának törvényét, anélkül, hogy szüksége lett volna minden molekula és atom tanulmányozására. Ugyanez vonatkozik a csillagászati megismerésre is. Azt senki sem állíthatja, hogy valaha is meg fogjuk ismerni a végtelen világmindenség valamennyi égitestjét. De erre éppen úgy semmi szükségünk nincs, mint valamennyi atom ismeretére. A csillagászati megismerés sem öncélú, hanem azért kutatjuk a világmindenséget, hogy a gyakorlatban, a többi tudományban felhasználható ismereteket szerezzünk. A természeti törvények egysége, vagy

más szóval a világ anyagi egysége pedig lehetővé teszi az alapvető törvényszerűségek felismerését a világmindenség egy részében is. Nem lehet azonban sem térbelileg, sem elvileg valami határt kijelölni, ameddig megismerésünk terjedhet. A megismerés soha véget nem érő folyamat, amelynek során egyre újabb és újabb dolgok válnak ismeretessé. Ha valamely korban, a tudomány egy bizonyos színvonalán egyes dolgok elvileg megismerhetetlennek látszanak, a tudomány fejlődésével, újabb kutatási módszerek és eljárások segítségével a megismerhetetlennek látszó dolog ismertté válik. Ma többet tudunk, mint tegnap és holnap még többet fogunk tudni. Beláthatatlanok a tudomány fejlődésének perspektívái. A megismerés azonban sohasem meritheti ki a tárgyat, mert a világnak minden részecskéje maga is végtelenül bonyolult és kimeríthetetlen. A tudomány fejlődése sohasem zárulhat le, sem a csillagászaté, sem más tudományé. A végtelen mikro- és mikroszkozmoszban gyakorlatilag sohasem fogunk mindent megismerni. Ennek határt szab az emberiség véges léte, amelynek időtartamáról nem lehet jóslásokba bocsátkozni. Madáchot sokan pesszimizmussal vádolták a Tragédia jégkunyhó-jelenetéért. Ma nem tudjuk biztosan, hogy az lesz-e az emberiség végső sorsa, hogy a Nap ki fog hűlni, és eléri a Flammarion által is megjövendölt fagyhalál. A Nap energiakészlete még évmilliókra biztosítja az emberiség fennmaradását, de a tudomány fejlődése ezt még lényegesen meg is hosszabbíthatja. Ki tagadhatná, hogy millió év múlva nem lesz módunkban talán még eddig nem is sejtett módon pótolni a Nap sugárzását, vagy átköltözni egy másik bolygóra, ahol akkor kedvezőbbek a körülmények? Akármédig hosszabbítja is meg a tudomány az emberiség életét, és a jövő évszázadezredek tudománya bármilyen elképzelhetetlen módon múlja is felül a mai tudományt, Madáchnak mégis igaza volt abban, hogy egyszer mégiscsak véget ér az emberiség élete. Gyakorlatilag tehát sohasem fogunk mindent ismerni. De nincs is erre szükség. A világ anyagi egysége, hogy ugyanazon törvények érvényesülnek a világ bármely részén, lehetővé teszi, hogy az ember a megismerés folyamatában egyre jobban megismerje a világot és felhasználja annak törvényeit a társadalom érdekében. Az emberiség valószínűleg még jó néhány milliárd évnyi életkora még mindig „arasznyi lét” az öröktől fogva és örökké létező Világmindenséghez képest, de elegendő arra, hogy az ember megismerje a világ főbb törvényszerűségeit és ura legyen a természetnek.

Nincsen okunk bizalmatlanságra a kozmogónia tudományával sem. A felületes szemlélő csak különféle elméletek tündöklését és bukását látja a kozmogóniában és arra a következtetésre juthat, hogy a tudomány nem is képes ezeket a problémákat megoldani. Valójában az elméletek nem egyszerűen váltják egymást, hanem a régebbi elméletek és az újabbban felfedezett tények ellentmondásai hajtják előre a tudományt a valóság mindjobb megközelítése felé. Néha a világosnak látszó kép újra bonyolódik az újabb eredmények árnyékában. Herschel nyomán sokáig úgy gondolták, hogy a csillagok fejlődését le lehet olvasni a megfigyelhető különféle csillagokról, mint ahogy az erdőben is elénk tárják a tölgyfa évszázados fejlődését a különböző korú fák. Kiderült

azonban, hogy a csillagok fejlődése sokkal sokrétűbb és bonyolultabb. Néhány évvel ezelőtt úgy látszott, hogy a Smidt-elmélet közelíti meg leginkább a Föld kialakulását. A Smidt-elmélet mellett ma már újabb elméletek is láttak napvilágot, ezen a téren is még sok vitás kérdést kell megoldani. De jelenleg mégis többet tudunk az égitestek kialakulásáról, mint korábban. A kozmogónia egyre inkább a megfigyelhető tényekre épít, mint elméleti spekulációkra. Ez az új, empirikus kozmogónia még nem öleli át az égitestek fejlődésének nagy, átfogó szakaszait, de éppen biztos alapokon nyugvó részleteredményei nyújtanak reményt arra, hogy a kozmogónia is éppen olyan egzakt tudományággá fejlődik, mint a csillagászat többi területei. Az eddigi eredmények is azt bizonyítják, hogy az égitestek fejlődésének törvényei megismerhetők.

Végeredményben tehát lényegében a csillagászat sem különbözik a többi természettudománytól, és a csillagászattal szemben elég gyakran mutatkozó téves nézetek főleg abból fakadnak, hogy iskolai tantervünkben alig kap helyet a csillagászat, amely nélkül pedig természettudományos műveltség aligha képzelhető el.

SZÍMÁN OSZKÁR:

A CSILLAGOK ÁLLAPOTJELZŐI

„Tanultam én, hogy általszűrve a
Tudósok finom kristályműszerén
Bús földünkkel és bús testemmel rokon
Elemekről ad hírt az égi fény.”

Tóth Á.: Lélektől lélekig.

1. Bevezetés

Ha valakinek azt a kérdést tesszük fel: mi egy csillag, rendszerint csak azzal tud a kérdésre válaszolni, hogy a csillag oly fénypont az égen, mely a napi mozgás következtében felkel és lenyugszik, de helyzetét a többi csillagokhoz képest, szemmel látható módon, nem változtatja meg. A legtöbb érdeklődő alig tudja, hogy a csillagok izzó gázgömbök, vagyis olyan speciális anyagrendszerek, melyeknek fizikai állapota a Földön ismert állapotoktól erősen különbözõ. Ezen anyagrendszerek vizsgálatával foglalkozik a csillagászat egyik nagy ága, az *asztrofizika*.

A szorosan vett asztrofizika fiatal tudomány; néhány év múlva lesz száz esztendő. Születését onnan számíthatjuk, hogy 1859-ben *Kirchoff* felfedezte a színképelemzést, melynek segítségével távoli fényforrások összetételét és fizikai állapotát lehet megállapítani. Innen kezdve fejlődött ki a csillagászatnak az égitestek összetételével, a rajtuk uralkodó állapotokkal, fejlődésükkel foglalkozó ága: az asztrofizika. Természetesen a csillagászat kapcsolatai a fizikával sokkal régebbiek, hiszen a mechanika törvényeit a csillagászatban fedezték fel, de csak mintegy száz éve vagyunk abban a helyzetben, hogy a világegyetem távoli részeiben levő anyag állapotáról és tulajdonságairól véleményt alkothassunk.

Ismeretes, hogy *August Compe* híres francia filozófus a múlt század közepén rendkívül szkeptikusan ítélte meg a csillagok megismerhetőségének kérdését és úgy nyilatkozott, hogy a csillagászat sohasem lesz képes a csillagok összetételéről valamit is mondani. Pár év múlva *Secchi* és *Huggins* első asztrospektroszkópiái vizsgálatai csattanós bizonyítékot szolgáltatottak arra, hogy mennyire nem lehet spekulatív korlátokat megállapítani az emberi megismerés hatáira nézve.

Természetesen az asztrofizika szoros kapcsolatban van a csillagászat klasszikus területeivel. A különbözõ csillagtípusok mozgása, csil-

lagrendszer dinamikája, mind az asztrofizika és az égi mechanika közös területei. Legjellemzőbbek a fizika és az égi mechanika egymásra utalt kapcsolatára azok a kettős csillagok, melyeknek felfedezésére fizikai módszerek: fényérés vagy szinképelemzés vezettek.

Ebben az összefoglalóban ismertetni kívánjuk azokat a fizikai adatokat, állapotjelzőket, melyek egy csillag felépítését, szerkezetét jellemzik. Általában az átlagos csillagokkal kívánunk foglalkozni s a speciális rendszereket, többszörös vagy változó állapotú csillagokat, ködfoltokat, fehér törpéket, novákat, sötét csillagokat és csillagközi anyagot nem tárgyaljuk.

A tárgyalásban azok részére, akik a matematikai formalizmust értik, az elmondottakat képletekkel tesszük pontosabbá, de ezek átugrása az olvasásban értelemzavar nélkül lehetővé teszi a fejtegetések megértését.

2. Az állapotjelzők meghatározásáról általában

A csillagok tulajdonságainak kutatásánál sajátos helyzetben vagyunk a többi kísérleti természettudományokhoz képest. A csillagok ugyanis elképzelhetetlen távolságban vannak tőlünk és semmi módunk nincs, hogy vizsgálataink tárgyát közvetlen megfigyelés alá vehessük, vagy akarattunktól függően különféle állapotokba hozzuk őket, amint a kísérleti vizsgálatoknál általában szokásos. Csupán a természetben már készen adott vizsgálati alanyokra vagyunk utalva és ezek közül kell kiválogatnunk azokat, melyek a megismerés céljára a legmegfelelőbbek. Mivel a csillagok fejlődésmenetébe semmi módon nem tudunk beleavatkozni, csak a különböző fejlődési állapotban levő csillagok egymásutánjának vizsgálata alapján alkothatunk magunknak képet a csillagok fejlődéséről. Továbbá, mivel nem hatolhatunk be egy csillag belsejébe, a felületén megfigyelhető jelenségek alapján csak következtetésekkel tudunk a csillag belső felépítéséről és szerkezetéről képet alkotni. De a közvetlenül megfigyelhető mennyiségek tekintetében sem vagyunk rőzsás helyzetben. A Nap az egyedüli csillag, melyet kellő részletességgel vizsgálhatunk és melynek felületét közvetlenül láthatjuk. Ez azonban távolról sem elegendő, mert részletesebb vizsgálatokból tudjuk, hogy számos, a Naptól eltérő felépítésű és fejlődési állapotú csillag létezik s ezek vizsgálata elől sem térhetünk ki. A csillagokat jellemző fizikai mennyiségek, az ún. *állapothatározók* azonban gyakran csak a csillagok bizonyos csoportjaiban határozhatók meg s ezeket külön ki kell keresnünk. A megfigyelési adatgyűjtés ilyen nehézségei teszik körülményessé az asztrofizikai kutatásokat, de teszik egyben rendkívül vonzóvá és érdekessé. Szinte azt mondhatjuk, az asztrofizikus detektív munkát végez, amikor hiányos adatokból próbálja meg rekonstruálni azokat a folyamatokat és körülményeket, melyek a csillagokat jellemzik. Ezen a téren csak az őselet kutatás van hasonló nehéz helyzetben.

Ebben a cikkben felsoroljuk azokat a fizikai állapotjelzőket, melyek jellemeznék egy, csillagot és rámutatunk a meghatározás lehetőségére,

módszereire és korrólataira. Végül a megfigyelhető állapotjelzők között felfedezett tapasztalati összefüggéseket foglaljuk össze.

A meteoroktól eltekintve a fény, vagyis az elektromágneses sugárzás az egyetlen összekötő kapocs az asztrofizikus és a világegyetem vizsgálat alatt álló, távoli tárgyai között. Ezért a kísérleti csillagászat szorgosan vizsgálja azt az irányt, ahonnan a fény érkezett, a fény mennyiségét és összetételét. A fény irányának meghatározásával a klasztrikus pozíciók asztronómia foglalkozik. Ha a fény érkezési irányát különböző időpontokban határozzuk meg, ennek változásából az égitest látszólagos mozgását állapíthatjuk meg, majd az égi mechanika törvényei segítségével a valódi mozgásra következtethetünk. A mozgások tanulmányozása a mozgást előidéző erőkre nyújt felvilágosítást s amennyiben ezek gravitációs eredetűek, megismerjük a tömegeket. A fény mennyiségének mérésével a *photometria* foglalkozik. Ennek alapján felvilágosítást kapunk a csillagok energiatermelésére, sugárzására, hőmérsékletére, felületére stb. De fel is bonthatjuk a csillag fényét, s így az *asztrospektroszkópia* segítségével megismerjük a csillag kémiai összetételét, a felületén uralkodó hőmérsékletet, a molekulák, atomok disszociációs állapotát stb. Sőt a szinképek tanulmányozása a csillag látóvonalmenti mozgását is elárulhatja. Így a sugárzás fizikai mérései dinamikailag is értékesíthetők. Ezért nem lehet a csillagászatot élesen különálló területekre osztani; minden ága szoros kapcsolatban és egymásra utaltságban van.

A csillagok fizikai állapotjelzői, melyeket közvetve vagy közvetlenül meg tudunk határozni, a következők:

1. M A csillag tömege, vagyis a benne tömörült anyagmennyiség mértéke. Jele a gót M . (A gót m -et azért használjuk, mert a latin kis m és nagy M a látszó, ill. az abszolút fényrend jelölésére használatos.) A csillag tömegét fizikai számításoknál legegyszerűbben grammokban adjuk meg.

2. R a csillag sugara cm-ben mérve. Torzult csillagok esetében a csillag *lapultsága*, a nagy és kis átmérő viszonyával kifejezve.

3. g a csillag felületén uralkodó *nehézségi gyorsulás*, g . cm. sec.⁻² egységben.

4. ρ A csillag átlagos sűrűsége gcm^{-3} egységben.

5. A csillag tengelyforgásának ideje napokban kifejezve.

6. A csillag mágneses terét kifejező adat. Ez lehet H , a csillag felületén uralkodó mágneses térerősség gaussban kifejezve, vagy a csillag mágneses momentuma a mágneses póluserősség és a pólusok közti távolság szorzatával kifejezve.

7. M a csillag 10 pászkek távolságból tekintett ún. *abszolút fényrendje*. Durva jellemzője a csillag összszugárzásának.

8. L a csillag *abszolút bolometriai fényrendje* a csillag által egy mp alatt kisugárzott összenergia. Ez a csillag energiatermelésének pontos mértéke. Egysége erg/sec.

9. T_e a csillag *effektív hőmérséklete* Kelvin fokokban. Vagyis egy olyan abszolút fekete test hőmérséklete, mely felület-egységenként ugyanannyi energiát sugároz ki, mint a csillag.

10. A csillag színképe. Ez a számszerűleg nehezen kifejezhető, de igen fontos állapotjellemző a csillag őszsugárzását, a felület gerjesztési potenciálját, kémiai összetételét méri. Kifejezése egy önkényes sorozat tagjaként való megnevezésként történik.

11. A csillag kémiai összetétele. Szintén nem fejezhető ki egy számértékkel.

Ezek az asztrofizikai állapotjelzők egyáltalában *nem függetlenek egymástól*. A köztük levő összefüggések részben fizikai törvények, részben tapasztalati relációk. Ezek az összefüggések teszik lehetővé, hogy *egyik állapotjelző ismeretében a másikat kiszámítsuk*. Látható, hogy a felsorolásból számos fontos állapotjelző hiányzik. Pl. a belső hőmérséklet, a csillag életkora, belső felépítése, energiatermelésének módja stb. Ezen állapotjelzők azonban kísérletileg nem határozhatók meg és csak elméleti kiszámításuk lehetséges. Az így kapott adatok azonban a csillagok belső felépítésére vonatkozó elméleteink hiányossága miatt gyakran még megbízhatatlanok. Tárgyalásuk külön egy, a csillagok belső szerkezetét ismertető cikkben lesz lehetséges. Itt nem foglalkozunk velük. A fizikai állapotjelzőket gyakran nem az abszolút mértékegységben (c. g. s. rendszer) fejezik ki, hanem oly relatív rendszerben, melynek egységét a Nap adatai képviselik.

Tájékoztatásul álljanak itt a legpontosabban ismert csillag, a Nap abszolút állapotjelzői (I. táblázat).

I. táblázat

A Nap állapotjelzői

Tömeg	M_{\odot}	$1,98 \cdot 10^{33}$ g
Összenergia sugárzás	L_{\odot}	$3,72 \cdot 10^{33}$ erg. sec ⁻¹
Effektív hőmérséklet	T_e_{\odot}	5713 K°
Színképtípus	Sp_{\odot}	G2 törpe
Sugár	R_{\odot}	$6,95 \cdot 10^{10}$ cm
Nehézségi gyorsulás	g_{\odot}	$2,47 \cdot 10^4$ cm · sec ⁻²
Átlagos sűrűség	ρ_{\odot}	$1,41$ g · cm ⁻³
Látzó fényesség	m_{\odot}	-26,72 ^m
Abszolút vizuális fényesség ...	M_{\odot}	+4,73 ^m
Abszolút bolometriaí fényesség	$M_{id_{\odot}}$	+4,62 ^m
Színindex	FI_{\odot}	0,91 ^m

3. A csillagok tömege

Tömegek mérése legegyszerűbben különböző tömegek egymásra gyakorolt hatásai alapján történhet. A csillagok általában oly nagy távolságra vannak egymástól, hogy egymásra gyakorolt gravitációs hatásuk elhanyagolható. Ezért magános csillagok tömege általában nem határozható meg. Vannak azonban esetek, amikor több csillag,

közös rendszert alkotva, gravitációs kölcsönhatásban van s ezeket felhasználhatjuk csillagtömegek mérésére. Az ilyen rendszerek közül a csillaghalmazok és többszörös csillagok esetében a csillagok nagy száma miatt feltornyosuló matematikai nehézségek következtében nem lehet a tömegeket kiszámítani; a kettős csillagok esetében azonban módunk van a Kepler-törvények alapján a csillagok tömegét megismerni.

Kettős csillagnak olyan csillagpárt nevezünk, melynek komponensei egymásra gravitációs hatást gyakorolnak és közös súlypontjuk körül ellipszis pályán mozogva nem szakadhatnak el egymástól. Ily rendszerek száma egyáltalában nem kevés. Becslések szerint a csillagok 25%-a kettős rendszer, s ezért azt mondhatjuk, hogy a kettős rendszerben levő csillagok gyakorisága azonos a magányos csillagokéval.

A III. Kepler-törvény szerint

$$\frac{a^3}{P^2} = \mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2,$$

ahol a a kettős csillag komponensek távolsága, ill. a pályaellipszis fél nagytengelye Nap—Föld távolság ($149,5 \cdot 10^6$ km) egységben kifejezve. P a keringési idő években, \mathfrak{M}_1 és \mathfrak{M}_2 a komponensek tömege naptömeg-egységben. Ezzel az összefüggéssel még nem sokra megyünk. A keringési idő ugyan közvetlen megállapítható, de a pályaátmérőt csak akkor ismerjük meg abszolút értékben, ha a kettős csillag távolsága is ismeretes. Ha π a csillag távolságát jelző parallaxis-szög ívmásodpercekben mérve és a'' a komponensek közti látszó távolság ugyancsak ívmásodpercekben, akkor a valódi pályaátmérő $a = a''/\pi''$, és így a tömegek összege:

$$\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2 = \left(\frac{a''}{\pi''}\right)^3 \cdot \frac{1}{P^2} \quad 1.$$

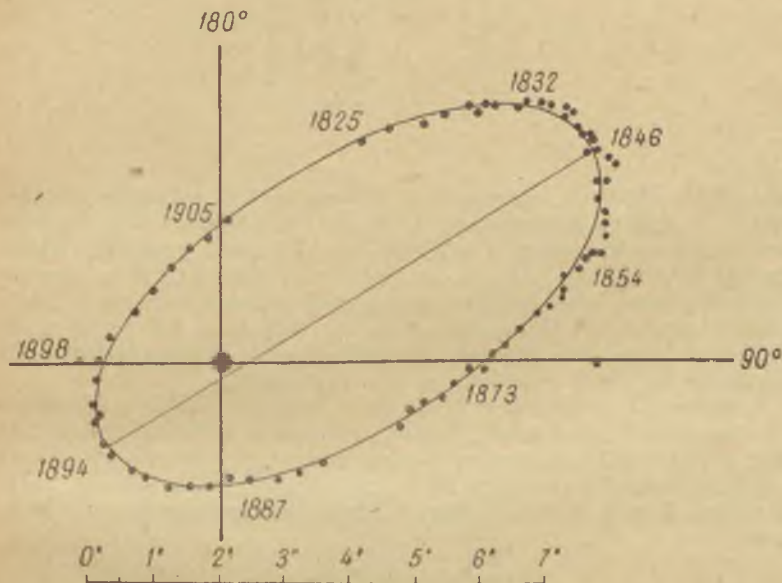
Ennek az összefüggésnek elég sok hibája van. Elsősorban igen érzékeny a parallaxisban elkövetett hibákra, mert ez az érték harmadik hatványon szerepel benne. 10% hiba a parallaxisban 30% eltérést okoz a tömegek összegében. További hibája, hogy csak olyan csillagokra alkalmazható, melyeknek parallaxisát ismerjük. Közvetlen parallaxis-adatok pedig csak a Nap környezetéből kaphatók, a legkisebb, még mérhető parallaxis $0,01''$, azaz 100 parszek vagy 300 fényév. Ezen túl ez a módszer felmondja a szolgálatot. Legnagyobb hibája azonban összefüggésünknek, hogy nem teszi lehetővé külön az egyes komponensek tömegének meghatározását, hanem csak a két csillag együttes tömegét kapjuk meg. Összesen mintegy 200 olyan kettős csillagot ismerünk, melynél a távolság meg van határozva, de ezek között csak ötvennél olyan pontossággal, mely céljainknak megfelel.

Ha éveken át tartó fáradságos mérésorozattal nemcsak az egyik csillag látszó pályáját határozzuk meg a másik körül, hanem mindkét csillag látszó elmozdulását a körülöttük látszó, végtelen távolinak tekinthető, egyéb csillagokhoz képest, megkapjuk a két csillagot összekötő egyenes mentén azt a pontot, mely mozdulatlan marad, és ez a két csil-

lag közös súlypontja. Ha a két csillag közös súlyponttól való látszó távolsága a_1'' és a_2'' , akkor a parallaxis ismerete nélkül közvetlenül kapjuk a tömegviszonyt.

$$\mathfrak{M}_1/\mathfrak{M}_2 = a_2''/a_1'' \quad 2.$$

Ha a parallaxis és valódi mozgás ismeretes, az 1. és 2. egyenletekből az egyes tömegeket is megkapjuk. Mivel a vizuális kettős csillagok



19a ábra. A 70 Ophiuchi látszólagos pályája. Kettős csillag látszólagos pályája meghatározásánál megméri a halványabb komponensnek a fényesebbtől való szög távolságát és a két csillagot összekötő egyenesnek az Észak—Dél irányú bezárt szögét. A pontok megfigyelt pozíciókat jelentenek; a hozzájuk rajzolt ellipszis a kettős csillag látszó pályája. A pálya mellé írt évszámok az ott-tartózkodás idejét jelentik

keringési ideje néhány évtized, az abszolút pálya megállapítása hosszadalmas művelet, s ezért egyes nagy amerikai csillagdák és különösen *van de Kamp* fáradozásai ellenére is csak mintegy 40 esetben ismeretes a közös súlyponttól való látszó távolság, és így a birtokunkban levő adatok száma elég szegényes.

Hogy ismeretanyagunkat legalább statisztikailag bővíthessük, számos módszert dolgoztak ki, hogy részleges megfigyelési adatokból legalább átlagos tömegértékekhez juthassunk. Ezek között legfontosabb a tapasztalatilag felállított tömeg-fényesség reláció (14. fej.). Ennek segítségével a kettős csillag komponensek látszó fényességkülönbségéből a tömegviszonyra egy valószínű értéket kapunk (II. táblázat).

Más lehetőségekkel, de nehézségekkel is találkozunk a *spektroszkópiai kettős csillagok* vizsgálatánál. A spektroszkópiai kettősök olyan

II. táblázat

Vizuális kettős csillagok komponenseinek tömegviszonya a komponensek fényrend különbségének függvényében

Δm	M_2/M_1
0,0	1,00
1,0	- 0,90
2,0	0,81
3,0	0,74
4,0	0,68
5,0	0,62

szoros kettős csillagok, melyeknél a komponenseket a legnagyobb távcsővel sem tudjuk különválasztva látni. Ha azonban elég fényesek ahhoz, hogy spektroszkópiai vizsgálat alá legyenek vethetők, relatív mozgásukat a szinkép elárulja. A *Doppler-elv* következtében ugyanis keringés közben a közeledő komponens szinképében a vonalak a kék, a távolodó komponens szinképében pedig a vörös oldal felé tolnak el. Az eltolódás méréséből közvetlenül megkapjuk a csillag közeledési, ill. távolodási sebességét abszolút, km/sec. egységben.

A látóvonal menti sebesség egyike a legpontosabban meghatározható csillagászati adatoknak. Sajnos azonban a csillag pályasíkjának hajlása a látóvonala ismeretlen marad. Ezért a pályatengelynek is csak egy minimális értékét, az $a \cdot \sin i$ -t tudjuk meghatározni, ahol i a pálya hajlásszöge. Ennek következtében a tömegekre vonatkozólag is csak az

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{a_2 \cdot \sin i}{a_1 \cdot \sin i} \quad 3.$$

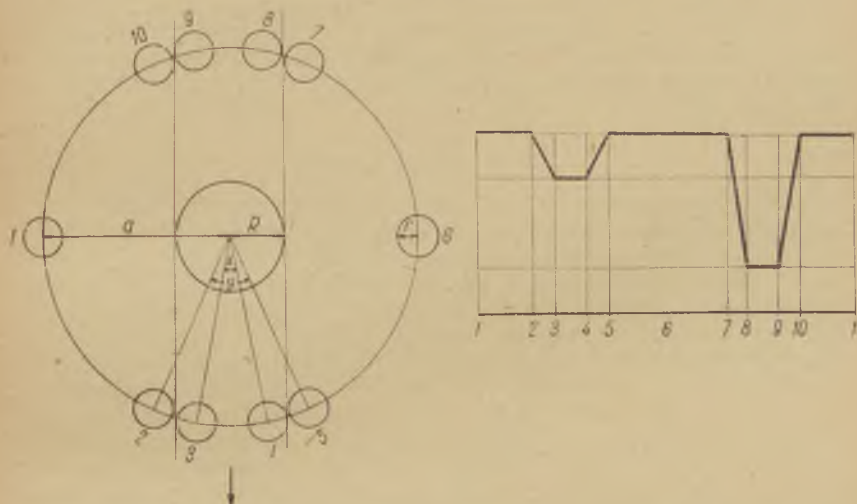
tömegviszonyt kaphatjuk meg. Ezt is csak azokban a szerencsés esetekben, amikor a komponensek fényrendje nem tér el jobban egymástól, mint egy fényrend, s így lehetőség nyílik mindkét csillag spektrumának felvételére.

Mintegy 139 olyan spektroszkópiai kettős ismeretes, hol mindkét szinkép észlelhető s így az ismert spektroszkópiai tömegviszonyok száma is ennyi.

Előfordul olyan eset is, amikor a szoros kettős csillag pályahajlása 90° , vagyis két csillag pontosan a látóvonal síkjában végzi keringését. Ilyenkor természetesen hol az egyik, hol a másik eltakarja társát, s így a két csillag fedésbe kerül. A fedés ideje alatt csak az egyik komponens fénye jut hozzánk, s ezért erre az időre az ilyen rendszer összfényessége lecsökken. A földi megfigyelő ezért a felbonthatatlan kettős csillagot a rendszer közös fényének periodikus lecsökkenéséből veszi észre. Ezért nevezik ezeket a csillagokat *fedési változóknak*, v. helyesebben *fedési kettősnek*. A fénygörbe analizéséből a fedési változó kettősök pályaelemei és tömegei meghatározhatók (19. ábra).

Legszerencsésebb az az eset, amikor a fedési kettős egyszersmind spektroszkópai kettős is. Ilyenkor a pálya-hajlásszög, a valódi pályaméretek, a csillagok külön tömegei és a távolság is meghatározható. Ilyen rendszert azonban mindössze 50-et ismerünk.

Még egy módszer ismeretes csillagtömegek meghatározására. Erre az általános relativitás-elmélet azon tétele ad lehetőséget, melyszerint,



19. ábra. Fedési kettős pályája és fénygörbéje. R és r a két komponens sugarai; a a köralakúnak egyszerűsített pályája átmérője. 2 pontban indul meg a kisebbik komponens belépése; 3 pontban már teljes a fedés és 5 pontban teljes a kilépés. 7 pontban a nagyobbik komponens kezdi fedni a kisebbiket. Az ábra jobb oldalán a fénygörbe 1—2 és 5—7 szakaszai a két csillag együttes fényerejét mutatják. 3—4 és 8—9 szakaszok a fedések alatti lecsökkenést mutatják. (A kisebbik komponens a fényesebb.) 2—3 és 8—9 szakaszok a belépés fényességének, 4—5 és 9—10 szakaszok pedig a kilépésnél behövelhező fényességnövekedését mutatják.

ha fény halad át nagy tömegek erőterében, hullámhossza kissé megnövekszik. Így jön létre a relativisztikus vörös eltolódás, melynek nagysága

$$\Delta\lambda/\lambda = \frac{f}{c^2} \cdot \frac{M}{R}, \quad \text{ahol} \quad 4.$$

f = gravitációs állandó, c = fénysebesség, R = a csillag sugara. A képlet értékesítésénél először is el kell különíteni a relativisztikus eltolódást a radiális sebesség okozta eltolódásoktól, továbbá ismerni kell a csillag sugarát. Ez a két mennyiség általában csak bizonytalanul ismeretes, ezenkívül csillagkitörések és más szisztematikus hibák a formula felhasználását kérdésessé teszik. Magános csillagok esetében a Nap mellett csak a Szirius kísérőnél került használatra, ahol a vizuális pályaelemekből meghatározott szokatlan nagy tömeg ellenőrzésére szolgált. A vörös eltolódás mérése itt igazolta a nagy tömegből és az alacsony abszolút

fényességéből régebben kapott igen magas sűrűség értéket ($\rho = 10^5$ — 10^7 g/cm³ Fehér törpe).

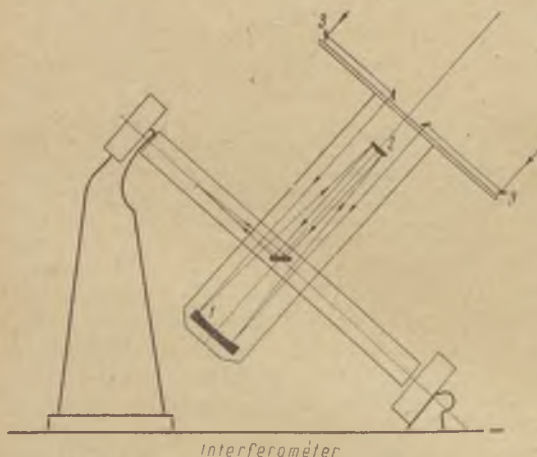
Trümpler 1935-ben csillaghalmazok 7 nagytömegű θ csillagára relativisztikus vörös eltolódásból kiszámította a tömegértékeket. E csillagok radiális sebességét a halmaz ismert radiális sebességével azonosnak vette és így a tömeg okozta vörös eltolást el tudta választani. Ezen ún. Trümpler-féle csillagok összes állapotjelzői ismeretesek.

A megfigyelt csillagtömegek 0,14 és 400 naptömeg között ingadoznak. Ilyen eltérő értékek azonban ritkák. A legtöbb csillag tömege 0,4 és 4 naptömeg közé esik. Ezért a kettős csillagok tömegviszonya is jó közelítéssel egy.

4. A csillagok sugara

A csillagok sugara a távcsőben közvetlenül nem mérhető meg, mert a csillagok képe a legerősebb nagyításnál is csak pontszerű. Mégis Michelson és Pease 1920-ban szellemes módszert dolgoztak ki óriáscsillagok látszó átmérőinek mérésére. Az általuk használt műszer az *interferométer* azon alapszik, hogy a csillagfelület különböző pontjairól hozzánk érkező fénysugarak inkoherensek és így interferenciára nem birhatok. Másképp áll ez azonban a csillag azonos helyeiről érkező sugarakkal. Az interferométer

útkülönbséget létesít a sugarak közt. E célból a Wilson-hegyi 25 méteres teleszkópra az optikai tengelyre merőlegesen egy rúdon két siktükröt szereltek fel, melyek újabb segédtükrökkel a csillag fényét a távcsőbe vetítették (20. ábra). A rúdon elhelyezett két tükör egymástól való távolságát 15,5 m-ig lehetett növelni. Ha a két tükörré sík hullám esik, a távcső fókusz síkjában interferencia-csíkok keletkeznek, melyeknek szögtávolsága λ/D , ahol λ a mérőfény hullámhossza és D a két tükör



20. ábra. Interferométer tükör távcsőre szerelve. 1 a teleszkóp főtükre; 2 a teleszkóp Cassegraine tükre; 3 az interferométer eltolható siktükréi

egymástól való távolsága. Ha egy másik síkhullám esik a tükörré, mely az előbbivel kis $\alpha/2$ szöget zár be, újabb interferencia-csíkok keletkeznek a fókusz síkjában, melynek csíkjai az előbbihez képest $\alpha/2$ -del elvannak tolva. Ha ez az eltolódás

$$z = 1, 2, 3, \dots$$

$$\alpha/2 = \frac{z \cdot \lambda}{D}$$

az interferencia-csíkok egymásra esnek és erősítik egymást. Ha az interferométert valamely csillagra irányítjuk, melynek látszó átmérője α , az interferencia-csíkok elmosódottabbak lesznek, mert $+\frac{\alpha}{2}$ és $-\frac{\alpha}{2}$ közti minden szögértéknek megfelelő interferencia-csík megjelenik. Ha az interferométer-tükrök távolságát addig változtatjuk, míg az interferencia-csíkok mind egybefolynak, a két tükör közti D távolságból kiszámíthatjuk α -t.,

$$\alpha = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{D} \quad 5.$$

a csillag látszó átmérőjét. Maga a mérés rendkívül nagy nehézségekkel jár és csak a legkitűnőbb légköri viszonyok mellett hajtható végre, hiszen kb. 2000-szeres nagyítást kell használni. Interferométerrel 0,01"-ig lehet látszó átmérőket mérni. (Az elméleti határ 0,003" lenne.) A parallaxis ismeretében a csillag valódi átmérője is kiszámítható. Ezen az úton eddig csak hét óriáscsillag átmérőjét sikerült meghatározni. Az interferométeres mérés kényessége s a parallaxisok bizonytalansága miatt az így kapott csillagsugar-értékek nem túl pontosak (III. táblázat).

III. táblázat

Óriáscsillagok átmérői interferometrikus mérés és a 7. egyenlet alapján számítva

Csillag	Sp	M	T	R (Napcségségben)	
				interf.	7. egyenl.
α Bootis	K0	-0,7	3900	26	39
α Tauri	K8	-1,2	3300	36	72
β Pegasi	M3	-2,3	3200	110	120
α Scopii	M2	-2,9	3300	160	159
α Herculis	M3	-3,8	3200	320	240
α Orionis	M1	-5,4	3200	460	500
o Ceti	M6	—	—	460	—

Előnyösebb helyzetben vagyunk *fedési változók* esetén. A csillag fénygörbéjének analízise alapján, ha körpályát és gömb alakú csillagokat tételezünk fel, a látszó pálya átmérő, a komponensek pályátmérőben kifejezett relatív sugara és a felületi fényesség-viszony könnyen kiszámítható. Ha a csillag egyúttal spektroszkópiai kettős is, az abszolút értékeket is megkapjuk. Ha azonban elliptikus pályát és az ilyen szűk kettős rendszerekben valószínű lapult csillag alakot, a csillag-korong peremsötétedését és kölcsönös fényvisszaverődését is figyelembe vesszük, a számítások lényegesen bonyolódnak, sőt nem is mindig végezhetők el. Eddig mintegy ötven esetben lehetett fedési kettősökből átmérőt számítani (19. ábra).

Ha az ábrából leolvassuk, hogy a teljes fedés időtartama $t_4 - t_3$ és a fedés kezdete és teljes végződése közti időtartam $t_5 - t_2$, akkor

$$x = 360^\circ \frac{t_4 - t_3}{T} \quad \sin \frac{x}{2} = \frac{R - r}{a} \quad 6.$$

$$y = 360^\circ \frac{t_5 - t_2}{T} \quad \sin \frac{y}{2} = \frac{R + r}{a}$$

Ezen egyenletekből R és r kiszámítható.

IV. táblázat
Fedési kettősökből számított átlagos csillagátmérek

Színkép	Átl. átmérő	Szélső értékek	Esetek száma
09	12	5—21	6
B0—B3	4,47	2,6—8,4	14
B8—A2	2,11	1,3—3,4	15
A7—A9	1,81	1,3—2,2	4
F0—F8	1,72	0,7—3,3	6
G2—K0	4,65	3,1—5,7	5
F—M	—	150—2400	3
M1	0,72	—	2

Sokkal általánosabban határozhatók meg a csillagok sugarai sugárzási adatokból. Kiindulásul a *Stefan—Boltzmann*-féle törvény szolgál. Eszerint egy fekete test felületegységének sugárzását megkapjuk, ha effektív hőmérsékletének (T) negyedik hatványát megszorozzuk egy állandóval. Egy csillag össz-sugárzása tehát a felületegység sugárzása szorozva a felülettel

$$(4\pi R^2)$$

$$L = 4\pi R^2 \cdot \sigma \cdot T^4 \quad \text{ahol } \sigma \text{ a sugárzási állandó.}$$

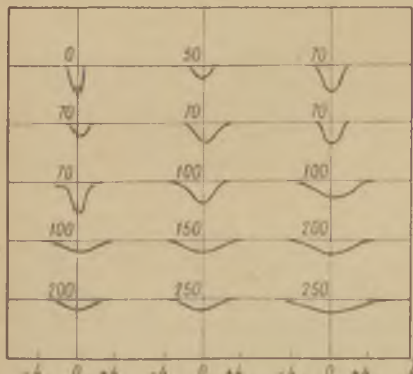
Vegyük egységül a Napot, akkor a sugarak viszonya

$$\frac{R}{R_\odot} = \left(\frac{L}{L_\odot}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{T_\odot}{T}\right)^2$$

Logaritmusra átvéve:

$$\log R = \frac{1}{2} \log L/L_\odot + 2 \log T_\odot - 2 \log T$$

Összsugárzás helyett szokásosabb abszolút bolometriai fényrendekben számolni. Ennek definíciója:



20a ábra. Rotációs vonalszélesedés Mg II. 4481 vonalában. Az ábra különböző csillagok színképében a forgás okozta vonalszélesedést mutatja. A szélesedés a nyugalmi helyzet körül Angströmköben van feltüntetve. A görbék mellé írt számok a csillag sebességét jelentik km/sec-ban

$$M - M_{\odot} \dots = - 2,5 \log L/L_{\odot}$$

Ezt az előbbi egyenletbe beírva:

$$\log R = \frac{-M + M_{\odot}}{5} + 2 \log T_{\odot} - 2 \log T$$

A Nap számszerű értékeit $M_{\odot} = + 4,85$; $T_{\odot} = 5760^{\circ}$ beírva és rendezve

$$\log R = 8,49 - 0,2 M - 2 \log T \quad 7.$$

Az egyenlet alkalmazhatóságát erősen korlátozza az a körülmény, hogy nem sok csillagnak ismerjük abszolút bolometriai fényrendjét és effektív hőmérsékletét. Továbbá nem biztos, hogy a csillag sugárzása tökéletesen követi a Stefan—Boltzmann-törvényt. A fentihez hasonló megfontolások alapján a csillag sugarát kifejezhetjük a bolometriai helyett abszolút vizuális vagy fotográfiai fényrendek és a megfelelő sugárzási vagy szín-hőmérsékletek segítségével. Így nagyobb megfigyelési anyag birtokába jutunk, de könnyen lépnek fel szisztematikus hibák a hőmérséklet bizonytalansága miatt. Ezen hiba következtében a forró csillagok sugaraira túl kicsi, a késői csillagok sugaraira túlnagy érték adódik. Kellő kritikával végezve a meghatározást, a hiba nem haladja meg a $\pm 25\%$ -ot.

A csillagok sugarát tekintve, távolról sem mutatkozik az az egyöntetűség, melyet a tömegekkel kapcsolatban találtunk. Az eddig megfigyelt csillagátmérők néhány ezerszeres és néhány tizedes napátmérő közt változnak, és így látható, hogy az óriás és törpe csillag elnevezés igen találó.

5. Nehézségi gyorsulás a csillag felületén

A csillagtömegek és sugarak ismeretében, közvetlenül számítható a csillag felületén érvényes nehézségi gyorsulás.

$$g = f \cdot \frac{2R}{R^2}, \quad f \text{ a gravitációs állandó.} \quad 8.$$

A nehézségi gyorsulás a csillag felületén uralkodó nehézségi erőter mértéke. Nagy tömegű, kis sugarú csillagokon veszi fel a legnagyobb értéket. Ismerete a csillag belső felépítésének elmélete, valamint a csillagszínkép kvantitatív analízise szempontjából fontos. A nehézségi gyorsulás jellemzi a csillaglégkörben uralkodó nyomást és ezáltal az ott levő atomok fénykibocsátási, gerjesztési állapotát. A Nap felületén a nehézségi gyorsulás 274 msec^{-2} , ami a földinek közel huszonnyszorososa.

6. A csillagok sűrűsége

A gömbalakúnak feltételezett csillag tömegéből és sugarából egyszerű geometriai megfontolással kapjuk a csillag átlagos sűrűségét. A sűrűség ugyanis a tömeg és a térfogat hányadosa. Az R sugarú gömb

térfogata $\frac{4\pi R^3}{3}$ s így a csillag átlagos sűrűsége

$$\rho = \frac{3M}{4\pi R^3} \text{ vagy napegységben kifejezve } \rho = \frac{M}{R^3} \quad 9.$$

A sűrűség ismerete a csillag belső szerkezetére vonatkozó megfontolásoknál fontos. A fenti egyszerű összefüggés főleg csak fedési és egyúttal spektroszkópiái kettősöknél használható, ahol úgy a tömeg, mint a sugár ismeretes. Ilyen módon mintegy 75 csillag átlagos sűrűségét határozták meg.

Mivel a különböző csillagok közt kis tömegingadozás mellett igen különböző sugárértékeket találunk, várható, hogy a sűrűségértékek is igen nagy ingadozást mutatnak. Ez valóban így is van. A csillagok sűrűsége 10^{-4} -től (óriáscsillagok) egészen 4 g/cm^3 -ig változik (törpék), sőt a fehér törpéknéleléri a $10^5 - 10^7 \text{ g/cm}^3$ hihetetlen magas értéket is. Ez azt jelenti, hogy egy ilyen fehér törpe anyagának egy köbcentiméterre 10 tonna súlyú. Valószínű, hogy az ilyen csillagok a csillagfejlődés egy különleges állapotát jelentik és bár nem tartoznak a ritkaságok közé, gyenge fényük miatt nehéz felfedezni őket. Eddig mintegy 50 ilyen csillagot ismerünk.

Végül hangsúlyozni kell, hogy a meghatározott sűrűségadatok *átlagértékek*, melyek akkor volnának érvényesek, ha a csillag belső tömegeloszlása homogén lenne, azaz az anyag egyenletesen oszlana el a csillag középpontja és felülete között. Elméleti megfontolásokból tudjuk, hogy ez biztosan nincs így. Bármilyen fontos volna azonban ismernünk a csillag belső sűrűségeloszlását, ennek kísérleti meghatározására egyelőre semmi mód nincs.

7. Csillagok tengelyforgása

A Napfoltok mozgásából már *Galilei* a Nap tengelyforgására következtetett. Közvetlen megfigyelések alapján a Nap tengelyforgását jól ismerjük. Tudjuk, hogy forgása az egyenlítő mentén a legnagyobb, ahol a napfelület egy pontja 24,7 nap alatt fordul meg, míg ugyanehhez, a pólus környékén, kereken 30 napra van szükség. A tengelyforgás következtében a napegyenlítő pontjai $2,0 \text{ km/sec}$ -kénti lineáris sebességgel mozognak.

Sokkal nehezebb feladat a csillagok tengelyforgásának meghatározása. Pedig a csillagok tengelyforgásának ismerete értékes felvilágosítással szolgál a csillagok fejlődésállapotára, lapultságára, anyagának deformálhatóságára stb.

Mivel a csillagok felületét nem láthatjuk, a tengelyforgás meghatározása csak indirekt módon történhetik. Két módszerünk van a tengelyforgás mérésére: mind a kettő spektroszkópiái.

Az első azon alapszik, hogyha egy csillag tengelyforgással rendelkezik és a forgástengely a látóvonalra merőleges, akkor a csillag pereménck egyes pontjai közelednek, a szembenlevők pedig távolodnak

tőlünk. A közeledő pontok fényétől eredő színképvonalak a kék a távolodóktól a vörös felé vannak eltolva. Mivel a csillag két pereme és közepe közti minden pontról érkezik fény a spektroszkópba, a két szélső eltolódás közti összes eltolódások mutatkoznak a színképben s ennek következtében a színképvonalak kiszélesedve jelentkeznek.

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda}{c} \cdot R\omega \sin i \quad 10.$$

ahol $\Delta\lambda$ a színképvonal nyugalmi helyzetétől mért kiszélesedés; λ a mérési hullámhossz, c a fénysebesség, R a csillag sugara, ω a csillag forgásának szögsebessége és i a forgástengely és a látóvonal közti szög. A kiszélesedés értékéből, a Doppler-képlet alapján, közvetlenül megkapjuk az érintőleges forgássebesség értékét km/sec egységben. Ha a csillag sugara ismeretes, kiszámíthatjuk a forgási időt is. Ez a módszer csak elegendő nagy forgássebességek esetén használható, mert különben a vonalszélesedés oly csekély lesz, hogy kivenje magát a mérhetőség alól. A csillagspektroszkópoknál használatos 10—30 Å/mm felbontásoknál legalább 25 km/sec. forgássebességre van szükség, hogy a vonalszélesedés éppen észrevehető legyen. 50 km/sec sebességek felett a mérés nem okoz nehézséget. Ebből látszik, hogy csak a Napnál jóval nagyobb tengelyforgású csillagok mérésére van mód (16. ábra).

Ma már több száz vonalszélesedésből mért forgássebességet ismerünk. Ezek valamennyien a korai színképosztályokhoz tartoznak. Találtak 200, sőt 400 km/sec forgássebességet is. Ilyen csillagoknál a centrifugális erő már erősen széthúzza a csillag egyenlítő körüli vidékét s erős lapultságot okoz. Az α Aquilae csillagnál pl., melynek forgási ideje mindössze hat óra, tudjuk, hogy a centrifugális erő közel azonos nagyságú, mint a csillagot összetartó gravitációs erő, s így ez a csillag igen bizonytalan egyensúlyi állapotban lehet.

Másik módszerünk a csillagtengely forgásának meghatározására kevesebb csillagra alkalmazható, de pontosabb értékeket szolgáltat. Ez a módszer fedési kettősöknél használható, melyeknél a színkép is hozzáférhető. A rendszer fedési kettős jellegéből következik, hogy a rotációs tengely közel merőleges a látóirányra s így a mért radiális sebességek nemigen térhetnek el a valódi értékektől. A módszer lényege az, hogy fedés alkalmával van olyan időszak, amikor a csillagnak csak egyik, közeledő, majd távolodó pereméről érkezik fény hozzánk. Az ilyenkor mért vonaleltolódásból a forgássebesség számítható. Ezt a módszert eddig csak 11 esetben sikerült alkalmazni. Az eddig megismert esetekben a forgássebesség mindig megegyezett a kettős csillagrendszer keringési idejével. Vagyis hasonlóképpen, mint a Föld-Hold kettős bolygó-rendszernél, a két csillag mindig ugyanazt az oldalát fordítja egymás felé. Az árapály-erők okozta deformáció következtében a csillag-gömb eltorzul, belapul és a kidudorodások mindig egymás felé fordulnak, ami azzal jár, hogy a forgási és keringési idők azonossá válnak.

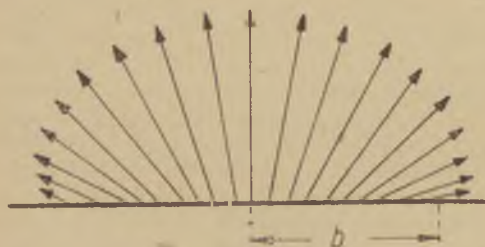
8. A csillagok mágneses tere

Hale már 1908-ban felfedezte, hogy a napfoltokban erős mágneses tér uralkodik. A kimutatás a Zeeman, effektus alapján történt. Mint ismeretes eszerint, ha a fényt kibocsátó atomok mágneses térben vannak, ez zavarólag hat az elektronok pályájára és ennek következtében olyan átmenetek lépnek fel, amilyenek a zavartalan atom szinképében nem jelentkeznek. Az új vonalak hullámhossza az atomelmélet szerint kiszámítható

$$\Delta\lambda = \beta \cdot \lambda^2 H \quad 11.$$

ahol $\Delta\lambda$ az új vonal hullámhosszának különbsége a régihez képest, β arányossági tényező, λ a hullámhossz és H a mágneses tér erőssége. Csak erős mágneses tér ismerhető fel ezen a módon, mert 1000 gauss-térerősség a látható fényben csupán kb. 0,01 Å-nyi vonaleltolódást okoz.

Napfoltok szinképében ilyen vonalfelbontást már 1866-ban észleltek, de csak Hale-nek sikerült a helyes magyarázatot megadni. Az effektus kicsinysége miatt igen erős szinképi felbontást kell alkalmazni, de ennek a Nap erős fénye esetén semmi akadálya sincs. A Mnt. Wilson, a 45,7 m-es torony-teleszkópban 0,7 A/mm felbontást használtak.



21. ábra. Napfoltok mágneses tere. A nyilak a mágneses erővonalak nagyságát és irányát jelentik. b a napfolt sugara

A mérésekből az adódott, hogy minden foltnak a folt nagyságával arányos, mágneses tere van, mely a folt közepén a legerősebb és a szélek felé fokozatosan csökken. A mágneses erővonalak iránya a folt közepén a Nap felületére merőleges, a folt széle felé pedig érintőlegesen lehajlik (21. ábra). A mágneses tér a folt keletkezésével együtt nő és a folt feloszlásával

kapcsolatosan lassan megszűnik. Sőt a Nap felületén foltmentes helyen is kimutatható gyenge mágneses tér olyan helyen, ahol nemrég folt tűnt el, vagy folt van kialakulóban. A mágneses tér polaritására vonatkozólag azt az érdekes eredményt kapták, hogy 1913-ig a Nap északi félgömbjén napfolt-csoportokban, a mozgási irányba eső első nagyobb folt déli polaritást mutatott és az ezt követő északit. A Nap déli félgömbjén fordítva volt a helyzet. 1913-ban a polaritás sorrendje megcserélődött, az északi félgömbön az északi pólusú folt járt elől és a déli utána; a déli félgömbön ismét fordítva. 1934-ben megint az 1913 előtti állapot állt vissza. Így tehát a foltok mágneses polaritása minden második napfolt-periódustól kezdve cserélődik. Bizonyos okunk van azt feltételezni, hogy az igazi napfolt-periódus talán 23 év.

A napfoltok mágneses terére vonatkozó részletes ismereteink ellenére a Nap általános mágneses teréről elég keveset tudunk. Hale 1 Å/0,2 mm-es felbontással 400—500 gaussnyi mágneses teret mutatott ki, mely ugyanolyan irányítású, mint a Földé. A mágneses tengely a Nap forgástengelyével 6°-os szöget zár be és 31,5 nap alatt kerüli meg a forgási pólust. A kimutatás nagy nehézségekbe ütközik, mert az általános mágneses tér gyengése miatt a vonalak nem hasadnak fel, hanem csak kiszélesednek. Újabb mérések a Nap általános mágneses terét csak 50 gauss erősségűnek mutatták. Sőt, *Thiessen* 1947—48-ban végzett mérései szerint a Nap általános mágneses tere nem haladhatja meg az 5 gauss-t. Ezek nyomán nehéz elzárkózni a gondolat elől, hogy a Nap általános mágneses tere lassú változásoknak van alávetve.

Csillagok mágneses terét csak 1947-ben sikerült *Babcock*nak kimutatni. A Mnt. Wilson-i 2,5 m-es tükörrel 3 Å/mm felbontás mellett először a 78 Virginis csillagon, majd más csillagokon is 1500 gauss körüli mágneses teret mért.

Ezekkel a mérésekkel a mágneses jelenségek vizsgálata is bevonult az asztrofizika feladatai közé. Ma még keveset tudunk az égitestek mágneses tulajdonságairól, de nem vitás, hogy az asztro-magnetika a jövőben még számos érdekes felfedezéshez vezet el bennünket.

9. A csillagok abszolút fényessége

A csillagok látszó fényessége a legrégebbi asztrofizikai adat. Már a régi görögök hatos fényrend beosztása primitív asztrofizikai mérésnek tekinthető. Sajnos, mint utólag kiderült, a csillagok valódi fényességében olyan nagy különbségek fordulnak elő, hogy a látszó fényrend teljesen alkalmatlan fizikai állapotjelző céljaira. Ha egy csillag pl. halvány, úgy az egyaránt lehet attól, hogy a csillag valóban gyenge sugárzású, mint attól, hogy nagyon távol van. Ha a csillagok közel egyenlő sugárzással bírnának, a látszó fényesség mindjárt távolságskálát is jelentene. Mivel azonban ez nincs így, a fényességadatokat előbb összehasonlítható alakra kell hozni.

A fényrend-skála *Pogson*-féle definíciója szerint (1857) két csillag fényrend-különbsége az intenzitásviszonyok logaritmusával arányos:

$$m_1 - m_2 = -2,5 \log I_1/I_2 \quad 12.$$

Két egymást követő fényrend csillagjai közti intenzitásvizony tehát 2,5-szeres. Ez annyit jelent, hogy míg a fényrendskálában egy egységgel (magnitudoval) megyünk előbbre, addig a csillagok mindig 2,5-szer lesznek halványabbak. Ezáltal a fényrend-skála követi érzékszerveink működését, melyek *szorzódó hatásokra összeadó érzettel* reagálnak. Ezt az összefüggést az inger és az érzet között a régi csillagászok öntudatlanul kielégítették. A modern asztrofizikai fényrend definícióinak is lehetőleg alkalmazkodni kellett a régi megfigyelésekhez, és ezért választották a modern fényrendskála alapszámának a 2,5-t. Ezen állandó

szerencsés megválasztása lehetővé teszi, hogy a régebbi fényrendmeghatározások, pl. a *Bonner Durchmusterung* adatai érvényben maradnak és hogy a számítás alapjául egy aránylag egyszerű szám szolgál (logaritmus $2,5=0,4$). A fényrendskála null-pontjául önkényesen a Sarkcsillagot választották, melynek átlagos fényességét 2,12-nek vették. Ma mérések alapján kb. félmillió csillag fényességét ismerjük. Ezek a fényességadatok nagy csillagkatalógusokban vannak összegyűjtve, melyek közül megemlítjük a *Pickering* által készített *Draper*-katalógust, melyben 9 fényrendig negyedmillió csillag látszó fényessége van lefektetve. Az égbolt egyes területein az ún. *Selected Areakban* (válogatott területek) újabb negyedmillió csillag fényessége van meghatározva 16 rendig. A Pólus környékén a csillagok fényessége 21 rendig van felvéve. Összesen azt mondhatjuk, hogy 9 fényrendig a Tejútrendszer valamennyi csillaga katalogizálva van; és ismereteink 19 rendig kielégítőek.

Ez a fényrend-skála óriási fényességviszonyokat ölel át. A Nap fénye az égbolt zenitjén —26,72 fényrend, ami 103 000 gyertya fényének felel meg 1 m távolságból; míg a 2,5 m-es tükörrel fényképezhető leghalványabb +21 rendű csillag egy gyertya 11 200 km távolságból érkező fényének felel meg.

Tájékoztatásul megemlítjük még, hogy egy lux, vagyis egy gyertya fénye, 1 m távolságból —14,18 fényrendnek felel meg.

Hogy a csillagok fényességét összehasonlíthassuk, megállapodás-szerűen azt a fényrendértéket tekintjük, melyet 10 parszek, azaz 32 fényév = 300 billió km távolságból mutatnának. Ezt az értéket nevezik a csillag abszolút fényrendjének és nagy latin *M* betűvel jelölik.

Mivel pontszerűnek tekinthető csillag fényessége a távolság négyzetével csökken, az abszolút fényrendet (*M*) a látszó fényrendből (*m*) a következőképpen kapjuk meg:

$$M - m = -2,5 \log \frac{d^2}{100} = -5 \log d + 5$$

$$\text{vagyis } M = m + 5 - 5 \log d \quad 13.$$

Ebben a formulában a csillag távolságát, *d*-t parszekben kell kifejezni. Ha ehelyett az ívmásodpercekben kifejezett paraxis szöget használjuk, akkor mivel $\pi = 1/d$

$$M = m + 5 + 5 \log \pi$$

Nyilvánvaló, hogy az abszolút fényrend megállapításához valami módon ismernünk kell a csillag távolságát. Ma több mint egy tucat, egymástól független módszerünk van csillagtávolságok meghatározására. Ezekkel több ezer csillag távolságát mérték meg és így ennyi az ismert abszolút fényrendek száma is.

Eddig óvatosan kerültük azt a kérdést, hogy a fényrendmeghatározások milyen műszerrel történjenek. Világos ugyanis, hogy a különböző sugárzás-felfogó műszerek más-más fényesség értékeket fognak szolgáltatni, attól függően, hogy a csillag sugárzása összeesik-e a fel-

fogó műszer érzékenységi területével vagy sem. Példával világítva meg a kérdést, ismeretes, hogy az emberi szem a sárga színekre érzékeny leginkább, a fotografikus lemez viszont a kék és ultrabolya színekre. Ezért egy sárga vagy vörös fényű csillagot szemünk igen fényesnek fog itélni, míg a fotolemezre gyakorolt hatása alapján nagyon gyengének mutatkozik. Fordítva, egy kék vagy ultrabolya sugarakban gazdag csillagot a fényképezőlemez fényesnek mutat, míg szemünk előtt halványnak látszik.

Az elmondott példákból kitűnik, hogy a csillagok fényrendjének értelmezése távolról sem egyszerű. *Annyi fényrend-skálát definiálhatunk, ahányféle sugárzás-felfogó műszerrel végezzük a fényességmeghatározást.* Az sem megoldás, hogy a fényességmérésnél csupán egyetlen mérési módszerre szorítkozunk, mert valamennyi sugár-felfogó berendezés rendelkezik bizonyos előnyökkel, melyeket érdemes kihasználni, bár mindegyiknek megvan a maga hátránya is. Elég itt arra utalni, hogy a fényképezés, mely csak 200 és 650 millimikron közti hullámhossztartományban értékesíti a csillagok sugárzását, igen magas érzékenységgel, tömegmunkaszerűen jegyzi fel a csillagok fényességét, míg az ugyancsak szűk érzékenységi tartományú fotocellás fénymérő berendezésekkel lassabban, de igen pontos méréseket végezhetünk. Nem mondhatunk le tehát egyetlen sugár-felfogó műszer használatáról sem, viszont elméleti alapon meg kell találni az általuk szolgáltatott fényességadatok közti összefüggést.

Mégis az elképzelhető sokféle fényességskála között van egy, amely fontosság tekintetében kiemelkedik. Ez az, melyet a csillagok *összsugárzása* alapján vezettek le. Ennek a meghatározása ugyan a legnehezebb, de fizikai állapotjelzőül ez használható legpontosabban. Ezt nevezik *bolometriai* fényrendnek.

10. A csillagok abszolút bolometriai fényrendje

A csillagok összfényességének jellemzésére, amennyiben a csillagok követik a fekete testre vonatkozó sugárzási törvényeket, a *Stefan—Boltzmann-féle* törvényt használjuk. Észert a csillag által kisugárzott energia a csillagtól d távolságban egy négyzetcentiméter felületre

$$e = \frac{R^2}{d^2} \sigma T^4 \quad 14.$$

ahol R a csillag sugara és σ a sugárzási állandó.

Ha ezt az összefüggést fényrend-skálához hasonló logaritmikus kifejezésbe írjuk át és a sugárzási állandókat a C_{bol} bolometrikus állandóba foglaljuk össze, a következő kifejezést kapjuk:

$$M_{\text{bol}} = C_{\text{bol}} - 5 \log R - 10 \log T + 5 \log d \quad 15.$$

A formulában szereplő összes mennyiségek meghatározhatók. Ez azonban nagy kísérleti nehézségekbe ütközik és a Napon kívül csak néhány csillag esetében járt sikerrel. A Nap esetében a földfelület egy négyzetcentiméterére eső napsugárzási energiát lényegében véve kaloriméteres

módszerekkel mérhetjük. Ezek alapján tudjuk, hogy a Nap sugárzásából közel két kalória esik percenként a Föld felületén egy négyzetcentiméterre (napállandó). A csillagokról hozzánk érkező sugárzás azonban sokkal csekélyebb, mérésükre a legnagyobb távcsövek és érzékeny termoelektromos berendezések szükségesek. A Betelgőzről hozzánk érkező sugárzás közel billiószor kevesebb, mint a Napé ($7,7 \cdot 10^{-11}$ cal/cm². min.).

A csillagokról érkező sugárzási energia kicsisége miatt ennek mérése csupán néhány, fényes csillagnál lehetséges. Főleg *Petit* és *Nicholson* mérései alapján, mintegy 100 csillagról hozzánk jutó energia abszolút nagyságát ismerjük. Ez a kis szám annál sajnálatosabb, mert a csillag abszolút össz sugárzásának ismeretében határozhatjuk meg legmegbízhatóbban a csillag hőmérsékletét. Nem tehetünk mást, mint hogy *a csillag szűk hullámsávjában mért fényességadatát (fotometriai sugárzásmérés) használjuk fel és ebből számítás útján határozzuk meg a csillag össz sugárzását kifejező bolometrikus fényességét.*

A bolometrikus fényességskálákat úgy állították fel, hogy a nap-típusú törpék, melyek hőmérséklete 6000 és 7000 K° között van, *azonos vizuális és bolometriai fényességet mutassanak.* Fotometriai (vizuális, fotográfiai, fotoelektromos) mérésekből az össz sugárzásra jellemző bolometriai fényességet úgy kapjuk meg, hogy a fotometrikus fényrendhez egy additív tagot csatolunk, ezt nevezik *bolometrikus korrekciónak.* Ilyen módon a csillagok össz sugárzására vonatkozó ismereteinket kiterjeszhetjük a fotometriai mérések számára hozzáférhető halvány csillagok nagy táborára is.

V. táblázat
Bolometrikus korrekció

Hőmérséklet	Δm_b	Hőmérséklet	Δm_b
2500	—2,6	10 000	—0,2
3000	—1,7	12 500	—0,6
3500	—1,0	15 000	—1,1
4000	—0,6	20 000	—1,6
5000	—0,1	30 000	—2,6
6000	0,0	40 000	—3,5
8000	0,0	50 000	—4,1

A bolometrikus korrekció segítségével tehát valamely csillag látszó fényességéből és hőmérsékletéből kiszámíthatjuk az össz sugárzásával arányos bolometriai fényességet. A bolometrikus korrekció meghatározása annál bizonytalanabb, minél távolabb esik a csillag hőmérséklete a 6000 K°-tól. Általában 3000 és 15 000° között az eltérés nem nagyobb 0,5 fényrendnél. Bizonyos bizonytalanságot okoz az is, hogy *a csillagok nem egészen úgy sugároznak, mint a fekete test,* márpedig a bolometrikus korrekció kiszámításánál ezt fel kellett tételeznünk.

A látszólagos bolometriai fényrendből a távolság ismeretében kiszámíthatjuk az abszolút bolometriai fényrendet, M_b . Ez a csillag által kisugárzott L (erg/sec) összenergiával a következő egyszerű összefüggésben áll:

$$M_b = -2,5 \log L + 88,55 \quad 16.$$

Tulajdonképpen L a csillag össz sugárzása, a legprecízebb sugárzási állapotjelző. Elméleti számításoknál erre van szükségünk.

Fedési változóknál, ahol a fénygörbéből a csillag sugara kiszámítható, az effektív hőmérséklet segítségével közvetlenül megkapjuk a csillag össz sugárzását szintén napegységben:

$$L = R^2 (T_e/5713)^4 \quad 17.$$

$$M_b = 42,2 - 5 \log R - 10 \log T_e$$

Vagyis a csillag össz sugárzásának kiszámításához mindenképp ismerünk kell a csillag sugarát és hőmérsékletét. Mivel a hőmérséklet a Stefan—Boltzmann-formula miatt a negyedik hatványon szerepel, a hőmérséklet becslésében elkövetett hibák igen súlyosan esnek latba az abszolút bolometriai összfényesség kiszámításánál.

Ezenkívül még egy teljesen spektroszkópai módszerrel rendelkezünk a csillagok abszolút fényességének meghatározására. Adams és Kohlschütter 1914-ben megfigyelték, hogy csillagszínképekben bizonyos vonalak erősségének viszonya a csillag abszolút fényességével van összefüggésben. Az eljárás alapját a csillagléggörök különböző fizikai állapota képezi. Ez a légkör kémiai összetételén kívül csak két tényezőtől függ: a légkör felületegységén az időegység alatt keresztülfolyó energiaáramlástól és a csillag felületén uralkodó nehézségi gyorsulástól. Az energia árama a csillag effektív hőmérsékletétől függ, a nehézségi gyorsulás pedig a csillag sugarától. Minél kisebb a csillag sugara, annál nagyobb a felületén a nehézségi gyorsulás (8. egyenlet), annál nagyobb a nyomás és sűrűség a csillag légkörében és annál kisebb azonos hőmérséklet mellett a csillag össz sugárzása. A légkörben levő atomok ionizáltsága viszont annál nagyobb, minél kisebb a légkörben uralkodó nyomás. Tehát nagy össz sugárzású csillagok légkörében kicsi a nyomás, és ezért erősen lépnek fel az ionizált atomok színképvonalai. Alkalmas vonalak segítségével ismert távolságú és sugárzású csillagoknál tapasztalt intenzitás viszonyok segítségével megbecsülhetjük mindazon csillagok abszolút fényességét, melyek elég fényesek ahhoz, hogy a vonal-erősség mérést lehetővé tevő színképi felbontással vizsgálhassuk őket. Kereken 6000 lehen 9 látszó fényrendnél fényesebb csillag színképi abszolút fényrendjét határozták meg a Mt. Wilsonon.

11. A csillagok hőmérséklete

A csillagok hőmérséklete egyike a legfontosabb állapotjelzőnek. Láttuk, hogy a sugár, sűrűség, össz sugárzás meghatározásához elengedhetetlenül a csillag hőmérsékletét kell ismernünk. De a csillag-hőmér-

séklet definíciójánál súlyos nehézségekbe ütközünk. A termikus egyensúlyban levő földi tárgyakra vonatkoztatott hőmérséklet-fogalom nem vihető át minden megfontolás nélkül a csillagokra. Továbbá biztos, hogy a csillagok nem bírnak minden pontjukban azonos hőmérséklettel, és így a csillagok hőmérsékletét középpontjuktól felületükig csak egy függvénnyel jellemezhetjük. Másrészt semmi módunk nincs arra, hogy a csillagok belsejének hőmérsékletét kísérleti tanulmányozás alá vonjuk. Erre csak a termonukleáris reakciók energiatermelése nyomán, elméletileg következtethetünk. A kísérleti asztrofizikus számára nem marad más hátra, mint a csillag hőmérsékletétől azon legkülső réteg hőmérsékletét elfogadni, melyről a sugárzás hozzánk érkezik. Ez a felületi hőmérséklet azonban elméleti megfontolások számára is megfelelő, mert tulajdonképpen a csillagenergia mérlegének kifejezése. Ettől függ ugyanis az a nettó sugárzási energia, mely a csillagot elhagyja és ha a csillag hőmérséklete (legalábbis nem túl nagy időközöket véve tekintetbe) állandó, ennek fenntartására szolgálnak a csillag belsejében lejátszódó magreakciók. A csillagenergia kisugárzásához tartozó hőmérséklet az energia mennyiségével alapvető relációban van. Ez az ún. *Planck-féle függvény*, mely meghatározza adott hőmérsékleten a különböző hullámhosszakon kisugárzott energia nagyságát. Itt meg kell jegyeznünk, hogy ez az összefüggés csak akkor használható pontosan, ha a csillag úgy sugároz, mint az ideális fekete test. Ez nem teljesen igaz, a csillagok csak első közelítésben tekinthetők fekete sugárzóknak, és az ennek elhanyagolásából eredő hibák azt eredményezik, hogy a fekete testre vonatkozó törvények alapján meghatározott csillaghőmérsékletek minimális értéket jelentenek és a valódi érték ezeknél csak magasabb lehet. Ha a csillag hőmérsékletének meghatározására a sugárzási törvényeket használjuk fel, az így számított hőmérsékletet *effektív hőmérsékletnek* nevezzük. Az *effektív hőmérséklet tehát az a hőmérséklet, mellyel egy csillaggal azonos energiát kisugárzó fekete test rendelkezik.*

Az effektív hőmérséklet meghatározására a csillag összsugárzásának ismeretében a *Stefan—Boltzmann-törvényt* használjuk:

$$L = 4 \pi R^2 \sigma T^4 \quad 18.$$

Összefüggésünk tulajdonképpen azonos a 14. képlettel, csak míg az a csillagról a Föld 1 cm^2 -nyi felületére eső energiát fejezte ki, addig ez a csillag összsugárzását adja meg. A 18. egyenlet tulajdonképpen két részből áll. A második tényező σT^4 a Stefan—Boltzmann-törvény szerint a csillag felületének egy cm^2 -éről kisugárzódó energiát fejezi ki, s ha ezt megszorozzuk a csillag felületével $4 \pi R^2$ -el, kapjuk a csillag egész felületéről kiáramló összsugárzást (R -t cm-ben kell megadni). Egyenletünk feltételezi, hogy ismerjük a csillag R sugarát. Ez azonban csak ritka esetben ismert, s így ez az egyenlet inkább a csillagok sugarának meghatározására használható, amennyiben a hőmérsékletre valami más módon van adatunk. (L. 7. egyenletet.) Továbbá a csillagok összsugárzása is csak kevés esetben ismert és nem kielégítő pontossággal. Ezért

nem marad más hátra, mint megállapítani, hogy a csillagok különböző hullámhosszakon mennyi energiát sugároznak és az energia-hullámhossz görbékből fotometrikus mérések alapján számítani a hőmérsékletet. A fekete test energiáját a hőmérséklet és a hullámhossz szerint a Planck-féle függvény fejezi ki:

$$e = \frac{C_1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{C^2 \lambda T - 1} \quad 19.$$

A csillagoknál a különböző hullámhosszakon kisugárzódó energiameennyiséget csak közelítőleg tudjuk meghatározni a földi légkör fénynyelése, a fotolemezek szűk érzékenységi tartománya miatt. Az első fényességméréseket a csillagok színekéiben *Vogel* és *Müller* végezték még 1905-ben, vizuális úton. 542 és 642 m μ közt 199 csillagszínekéiben mérték meg az abszolút intenzitás eloszlást. A csillag színekéiben az intenzitást abszorpciós vonalaktól mentes helyeken izzólámpa sugárzásával hasonlították össze, melyet aztán fekete testtel mértek össze így jutottak abszolút eredményekhez.

Pontosabbak a fotografikus intenzitásmérések a folytonos csillagszínekéiben. Ilyent először *Rosenberg* végzett 90 csillagon 3400 és 5750 Å között. Ma legpontosabbnak a *greenwichi* és *göttingai* csillagvizsgálók alapvető színeké-fotometriai mérései tekinthetők. Ezek összesen mintegy 60 csillagra vonatkoznak 3500 és 6700 Å között. Ezen munkálatok nyomán ma már elegendő fundamentális csillagintenzitáseloszlását ismerjük a fotográfiailag hozzáférhető színekéiben, úgyhogy a további csillagokat már ezekhez hasonlíthatjuk és csak a jóval könnyebb relatív méréseket kell elvégezni.

A színekéiben végzett intenzitásmérések alapján módunkban van olyan csillagok hőmérsékletét is megbecsülni, melyekössz sugárzását nem ismerjük. Ugyanis, ha a színeké nem túl széles tartományában ismerjük az intenzitáseloszlást, mindig található olyan fekete testet, melynek intenzitáseloszlása az illető színeké tartományban ugyanolyan, mint a kérdéses csillagé. Ha ez a színeké tartomány a látható részbe esik, a fekete test színe ugyanolyan lesz, mint az azonos intenzitáseloszlással rendelkező csillagé. Ezért ennek a fekete testnek a hőmérsékletét az illető csillag *színhőmérsékletének* nevezzük. A színhőmérséklet tehát nem biztos, hogy azonos a csillag valódi hőmérsékletével. A mérések azt mutatták, hogy a 4400-tól 6700 Å-ig terjedő (nagyjában a fotográfiailag kényelmesen hozzáférhető) tartományban a csillagok sugárzása jó közelítéssel fekete sugárzásnak tekinthető, és az ezen tartomány intenzitáseloszlásából meghatározott csillag-hőmérsékletek kevéssé térnek el a valóditól.

A színhőmérséklet definitív egyenlete

$$\frac{C_2}{T_F} = 0,924 \frac{m_2 - m_1}{1/\lambda_2 - 1/\lambda_1} - 11,52 \frac{\log \lambda_2 - \log \lambda_1}{1/\lambda_2 - 1/\lambda_1} \quad 20.$$

Az előbb elmondottak matematikai kifejezése az asztrofizikában használatos hőmérsékletek és hullámhossz tartományok esetén kielégítő közelítést adó *Wien* sugárzási törvény alapján történik:

$$c = \frac{C}{\lambda^5} e^{\frac{c_2}{\lambda T}}$$

Elegendő, ha az intenzitásviszonyt két különböző hullámhosszon tekintjük (λ_2, λ_1), ekkor a Wien-törvényben szereplő hőmérséklet a csillag T_p szín-hőmérséklete lesz. Tekintsük a két hullámhosszon vett energiaviszony logaritmusát

$$\log e \frac{e(\lambda_1)}{e(\lambda_2)} = 5 \log e \lambda_2/\lambda_1 + \frac{C_2}{T_p} \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right)$$

vagy a két különböző hullámhosszon vett intenzitást fényrend-skálába átszámítva és tizes alapú logaritmusra áttérve kapjuk a színhőmérséklet definitív egyenletét

Látjuk, hogy a színhőmérséklet reciprok értéke a két külön hullámhosszon vett fényrendértékek különbségével egyenesen arányos. Igen célszerű a két hullámhossz közül az egyiket a fotografiai, a másikat a vizuális mérés érzékenységi maximumának választani, vagyis meghatározni a csillag fotografikus és vizuális fényrend-különbséget, az ún. *színindexet* és ez egyszerűen arányos a reciprok színhőmérséklettel. (L. a Csillagászati évkönyv, 1957.) A színindexből könnyen számíthatunk hőmérsékletet. Ehhez sem a csillag távolságára, sem sugarának ismeretére nincs szükség. A sugárzási állandók behelyettesítése után a csillag hőmérséklete és színindexe között a következő egyszerű összefüggés áll fenn:

$$T = \frac{7200}{FI + 0,53} \quad 21.$$

ahol a színindex $FI = m_{\text{tot}} - m_{\text{vz}}$, vagyis a fotografikusan és vizuálisan meghatározott látszó fényrendek különbsége. Ezáltal a könnyen meghatározható színindex révén egyszerű módszerünk van a csillagok színhőmérsékletének meghatározására. Mivel a színindex, illetve a folytonos színek a csillagoknak egyik könnyen meghatározható állapotjelzője, világos, hogy a csillagok színhőmérséklete is könnyen meghatározható állapotjelző. Olyannyira, hogy (a következő fejezetben ismertetésre kerülő) színek-osztályok elsősorban hőmérsékleti skálát jelentenek. A képletből következik, hogy a színhőmérséklet még a mérésnél használt hullámhossz függvénye is. Ezért, ha a csillag nem fekete sugárzó, különböző színhőmérséklet-értéket kapunk aszerint, hogy a mérést a látható színek hosszú vagy rövid hullámú szakaszában végeztük.

Az effektív és a színhőmérsékleten kívül még számos más módon is lehet csillaghőmérsékletet definiálni. Így pl., ha az energiamérést, vagyis a fényességmeghatározást csak egy hullámhosszon végezzük el, de ismerjük a fényességváltozást a hullámhossz függvényében, az illető mérési hullámhossz kis környezetében jutunk a *gradációs hőmérséklet*hez.

$$\frac{C_2}{T_g} = 5 \lambda + 0,921 \frac{dm}{d\lambda} \quad 22.$$

ahol $\frac{dm}{d\lambda}$ a fényesség változását jelenti a hullámhossz függvényében.

Ezenkívül definiálhatunk hőmérsékletet a csillagléggörben ionizálódó atomok mennyisége és száma szerint és így jutunk az *ionizációs hőmérséklethez*. Ezen utóbbi hőmérsékletek inkább a mérések ellenőrzéséül szolgálnak, de jelentőségük, mint állapotjelző, korlátozott.

VI. táblázat

A Napra kapott hőmérsékletadatok, különböző meghatározások nyomán

Színhőmérséklet 3000—4000 Å hullámhosszból.....	4850 K°
Színhőmérséklet 4100—9500 Å hullámhosszból.....	7140
Effektív hőmérséklet Napállandóból	5713 ± 5°
Ionizációs hőmérséklet	6180
A molekula szinképből levezetett hőmérséklet	5600 ± 400°

12. A csillagok szinképtípusai

Amióta 1868-ban *Secchi* első nagyoobszabású csillag-szinképelemzési vizsgálatait közölte, a csillagászati szinképelemzés a modern csillagászat legfontosabb vizsgálati módszerévé vált. A szinképelemzést elsősorban a csillagok kémiai összetételének vizsgálatára kívánták használni, de csakhamar kiderült, hogy ezen túlmenőleg messzemenő felvilágosításokat képes nyújtani a csillagok tömegéről, látósugár irányú sebességéről, forgásáról, méreteiről, energia-sugárzásáról, hőmérsékletéről stb. A szinképelemzés ilyen irányú felhasználását az eddigi fejezetekben megbeszéltük, most a csillagászati szinképelemzés technikájáról és egyéb eredményeiről lesz szó.

Mint ismeretes, a szinképelemzés *Newton* azon felismerésén alapszik, hogy a fehér fény keskeny nyalábja prizmán átbocsátva a szivárvány színeit mutató sávra bomlik szét. A szinképelemző készülék ezért egy vékony fénynyalábot előállító keskeny résből, fénybontó berendezésből (prizma vagy rác) és felfogó eszközökből, megfigyelő távcső vagy fényképező kamarából áll. Csillagászati alkalmazásnál néha nincs szükség részre, mert a csillag képe elég pontszerű ahhoz, hogy nem túl finom felbontásnál elég tiszta szinképet kapjunk. A csillag fényét a nagy távcsövek lencséjével vagy tükrével gyűjtjük a műszerbe. Annál inkább szükség van erre, mert a fény szinképi bontása erős fényvesztéssel jár. Az a fény ugyanis, mely eredetileg a belépő keskeny nyalábba volt koncentráva, a szinbontás után sávvá húzódik szét és ennek egy-egy pontjára nagyjában annyival kevesebb fény esik, amennyivel szélesebb a szinkép az eredeti nyalábnál. A szinkép széthúzóódását, szélességét *diszperzió*nak nevezik. A diszperziót mint a szinkép egy milliméterére leképezett Angströmök számát adjuk meg. Ez a mérés természetének megfelelőleg tág értékek közt változhat. A legnagyobb diszperzió néhány Å/mm. Ilyen széles felbontással sok finom apró részletet figyelhetünk meg a szinképben és igen nagy pontosságú méréseket végezhetünk. A fényvesztés azonban ilyenkor olyan nagy, hogy csak nagy műszerek és fényes csillagok esetében használhatunk ilyen nagy diszperziót. Általában néhány száz Å esik egy mm-re.

A színképelemzés szempontjából az alapvető *Kirchhoff-törvény* szerint az elemek légnemű halmazállapotban csak bizonyos fajta hullámhosszú sugarakat bocsátanak ki. Egy ilyen fényforrás színképe tehát nem szivárvány színű, minden hullámhosszat magábanfoglaló sávból áll, hanem mivel az összes színekből csak néhány van jelen, az ezeknek megfelelő helyen fényes vonalakat tartalmaz. Az ilyen színképet *vonalas emissziós* színképnek nevezik. Kirchhoff azt is megfigyelte, hogy ha a folytonos színképű fényforrás fénye különböző anyagok hideg gázain vagy gőzein halad át, ez a közeg a folytonos fényből elnyeli azokat a sugarakat, melyeket világítás esetén ő maga is kibocsátott volna. Ezek ilyenkor a folytonos színképben mint sötétebb vonalak jelennek meg, ugyanott ahol emissziós esetben mint fényes vonalak jelentkeztek volna. Az ilyen színképnek *vonalas abszorpciós színkép* a neve.

Legfontosabb az a felismerés, hogy a különböző atomok, ionok, molekulák fényes emissziós vagy sötét abszorpciós vonalai az illető gázhalmazállapotú anyagra *jellemzőek*. Így tehát a színkép alapján felismerhetők, azonosíthatók és megadják a kémiai összetételt.

Milyen ezek után a csillag színképe? A csillagok színképére jellemző, hogy folytonos alapon sötét abszorpciós vonalakkal van megszakítva.

A csillagok ugyan gázhalmazállapotúak, de az ott uralkodó óriási nyomás és hőmérséklet miatt alapsugárzásukban folytonos színképet mutatnak. A folytonos színképben jelentkező sötét vonalak, melyeket a Nap színképében felfedezőjükről *Fraunhofer-féle* vonalaknak szokás nevezni, azt bizonyítják, hogy a Nap és csillagok külső rétegei alacsonyabb hőmérsékletű gázokat tartalmaznak. A csillag külső rétegét, mely a színkép sötét elnyelési vonalait okozza, *légkörnek* nevezzük; míg a folytonos alap színképet okozó réteg neve: *fotoszféra*. A színkép sötét vonalainak azonosítása alapján állapíthatjuk meg, hogy milyen elemek fordulnak elő a csillag légkörében. Sajnos, csak a külső réteg összetételét vagyunk képesek kísérletileg megállapítani és így a színképelemzés eredményei tulajdonképpen csak a csillag külső rétegére érvényesek.

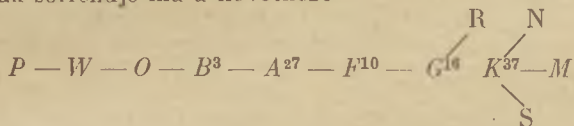
A megfigyelési anyag szaporodásával nagyon sok csillag színképe vált ismeretessé. Kiderült, hogy az eddig elmondottak a csillagok túlnyomó részére érvényesek. Akadnak ugyan merőben más színképet mutató csillagok is, pl. olyanok, melyeknél a folytonos alap hiányzik és csak fényes emissziós vonalak látszanak, vagy olyanok, melyben a folytonos alapszínképet fényes emissziós vonalak szakítják meg. Az ilyen csillagok, amelyeknél magas hőmérsékletű kitöréseket kell feltételezünk, számarányban a csillagok összességének egy százaléka alatt maradnak.

Az ismeretessé vált csillagszínképek óriási száma kényszerítőleg követelte, hogy valamilyen osztályozást, sorrendezést hajtsunk végre, olyan módon, hogy a hasonló fizikai szerkezetű csillagok közös csoportokba kerüljenek. Sajnos, a csillagszínképek nem jellemezhetők egy számmal, mint az eddig tárgyalt állapotjelzők. Meg kellett elégedni a csillagszínképek morfológiai sorrendezése alapján felállítható beosztással. A kívánság azonban az volt, hogy ez a morfológiai beosztás lehetőleg valamely fizikai mennyiség változásával legyen összefüggésben.

A csillagok színképének teljes osztályozását számos előzetes kísérlet után két amerikai csillagász, miss *Maury* és miss *Canon* fáradozásának köszönhetjük. Fáradhatatlan munkával *Henry Draper* katalógus negyedmillió csillagának színképét vizsgálták meg és ezen óriási feldolgozásnak eredményeképpen alakították ki a ma is használt színképosztályozást. A feldolgozás objektív prizmával készült, kis felbontású 150—300 Å/mm színkép alapján történt a 9 fényrendig. Ezt az alapvető statisztikai feldolgozást többször kiterjesztették, és ma az égbolt egyes válogatott területein 13 fényrendig 160 000 csillag színképét ismerjük, sőt a vatikáni és upsalai csillagdák munkája révén statisztikai adataink vannak 14 fényrendig.

Miss *Canon* a huszas évek elején fejezte be osztályozását, melyben a csillagok típusait latin nagybetűkkel jelölte. Az anyag átvizsgálása alkalmával kiderült, hogy fizikai tartalom adható a színképek csoportjainak, ha bizonyos vonalak jelentkezése és eltűnése sorrendjében csoportosítjuk őket és akkor a sorozat a fotoszféra csökkenő hőmérsékletének fog megfelelni. Ezzel alapvető fizikai tartalmat sikerült adni a csillagászati színképtípusok sorozatának. Innen ered, hogy a hőmérsékleti sorrend betartása érdekében az eleinte ábécé sorrendű betűjelölés összezavarodott és ma kusza képet mutat.

A betűk sorrendje ma a következő



A betűk fölé irt számok az előfordulás százalékát jelentik.

A csillagszínképek különböző osztályaira jellemző színképi tulajdonságokat a táblázat fejezi ki (VII. táblázat). A Canon-féle osztályozás fő sorozata, vagyis a B-től M-ig terjedő osztályok, a csillagok több mint 99%-át magukba foglalják. Pontosabb spektroszkópiai vizsgálatok az egyes osztályozásokon belül is további beosztást tesznek lehetővé. Ezt az osztály betűjele alá irt kis indexszámmal fejezik ki, mely 0-tól 9-ig terjed. Egy-egy színképosztály megállapítás átlagos hibája: $\pm 0,2$. Stellarstatisztikai vizsgálatok alapján tudjuk, hogy a Tejútrendszerben az F-től K-ig terjedő törpék a legszámosabbak, és ilyen színképet mutatnak a sok csillag átlagos színképét mutató extragalaktikák is.

13. A csillagok kémiai összetétele

Mint említettük, a csillagszínképben levő vonalak hullámhosszából a csillaglégkörben levő elemekre következtethetünk. Ezekre is csak akkor, ha az illető csillag légkörében olyanok a gerjesztési feltételek, hogy az elem optikailag hozzáférhető színképvonalai megjelennek.

A nagyszámú vizsgálat alapján mindazok az elemek, melyek a Földön ismeretesek, a kozmikus világban is fellelhetők. Viszont nem ismeretes egy olyan anyag sem, mely csak a csillagok világában fordulna

VII. táblázat

A csillagszínképek
Canon osztályozása

	Emisszió	Folytonos aláp	Ca (K)	He	O	II	Nehéz fémek	Titán- dioxid	Cián- vegyü- letek
O	Jellemző	A Wolf-Rayet f. csillagoknál hiányzik	0 ₅	0 ₅					
B			Erős	Domináló	B ₅ -ig feltűnő, azután csökken A ₀ -ig				
A			Erős			Feltűnő	Jelentkez- nek		
F			Erős Ca (H)			Gyengül, de még erős	A kis ionizációs potenciállal jelentkeznek		
G			Igen erős			Már nem dominál	Szaporodnak kis ion. pot.		
K		Az ibolya rész kezd gyengülni	Még erős			Tovább gyengül	Tovább erősödnek	K ₅ -től	
M	Mg, H	Az ibolya tovább gyengül	Gyengül				Nagyon erős	Ersőd- nek	
R	(H)	Csak vörös szín							HCN H ₂ CO ₃
N	(H)	Csak sötét-vörös							Erős

elő s a Földön nem. Ezért a világegyetem kémiai homogenitása mai természettudományi világgépünk lényeges motívuma.

Sokkal nehezebb feladat a csillagokban levő elemek mennyiségi arányszámát is megállapítani. A spektroszkópia ugyan a vonalerőségekből és szélességekből bizonyos mértékig meg tudja becsülni a vonalakat okozó elemek gyakoriságát, de ez csak a csillagok légkörére vonatkozik és nem tudjuk, hogy a csillagok belsejében milyen az elemek eloszlása. Akémiailag is analizálható meteoritok pedig valószínűleg nem tekinthetők a világegyetem átlagának jellemző reprezentánsaiul. Mégis, elméleti megfontolások és az intersztelláris anyagra vonatkozó megfigyelések alapján közelítő elképzelésünk van a periódusos rendszert alkotó elemek gyakoriságáról. Részünkre itt annyi elegendő, hogy az égitesteket alkotó anyag 55%-a hidrogén, 25%-a pedig hélium, a szén, nitrogén, oxigén és bárium további 15%-ot képez és a maradék 5%-on osztoznak a többi elemek. Ezen megfigyelési eredmények meggyőzően alátámasztják a csillagok energiatermelésére felállított, hidrogén-hélium α termokémiás reakció elmélet helyességét.

Elméleti szempontból nincs is szükségünk a pontos kémiai összetétel ismeretére. Hogy a termikus és energiaviszonyokat elméletileg leírassuk, figyelembe kell venni, hogy a csillagot alkotó minden elemi rész az összenergia bizonyos hányadát hordozza. Egy csillagot alkotó gázgömb összkinetikus energiája

$$U = \frac{1}{2} N \cdot m_p \cdot \mu \bar{v}^2$$

ahol U az összenergia, N a csillagot alkotó részecskék száma, m_p a hidrogénatom tömege, μ a csillag közepes molekulásúlya és \bar{v}^2 a csillagot alkotó részecskék sebességnégyzetének átlaga. A Boltzmann-féle összefüggés segítségével a részecskék mozgási energiáját összefüggésbe hozhatjuk az uralkodó hőmérséklettel

$$\frac{1}{2} \cdot m_p \mu \bar{v}^2 = \frac{3}{2} K \cdot T$$

ahol K a Boltzmann-féle állandó és T a csillag belsejének átlagos hőmérséklete. A fenti egyenletek képezik alapját a csillagok belső szerkezetére vonatkozó megfontolásoknak. Itt csak arra mutatunk rá, hogy ezekben a kémiai összetétel mint az átlagos molekulásúly jelenik meg. És ennek kiszámítása nem is okoz olyan nagy nehézséget annak ellenére, hogy a csillag mennyiségi kémiai összetétele csak közelítőleg ismeretes. A gázkinetikai elmélet szerint ugyanis a csillag minden önállóan mozgó részecskéje részt vesz az energiahordozásban. A csillagban uralkodó magas hőmérséklet következtében azonban az ott levő atomok teljesen ionizálva vannak, vagyis atommagokra és elektronokra estek szét. Az átlagos molekulásúlyt tehát az atommagok és elektronok keveréke alapján kell kiszámítani. Egy A atomsúlyú, Z rendszámú atomban Z számú elektron található és teljes ionizáció után $Z + 1$ számú elemi részre bomlik szét, (Egy atommag és Z elektron.) Az egy elemi részre eső „molekulásúly” tehát

$$\mu = \frac{A}{Z + 1} \text{ lesz.}$$

23.

Ha a fenti egyenletben Z és A helyébe a periódusos rendszer különböző atomjainak megfelelő adatokat helyettesítjük, azt kapjuk, hogy az átlagos molekulatömeg hidrogén esetén 0,50; hélium esetén 1,33 lesz és ezután litiumtól ($A = 7$; $Z = 3$) az uránig ($A = 238$; $Z = 92$) mindössze 1,75-től 2,56-ig változik. Így tehát a hidrogén és hélium kivételével, a periódusos rendszer elemeinek átlagos molekulatömege 2 körül van, függetlenül a figyelembe vett atomok minőségétől. Ezért az átlagos molekulatömeg becslésére nem szükséges a csillag pontos kémiai összetételét ismerni.

A csillag átlagos molekulatömege tehát lényegében csak a hidrogén és hélium mennyiségétől függ. Ha a csillag anyagának 1 grammjában X gramm hidrogén és Y gramm hélium van, akkor a többi elemek mennyisége $(1 - X - Y)$ és az átlagos molekulatömeg

$$\mu = \frac{2}{1 + 3X + 0,5Y} \quad 24.$$

Ha ebbe az egyenletbe a csillaglégtömbből ismert hidrogén ($X = 0,5$) és hélium ($Y = 0,4$) mennyiséget helyettesítjük, a csillag átlagos molekulatömegére 0,75-öt kapunk. Ez a közelítés a legtöbb elméleti számítás számára elegendő. Az átlagos molekulatömeg ismerete azért is fontos, mert a *Vogt—Russell*-féle tétel szerint a csillagok belső felépítése csak tömegüktől és az átlagos molekulatömegüktől függ.

14. Tapasztalati összefüggések a csillagok állapotjelzői között

Mint láttuk, az asztrofizika előszeretettel foglalkozik nagyszámú egyed megfigyelési anyagából levezetett középértékek és átlagok számításával. Erre azért is kényszerül, mert a súlyos megfigyelési nehézségek miatt, egyes csillagok állapotjelzői meglehetősen bizonytalanok lehetnek, és ezért célszerű sok csillagból levezetett átlagokat számítani, amely esetben az elkövethető hibák kiközepelődnek. A nagyszámú megfigyelési adat azonban nemcsak megbízható átlagértékekhez vezetett, hanem módot nyújtott néhány alapvető tapasztalati reláció felfedezésére, melyek segítségével olyan összefüggések birtokába juthatunk, melyek közelebb segítenek bennünket a csillagok belső felépítésének megértéséhez, vagy belőlük egyébként nehezen hozzáférhető állapotjelzőket állapíthatunk meg.

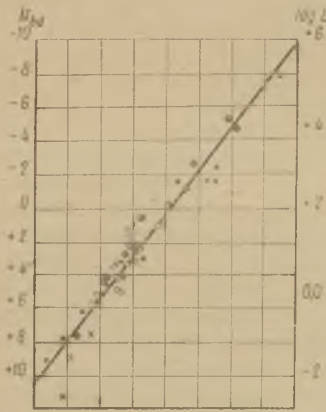
A színekép-osztály és abszolút fényesség közti összefüggés

1907-ben *Hertzsprung* észrevette, hogy a közepes és késői színekép-osztályok csillagai két csoportba sorolhatók, melyek közül az egyiknek magas, a másiknak alacsony az abszolút fényessége. Az abszolút fényességek közti különbség annál nagyobb, minél későbbi színekép-osztályról van szó. Hét évvel később, 1914-ben, *Russell* részletesebb vizsgálat alá vetette a Hertzsprung által talált összefüggést és megadta a jelenség szemléletes grafikus ábrázolását. Egy diagram vízszintes tengelyén a színekép-osztályokat tüntette fel, függőleges tengelyén pedig az abszolút fényrendet. Azt tapasztalta, hogy a csillagok nem egyenesen helyezkednek el a diagramban, hanem nagyjában két egyenes mentén,

séklet-beosztást a HRD-ban minőségi jellemzőnek tekinthetjük, mely megmutatja, hogy a csillag fő energiasugárzása milyen hullámhossz-tartományba esik. A függőleges tengely pedig a kisugárzott energia mennyiségét méri. Így tehát azt mondhatjuk, hogy a HRD a csillagok által kisugárzott energia minősége és mennyisége között állapít meg összefüggést.

A tömeg-fényesség összefüggés

Halm 1911-ben, majd Eddington 1919-ben elméleti úton fontos összefüggést állapított meg a csillagok tömege és abszolút fényessége között. Ez a két állapotjelző az abszolút fényrendet és a tömeg logaritmusát feltüntető diagramban lineáris összefüggést mutat.



-0.6 -0.3 0.0 +0.3 +0.6 +0.9 +1.2 +1.5 +1.8 $\log M$

- Vizuális kettősök trigonometriai parallaxisal
- Spektroszkópiai kettősök
- Fedési kettősök
- * Fehér törpék
- × Bizonytalan értékek

23. ábra. A tömeg-fényesség diagram

Russell és Moore részletekbe menő tömeg- és fényesség-meghatározásai nyomán, melyeket különböző kettős csillagok pályaelemeiből vezettek le, azt találták, hogy a csillagok túlnyomó részére érvényes a következő törvény

$$L = 0,7 M^{3,6} \quad 25.$$

A tömeg-sugár összefüggés

A tömeg-fényesség összefüggéshez hasonlóan a tapasztalati anyagból a tömegek és a csillag sugara közt is összefüggés állítható fel. Ennek alakja a következő:

$$R = 1,0 M^{0,7} \quad \text{a főág} \quad 26.$$

$$R = 0,6 M^{2,4} \quad \text{az óriás ág}$$

csillagaira vonatkoztatva (24. ábra).

A fenti két összefüggésből megkapjuk a csillag energiasugárzása és sugara közötti összefüggést is, melynek alakja

$$\text{a fő sorozatra nézve} \quad L = 0,7 R^{5,3} \quad \text{és} \quad 27.$$

$$\text{az óriás ágra} \quad L = 3,2 R^{1,5}$$

Ezek a legjobban megalapozott összefüggések a csillagok állapotjelzői között.

15. Összefoglalás

Az előző fejezetekben részletesen ismertettük azokat a módszereket, melyek a csillagok állapotjelzőinek meghatározására szolgálnak. Láttuk, hogy ez gyakran nem könnyű feladat, sokszor a közvetlen mérés nagy

VIII. táblázat

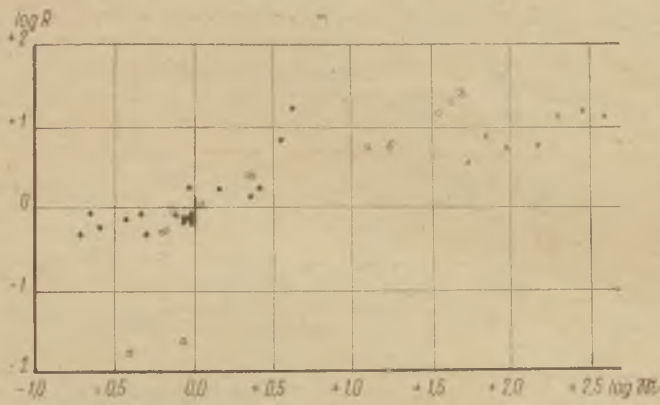
VIII. CSILLAGOK ÁLLAPOTJELZŐI

Sznkép-szám	Sznindex (4270/5570 A)	M ₀ Abszolút vizuális fényesség	M ₀ Abszolút bol- metriai fényesség	T ₀ Effektív hőmérséklet	T ₀ Sznhőmérséklet (hosszhullám)	T ₀ Sznhőmérséklet (rövidhullám)	R/R ₀ Sugar	mp/m ₀ Tömeg	ele ₀ Sűrűség	E/E ₀ Nehézségi gyorsulás
0	—	—	—	35 000	—	—	5,7	50	2,7 · 10 ⁻¹	1,54
B ₀	-0,23	3,5	7,5	25 000	23 500	33 000	6,9	15	4,5 · 10 ⁻²	0,32
B ₅	-0,15	3,2	5,9	15 500	18 500	24 000	4,3	6	7,7 · 10 ⁻²	0,32
A ₀	0,00	1,1	2,7	40 700	13 650	15 950	2,3	2,7	2,2 · 10 ⁻¹	0,51
A ₅	+0,22	2,3	2,0	8 530	9 700	11 300	1,6	1,8	4,4 · 10 ⁻¹	0,70
dF ₀	+0,42	3,0	2,9	7 500	8 050	8 700	1,4	1,5	5,5 · 10 ⁻¹	0,76
dF ₅	+0,55	0,6	0,6	7 500	8 050	8 700	1,0	2,5	3,9 · 10 ⁻²	0,156
gF ₅	+0,65	0,7	3,7	6 470	7 050	7 050	1,2	1,2	6,9 · 10 ⁻¹	0,83
dG ₀	+0,85	0,6	0,6	6 000	6 450	5 700	5,7	2,5	1,4 · 10 ⁻²	0,077
gG ₀	+0,85	0,6	4,5	5 200	6 450	5 700	1,0	1,0	1,0	1,0
dG ₅	+0,82	5,4	0,3	5 360	5 800	4 850	9,0	2,5	3,4 · 10 ⁻³	0,031
gG ₅	+1,12	0,5	5,4	4 620	5 900	4 850	0,87	0,8	1,21	1,06
dK ₀	+1,03	6,3	0,2	4 910	5 050	3 950	13,2	2,5	1,1 · 10 ⁻³	0,014
gK ₀	+1,37	0,4	0,1	4 230	4 600	3 700	0,80	0,7	1,87	1,09
dK ₅	+1,34	7,5	7,0	3 900	4 180	3 000	20,9	2,5	2,8 · 10 ⁻⁴	0,0057
gK ₅	+1,86	0,0	1,2	3 580	3 850	2 300	0,71	0,6	1,67	1,19
dM ₀	+1,69	8,9	8,2	3 500	—	—	39,9	2,5	3,9 · 10 ⁻⁵	0,0016
gM ₀	+2,06	0,2	1,7	3 400	3 400	—	0,55	0,5	2,94	1,65
dM ₅	—	12,3	11,0	2 950	—	—	55,5	2,5	1,5 · 10 ⁻⁵	0,00084
gM ₅	—	0,5	—	2 850	—	—	—	—	—	—

g az óriás, d a törpe ág csillagait jelenti.

nehézségekbe ütköznek, és ezért kerülő utakat és közvetett meghatározási módokat kell választani.

Hogyan állapítjuk meg ezek után egy csillag állapotjelzőit? Legszegényesebb eset, amikor csak a csillag látszó fényessége ismeretes. Ez minden esetben rendelkezésre áll, sőt ugyanennyire rendelkezhetünk a színindex-érték felett is, mely tulajdonképpen két fényességmérés különbsége, melyek közül az egyiket fotografikusan, a másikat pl. fotovizuálisan hajtjuk végre. Ha a csillag távolsága nem ismeretes,



- Vizuális kettős csillagok
- Spektroszkópikus kettős csillagok
- + Kettős csillagok a Hyádok halmazában
- × Trümpler csillagok
- Fehér törpék

24. ábra. A sugár és a tömeg közötti összefüggés

nem jutunk messzire. A színindex segítségével a 21. egyenlet alapján megkapjuk a csillag színhőmérsékletét, melyet jobb híján a csillag abszolút effektív hőmérsékletével veszünk azonosnak. Ezzel meg is akadtunk, mert minden további lépéshez valami módon a csillag távolságára is szükség van. Ha a csillag eléggé fényes, hogy színképi vizsgálatokat is végezhesünk rajta, a színképből valamennyire következtethetünk a csillag távolságára, vagy legalábbis azt tudjuk megállapítani, hogy az óriások vagy törpék közé tartozik. Ebben az esetben a HRD-ből megbecsülhetjük a csillag abszolút fényrendjét és ebből számíthatjuk tovább az állapotjelzőket.

Ha a csillag látszó fényességén kívül távolsága is ismeretes, a meghatározások a következőképpen sorakoznak: A látszó fényességből és távolságból a 13. egyenlet segítségével megkapjuk a csillag abszolút fényrendjét. A színképből vagy színindexből (ami a látszó fényességgel együtt áll rendelkezésre) a 20. egyenlet alapján megkapjuk a csillag színhőmérsékletét. A színhőmérséklet segítségével a bolometrikus korrekción (16.) keresztül megkapjuk az abszolút bolometrikus fény-

rendjét. Az abszolút bolometrikus fényrendből a 16. egyenlet segítségével kapjuk a csillag abszolút összszugárzását. A sugár megállapítására két utat is követhetünk. Egyrészt a 7. egyenlet szerint a hőmérséklet és abszolút fényrend segítségével; másrészt a 17. egyenlet alapján az összszugárzás és hőmérséklet segítségével számolhatjuk a csillag sugarát. Sajnos, a tömeg meghatározására magános csillag esetén csak a statisztikai tömeg-fényesség összefüggés (26.) áll rendelkezésre, de az ezáltal szolgáltatott átlagértéktől csillagunk egyéni értéke meglehetősen eltérhet. Az átlagos sűrűség és a gravitációs gyorsulás most már egyszerűen a definitív egyenletek alapján becsülhető. Általában nincs módunk a csillag tengelyforgását és mágneses terét megállapítani, ez csak az arra alkalmas esetekben a szinkép beható analízise alapján történhet. Kémiai összetétele is csak a szinképből határozható meg, de mint láttuk, a világegyetem kémiai homogenitása miatt ez minden csillagban nagyjában azonos. Láttuk, hogy a megfigyelhető adatok és az állapotjelzők között a legfontosabb kapocs a színhőmérséklet megállapítása a szinképből, vagy kevésbé pontosan, de általánosabban a színindexből. Ezért van a fotometriai sugárzásmérésnek és a színindexmérésnek olyan fontos szerepe, és ezért foglalkozik ezzel a kérdéssel annyit a csillagászati szakirodalom. Ha ugyanis a színindexből a csillag hőmérsékletét megismertük, akkor a sugárzási törvények alapján a csillag többi állapotjelzői már meghatározhatók.

Szerencsés esetekben egyes állapotjelzők közvetlenül is meghatározhatók. Ilyen pl. a csillag sugarának közvetlen mérése interferometrikus úton. Ez a módszer azonban csak néhány óriáscsillagra alkalmazható, melyeknek távolságát is ismerni kell. Továbbá a csillag összszugárzását is megmérhetjük bolometrikus úton. De ez a módszer a mérés érzéketlensége miatt csak néhány legfényesebb csillagon nyerhetett alkalmazást. Az abszolút sugárzási adatokból a 14. egyenlet szerint a csillag hőmérsékletére vagy sugarára következtethetünk, ha a távolságot ismerjük. Másrészt, ha spektrofotometriai mérésekből ismerjük a csillag energiahullámhossz görbéjét, a Planck-képlet (19.) alapján pontos hőmérséklet-értéket számolhatunk. Ugyancsak speciális esetben tudjuk a csillagok tömegeit meghatározni. Erre közvetlenül csak kettős csillagrendszerek esetében van lehetőség. Ide tartoznak azok a vizuális kettős csillagok, melyeknél a távolság és a két csillag közös tömegközéppontja ismeretes. Továbbá azok a fedési kettősök, melyek egyszersmind spektroszkópiai kettősök is. Az ilyen speciális csillagrendszerek adataiból merítjük minden tudásunkat a csillagok tömegére vonatkozólag. Tömegek közelítő becslésére felhasználhatjuk az Eddington-féle tömeg-fényesség relációt (25.).

Van néhány csillag, amelyeknek összes állapotjelzői közvetlenül meghatározhatók. Ezeket *Kuiper* nyomán a következőképpen csoportosíthatjuk:

a) vizuális kettős csillagok teljesen ismert pályaelemekkel. Nyilvánvaló, hogy a pályaelemek abszolút ismeretéhez a csillagok távolságát is ismernünk kell. A pályaelemekből ismeretesek a tömegek; a látszó fényrendből és távolságból az abszolút fényesség és a bolometrikus korrek-

ció figyelembevételével a bolometrikus fényesség és ebből a színekép segítségével a hőmérséklet és a sugár adódik.

b) Fedési kettős csillagok, melyek spektroszkópiai kettősök is. Ezek pályaelemei teljesen ismeretesek. Előny, hogy a csillag sugarát közvetlenül a fénygörbéből lehet megkapni. Hőmérséklet és összsugárzás hasonló módon számítható, mint előbb.

c) *Triumpler* speciális nagytömegű csillagai. Ezeknél a különálló nyílt halmazba tömörült csillagoknál a tömeget a relativisztikus vörös eltolódás alapján számították. A rendszer távolsága is ismeretes dinamikus parallaxis alapján. A többi állapotjelzőket a színeképalapján számolták.

Az ilyen módon közvetlenül mérhető állapotjelzőkkel rendelkező csillagok száma mindössze néhány tucat.

Ebből a felsorolásból is látható a kettős csillagok, különösen a fedési kettősök kitüntetett szerepe az állapotjelzők meghatározása szempontjából. Azt mondhatjuk, hogy a csillagok állapotjelzőire vonatkozó ismereteink tulajdonképpen a kettős csillagokon és a színeképi vizsgálatokon, ill. a színindexen nyugszanak.

Ezen vizsgálatok alapján ma már mindenképpen megbízható képünk van a csillagok állapotjelzőiről, úgyhogy ezen anyagrendszerek belső szerkezetének kutatása hitelt érdemlő alapokon történhet.

ALMÁR IVÁN:

MÉG EGYSZER A VÁLTOZÓ CSILLAGOKRÓL

Hosszabb lélegzetű ismeretterjesztő cikkek előszavában szinte kötelező a téma nagy gyakorlati vagy tudományos fontosságának bizonygatása. Nehéz ettől a hagyománytól eltérni különösen most, amikor egy nem túlságosan népszerű, bonyolult és távolról sem gyakorlati tárgykörrel való megismerkedésre hívjuk az olvasót. Valóban indokolandó még, hogy miért érdemes, sőt szükséges ismét a változó csillagokról írni, holott e kérdés magyar nyelvű irodalma elég gazdag már.

Az indokolásnak két oldala van. Egyrészt napjainkban világszerte fokozódott az érdeklődés a változó csillagok iránt, mert — mint *Ledoux* belga csillagász írja — „legalapvetőbb jellegét tekintve a probléma szorosban kapcsolódik a csillagok belső szerkezetének és fejlődésének kérdéséhez, sőt tanulmányozása reményt nyújt arra nézve, hogy e téma lesz az előrehaladás legtermékenyebb forrása. A tapasztalt jelenségek nagy változatossága ezeknél a csillagoknál — teszi hozzá — rendkívül ösztönzően hat a megfigyelő csillagász találékonyságára és az elméleti csillagász képzelőerejére is.”

Kiegészíthetnénk még a fenti idézetet azzal, hogy a fényváltozások különböző típusainak vizsgálata segít nemcsak a *csillagok*, hanem általában a *csillagrendszer*ek szerkezetének és fejlődésének kutatásában is.

Ami a másik oldalt illeti, nem elhanyagolandó szempont az sem, hogy e témakörből meríti tárgyát a hazai kutatók legnagyobb része. Az 1956 nyarán megrendezett budapesti változócsillag-konferencia ismét bebizonyította, hogy az Intézet világviszonylatban is jelentős eredményeket elsősorban ezen a téren mutathat fel. Maguk az eredmények a nagyközönség számára hozzáférhetetlen, idegen nyelvű kiadványokban jelentek meg, s ismertetésük túlságosan messze vezetne. De az Évkönyv olvasóinak érzésem szerint tartozunk még a szűkszavú intézeti beszámolókon túl is egy olyan átfogó ismertetéssel, mely megadja az alapot a hazai kutatások irányának és céljainak megértéséhez. Ezt az adósságot szeretnénk a továbbiakban törleszteni.

Mielőtt a tényleges tárgyalásba belekezdenénk, valami általános szempontot kellene választanunk a bonyolult témakör áttekintéséhez. Mint hogy célunk közelebb kerülni az aktív csillagász gondolatvilágához, haladjunk abban a sorrendben, ahogy ő jut el a *probléma kiválasztásától a megfigyelések elvégzésén és értékelésén keresztül a végső, teoretikus következtetések megfogalmazásáig*. Ez az út, ha a csak szakembert érdekli

részletproblémáktól eltekintünk, bárki számára járható. Így kaphatunk leginkább reális képet az egész témaköréről, s egyben alapot a nemzetközi változócsillag-program — és a beleilleszkedő hazai kutatások — megértéséhez, helyes értékeléséhez.

Osztályozás, programkészítés

A tudatos, célszerűen átgondolt tudományos munka mindig a vizsgálandó anyag összeválogatásával kezdődik. Első teendők tehát a változó csillagok rendszeres áttekintése lesz, hogy az eszközeink megszabta határokon belül azután kijelölhessük a végrehajtandó programot.

A rendszerezés érdekében mindenekelőtt tisztázni kell a változó csillagok *fogalmát*. Egy hatvan év előtti német lexikon ezt még egyszerűen elintézhette, mondván: „Változó csillagoknak azokat az állócsillagokat nevezzük, melyek fényessége nem állandó, hanem változásoknak van alávetve.” Ez a meghatározás azonban ma már némi módosításra szorul. Amióta a csillagok spektrumát behatóbban tudják vizsgálni, kiderült, hogy *állandó fényű* csillagok színképe is mutathat szabályos vagy szabálytalan változásokat. Ingadozhat — és pedig jelentősen — a színképtípus, radiális sebesség, sőt a mágneses tér iránya és erőssége is. Ezek a csillagok, mint külön álló, kis csoport ugyan, de szintén a „változók” közé sorolandók. Nemesak fényesség, hanem színképi változók is vannak tehát — a változó csillagok első osztályozását ezzel el is végeztük már.

Még sokféle szempontból lehet és kell rendszerezni a változókat. Szükségessé teszi ezt már az idetartozó csillagok nagy száma és sokféle „egyénsége” is. Ma már szinte az a vélemény, hogy minden változó külön egyénség, melyet külön típusként kellene számon tartani.

Tulajdonképpen ez a tudományág is több száz éves múltra tekinthet vissza. Az első változót — egy fényes nóvát a Skorpió csillagképben — még i. e. 134-ben fedezték fel a kínaiak (ez az „új csillag” bírta rá Hipparchost az első csillagkatalógus készítésére); a Mira fényváltozásait 1596, az Algolét pedig 1667 óta ismerjük. Mégis a múlt század elején a változó csillagok listája még csak 11 objektumot tartalmazott. Száz év alatt a rendszeres keresés erősebb távcsővel 400 újabb változót eredményezett, s napjainkban — amikor a fényváltozások felkutatása általában „nagyüzemi” módszerekkel, fotografikusan történik — a fejlődés üteme szédületesen meggyorsult. Ma nagy nehézséget okoz a mintegy húszezer ismert változó nyilvántartása is, és valamennyi 10 magnitúdónál fényesebb csillagot megvizsgálták már a fényváltozás szempontjából. (Ezek közül 14 708 változó összes ismert adatát és teljes bibliográfiáját tartalmazza majd a Kukarkin—Parenago-féle általános katalógus második kiadása, mely két, 500 oldalas kötetben 1959-ben jelenik meg.)

Ilyen nagyszámú csillagnál külön gond már az egyes objektumok megkülönböztető elnevezése is. Néhány külön névvel, görög betűvel vagy számmal ellátott változó kivételével (például Algol, Mira, σ Sco, 12 Lac), jelölésre eleinte az R, S... Z nagybetűk valamelyikét és a

csillagkép rövidítését használták (pl. R Cyg). Később ez kevésnek bizonyult, ezért az újabban felfedezettek már két betűt kaptak (RR, RS... RZ, azután SS, ST... ZZ végül AA, AB-től QZ-ig), sőt egyes csillagképekben az így adódó 334 lehetőség kimerülése után bevezették a V335, V336... számozást is.

Az így létrejött jelölési rendszer bonyolult és mesterkéltnak ugyan, de ma még világszerte ezt használják. Nagyon halvány változóknál legcélszerűbb az égi koordinátákat vagy valamely katalógusban viselt számát megadni.

Végre rátérhetünk a változók, pontosabban a *fényességüket* változtató csillagok igazi osztályozására. A klasszifikáció legtermészetesebb, ha alapjául a fényváltozás *módját* (szabályos vagy szabálytalan, lassú vagy gyors stb.) választjuk. Ez azonban csak külsőséges, ideiglenes osztályozás, mely egy csoportba sorol teljesen különböző fajtájú objektumokat is. Márpedig végső fokon csak annak a rendszerezésnek van létjogosultsága, melynél két csillag akkor és csak akkor kerül ugyanazon címszó alá, ha a fényváltozás *oka* ugyanaz. Sajnos ma még messze vagyunk attól, hogy minden esetben meg tudjuk mondani, mi hozza létre a fényesség, színkép és radiális sebesség egyidejű változásait, de néhány fő csoportot azért már ezen az alapon is felállíthatunk. Ezek

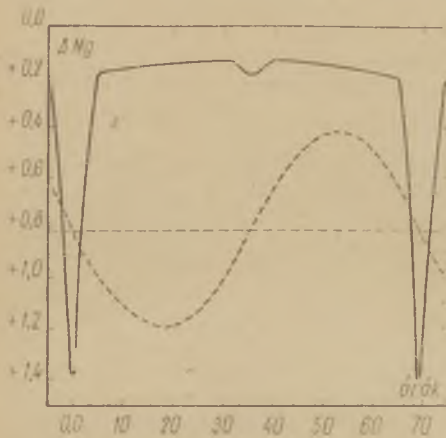
1. fedési
2. pulzáló (fősorozat) } változók
3. kitöréses
4. intersztelláris felhőhöz kapcsolódó és instabil csillagok.

Az első csoportot tulajdonképpen a kettős csillagok speciális esete, amikor a pályasík véletlenül merőleges „az égbolt síkjára”. Fényváltozás akkor lép fel, amikor keringés közben az egyik komponens eltakarja előlünk a másikat. (Meg kell azonban jegyeznünk, hogy újabban bizonyos jelenségek arra mutatnak, hogy még ennél a jól ismert „algoritmusnál is fellép valamiféle belső, fizikai eredetű fényváltozás.) Ezt a típust a továbbiakban nem fogjuk említeni, mivel lényegében *közönséges* kettős vagy többszörös csillagokról van szó. Elkülönítésük a fény és radiális sebesség-görbe alapján viszonylag könnyen lehetséges. (25. ábra.)

A változók második és egyben legnépesebb csoportját általában „*pulzáló csillagok*” vagy „*fősorozat*” néven foglalják össze. Közös sajátosságuk a fényváltozás többé-kevésbé szabályos, ciklikus jellegé, mely valószínűleg a csillag ritmikus pulzálásának (tágulás-összehúzódás) és az ezt kísérő effektív hőmérséklet-változásnak a következménye. Égyetlen kritériummal ezt az egész, heterogén típust jellemezni nem lehet, de az alábbi feltételek többsége a fősorozat valamennyi alcsoportjánál teljesül:

1. a periódus határozott,
2. a fénygörbe felszálló ága meredekebb, mint a leszálló,
3. a fénygörbe periodikusan ismétlődik,
4. a színkép, szín és radiális sebesség folytonosan változik,
5. az egyes alcsoportokra külön-külön periódus-fényesség és periódus-színképtípus összefüggés állítható fel.

Miután felsoroltuk az egész csoportot közösen jellemző (de nem száz százalékgig érvényes!) sajátosságokat, végezzük el az alcsoportokra bontást. Itt is legkézenfekvőbb a periódus hossza — vagyis két egymást

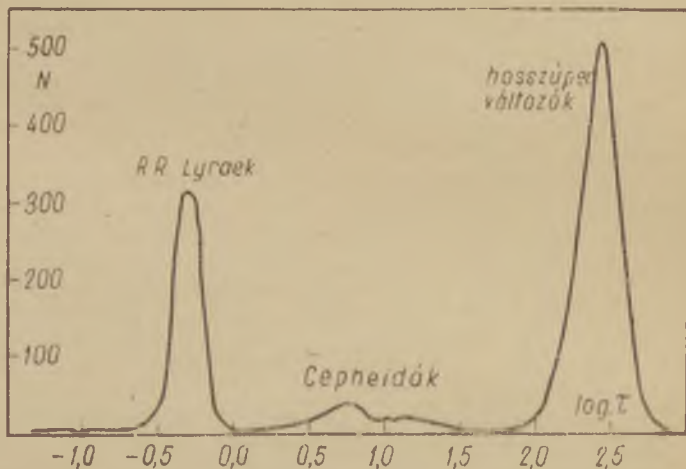


25. ábra. Az Algol fedési kettős fény- és radiális sebesség görbéje

követő maximum közt eltelt idő — szerint rendezni el az összes változókat. Azonnal fel fog tűnni, hogy bizonyos periódusok feltűnően gyakoriak. A fősorozat számára elkészített periódus-gyakoriság görbéről (26. ábra) azonnal három fő maximumot olvashatunk le a 0,5 nap, 5 nap és 280 nap körül. A maximumokat elválasztó intervallumokban a gyakoriság rohamosan fogy, így például a másfél napos periódus igen ritka.

A három gyakoriság-maximum körül tömörülő változókat egy-egy jellegzetes képviselőjükről rendre RR Lyrae, δ Cephei (vagy klasszi-

kus cepheida), illetve Mira típusúnak nevezzük. Bizonyítja e felosztás realitását az a körülmény, hogy éppen gyakoriság-minimum körül mutatják a fénygörbék a legnagyobb szabálytalanságot. Általában egy-egy típuson



26. ábra. Grafikus összefüggés, mely megadja, hogy a fősorozat változóinak egy adott P periódusnál milyen gyakoriak. N a változóik száma

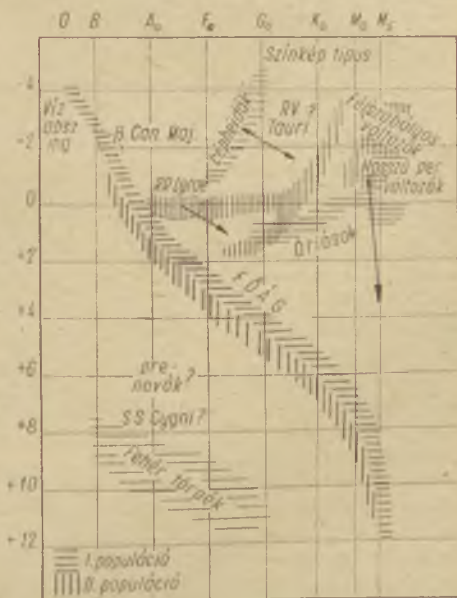
belül a fénygörbe növekvő periódussal egyre aszimmetrikusabb lesz; a „fordulat” ismét a szimmetria felé éppen a ritka periódusok környékén következik be.

A fénygörbe alakja, mint látjuk, fontos segítség a fősorozat alcsoportjainak megalkotásában. De hogyan lehet exaktul mérni ezt a mennyiséget? Általában a minimumtól maximumig eltelt idő és a periódus aránya jellemzi az aszimmetriát ($\frac{M-m}{P}$), kiegészítve még a fénygörbén esetleg fellépő púpoknak a minimumtól mért távolságával.

Az RR Lyraeknél háromféle fénygörbe-típust különböztetünk meg: „RRa” ha a széles minimumot meredek felszálló ág, éles maximum és lapos leszálló ág követi; „RRb” ha mindkét ág lapos és a fényesség minimumkor sem állandó; és „RRc” ha a fénygörbe szimmetrikus, szinuszos alakú. Leggyakoribb az RRa, legritkább az RRc forma, de a rövid periódusok felé ez válik uralkodóvá.

Önmagában a fénygörbe alakja és a periódus hossza itt sem elegendő az összes típusok elkülönítéséhez. Nyilvánvaló, hogy két azonos periódusú és hasonló fénygörbéjű változó az alapvető fizikai adatok (abszolút fényesség, hőmérséklet, nagyság stb.) szempontjából *előbb* még egészen különböző lehet. Megbízható osztályozást csak úgy kapunk, ha a változókat rendre elhelyezzük a hőmérsékletet (színképet) az abszolút fényességgel szembeállító ún. *Russell-diagramban* (26a ábra). Ha az előbbieken definiált alcsoportok helyileg itt is elkülönülnek, akkor valóban fizikailag is külön álló típusokról beszélhetünk. A diagramról egyben leolvasható, hogy ezek a változók a csillagvilág melyik osztályába tartoznak (óriások, törpék, szuperóriások stb.).

Az eredmény lényegében igazolta a fenti felosztást, amennyiben a fősorozat említett alcsoportjai a diagramon különböző ágak mentén helyezkednek el, s emellett megmutatta a helyzet teljes bonyolultságát. A három fő típus, az RR Lyraek, cepheidák és mirák ága mellett ugyanis újabb csoportokat



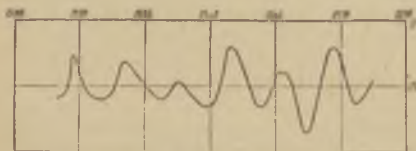
26a ábra. Az I. és II. populáció összesített sematikus Russell diagramja az összes változó típusok ágaival. A nyilak azt az irányt jelzik, amerre az illető ág változó fény- és hőmérséklet-ingadozásuk hőben elmozdulnak

is találunk a fősorozat változóinak környékén beta Canis Majoris, RV Tauri, illetve félszabályos és szabálytalan változók elnevezéssel. Milyen csillagok ezek? A Russell-diagramról annyit mindenesetre látunk már, hogy szintén különböző hőmérsékletű óriás, sőt szuperóriás csillagok. Jellemző sajátosságaik vázlatos felsorolását — az elsőnek említett három típussal együtt — az alábbiakban adjuk. Tartsuk szemmel a Russell-diagramot, és keressük meg az illető alcsoport helyét az ágak között. Ez a hely az égitestek fényesség- és színképváltozásai következtében a berajzolt nyilak irányában periodikusan oszcillál. A felsorolást a legrövidebb periódusnál kezdjük:

1. β Canis Majoris vagy β Cephei típus. A periódus mindössze 4–6 óra és elsősorban a radiális sebesség változik. (A fényesség-ingadozás csupán néhány század magnitúdó.) Színképtípus: B1–B3. Bonyolult spektrumváltozásaikra visszatérünk még. E típusba mindössze 11 fényes csillagot sorolnak.

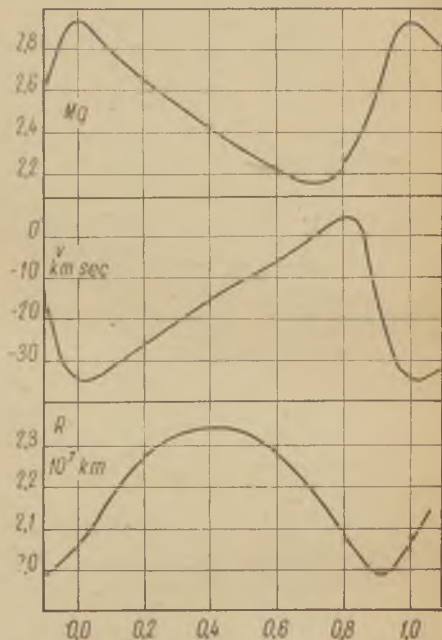
2. RR Lyrae típus. A periódus 0,06 és 1,5 nap közé esik, a maximum időpontja és magassága gyakran hosszabb periódussal ingadozik. Színképtípus A vagy F. Mivel legnagyobb részüket gömbhalmazokban találták, „halmazváltozóknak” is nevezik.

3. δ Cephei típus, cepheidák. Periódus 1,5 és 80 nap között. Tulajdonképpen nem egységes típus, a 9 és 28 nap körüli periódusok gyakorisága minimális. Igen fényes, szuperóriás csillagok, F–K színképpel. A típusuk fény- és radiális sebességgörbét — a pulzációelméletből adódó sugárváltozással együtt — a 27. ábrán mutatjuk be.



28. ábra. Az RV Tauri fénygörbéje

fényesség szintén változhat. Színképtípus: G–M.

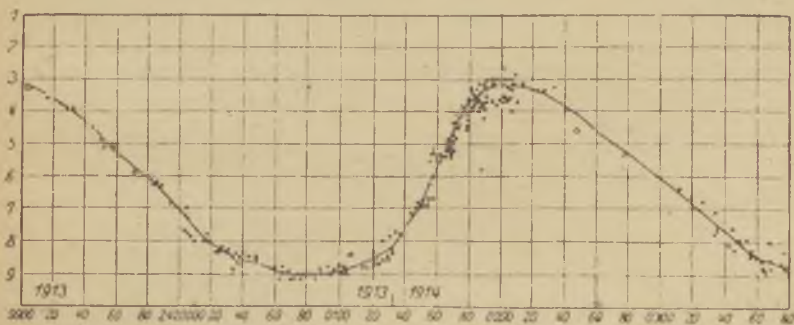


27. ábra. A δ Cephei fényesség, radiális sebesség és a pulzációelméletből adódó sugárváltozás görbéje

4. RV Tauri típus. Ritka, átmeneti csoport, 30 napnál hosszabb periódussal. Mély és lapos minimumok váltogatják egymást több-kevesebb szabályossággal (28. ábra). A közepes

5. o Ceti típus, *mirák*. Ez a leggyakoribb változó, az egy bizonyos határnál fényesebbek közül átlag minden harmadik ebbe a csoportba tartozik. Periódusuk hosszú (83 nap fölött, az eddig ismertek közül 1374 nap a leghosszabb), a fényváltozás amplitudója igen nagy. Fénygörbéjük szabályosan ismétlődik (29. ábra). Szuperóriás csillagok, csaknem kizárólag Me típusúak. Átlagos sugaruk a Nap sugarának 270-szerese!

6. *Félszabályos és szabálytalan változók*. Alacsony hőmérsékletű, fényes óriáscsillagok. A néhány száz napos periódus és a fénygörbe



29. ábra. A Mira (o Ceti) fénygörbéje

szabálytalan változásokat mutat. Többségük az M színképosztályhoz tartozik, ezeket μ Cephei csoportnak is nevezik.

A fősorozat változóinak áttekintése után térjünk vissza az eredeti osztályozásban „*kitörésesnek*” nevezett, harmadik csoporthoz. Hosszú ideig ide csak a közönséges nóvákat sorolták, és úgy képzelték, hogy az ilyen csillag fellángolása idején teljesen szétrobban. Ma már sok, viszonylag kis amplitudójú, visszatérő nóvát is ismerünk, s bebizonyosodott, hogy nóvák kitörésekor általában csak kisméretű anyagkiáramlás történik. Lényeges különbség viszont a pulzáló csillagokkal szemben, hogy a hirtelen fényváltozást hosszabb nyugalmi állapot követi. A Russell-diagramban elfoglalt helyzetük is igazolja, hogy ez a csoport az előzőtől fizikailag lényegesen különbözik, ugyanis fellángolás előtt és után e csillagok alighanem halvány törpék csupán. Felosztásuk:

1. *Szupernóvák*. Rendkívüli méretű fellángolás jellemzi, mely lassúbb, mint a közönséges nóváké, de az elért fényesség sokkal nagyobb. A kiváltó ok ismeretlen, de itt már a csillag teljes vagy részleges szétrobbanása sincs kizárva. Maximum körül 25 nap alatt átlagosan annyi energiát sugároznak szét, mint Napunk egymillió év folyamán. Tejútrendszerünkben az utóbbi ezer évben mindössze három volt látható, de az extragalaxisokban több mint ötvenet ismerünk már.

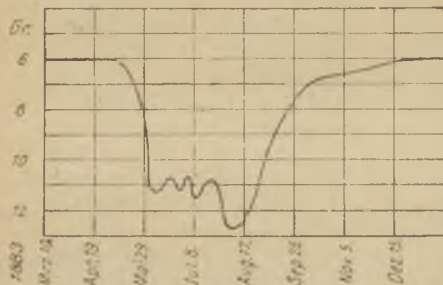
2. *Nóvák*. Maximum idején a fellángolás mintegy 10 magnitúdó. A fényességvesztés tempója szerint gyors és lassú nóvákat különböztetünk meg. Tejútrendszerünkben évente 1—2 nóva figyelhető meg.

3. *Visszatérő nógák.* Nóvaszerű változóknál eddig hat esetben sikerült újabb fellángolást, visszatérést megfigyelni. Két maximum között *Kukarkin* és *Paranago* szerint annál több idő telik el, mennél nagyobb a fényváltozás amplitudója. Ezen az alapon „jósolták meg” a *T Coronae Borealis* 1946-os fellángolását is.

4. *U Geminorum típus.* Halvány csillagok szabálytalan, gyors és lassú kitörésekkel. A fényváltozás csak 3 magnitudo körüli. Rokon alcsoportot képvisel az *SS Cygni* típus is.

A hátralevő típusokat, melyeket „*intersztelláris felhőhöz kapcsolódó és instabil csillagok*” néven foglaltunk össze, már nehezen lehetne egy-egy csoportnak tekinteni. Legfontosabb a *T Tauri* (vagy *RW Aurigae*) alcsoport, melynél a teljesen szabálytalan fényességingadozás valószínűleg közeli intersztelláris ködökkel függ össze. (Emissziós vonalak is fellépnek.) Halvány, törpe csillagok, többségük csillagtársulások (asszociációk) tagja.

Az *Orion* típus az előbbivel szoros rokonságban van. Több mint 200 képviselőjét az *Orion* ködben fedezték fel.



36. ábra. Az *R Coronae Borealis* fénygörbéje

Az *R Coronae Borealis* csillagok fényessége hosszú ideig állandó, de időnként váratlanul néhány magnitudoval csökken (36. ábra). Szintén intersztelláris anyagfelhőkkel áll kapcsolatban.

UV Ceti vagy *fler* csillagok. Az egyik legújabb változócsillag-típus. Néhány alacsony hőmérsékletű törpéből áll, melyek az átlagostól csak abban különböznek, hogy időnként néhány perc vagy másodperc alatt hirtelen fényességnövekedés lép fel. Ezt a típust a *T Tauri*val együtt „*nem stabil csillagok*” címszó alatt is tárgyalják. *Ambarcumjan* viszont a teljesen szabálytalan fénygörbéjű törpe (*T Tau*) és szuperóriás (μ Cep, *P Cyg*) változóknál a fényváltozás okát abban keresi, hogy ezek olyan fiatal csillagok, melyek még nem érték el az állandó sugárzáshoz szükséges nyugalmi állapotot.

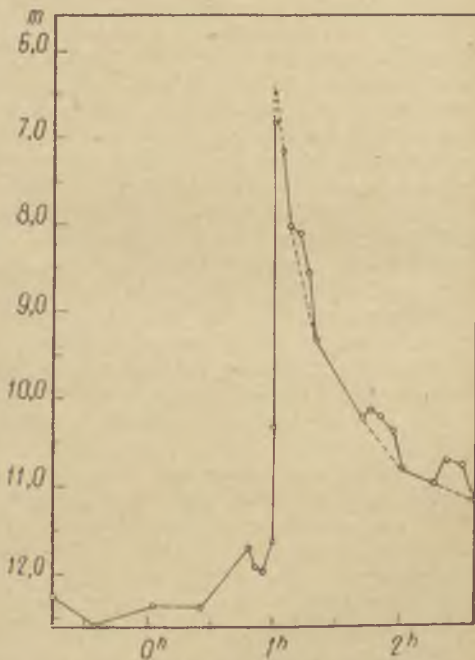
Befejeztük tehát a különböző változócsillag-típusok áttekintését. A választék, mint láttuk, elég bőséges, hiszen jóformán az egész Russell-diagram benépesült változókkal. Ismerve azt a rendkívül bonyolult mechanizmust, melynek a csillag egyenletes sugárzását biztosítani kell, a nem stabil csillagok nagy számán nem is lehet csodálkozni. A csillagász tehát kiválaszthatja a műszerének és érdeklődési körének leginkább megfelelő típust, és a program alaposan átgondolt összeállítását után áttér a legfontosabb mozzanatra, az anyaggyűjtésre.

A megfigyelések technikája és eredményei

Oskanian jugoszláv csillagász egy alkalommal az UV Ceti változónál rendkívüli fellángolást észlelt. A csillag fényessége a másodperc tört-része alatt 6 magnitudoval növekedett meg és villámgyorsan érte el a szabad szemmel láthatóság határát (31. ábra). Ez rendkívül ritka, váratlan jelenség, úgyhogy a megfigyelőt nyilván kivételes szerencse kísérte. Valójában Oskanian az UV Cetit, mint jellegzetes fler csillagot hosszabb ideje figyelemmel kísérte már, vagyis a kétségtelenül érdekes eredmény mögött itt is fáradságos munka húzódott meg. A gazdag megfigyelési anyag gyűjtése ezen a területen is csaknem elengedhetetlen követelmény. De hogyan?

A változó csillagok észlelése elsősorban fényesség és színkép-mérésekből tevődik össze. Spektrálanalízisre természetesen csak akkor kerülhet sor, ha a csillag elég fényes. A színképtípus megállapítása kis diszperzió esetén is elvégezhető, de a radiális sebesség, mágneses tér stb. méréséhez részletes spektrumra van szükség. Sajnos, a nagy diszperzió óriási távcsövet és kitűnő színképberendezést kíván, amilyenrel a kisebb csillagvizsgálók zöme még nem rendelkezik.

Többféle, viszonylag egyszerű eljárást ismerünk viszont a változó fénygörbéinek meghatározására. Rögzíthetjük a fényességet szemmel (vizuális), fényképlemezzel (fotografikus), vagy a fotocellák útján elektromos árammá alakítva galvanométerrel (fotoelektromos eljárás). Természetesen legegyszerűbb és éppen ezért amatőrök között legelterjedtebb a vizuális becslés. (Az eljárás ismertetése több ismeretterjesztő cikkben megtalálható.) Különösen hosszúperiódusú szabályos és szabálytalan változóknál alkalmazzák sikerrel, de jól példázza e módszer előnyeit az UV Ceti említett fellángolása is, hiszen fotografikus észlelés esetén Oskanian éppen a jelenség gyors lefolyását veszítette volna szem elől.



31. ábra. Az UV Ceti fler csillag egyik hitörése

Nem kétséges viszont, hogy a tárgyilagos, bármikor kiértékelhető fényképlemez is számos előnnyel rendelkezik a vizuális becsléssel vagy ékfotométerrel szemben. Nemcsak arról van szó, hogy a fényképezés általában megbízhatóbb és kényelmesebb, hanem speciálisan a változó csillagok megfigyelésénél ez az objektivitás különösen fontos. Ha egybevetjük egy rövidperiódusú változó vizuális és fotografikus fénygörbéit, gyakran meglepve tapasztaljuk, hogy a szórás a közepes érték körül az utóbbinál nagyobbak látszik. Talán szemünk megbízhatóbb, mint a fényképlemez és a kimérésnél használt fotométer együttvéve? Valójában az, hogy a vizuális fénygörbék szórása kicsi, csak látszólagos. A megfigyelő ugyanis elkerülhetetlenül emlékszik még az előző becslésnél kapott értékre, és ettől a következőkben sem kíván jelentősen eltérni. Ezért a vizuális fénygörbék külön-külön rendszerint nagyon szépek, de két független megfigyelő egy RR Lyrae-csillag ugyanazon maximumáról gyakran teljesen ellentétes eredményeket kap. Hosszúperiódusú változóknál a hiba a dolog természete szerint kevésbé jelentkezik, ezért ezen a területen a vizuális becslést mással pótolni nem érdemes. A megbízhatóság természetesen nagyon erősen függ az észlelő személy ügyességétől, rátermettségétől is.

Ezzel szemben a fotografikus munka személytelen jellegű. Ha a programon sok összetartozó rövidperiódusú változó vizsgálata szerepel (gömbhalmazok), e módszer előnyeit nem lehet elvitatni. Ilyenkor egyetlen felvétellel több tucat csillag fényességét rögzíthetjük fénygörbéjük egy bizonyos szakaszában. Külön álló csillagokról egyszerűség kedvéért egyetlen lemezre 20—30 felvétel is készülhet, csak minden exponálás előtt a kazettát néhány milliméterrel gyorsan odébb kell tolni.

S mi az eredmény? Ha észlelés közben, tegyük fel, 16 elmozdítás történt, akkor minden csillag helyén 17 pontból álló pontsort találunk. A párhuzamos pontsorok legelső felvételei nyilván az észlelés kezdetekor, egyidejűleg készültek, a másodikak például négy perccel később, de szintén egyidejűleg stb. A változó fényességét a 2. felvétel idején úgy kapjuk meg, hogy pontsorának 2. pontját összehasonlítjuk a lemezen néhány közeli, állandó fényességű csillag pontsorának megfelelő, 2. pontjával. Az összehasonlítás történhet egyszerűen szemmel becsülve, vagy fotométer-mérések segítségével. Lényegében mindkét esetben azt vizsgáljuk, hogy milyen hagytó sötétebb nyomot a lemezen. Ezt a „sötétedést” az összehasonlító állandó fényességű csillagok valódi fényességének pontos ismeretében azután már aránylag könnyű magnitúdóra átszámolni. Az összehasonlító fényességét többnyire a Pólus környéki, igen gondosan kimért csillagok segítségével határozzák meg.

Milyen pontos ez az eljárás? Jó felvételeknél, amikor azt mérjük, hogy a változó mekkora feketedést hozott létre, a hiba átlagban 0,09 mg. Ez az érték az összehasonlító mérésekor fellépő hibákkal együtt fotografikus magnitúdóban 0,11—0,15 mg-ra nő. Nem pontszerű, extrafokált felvételeknél a hiba csak 0,08 mg körüli.

Mint látjuk, a fotografikus módszer nem túlságosan pontos. A fénygörbén fellépő gyors alakváltozások, púpok vizsgálata legcélszerűbben *fotoelektromosan* történhet, mert e módszer pontossága meghaladja

a 0,01 magnitúdót. A jelenleg Budapesten is használatos elektron-sokszorozó berendezésnél a galvanométer-leolvasást még az észlelő végzi, de több helyen használnak már félig vagy teljesen automatizált berendezéseket is. Ez utóbbiaknál a műszer kitérését önműködő berendezés regisztrálja, sőt van már olyan táveső is, ahol minden munka — beleértve a változó pontos nyomonkövetését, a vezetést is — automatizálva van.

Nálunk az észlelést még ketten végzik. Az obszervátor gyors egymásutánban a fonálkereszt közepére viszi a változót, illetve a kiválasztott állandó fényességű összehasonlítót (közben néhányszor mérve az égi háttér fényességét is), társa pedig jegyzi a galvanométer kitérését. Itt már észlelés közben, egyszerű kivonások elvégzése árán követhetjük a fényváltozás menetét — szemben a fotografikus módszerrel, ahol csak a lemez előhívása után derül ki, milyen sikerrel észleltünk. A fotoelektromos munka nagyobb pontosságát és objektivitását azonban némileg ellensúlyozza az a körülmény, hogy csak kifogástalanul tiszta időben, külön álló és viszonylag fényes csillagoknál alkalmazható.

A megfigyelés eszközeinek és módszereinek vázlatos áttekintése után most az *észlelési eredmények* összefoglalásának kellene következnie. Ez azonban a rendkívül szerteágazó és gazdag anyagra való tekintettel szinte lehetetlen. Inkább csak az elméleti interpretáció szempontjából is jelentős újabb eredmények ismertetésére szorítkozunk, de még így sem ígérhetjük, hogy ezek közül *valamennyi* szerepelni fog.

Kezdjük ismét a ritka, de az asztrofizikai irodalom lapjain annál gyakrabban jelentkező β *Canis Majoris* típusal. Mivel ez esetben fényes, többnyire szabad szemmel is látható csillagokról van szó, a részletes spektrálanalízisnek nincs akadálya. Frost már 1902-ben felfedezte, hogy a β Cephéi radiális sebessége $4^h 34^m 11^s$ -es periódussal és 34 km/sec amplitudóval ingadozik, míg a csillag fényváltozását 1913-ban észlelték először. A β Cephéi feltűnő, de nem legjellegzetesebb tagja e kis csoportnak, mert vonalprofil-változást nem mutat. Általában a radiális sebesség-görbékénél két közel egyenlő, rövid periódusú rezgést találtak, melyek hol gyengítve, hol erősítve egymást olyan „lebegést” hoznak létre, melynek periódusa 7—49 nap. Ilyen lebegés egyes RR Lyrae-knél is fellép, legalábbis a fénygörbék elemzése erre mutat, de a másik összetevődő rövid periódust ezeknél nem lehetett kimutatni. A β CMA típus jellegzetes képviselőinél viszont a színekvonalak alakja, szélessége éppen a keresett második periódussal változik, ami megkönnyíti a helyzet tisztázását. A BW Vul és σ Sco esetében a radiális sebesség-görbe leszálló ágán a vonalak rövid időre felhasadnak. Ezt a jelenséget csak gyors egymásutánban (8—10 percenként) készített színekpek segítségével sikerült Struve-nak, McNamaranak és Su-Shu Huang-nak felfedeznie, mert hosszabb expozíciós idő esetén a vonalak összemosódnak. Várható, hogy néhány más esetben is a tapasztalt vonalkiszélesedés rövid ideig tartó kettőződést takar. A σ Sco-nál különben a közepes radiális sebesség is ingadozik, ami arra mutat, hogy itt kettős csillaggal van dolgunk.

A fénygörbék vizsgálata sok új eredményt nem hozott. *Jaeger* fotoelektromos úton bebizonyította, hogy — noha a fényváltozás amplitudója

csak néhány századmagnitúdó — a radiális sebesség-változás periódusait a fény-, sőt a színindex görbében is ki lehet mutatni. Miután tudjuk, hogy a β CMA típus kivétel nélkül a B1—B3 színképosztályhoz tartozik, és galaktikus szélességük abszolút értéke általában 8 foknál nagyobb, Jager az ezen kritériumokat teljesítő csillagok között rendszeres kutatásokat végez új változók felfedezése érdekében.

A legújabb kutatások érdekes eredménye a

$$M = -10 - 9 \cdot \log P$$

képlettel leírható összefüggés e változók fő periódusa (P) és abszolút fényessége között, melyet Blaauw és Savedoff mindössze 6 változó alapján vezetett le. Ugyancsak néhány év óta ismeretes a van Hoof-effektusnak nevezett jelenség, mely abban mutatkozik meg, hogy a hidrogén-vonalak alapján mért radiális sebesség-görbe nem egyezik meg azzal, amelyet más elemek segítségével nyertek.

Nehéz áttekinthetően összefoglalni a β CNa típussal kapcsolatos megfigyelési eredményeket, de a sokféle érdekes jelenség magyarázata még sokkal nehezebb. A különböző, egymással gyakran élesen szembenálló elméletekre visszatérünk még.

Az RR Lyraek vizsgálata köréből mindenekelőtt az intézetünkben Detre László igazgató vezetésével végzett munka eredményeit kell ismertetnünk. A 16 cm-es asztrográfon 1935 óta folyik a „szabad” (gömbhalmazok kívüli) RR Lyraek észlelése, és újabban egyre nagyobb szerephez jutnak a fotoelektromos megfigyelések is. Detre 14 csillag tanulmányozása alapján kimutatta, hogy a periodikus fénygörbeváltozásokat mutató változók e második, „Blazsko periódus” (P_1) hossza szerint két csoportba oszthatók: ahol P_1 kisebb mint egy nap, és ahol sokkal hosszabb a P_0 főperiódusnál. A Blazsko-effektusnak is nevezett fénygörbeváltozás itt is legegésre mutat, de a szuperonálódó rezgések közül — mint említettük már — csak az egyik (tudniillik a főperiódus) jelentkezik önállóan. Több csillagnál találtak még hosszabb, akár több ezer napos periódusokat is (az RW Dra-nál már legalább öt rezgést ismerünk). Érdekes, hogy a P_1 periódushoz tartozó amplitudó változása — amennyiben egyáltalán kimutatható volt — csaknem pontosan a P_1 háromszorosának adódott (32. és 33. ábra).

Már önmagában is kozmogóniai érdekességű az a kérdés, hogy az RR Lyraek fénygörbéje és periódusa szigorúan periodikusan ingadozik-e, vagy a változásnak van az idővel egy irányban haladó, szekuláris tagja is. Önmagában, egy-egy RR Lyraenél ezt a kérdést természetesen nem lehet eldönteni (hiszen amit mi például szekuláris növekedésnek vélünk, lehet egy igen hosszú periódus növekvő ága is), de ha sok változót vizsgálunk, és ezek túlnyomó többségénél a periódus határozottan nő, akkor már joggal feltételezhető, hogy ez a fejlődés normális útja. Detre szerint valóban ez a helyzet, és a periódus növekedése évszázadonként átlagosan 2 másodperc. (Itt említjük meg, hogy noha a β CMA típusú csillagok kis száma erősen megnehezíti a szekuláris periódus-változások hasonló, statisztikus vizsgálatát, mégis e csoportban eddig

négy esetben találtak kifejezett periódus-növekedést, míg csökkenést egyszer sem sikerült kimutatni. A növekedés átlaga 1 másodperc évszázadonként.)

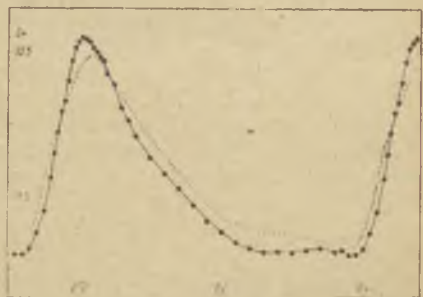
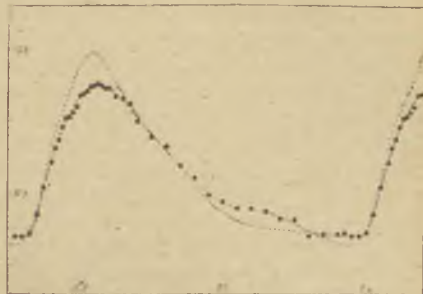
Az RR Lyrae maga annyira fényes, hogy szinképét alapos vizsgálat tárgyává lehetett tenni. Legérdekesebb talán az új eredmény, hogy e csillag erős mágneses térrel rendelkezik. A β CMa típusnál említett vonalkettőződést, a radiális sebesség-görbe leszálló ágának közepén, az RR Lyrae szinképének hidrogén vonalainál is megtalálták — a felhasadás mintegy 20 percig tart.

Áttérve a klasszikus cepheidákra, az utolsónak említett jelenség néhány esetben itt is kimutatható volt, éspedig először a W Virginis nevű, sok szempontból kivételes cepheida szinképében. Ennek periódusa 17 nap (már ez is szokatlan) és néhány társával együtt az RR Lyraek közeli rokonának számít. A vonalfelhasadás szintén maximum után lép fel; a vonalpárokon belül a komponensek intenzitásvisszonya gyorsan változik mindaddig, amíg a „rég”i vonal fokozatosan „elhalva” át nem adja helyét az újnak.

Az RR Lyraek és klasszikus cepheidák híres „periódus-abszolút fényesség” relációjával, mint fontos tapasztalati összefüggéssel, tulajdonképpen szintén foglalkoznunk kellene. Ez teszi lehetővé a csillagrendszerek távolságának mérését is, kimondván, hogy a változók egy bizonyos csoportján belül hosszabb periódushoz nagyobb abszolút fényesség tartozik. Részletezés helyett azonban csak az 1954-es Csillagászati évkönyv egyik cikkére utalunk.

Tovább lépve a fősorozatot mentén, a mirák és szabálytalan változók köréből még nehezebb kiemelni a fontos megfigyelési eredményeket. Talán leginkább még az az 1923-ból származó meglepetés említendő meg, mely szerint az α Ceti, vagyis maga a Mira, kettős csillag. Először Joy szinképi vizsgálatok alapján megjósolta, majd Aitken vizuálisan fel is fedezte a halvány kísérőt, mely egyébként szintén változó csillag.

1954-ben Walkernek sikerült bizonyos szempontból felülmúlnia ezt az érdekes eredményt kimutatván, hogy a DQ Her nevű 1934-ben



32. és 33. ábra. Egy RR Lyrae típusú változó (AR Her) fotografikus fénygörbéje a legegés periódus két különböző fázisában. A pontozott vonal a közepes fénygörbe

fellángolt *nóva* jelenleg igen rövid periódusú fedési kettős csillag! A periódus csak $4^h 39^m$ és az amplitudó 1,1 mg. Még nincs eldöntve az az érdekes kérdés, hogy a csillag vajon a nóvakitörés előtt is kettős volt-e?

Ezzel át is térünk már a kitöréses és egyéb típusú változókra. Közülük talán legérdekesebb, mert csak újabban került az érdeklődés előterébe, az „*instabil csillagok*” (T Tau, UV Cet típus és Herbig-Haro objektumok) csoportja. Az 1956 szeptemberében megrendezett bjurakani nemzetközi kollókviumon *Ambarcumjan* így foglalta össze az eredményeket: ezeket a fiatal égitesteket szabálytalan fényváltozás (sztochasztikus folyamatokról lenne szó?) és emissziós vonalak jelenléte jellemzi, általában intersztelláris ködökhöz kapcsolódnak, illetve láncokat alkotnak. A T Tau és UV Cet (fler csillag) típust említettük már, a Herbig-Haro objektumokat viszont még nem. Haro nemrég az Orion ködben a trapéz 5 négyzetfoknyi környezetében hét furcsa égitestet talált, melyek átmenetet képeznének a forró csillag és a hideg köd között. Érthető, hogy ezek a megfigyelések elméleti-kozmozgóniai szempontból is felmérhetetlen jelentőségűek.

Valóban, mint láttuk, gyakran a felfedezés maga — minden teoretikus interpretáció nélkül is — nagyszerű siker, és a különböző hipotézisek nem mindig visznek közelebb a jelenség megértéséhez. Ezen a területen kétségkívül a megfigyelés a legfontosabb, mert ez adja minden elmélet alapját és egyben ellenőrző próbáját is. A tapasztalatok sokrétűsége az elméleti munkát nagyban megnehezíti, és egy-egy új eredmény gyakran itt is a hipotézisek járványszerű elhullására vezet. Mégis vegyünk sorra legalább néhány kiragadott teoretikus elképzelést, mely megalapozottságával vagy eredetiségével kitűnik a többi közül.

A változás okairól

Magától értetődik, hogy az elméletek zöme arra a nehéz kérdésre keresi a választ, hogy milyen okra vagy okokra vezethető vissza e csillagok fény- és színképváltozása. A β CMA típusnál, ahol a helyzet bonyolultsága különösen szembetűnő, az ellentmondó elméleteknek se szeri, se száma. Minthogy láthatatlan kísérők vagy egyszerű radiális pulzáció feltételezése önmagában nyilván nem elegendő, *Otto Struve* összetett munkahipotézist dolgozott ki. Eszerint a csillag felületéhez közel, 4—6 órás periódussal kistömegű, sűrű kísérő kering; ugyanakkor tőle függetlenül létezik és a tengelyforgással együtt állandóan körbe-vándorol egy nagy kiterjedésű folt (protuberancia-mező?) a változó felszínén. A radiális sebesség-görbében jelentkező két rövid periódus egyike a kísérőé, másik a rotációból adódik. A kétféle hatás szuperpozíciója hozza létre a hosszúperiódusú rezgést. A vonalkontúrok *folytonos* változásáért ez az elmélet a fel-feltűnő foltot teszi felelőssé, mert valahányszor ez felénk fordul, a rá jellemző keskeny, sötét vonalak jutnak uralkodó szerephez.

A vonalfelhasadás jelensége, melyet először a BW Vulpeculae-nél észleltek, teljesen újszerű munkahipotézisek felállítására vezetett. *Olgers* szerint e csillagok fotoszférája szabályos időközönként gázburkot

dob ki magából. A rétegek repülési ideje és a kidobások periódusa nem mindig egyezik meg egymással, ezért előfordulhat, hogy valamely csillagnál a kidobott gázanyag visszaesés közben találkozik a következő, felfelé repülő burokkal. Ezek nem ütköznek össze, csak áthaladnak egymáson, de közben valamennyi vonalnál kétféle radiális sebességet fogunk észlelni.

Ez a hipotézis sem tökéletesen meggyőző, sőt még a fénygörbén fellépő lebegés jelenségét sem magyarázza meg. De ne is várjunk azonnal tökéletes elméletet ennél a ritka típusnál, ahol a fény és színkép-változások hallatlanul bonyolultak, és szinte minden csillagnál más és más a helyzet. Mégis a csoport 11 változója máris annyi megfigyelési anyagot adott az elméleti kutatások számára, hogy érdemes megkísérelni hipotézisek felállítását. S a teoretikusok éltek is ezzel a lehetőséggel, ezért kellett a β CMa típusal — a „hagyományoktól” eltérően — viszonylag hosszabban foglalkoznunk.

A rövid- és hosszúperiódusú *cephheidáknál* tapasztalt jelenségeket eleinte a változónak egy láthatatlan fősillag körüli keringésével kívánták magyarázni. A kettős csillag hipotézis azonban hamar teret vesztett, mert Shapley már 1914-ben kimutatta, hogy ebben az esetben a „pálya” a fősillag belsejébe esne. Ha ezenkívül tekintetbe vesszük a tapasztalt folytonos színképváltozást, valamint a szigorú periódus-fényesség relációt, valamilyen belső, fizikai ok feltételezése elkerülhetetlenné válik. *Eddington* ezért kidolgozta a sugárirányú ritmikus rezgések (radiális pulzáció) elméletét. A pulzáció radiális voltát (gömbszimmetriáját) azért kell feltenni, mert a fénygörbék alakja kizárólag a periódustól — nem pedig valamiféle forgástengely állásától — függ.

Az elméletből következik, hogy a közepes sűrűség négyzetgyöke és a periódus egymással fordítva arányos. Ez a *cephheidáknál* megegyezik a tapasztalattal, de önmagában nem elég a pulzáció-elmélet igazolására. Ezért *Buade* és *Bottlinger* már 1926-ban javasoltak egy módszert, melylyel — azt több csillagnál végrehajtva — a hipotézist be lehetne bizonyítani. Tudjuk ugyanis, hogy a radiális sebesség-görbe ismeretében az $R - R_{\min}$ függvényt — mennyivel nagyobb a csillag pillanatnyi sugara a minimálisnál — integrálással megkaphatjuk. Az R/R_{\min} függvényhez viszont más úton juthatunk el. Ha ismerjük az összfényesség és valamilyen színképi hőmérsékletmérés segítségével a felületi fényesség változását a pulzáció során, akkor két adatból kiszámítható, hogy hány-szorosa kell a felületnek növekednie ahhoz, hogy az ismert mértékben megváltozott felületi fényesség a szintén ismert összfényességet szolgáltatassa. A felületnövekedésből az R/R_{\min} sugárnövekedés egyszerűen adódik. Az R/R_{\min} és $R - R_{\min}$ görbéknek viszont — ha az elmélet igaz — fázisban meg kell egyezniök és meghatározható belőlük a csillag minimális sugara is. *Becker*, aki 1940-ben a sugárzási hőmérséklet alkalmazásával a módszert tovább javította, a *cephheidák* sugarára elfogadható értékeket kapott (10—150 napradiusz).

Ami az RR Lyraeket illeti, itt a tapasztalt periódus és fénygörbe-változások magyarázata okoz elsősorban nehézséget. *Detre* kimutatta, hogy a lebegést két felrezgés egyszerű-lineáris összegeződése nem hoz-

hatja létre. Talán gyors rotáció, vagy a légkörben fellépő nem adiabatikus folyamatok feltételezése segít. *Struve, Sanford* és *Abt* elmélete szerint itt is, mint a β CMa típusnál, szabályos időközönként lökéshullámok jelentkeznek, és keveredésük hozza létre a lebegést.

A *kitöréses változók* nagy részénél nyilvánvaló, hogy a hirtelen fényességnövekedés gázburkok egyidejű, robbanásszerű kidobásával jár együtt. Amikorra a csillag nyugalmi állapotába visszatér, a kidobott gázfelhőt többnyire már közvetlenül is meg lehet figyelni.

A többi típusnál a tapasztalt jelenségek okait még kevésbé ismerjük. Ambarcumjan a *T Tauri* alcsoport esetében felteszi, hogy az emissziót a csillag mágneses terében felgyorsult relativisztikus elektronok okozzák. Ezek a fotoszférán át befelé törve emisszió kíséretében lassulnak le. Ugyancsak Ambarcumjan említi azt a kissé fantasztikus elméletet is, mely szerint a törpe T Tau csillagok energiafelszabadulását valamiféle „csillagállapot előtti” (protostelláris) ősananyag felszínre jutása biztosítja.

Ezzel az elméletek ismertetését be is fejeztük. Ebben a részben a válogatás még a megelőzőknél is önkényesebb volt, és távolról sem tartunk igényt valamiféle teljességre. A hipotézisek igazi, helyes értékelését majd csak az elkövetkezendő évtizedek fogják elvégezni.

Galaktikák szerkezetének vizsgálata változó csillagok segítségével

(Befejezés)

Mindaz, amit idáig elmondottunk, lényegében „a” változó csillagra mint egyéniségre vonatkozott. Kezdtük osztályba-sorolásának kritériumaival, folytattuk a megfigyelés — tudniillik az *egyes* változó megfigyelésének — módszereivel és eredményeivel, végül sorra vettük a magyarázó elméleteket. De a röviden említett periódus—abszolút fényesség összefüggéseken kívül, egy-egy változócsillag-típusról, mint tanulmányozandó *egységről* még nem esett szó. A Tejútrendszerek szerkezetének vizsgálatában pedig nem az egyes változóknak, hanem a felsorolt típusok egészének van nagy jelentősége. Ugyanis „a világ szerkezet és kor szerint különböző anyagi képződményeinek különböző típusú változó csillagok felelnek meg” — foglalja össze a lényegét *Kukarkin*, aki a változók térbeli eloszlását és mozgásviszonyait használta fel a Tejútrendszer szerkezetének tanulmányozására. Munkájából bennünket jelenleg nem annyira az eredmény, hanem az eszköz, tudniillik a változó típusok jellemző „morfológiai” sajátosságai érdekelnek.

Ismeretes, hogy *Baade* a csillagrendszereket Russell-diagramjuk alapján két osztályba sorolta: I. populáció a nyílthalmazok, spirálkarok, szabálytalan galaktikák; II. populáció a gömbthalmazok, galaxis magok és a nagysebességű csillagok rendszerének csillagvilága. A két populáció eltérő Russell-diagramját a 26a ábrán találjuk meg. Régóta foglalkoztatja a kutatókat, hogy hogyan lehetne az egyes változó típusok segítségével biztos kritériumot találni a populációs hovatartozás egyszerű eldöntésére. Minthogy az RR Lyrae a gömbthalmazokban és a

Tejútrendszer magjában koncentrálódnak, a klasszikus cepheidák viszont a spirálkarok mentén, kézenfekvő volt az előbbit a II., az utóbbit az I. populációra jellemző típusnak tekinteni. Kiderült azonban, hogy még a klasszikus cepheidák sem alkotnak egységes típust, mert körülbelül egyhatodik a II. populációhoz tartozik (a már említett W Virginis csillagok).

Nem lehet tipikus I. vagy II. populációs csoportnak tekinteni a novákat sem. Tejútrendszerünkben ugyanis főleg a fősík mentén fordulnak elő (ez az I. populációra jellemző), viszont a központi mag felé is erősen koncentrálódnak (ez viszont a II.-ra). De nem egységes ilyen szempontból a mira, RV Tau típus és a félszabályos és szabálytalan változók csoportja sem. (A T Tau változók viszont kétségtelenül mind az I. populációhoz tartoznak — erre mutat szoros kapcsolatuk az interstelláris ködökkel is.) Mindezek az eredmények Kukarkint arra indították, hogy egy átmeneti alrendszer bevezetésével a csillagvilágot ne két, hanem három osztályra ossza fel. A változó csillagok nagy jelentősége szerinte éppen abban rejlik, hogy jelentősen megkönnyítik az egyes alrendszerek széjjelválasztását. S hogy ez az osztályozás nem formális, hanem mély kozmogóniai tartalommal bír, azt számos alapvető felfedezés támasztja alá (például interstelláris por- és gázfelhők kizárólag I. populációs rendszerekben fordulnak elő).

Akár két populációra, akár három alrendszerre osztjuk a csillagvilágot (az átmeneti alrendszer léte fölötti vita még nincs lezárva), a klasszifikáció kétségtelenül nagy jelentőségű a csillagrendszerek szerkezetének és fejlődésének megismerése szempontjából. S a változó csillagok vizsgálata ebben a munkában is egyre előkelőbb szerephez jut.

KULIN GYÖRGY:

A MESTERSÉGES HOLDAK

A tavalyi Évkönyvben az űrhajózás kultúrtörténetéről olvashattunk. Megismerkedtünk az emberiség évezredek álmaival és fantasztikus elképzeléseivel. Sem a cikk írója, sem egyetlen olvasója nem gondolhattott arra, hogy ma már a mesterséges holdakról mint tényekről számolhatunk be.

1957. október 4-e örök emlékű dátuma lett a tudomány történetének: az emberi szellem diadalünnepe, a klasszikus orosz rakétatechnika szovjet betetőzése — az első komoly lépés az űrhajózás megvalósulása felé.

Mit adott volna Verne, Wells, Jókai és a többi nagy álmódó azért az élményért, amiben a ma emberének része van? Mikor érzjük el, hogy a ma embere tudatosan értékelni tudja ennek a napnak jelentőségét?

Az események oly gyorsan követik egymást, hogy még egy hetilap is könnyen elmaradhat az események mögött, hát még egy évkönyv? Nem is vállalkozhatunk arra, hogy a kérdés napi problémáival foglalkozzunk, inkább az elvi alapoknál maradunk. Ezen a téren is akad bőven mondanivaló, annak ellenére, hogy Newton és Laplace, valamint a többi nagy klasszikusok tisztázták már ezeket.

A körsebesség

Középiskolai tanulmányainkból tudjuk, hogy az erőhatások függetlenek egymástól. Ha egy testre két erő hat, melyek irányban és nagyságban különböznek, az eredő elmozdulás a két erő együttes hatásából tevődik össze. A földfelülettel párhuzamosan, vízszintesen eldobott test a kapott vízszintes irányú kezdősebesség hatására ebben az irányban mozogna tovább, éspedig a tehetetlenség törvénye értelmében nem csökkenő sebességgel. A testre azonban hat a Föld vonzóereje is és ennek megfelelő gyorsulással esik a Föld felé is. E két egymásra merőleges irányú elmozdulás eredője lesz a pálya, amiről azt tanultuk, hogy parabola. A valóságban ez a pályaalak nem parabola, hanem ellipszis, amint a későbbiekben látni fogjuk. Ha dobjuk a testet, vagy akár puskából vagy ágyúból lövünk is, a kezdeti vízszintes irány lehajlik és a test Földet ér. A gravitáció okozta esés mindig nagyobb, mint a vízszintes irányban megtett útszakaszra a földfelszín görbülete.

A kilőtt test útja csak akkor maradhatna a felszínnel mindig párhuzamos, ha a kezdeti vízszintes irányú sebesség oly nagy lenne, hogy az

egy másodpercre eső útszakaszra a földfelszín görbülete éppen akkora lenne, mint az esés mértéke.

Ilyen kezdősebesség esetén a kilőtt test útja állandóan párhuzamos maradna a Földdel, a pályaalak tehát kör lenne.

Eredményhez jutnánk ennek a sebességnek kiszámításában, ha ezen az alapon indulnánk el, de ez az eljárás nem mutatna rá a dolog mechanikai összefüggéseire.

Induljunk ki abból, hogy egy test körpályán kering a Föld körül. Egy ilyen szabadpályán mozgó test — eltekintve a légkörtől — nyilvánvalóan, minden üzemanyag nélkül örökké keringene, mint ahogyan a Hold is kering a Föld körül és a bolygók a Nap körül. Ez az állandó pálya két ellentétes erő hatására alakul ki, vagy helyesebben megfogalmazva, a gravitáció hatására kialakuló görbült pályán fellép egy reakcióerő — a centrifugális erő, mely a vonzóerővel nagyságban egyforma, de ellentétes irányú. Jelöljük a gravitációs erőt G -vel, a centrifugális erőt C -vel, akkor körpályán mozgó testre:

$$G = C$$

Az erők nagyságát is kifejezhetjük. A vonzóerő pontosan annyi, mint a test súlya, azaz $G = mg$, vagyis a tömeg és földi nehézségi gyorsulás szorzata.

A röptőerő is kifejezhető képletszerűen:

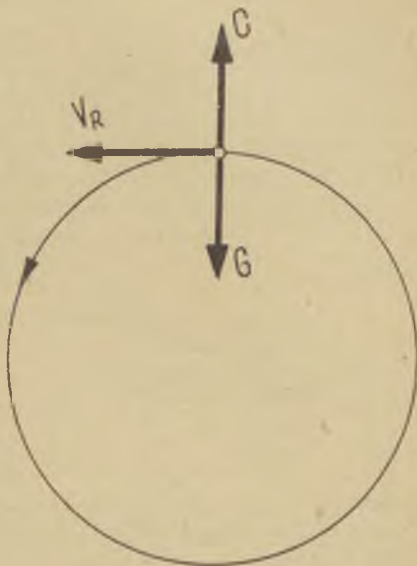
$$C = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

ahol v a test lineáris sebessége, R a pálya sugara. A Föld felszínéhez közel mozgó testre ez éppen a Föld sugarával egyenlő.

E két erő egyenlőségéből:

$$mg = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

Az első, amit kiolvashatunk az egyenlőségéből, az az, hogy a tömegtől független jelenségről van szó, mindegy tehát, hogy egy gramm vagy egy Hold nagyságú testről van-e szó, hiszen a tömeg kifejezése (m) mindkét oldalon szerepel.



34. ábra

De igen hasznos ez a képlet arra, hogy segítségével meghatározzuk a körsebességet:

$$v^2 = R \cdot g \quad \text{vagyis} \quad v = \sqrt{R \cdot g}$$

R helyébe a Föld sugarát, g helyébe a földi nehézségi gyorsulás értékét tesszük fizikai egységben, azaz cm-ben és cm/sec²-ben, úgy a sebességet is cm/sec-ban kapjuk.

A számítás eredményeként $v = 790\,400$ cm, azaz 7904 m = $7,9$ km/sec.

Módosul ez az érték, ha a vízszintes kilövés nem a felszínen, hanem a felszín fölött h magasságban történik. Ott már kisebb a nehézségi gyorsulás és kisebb lesz a körsebesség értéke is.

A testre ható gravitációs erő a felszín felett h magasságban a földközépponttól mért távolságok négyzetével lesz fordított arányban. A h magasságban a test súlyát P -vel jelölve:

$$P : G = (R + h)^2 : R^2$$

amiből:

$$P = G \frac{R^2}{(R + h)^2}$$

vagyis a h magasságban érvényes nehézségi gyorsulás: g_h a $P = mg_h$ és $G = mg$ összefüggések következtében így alakul:

$$g_h = g \frac{R^2}{(R + h)^2}$$

Ebből közvetlenül láthatjuk, ha pl. $h = R$, vagyis a test a felszín fölött földugárnnyira kering, ott a súlya a felszíni súlynak már csak negyede és ugyanígy negyede lesz a gyorsulás is a felszíni gyorsulásnak.

A körsebesség értéke is változik a magassággal, és pedig a h magasságban a felszínnel párhuzamosan indított test körsebessége:

$$V_h = \sqrt{(R + h) g_h} = V_h \sqrt{\frac{R}{R + h}}$$

ahol V_h a felszíni körsebességet, a $7,9$ km/sec-ot jelenti.

E képlet alapján a körsebesség 1000 km felszíni magasságban már csak $7,34$ km/sec. A Föld felett földugárnnyira csak $5,6$ km/sec.

Látjuk tehát, hogy az általánosan megszokott 8 km-es ($7,9$ helyett) kezdősebesség nem általános érvényű, mert a magasságtól függ. A Hold távolságában a Földre vonatkoztatott körsebesség csaknem pontosan 1 km/sec.

A körsebesség jellegzetessége, hogy iránya mindig merőleges a körpálya sugarára.

A körpálya megvalósítása gyakorlatilag szinte lehetetlen. Az indítási sebesség sokféle lehet és csakis egyetlen indítási sebességhez tartozhat körpálya. Ezenkívül még igen fontos az indítás iránya is. Ha az indítás iránya nem merőleges a Föld középpontja felé mutató irányra, máris nem lehetséges körpálya.

A gyakorlatban tehát az ideális körpálya létrehozása igen nagy nehézségekbe ütköznék, ha ugyan indokolt lenne egyáltalában ehhez a pályaalakhoz ragaszkodni.

Bármilyen kis értékkel vagy iránnyal térjünk is el a kritikus értéktől, a pályaalak már ellipszis lesz.

Az ellipszispálya jellemzői

A 35. sz. rajzunkon feltüntettük egy ellipszispálya mentén a sebességek irányát. Ezek mindig a pályaponthoz húzott érintő irányában fekszenek. Legyen a mozgásirány a nyíllal jelzett. Mindjárt észrevehetjük, hogy a vezérsugár és a sebesség alkotta szög a PA szakaszon nagyobb mint 90 fok, míg az AP szakaszon annál kisebb. Mindössze két olyan pontja van az ellipszisnek, ahol a vezérsugár és a sebesség iránya éppen 90 fokot zár be. E pontok közül a P a perigeum (földközeli) pont, A az apogeum (földtávol) pont. Ha a központi égitest nem a Föld, az elnevezés is más: a Napra vonatkoztatva perihélium és afélium, csillagra vonatkoztatva periasztron és apasztronról beszélünk.

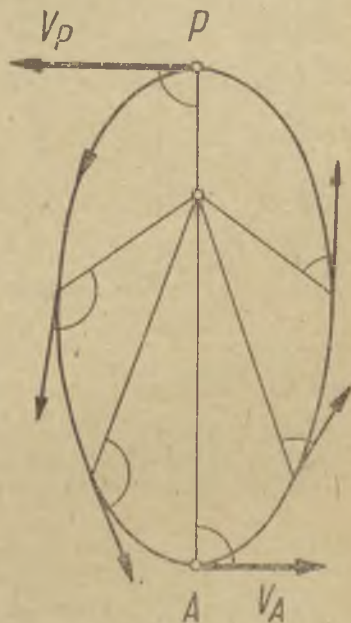
Ha a Föld a P ponthoz közelebbi fókuszpontban van és azt akarjuk, hogy a rajznak megfelelő ellipszis alakú pálya legyen az eredmény, az indítósebességet kellőképpen kell megválasztani.

Indíthatjuk a testet az ellipszis bármely pontjából, a rajz szerinti ellipszis létrejöhet, ha a sebesség nagyságát és irányát kellőképpen választjuk meg. Most már csak az a kérdés, hogy milyen legyen a sebesség nagysága és iránya?

36. sz. rajzunkon a nyilak nagyságával érzékeltetjük, hogy a pálya különböző pontjaiban a sebességeknek nemcsak az iránya, de nagysága is különböző. Legnagyobb a sebesség a pálya P pontjában és legkisebb az A pontban. A kistenhely végpontjaiban, a b pontokban a sebesség közepes értéket vesz fel.

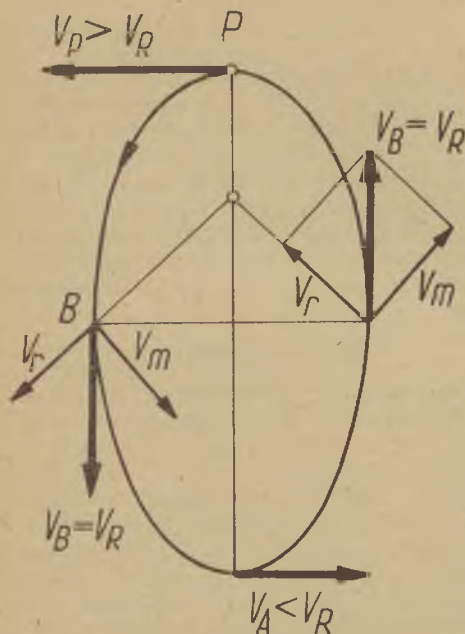
A P pontban indított testnek a Föld nehézségi erőtere ellenében el kell jutni az A pontig. A nehézségi erő ellenében végzett munka tehát tetemesen nagyobb lesz, mintha körpályán mozogna. Szükségképpen tehát a P pontbeli indítósebességnek nagyobbnak kell lenni a körsebességnél.

A sebesség iránya most is merőleges a rádiusvektorra. A körsebes-



35. ábra

ségnél nagyobb sebesség azt eredményezi, hogy a P pontban a röpitőerő nagyobb lesz, mint a vonzóerő. A testnek tehát folyton, legalábbis egyelőre távolodni kell a Földtől. Láthatjuk is, hogy a pálya induló szakaszán, egészen az A pontig a sebesség és a vezérsugár szöge nagyobb, mint derékszög, a sebességnek tehát van egy kifele húzó összetevője.



36. ábra

Körre $a = r$, ellipszisre r lehet nagyobb vagy kisebb, mint a , parabolára $a =$ végtelen és így $1/a = 0$, hyperbolára a negatív. A körsebesség értéke innen is kifejezhető:

$$v_k = \sqrt{\frac{k}{r}}$$

Természetes dolog, hogy ez a képlet csak formailag más, mint az előbbi. $k = fM$ és $g = fM/r^2$ helyettesítéssel a korábbi képletet nyerjük.

Az ellipszisben a perigeumtávolság $a(1-e)$, az apogeumtávolság $a(1+e)$, ahol e az ellipszis numerikus excentrumossága. Ezeket az értékeket a sebességekébe téve kapjuk a P és az A pontbeli sebességet:

$$v_P^2 = \frac{k}{a} \cdot \frac{1+e}{1-e} \qquad v_A^2 = \frac{k}{a} \cdot \frac{1-e}{1+e} \qquad \frac{v_P}{v_A} = \frac{1+e}{1-e}$$

A pálya egyes pontjaiban a sebesség értéke ki is számítható. Ebben a képletben nyilván nem szerepel a mozgó test tömege, mert a pályaalak ettől független. De szerepelni kell a Föld tömegének és a gravitáció állandójának, valamint a távolságnak.

A kör, ellipszis, parabola és hyperbola pályák sebességére egyaránt érvényes képlet:

$$v^2 = k \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)$$

Itt k jelenti a gravitációs állandó és a Föld tömegének szorzatát. $k = fM$, $f = 1/15\,000\,000$ és $M = 6 \cdot 10^{27}$ gr.

Ezekből:

$$k = 4 \cdot 10^{20} \text{ cm}^3/\text{gr. sec}^2$$

r a test pillanatnyi távolsága a vonzó testtől (vezérsugár), és a az ellipszis fél nagytengelye.

A kistengely végpontjaiban a sebesség értéke:

$$v_b = \sqrt{\frac{k}{a}}$$

ugyanannyi, mint amennyi a távolságban a körsebesség lenne, azonban ez a sebesség nem merőleges a rádiuszvektorra, tehát nem okozhat körpályát.

Abban az esetben, ha az indítósebesség csak kevéssel tér el a körsebességtől, a pálya alakja is alig tér el a körtől. Minél nagyobb a P -beli indítósebesség, annál nyúltabb az ellipszis, annál jobban megközelíti e értéke az 1-et.

Egy $e = 0,9$ excentrumosságú ellipszis perigeumsebessége 19-szer akkora, mint az apogeumsebesség.

Az elliptikus sebesség a Föld felszínére vonatkoztatva legfeljebb 11,18 km/sec értékig növekedhet. Ennél az értéknél a pályaalak már parabola lesz. Még ennél is nagyobb sebesség a hyperbolikus sebesség. A parabolikus sebességet másként szökési sebességnek is nevezzük. Az ezzel kilőtt test már kiszabadul a Föld vonzóköréből.

A b pontokban felrajzoltuk az érintőirányú tényleges sebességnek két összetevőjét. Ezek egyike a rádiuszvektor irányába mutat, a másik erre merőleges. Ezek egymáshoz viszonyított nagysága szemléletesen mutatja az ellipszis alakulásának mechanizmusát. A PA szakaszon az elirányuló, a PA szakaszon a fókusz felé mutató összetevő a nagyobb.

Ennek az a következménye, hogy noha a b pontokban a sebesség értéke pontosan annyi, mint a körsebesség lenne egy a sugarú körpályán, de a sebesség iránya miatt a centrifugális erőt létrehozó komponens a PA szakaszon távolítja, az AP szakaszon közelíti a testet a fókuszponthoz.

Az ellipszispálya számtalan módon kialakítható. Lényegét a következőképpen érthetjük meg legjobban. Már Laplace kimutatta, hogy valamely égitest egész pályája kiszámítható, ha a pálya egyetlen pontjában ismerjük a sebesség nagyságát és irányát.

Rajzoljunk tehát fel egy tetszés szerinti ellipszist és annak egyik gyújtópontjába a Földet. Az ellipszis adataiból és a Föld tömegéből a pálya bármely pontjára kiszámíthatjuk a sebesség értékét, s iránya az érintő irányában fekszik.

Ezek után természetes dolog, hogy ha bármely pályapontot választjuk is ki, s abban a pontban megadjuk azt a sebességet és irányt, ami arra a pontra jellemző, akkor csakis a felrajzolt ellipszis jöhet létre.

Ha tehát azt akarom, hogy a perigeumpont legyen az indítási pont, a sebesség iránya párhuzamos lesz a földfelszínnel és nagysága nagyobb lesz, mint a körsebesség. Az apogeumpont a pálya átellenes pontja lesz. De indíthatom én a testet a kistengelyek végpontjaiból is, ekkor a sebesség nagysága az indítási magasságra érvényes körsebesség lesz, de iránya nem lehet párhuzamos a földfelszínnel. Természetes dolog, hogy bármely közbeeső pontról indítva is megkaphatom az előre tervezett ellipszist.

Arra is lehetőség nyílik, hogy a körsebességnél kisebb sebességgel hozzák létre ellipszist. Ha az indítás iránya párhuzamos a földfelszínnel és a sebesség nagysága kisebb a körsebességnél, az indítás helye a pálya apogeumpontja lesz. A pálya túlsó szakaszán lesz a perigeum. Ez az eljárás azzal a veszéllyel járhat, hogy a sebesség kisebb értéke mellett a perigeumtávolság kisebb lesz a Föld sugaránál, s a test a Földbe ütközik, mielőtt még egyetlen kört megtehet.

Ezeket az eseteket szemlélteti a 37., 38., 39. és 40. sz. rajzunk. Kérdés, milyen távol terjedhet a Föld körül kialakuló ellipszispálya apogeumpontja? Láttuk, ha az indítási helyet választjuk perigeumpontnak, a sebesség növelésével egyre nyúltabb ellipszist kapunk. Meddig növelhető a sebesség?

Ha egy test csak a Föld nehézségi erejének hatására mozog, egy kezdeti nyugalmi állapotból r távolságból, egyre gyorsuló mozgással érkezik a felszínre, vagyis a középponttól R távolságra. A végsebessége legyen v . A kapott mozgási energia értéke:

$$E_m = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Ennek pontosan egyenlőnek kell lenni a nehézségi erő által végzett munkával, miközben a testet r távolságból földszugárnyira, vagyis R távolsáig gyorsította.

A nehézségi erőter munkája erre az útszakaszra:

$$L = mgR^2 \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right)$$

Az $E_m = L$ egyenlőségből számíthatjuk ki a v sebességet, amely fizikailag kétféleképpen értelmezhető:

1. milyen végsebességre tesz szert a test, ha r távolságból szabadon esik a Földre, vagy:

2. a v kezdősebességgel fellőtt test milyen magassáig jut el a Föld vonzóereje ellenében.

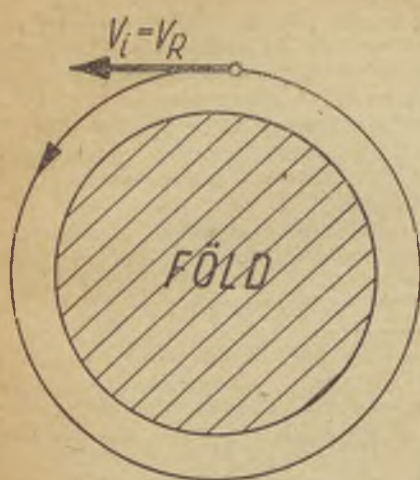
A maximális távolságból, azaz $r =$ végtelen távolságból eső test az $1/r = 0$ érték miatt:

$$v = \sqrt{2gR} \text{ végsebességre tesz szert,}$$

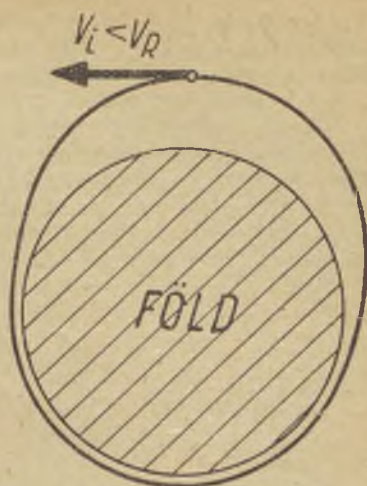
ami így is írható: $v = \sqrt{2} \cdot \sqrt{Rg} = \sqrt{2} \cdot v_K$, vagyis ez a határsebesség a körsebesség $\sqrt{2}$ -szerese (1,414-szerese).

A végtelenből eső test végsebességével elindított test az energia-megmaradás tétele értelmében a végtelenbe távozik. Ez a sebesség tehát már nem elliptikus sebesség, szökési vagy parabolikus sebességnek nevezzük. Az ennél is nagyobb sebesség a hyperbolikus sebesség.

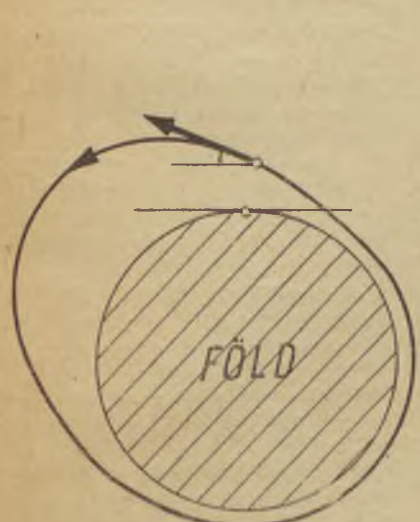
Ha tehát azt kérdezzük, hogy milyen sebességgel kell kilőni egy testet, hogy az magára hagyva a kapott mozgási energiával a Holdig érjen el, az $E_m = L$ képletből számíthatjuk ki. Ez nyilván valamivel kisebb érték lesz, mint a parabolikus sebesség, aminek értéke 11,18 km/sec.



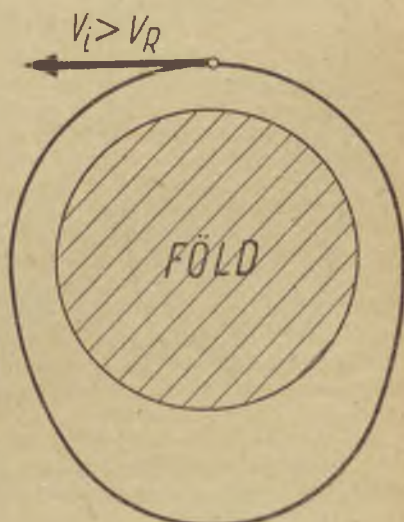
37. ábra



38. ábra



39. ábra



40. ábra

Az így kilőtt test bármely irányban indítható a Föld felszínéről, mert hiszen mindig a Föld középpontjától távolodó irány a „fent”, a Föld középpontja felé mutató irány a „lent”. A lövés irányának tehát a felszínre merőlegesnek kell lenni.

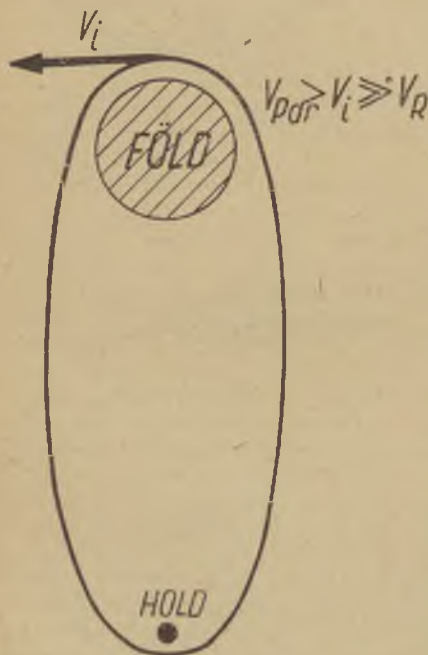
A mesterséges holdakat azonban nem így indítjuk. Az így indított test visszaérkezése után a Földbe ütődne. Ahhoz, hogy ellipszispályára kényszerítsük, az indítás irányának a földfelszínnel párhuzamosnak kell lenni, vagy azzal csak kis szöveget zárhat be.

Ha az a célunk, hogy ellipszisünk a Földet és a Holdat hurkolja át, az indítási sebesség a pálya perigeumpontbeli sebessége lesz és ennek értékét

$$v = \sqrt{k \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}$$

képlet adja.

Az így számított sebességérték csaknem ugyanaz, mintha merőleges fellövással akarnánk elérni a Holdat és igen kevéssel különbözik a szökési sebességtől. (41. ábra.)



41. ábra

Ha konkrét számításokat végzünk, célszerű a mennyiségeket fizikai egységekben kifejezve normál alakba írni.

A pálya módosulásai

Tételezzük fel előbb, hogy a mesterséges hold a légkörön kívül kering, tehát nem fékező közegben. A pálya alakja és helyzete ez esetben is módosul. A Föld nem egészen gömb alakú, és a Hold, a Nap és bolygók vonzóhatása mint zavaróhatások jelentkeznek. E zavaróhatások következményeként periodikus változások jönnek létre. A perigeum helyzete a térben nem lesz állandó, hanem a pálya mentén körbe vándorol. Megváltozik a pálya lapultsága is és a pálya egyenlítői hajlása is szakaszosan változik.

A zavaró tényezők közül legjelentősebb a Föld gömbtől eltérő alakja és e tekintetben mutatkozik meg a mesterséges holdak egyik tudományos jelentősége. Éppen a jelentkező hatásokból jobban megismerhetjük majd a Föld alakját, mint az eddigi földmérésekből sikerült.

A pálya módosulásának egy másik fajtáját, illetve fajtáit a légkör ellenállása okozza. Még 1000 km magasságban is van légkör. Ennek sűrűsége mintegy százbilliomodrésze csupán a felszíni légsűrűségnek, de hatása mégis észrevehető. A légkör fékezőhatása és általában a közeg-ellenállás a közeg sűrűségének, a felület nagyságának és a sebességnek függvénye. A mesterséges hold perigeumpontja a földfelszínhez legközelebb van, a légkör itt a legsűrűbb és azonkívül itt legnagyobb a pályabeli sebesség is. Márpedig az ellenállás, a fékezés a sebesség négyzetével arányos. Legjobban fékeződik tehát a hold a perigeumpontban. Ennek az lesz a következménye, mintha a következő fordulóban kisebb sebességgel indítanánk. Mozgási energiája kisebb lesz és a Föld nehézségi tere ellenében nem tudja ugyanolyan távol lendíteni, mint előbb, az apogeumpont tehát egyre közelebb kerül. E hatás végeredményeként tehát az ellipszispálya lapultsága folyton csökken, alakja egyre közeledik a köralakhoz.

Az égimechanikai paradoxon

Amit el akarunk itt mondani, az ellipszispályára is vonatkozik, de e nevezetes paradoxon lényegét jobban megértjük, ha körpályára alkalmazzuk. Amint az első rajzunk mutatja, körpályán mozgó testre a vonzóerő ugyanakkora, mint a röpitő erő, csak irányuk különböző. Mi történik, ha a test fékező közegben mozog? A gravitációs vonzóerő értéke független a test sebességétől, a röpitőerő azonban nem. Ha a fékező közeg lecsökkenti a test sebességét, lecsökken a röpitőerő is. Túlsúlyba kerül a gravitáció és ennek következtében a test közelebb kerül a vonzótesthez. Ha viszont egy test közelebb végzi keringését, a pályabeli sebesség nagyobb lesz és a keringésidő lecsökken.

A paradoxon tehát így hangzik:

a fékező közegben mozgó égitest sebességének csökkenése a test mozgásának felgyorsulását idézi elő.

Hiszen ha a Földünk a Merkúr pályáján keringene, keringésideje nem 365 nap lenne, hanem 88 nap. A természetes és a mesterséges hold is a Föld gravitációs terében mozog. A Hold 384 000 km-es távolságban 27,5 nap alatt végez egy keringést 1 km-es pályabeli sebességgel, a mesterséges hold viszont másfél óra alatt közel 8 kilométeres másodpercenkénti sebességgel mozog. Ha a mesterséges hold a Hold távolságában keringene, keringésideje és pályabeli sebessége a Holdéval lenne egyenlő.

A mesterséges holdak tehát egyetlen teljes ellipszist sem írtak le. Pályájuk a levegő fékező hatása miatt folyton zsugorodó, spirális pálya. Eleinte elliptikus spirális, majd ha elég idő állna rendelkezésére, excentricitása nullává válnék és soha nem záródó körpályán, azaz körspirálison mozogna.

A mesterséges holdak élettartamát földtávolságuk határozza meg. A külső légkörben, 1000 km fölött a levegő ellenállása még oly kicsiny, hogy egyetlen keringésre a pálya szűkülése legfeljebb méterrendű. A fékezés azonban azonos sebesség mellett ugyanarra a testre a légkör sűrűségével nő. Minél alacsonyabbra kerül tehát a mesterséges hold,

keringésenként annál nagyobb mértékben esik a Föld felé. Ha ismer-nénk pontosan a magas légkör sűrűségét, számszerűen is meg lehetne adni az egy keringésre eső esés mértékét.

A mesterséges holdaknak egyik rendeltetésük éppen az, hogy az általunk csak kevésbé ismert magas légkör sűrűségét megállapítsák. Mindenesetre bizonyos, hogy ha közel 1000 km magasságban az egy keringésre bekövetkező esés csak méter rendű is, néhány száz km magasságban már száz métereket, sőt kilométereket tesz. Különösen nagy mértékben növekszik az esés mértéke 300 km alatt. Itt már 100 km-enként a levegő sűrűsége százszorosára, ezerszeresére, és az utolsó 100 km-en pedig milliószorosára növekszik.

A mesterséges holdak sorsa

Az elmondottakból világos, hogy a mesterséges holdak az egyre szűkülő pálya miatt végül is lezuhannak a Földre. Nem is azzal a remény-nyel bocsátják fel, hogy műszerei épségben Földet érnek. Minden mű-szer adatait a beépített rádiókészülék lesugározza s még regisztráló berendezésekkel sincsenek ellátva, mert azok épségben visszatérésére sem számítanak.

Amikor a mesterséges hold, vagy szállítórakétája, vagy a mester-séges holdat rejtő védőburkolat már megközelíti a földfelszín feletti 100 km-t, a fékezés mértéke oly nagy, hogy egyetlen keringésre az esés több mint 100 km, tehát már egy teljes keringést sem tud végezni.

A pálya spirális szűkülésének szakaszában logikusan azt váránk, hogy a sebesség folyton csökken. De az égimechanikai paradoxon értel-mében ennek pontosan az ellenkezője következik be. A szűkülő pályán a mesterséges holdak felgyorsulnak. A mesterséges holdak utolsó szakas-zát tehát két roppant erő harca jellemzi. A közegellenállás fékezőereje és a belsőbb pályára kényszerülés miatt a fokozatos gyorsulás.

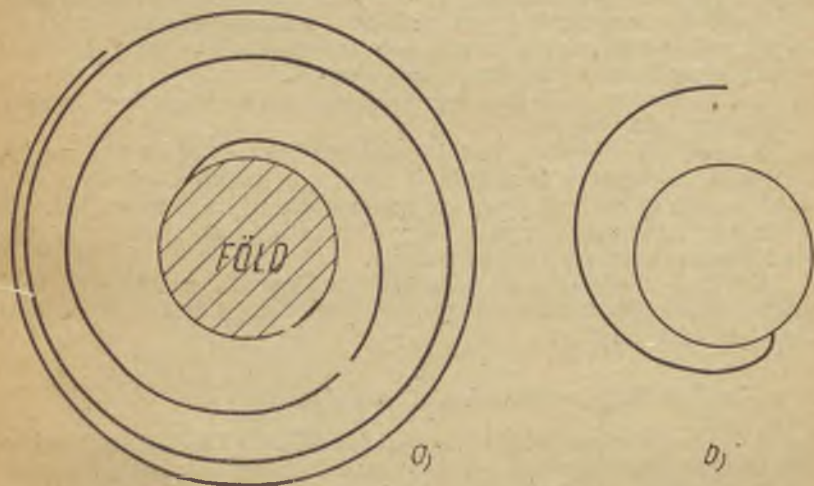
Meddig gyorsulhat fel a mesterséges Hold, amint közeledik a Föld felszíne felé? Nyilván nem végtelenül. A körsebesség 1000 km magas-ságban 7,3 km/sec körül van, a felszínen viszont elméletileg 7,9 km/sec lenne. Már ezt a végső sebességet sem tudja a haladó mesterséges hold elérni. Végül is a fékezőhatás kerül túlsúlyba s akkor, amikor a mester-séges hold már az utolsó kört sem képes megtenni, a pályaalak igen me-redek spirális lesz.

Ha rajzban híven akarnánk ábrázolni a valóságot, a gramofon-lemez mikrobarázdáihoz hasonló spirálisokat kellene sűrűn rajzolniuk, alig észrevehető tágulásokkal, majd egyre nyíltabb spirálisok fejeznék be. A 42/a és 42/b rajz tehát csak durva közelítések.

Szétrobbanás vagy elégés?

A mesterséges holdak felszállításának és leesésének sebességviszo-nyai nem azonosak. Általános vélemény szerint a mesterséges holdak leesésük előtt meteorok módjára átizzanak, szétrobbannak és elégnak. Gyakran felteszik a kérdést, hogy ha valóban ez a sors vár rájuk, miért

nem égték el már a felszállítás alkalmával, hiszen ugyanazokon a sűrű légrétegeken kellett áthaladniuk, mint leeséskor. Ez igaz, de nem azzal a sebességgel. A mesterséges holdak felfele három fokozatú gyorsítással érik el a közel 8 km/sec-os értéket. Leglassabban éppen a legsűrűbb légkörben mozognak még, s csak a nagyobb magasságban gyorsulnak fel. Hőhatásnak így ki van téve a szállítórakéta, de nem annyira, mint leeséskor. Ilyenkor ugyanis jóideig megtartják sebességüket, sőt ez még az elmondottak alapján fokozódik is kis mértékben. A 8 km/sec-os sebességérték pedig elegendő ahhoz, hogy a sűrűbb légkör molekuláival bekövetkező ütközések folytán izzási hőmérséklet keletkezzék.



42. ábra

A meteorok is felizzanak mintegy 3000 fokra, s felületük megolvad. A 8 km-es sebesség a földi sebességekhez képest igen nagy, de nem olyan nagy már a meteorok sebességéhez képest. Hiszen vannak meteorok, amelyek 70—72 km/sec relatív sebességgel találkoznak Földünkkel. A kilenyszer nagyobb sebességnek 81-szer nagyobb mozgási energia és közel ugyanannyi fékezőerő felel meg. A hőfejlődés viszont a mozgási energia rovására történik.

A meteorok mozgási energiájának néhány százaléka elegendő lenne arra, hogy a meteorokat teljes egészükben hamuvá égesse. S ez általában csak az egészen parányi, grammos vagy annál is kisebb meteoroknál következik be. Ennek magyarázatára két okot is említhetünk. A nagyobb tömegű meteorok összesűrítik maguk előtt a levegőt, egész nagy légpárnát tolnak maguk előtt és minden hatás közvetlenül ezt a légpárnát éri. Nyilván jut elég hő a meteorra is, különben nem olvadna meg a vasmeteorok felülete. A lényegesebb ok az, hogy az esés néhány másod-

perce alatt nincs elég idő arra, hogy a felszíni izzás átterjedjen a meteorok belsejébe.

A meteorok felizzása és a mesterséges holdak pusztulása szempontjából is a 100—150 km közötti légréteg játszik fontos szerepet. Az ennél magasabb légkörben a légkör ritkasága miatt nem termelődik elegendő hő 8 kilométeres sebesség mellett. A 100 km körüli magasságban viszont az egy keringésre bekövetkező pályaszűkülés, az esés nagyobb mint 100 km. A mesterséges hold tehát innen már egy fél körivet sem ír le és Földet ér. A hőfejlődés akkor lehetne intenzív, ha a közel 8 km-es sebességét a felszínig meg tudná tartani. A nagysebességű meteorok sem tudják megtartani sebességüket. 10—20 km, vagy ennél is jóval nagyobb magasságban az izzás mindig megszűnik. A sebesség annyira lecsökken, hogy a test mozgási energiája már nem tud elég hőt termelni. Ilyenkor a levegő már inkább hűtő, mint izzító hatású.

Ami a meteorok fizikájában érvényes, érvényesnek kell lenni a mesterséges holdakra is.

A mesterséges hold légmentesen zárt gömbjében a gázok túlnyomása szétvetheti a burkot, a fémfelület át fog izzani, de teljes egészében nem olvad és nem ég el. De még az erősen lefékeződött mesterséges holdnak is lesz annyi mozgási energiája, hogy a zuhanáskor elkerülhetetlen ütdés felismerhetetlenségig összeroncsolja.

Elméleti megfontolással kiszámítható, hogy a mesterséges hold lezuhanásával járó veszély sokszorosan kisebb, mint ami a közlekedésben leselkedik reánk.

A mesterséges hold leszállításának lehetősége

A II. mesterséges holddal kapcsolatban konkrétan felmerült a kérdés, hogyan lehetett volna a kutyát magában foglaló részt leszállítani a Földre? Sokan egyszerűen úgy vélték ezt megoldani, hogy egy beépített kilövőszerkezet kidobja magából és az szabadeséssel, majd ejtőernyővel Földet ér. A megoldás azonban nem ilyen egyszerű.

Rengeteg üzemanyagot és munkát kellett arra fordítani, hogy a mesterséges hold felkerüljön a magasha és megkapja a keringéshez szükséges sebességet. Ez a sok energia mint mozgási energia és helyzeti energia a mesterséges hold mozgásában és helyzetében jelen van. Ahhoz, hogy helyzeti energiáját leadja, mozgásában kellene megfékezni. Hiszen láttuk, hogy ha már a légkör erősen lefékezi sebességét, ivelt pályán ugyan, de főként szabadeséssel esik le.

De ha nagy magasságból akarnánk lehozni, amikor még teljes sebességgel mozog, a mozgásirány ellen működő segédtrakétával lehetne csak lefékezni annyira, hogy a vonzóerő kellő mértékben túlsúlyba juthasson a röpitőerővel szemben. Ha pl. azt akarnánk, hogy egy előre meghatározott földrajzi hely fölött érjen talajt, ahhoz e hely fölött kellene a relatív sebességet közel 8 km/sec-ről nullára csökkenteni. De a leszállításhoz általában nem szükséges ennek a feltételnek teljesülése, mert hiszen már a sebesség kisebb mértékű csökkentése is új pályát ír elő számára, olyan ellipszispályát, aminek kistengelye kisebb, mint a

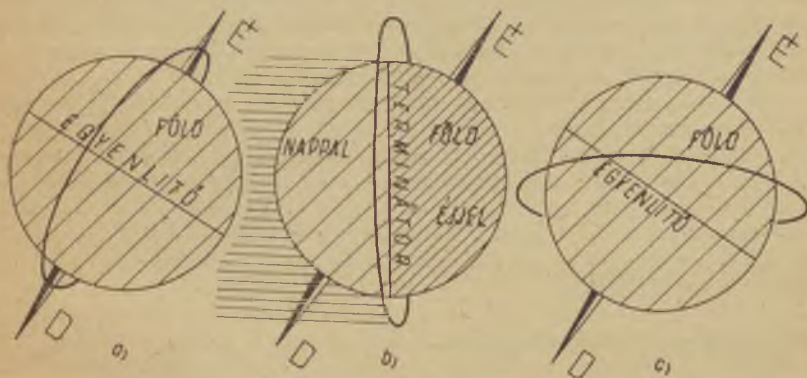
Föld átmérője, s ezért a földrejutást már ezzel is biztosíthatjuk. Csak ekkor a célzás lesz bizonytalan.

A pályasík megválasztása

A mesterséges holdak pályasíkja a térben fix és kisebb-nagyobb zavaróhatásoktól eltekintve meg is tartja ezt a síkot. A megfigyelhetőség szempontjából azonban nem közömbös, hogy ez a pályasík milyen szöveget zár be a földi egyenlítővel.

Az Egyenlítő síkjában keringő mesterséges hold csakis az Egyenlítő mentén fekvő földrajzi helyek zenitjén haladhat át. Az északi és déli félgömbnek csak keskeny zónájáról lenne megfigyelhető.

Nyilvánvalóan legideálisabbnak látszanék egy olyan pályasík, amely a pólusokon halad át. Egy ilyen holdat a körbeforduló Föld min-



43. ábra

den pontjáról jól lehetne megfigyelni, mert megvan a lehetősége, hogy keringése folyamán valamikor, bármely hely zenitjén áthaladjon.

Mivel a mesterséges hold sötét test, csak akkor lehet látni, ha a Nap megvilágítja. Megfigyelésére legalkalmasabbak tehát a szürkületi átmenetek. Ilyenkor a Földön már sötét van, vagy még sötét van, a magasban járó mesterséges holdat viszont még megvilágítja a Nap.

Mindig a szürkületi zónában halad át a mesterséges hold, ha pályasíkja egybeesik a Föld megvilágítási zónájával, a terminátorral. A terminátor helyzete azonban nem állandó. Télen az északi pólus 23,5 fokkal a sötét zónába merül, nyáron ugyanennyivel a világos zónában foglal helyet. Olyan pályát viszont nem létesíthetünk, amely a terminátorral együtt vándorol.

Az amerikai terv szerint a mesterséges hold pályasíkja 40° szöveget zárna be az Egyenlítővel. Egy ilyen pályának is vannak előnyei, mert az indításkor ki lehet használni a Föld forgási sebességét, de a megfigyelés

szempontjából sok hátránya van. Az ilyen mesterséges hold pl. soha nem haladhatna át Budapest zenitjén.

Ez utóbbi három pályasíkot ábrázolja 43a), b), c) rajzunk.

A mesterséges holdak fényessége

A mesterséges holdak fényüket a Naptól kapják. Látszó fényességük a megvilágítás erősségétől, a felület visszaverőképességétől, a felület nagyságától és a hold távolságától függ. Mint másodlagos tényező igen fontos szerepet kap az égi háttér kontrasztja. Ha az égbolt világos, ugyanúgy nem láthatjuk a mesterséges holdat sem, mint a csillagokat. A felsorolt okok miatt az első mesterséges holdat szabad szemmel még szürkületben sem láthatjuk, a másodikat viszont már fényes nappal is látták.

Sokak előtt érthetetlennek tűnik, hogy egy oly parányi, mindössze néhány méteres kiterjedésű testet hogyan lehet 1000 km-nél is nagyobb távolságból látni. Vegyük azonban tekintetbe, hogy a csillagok látszó kiterjedése sokszorosan kisebb, mint a mesterséges holdé. A bolygókat sem kiterjedésük, hanem fényességük miatt látjuk.

Már az előzetes elméleti számítások alapján is tudtuk, hogy egy négyzetméter nagyságú jól reflektáló felület 1000 km magasságból ver már vissza annyi fényt, hogy szabad szemmel is látni lehessen. A második mesterséges hold, ami lényegében a szállító rakéta harmadik fokozata, több négyzetméter felületű, még a megvilágított felülete is legalább 5 négyzetméter. Ennek fényessége már mínusz fényrendű, ami azt jelenti, hogy ha százszorta halványabb lenne, még akkor is látható lenne szabad szemmel.

A mesterséges holdak jelentősége

Számos cikk ismertette már a mesterséges holdak csillagászati, meteorológiai, geofizikai és biológiai jelentőségét. Ez alkalommal nem is ismételjük ezeket. Van a mesterséges holdaknak még más, igen fontos jelentősége is, aminek kulturális értékét még nehéz lenne felmérni.

Nagyszerű élmény a Neptunusz felfedezésének olvasása. De ehhez az élményhez nem mindenki ér el. Nagyszerűségét sem fogja fel mindenki.

A mai átlagember számára a legnagyobb szenzációt nem is a rakéta-technika jelenti, hanem az immár háromszáz éves newtoni igazság újralfedezése. Most jövünk rá az előadások után elhangzó kérdések nyomán, hogy a klasszikus mechanika törvényei, a tehetetlenség és az akció-reakció törvénye az emberek jó részében még ma sem tudatosult.

A mesterséges hold mint valóság sok ember felé közvetlenebb utat nyitott a természettörvények megértése felé, mint egész eddigi tanulmányaik.

Az emberiség történetében a mechanika törvényeinek felfedezése a technika nagyszerű útját nyitotta meg, miután azok néhány ember szellemi kincseivé váltak. Most, amikor az emberi szellem új ég i

testeket teremt, nagy tömegekben tudatosulnak ezek az alapvető törvények, ami az általános természettudományos kultúra fejlődésében feltétlenül nyomot fog hagyni. Nap mint nap beleütközünk olyan elméleti kérdésekbe, amelyek eddig valóban csupán elméletiek voltak számunkra. Ma már egyszerűen nem illik nem tudni az égi-mechanika elemi törvényeit. Ezrével hangzottak el már eddig is az országban előadások a mesterséges holdakról, és sok százezer ember hallgatta azokat végig. Az újságcikkeket pedig milliók olvassák.

A tudós számára is megnyugvás, hogy az ember utánozni tudja az égitestek mozgását. Ez az első eset, hogy az ember csillagászati kísérletet hajtott végre.

Összefoglalva az eddig felsoroltakat és hozzátéve még, hogy az első kísérletek után az űrhajózással is mint realitással számolhatunk — minden túlzás nélkül mondhatjuk, hogy új korszak küszöbéhez érkezünk, amelynek eredményei talán az egész világmindenségre vonatkozó álláspontunkat is gyökeresen át fogják alakítani.

A következmények egyelőre még beláthatatlanok.

T A R T A L O M

Táblázatok:

Nap és Hold kelte és fontosabb adatai	4
A szabadszemmel látható bolygók koordinátái és látszólagos sugara 0 ^h világidőkor	28
A Jupiter-holdak helyzetei	32
A Jupiter-holdak jelenségei	35
A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának héliografikus koordinátái	39
Refrakció és extinkció	40
Nyári időszámítás Magyarországon	40
Az évi precesszió	41
A nappal és a szürkület tartama Magyarországon	42
A Nap zenittávolsága Budapesten fokokban minden hónap 15. napján	44
A Nap delelési magassága (az északi félgömbön)	45
A nappal tartama különböző északi földrajzi szélességű helyeken	46
A polgári szürkület hossza különböző északi földrajzi szélességű helyeken az évszakok kezdetekor	47
Fényesebb csillagok fontosabb adatai	48
A Budapesten látható csillagfedések 1958-ban (Világidőben)	50
A csillagos ég 1958-ban	53

Beszámolók:

Detre László: A Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézetének működése (1956. január—1957. szeptember)	63
Róka Gedőn és Svékus Olivér: A TTIT átszervezett csillagászati szakosztályainak munkájáról	69
Kulin György: A Társadalom- és Természettudományi Ismeretterjesztő Társulat Uránia bemutató csillagvizsgálói	73

Cikkek:

Gausser Károly: Henry Norris Russell	79
Béll Béla: A Nemzetközi Geofizikai Év	83

Kulin György: A Mars megfigyelése az 1956-os nagy oppozícióban	96
Ifj. Bartha Lajos: A magyar csillagászat történetéből	100
Róka Gedeon: Megismerhető-e a Világmindenség?	115
Szimán Oszkár: A csillagok állapotjelzői	122
Almár Iván: Még egyszer a változó csillagokról	157
Kulin György: A mesterséges holdak	174

Kiadja a Gondolat, a TTIT kiadója
Felelős kiadó a Gondolat Kiadó igazgatója
Felelős szerkesztő Róka Gedeon
Műszaki vezető Kugler Andor
Műszaki szerkesztő Földi Miklós
A borítót rajzolta Gáll Gyula
Megjelent 2500 példányban
Terjedelelem 12 (A/5) ív
Ez a könyv a MNOSz 5601—54
és 5602—50 Á szabványok szerint készült
15368. Franklin-nyomda Budapest,
VIII., Szentkirályi u. 28. sz.
Felelős vezető Vértes Ferenc

Tisztelt példány

*A Gondolat Könyv-, Lapkiadó és Terjesztő
Vállalat terjesztési osztályán
beszerezhetőek az alábbi
csillagászati kiadványok*

Gyakorlati csillagászat	Ára 12.— Ft
Kulin: A távcsőoptika elemei	5.— ..
Woderzky: Tájékozódás a csillagos égen	5.— ..
Sínka József: Mit figyeljünk meg az égen	5.— ..
Utazás a bolygók között	5.— ..
Csillagok Világa 1. 2. 3. 4. sz. Egyes szám ára	6.— ..

*Budapest, VI., Révay u. 16.
Telefon: 315-708*