

1
9
6
3



CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

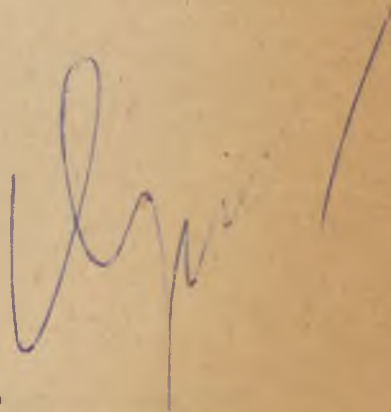
GONDOLAT

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

AZ 1963. ÉVRE

SZERKESZTETTE

A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ TÁRSULAT
CSILLAGÁSZATI ÉS ŪRHAJÓZÁSI SZAKOSZTÁLYAINAK
ORSZÁGOS VÁLASZTMÁNYA



GONDOLAT KIADÓ

1962

CSILLAGASZNAI
ÉVKÖNYV

1881-1882

ELMÉLTETVE A SZÉCHÉNYI
KÖNYVTÁRSÁG ALKÖZÖMÉSENEK
AZ ÉVKÖNYV ÉRTELMEZÉSÉNEK
AZ ÉRTELMEZÉSÉNEK

1881-1882

CSILLAGÁSZATI ADATOK AZ 1963. ÉVRE

Az I–VIII. táblázatokat összeállította

a TIT Hajdú-Bihar Megyei Csillagászati Szakosztálya
az MTA Napfizikai Obszervatóriuma közreműködésével
(Debrecen)

A táblázatokhoz szükséges tudnivalók és magyarázatok, valamint az alkalmazott jelölések
részletes ismertetése az 1962. évre szóló „Csillagászati Évkönyv”-ben található

I. JANUÁR

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

Föld: 4-én napközében

H Ó N A P

0 ^h világítókör						
Julián dátum 2438. ...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nán)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
... 030,5	6 39 42,111	18 43	—23 05	16 17	23 03	— 9 58
031,5	6 43 38,664	18 47	23 00	16 18	23 57	5 12
032,5	6 47 35,216	18 52	22 55	16 18	0 49	— 0 07
033,5	6 51 31,769	18 56	22 49	16 18	1 42	+ 4 59
034,5	6 55 28,324	19 00	22 43	16 18	2 36	9 49
035,5	6 59 24,881	19 05	22 36	16 18	3 31	14 06
036,5	7 03 21,442	19 09	22 29	16 18	4 28	17 35
037,5	7 07 18,004	19 14	22 22	16 18	5 26	20 00
038,5	7 11 14,567	19 18	22 14	16 17	6 25	21 11
039,5	7 15 11,130	19 22	22 06	16 17	7 24	21 06
040,5	7 19 07,691	19 27	21 57	16 17	8 20	19 50
041,5	7 23 04,250	19 31	21 48	16 17	9 14	17 32
042,5	7 27 00,806	19 35	21 38	16 17	10 06	14 26
043,5	7 30 57,361	19 40	21 28	16 17	10 54	10 45
044,5	7 34 53,913	19 44	21 18	16 17	11 41	6 42
045,5	7 38 50,465	19 48	21 07	16 17	12 26	+ 2 27
046,5	7 42 47,016	19 53	20 55	16 17	13 10	— 1 51
047,5	7 46 43,568	19 57	20 44	16 17	13 54	6 04
048,5	7 50 40,122	20 01	20 32	16 17	14 39	10 05
049,5	7 54 36,677	20 05	20 19	16 17	15 26	13 44
050,5	7 58 33,235	20 10	20 06	16 17	16 15	16 53
051,5	8 02 29,794	20 14	19 53	16 17	17 07	19 19
052,5	8 06 26,355	20 18	19 40	16 17	18 01	20 51
053,5	8 10 22,916	20 22	19 26	16 16	18 58	21 17
054,5	8 14 19,477	20 26	19 11	16 16	19 56	20 31
055,5	8 18 16,037	20 31	18 57	16 16	20 54	18 30
056,5	8 22 12,593	20 35	18 42	16 16	21 52	15 21
057,5	8 26 09,147	20 39	18 26	16 16	22 48	11 15
058,5	8 30 05,699	20 43	18 11	16 16	23 43	6 29
059,5	8 34 02,249	20 47	17 55	16 16	0 37	— 1 21
060,5	8 37 58,800	20 51	—17 38	16 16	1 30	+ 3 50

Hold: 4-én 09^h-kor földközélen
 17-én 09^h-kor földtávolban
 29-én 09^h-kor földközélen

I. FEBRUÁR

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

HÓNAP

0 ^b világidőkor						
Julián dátum 2438...	Csillagidő (λ = 0 ^b -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
... 061,5	8 41 55,352	20 55	—17 22	16 16	2 24	+ 8 45
062,5	8 45 51,906	21 00	17 05	16 15	3 18	13 10
063,5	8 49 48,463	21 04	16 48	16 15	4 14	16 48
064,5	8 53 45,023	21 08	16 30	16 15	5 11	19 27
065,5	8 57 41,583	21 12	16 12	16 15	6 08	20 58
066,5	9 01 38,144	21 16	15 54	16 15	7 05	21 16
067,5	9 05 34,703	21 20	15 36	16 15	8 02	20 23
068,5	9 09 31,260	21 24	15 17	16 14	8 56	18 25
069,5	9 13 27,815	21 28	14 58	16 14	9 48	15 35
070,5	9 17 24,367	21 32	14 39	16 14	10 37	12 05
071,5	9 21 20,917	21 36	14 20	16 14	11 25	8 07
072,5	9 25 17,467	21 40	14 00	16 14	12 10	+ 3 53
073,5	9 29 14,015	21 44	13 40	16 14	12 55	— 0 27
074,5	9 33 10,565	21 47	13 20	16 13	13 39	4 44
075,5	9 37 07,115	21 51	13 00	16 13	14 24	8 49
076,5	9 41 03,667	21 55	12 39	16 13	15 10	12 35
077,5	9 45 00,221	21 59	12 19	16 13	15 57	15 53
078,5	9 48 56,777	22 03	11 58	16 13	16 47	18 34
079,5	9 52 53,334	22 07	11 37	16 12	17 40	20 25
080,5	9 56 49,893	22 11	11 15	16 12	18 35	21 18
081,5	10 00 46,452	22 15	10 54	16 12	19 32	21 02
082,5	10 04 43,009	22 18	10 32	16 12	20 30	19 31
083,5	10 08 39,565	22 22	10 10	16 12	21 28	16 47
084,5	10 12 36,117	22 26	9 48	16 11	22 26	12 57
085,5	10 16 32,667	22 30	9 26	16 11	23 23	8 16
086,5	10 20 29,215	22 34	9 04	16 11	0 19	— 3 03
087,5	10 24 25,763	22 37	8 42	16 11	1 14	+ 2 20
088,5	10 28 22,312	22 41	— 8 19	16 10	2 09	+ 7 33

Hold: 14-én 05^h-kor földtávolban
26-án 01^h-kor földközélnben

I. MÁRCIUS

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

Föld: tavasz kezdete 21-én 09^h 20^m-kor

H Ó N A P

0 ^h vilájdőkor						
Julián dátum 2438...	Csillagdő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	o ' "	' "	h m	o ' "
...089,5	10 32 18,864	22 45	— 7 56	16 10	3 04	+12 15
090,5	10 36 15,418	22 49	7 34	16 10	4 01	16 10
091,5	10 40 11,975	22 52	7 11	16 10	4 58	19 05
092,5	10 44 08,533	22 56	6 48	16 09	5 55	20 51
093,5	10 48 05,091	23 00	6 25	16 09	6 52	21 24
094,5	10 52 01,649	23 04	6 02	16 09	7 48	20 47
095,5	10 55 58,204	23 07	5 38	16 09	8 42	19 05
096,5	10 59 54,757	23 11	5 15	16 08	9 34	16 29
097,5	11 03 51,308	23 15	4 52	16 08	10 23	13 09
098,5	11 07 47,857	23 18	4 28	16 08	11 11	9 18
099,5	11 11 44,405	23 22	4 05	16 08	11 57	5 07
100,5	11 15 40,952	23 26	3 41	16 07	12 41	+ 0 46
101,5	11 19 37,499	23 29	3 18	16 07	13 26	— 3 34
102,5	11 23 34,047	23 33	2 54	16 07	14 10	7 46
103,5	11 27 30,597	23 37	2 30	16 07	14 56	11 39
104,5	11 31 27,149	23 40	2 07	16 06	15 42	15 06
105,5	11 35 23,702	23 44	1 43	16 06	16 31	17 58
106,5	11 39 20,258	23 48	1 19	16 06	17 21	20 05
107,5	11 43 16,814	23 51	0 56	16 06	18 14	21 18
108,5	11 47 13,371	23 55	0 32	16 05	19 09	21 27
109,5	11 51 09,928	23 59	— 0 08	16 05	20 06	20 27
110,5	11 55 06,483	0 02	+ 0 15	16 05	21 03	18 14
111,5	11 59 03,036	0 06	0 39	16 04	22 00	14 52
112,5	12 02 59,586	0 10	1 03	16 04	22 57	10 30
113,5	12 06 56,134	0 13	1 26	16 04	23 54	— 5 23
114,5	12 10 52,681	0 17	1 50	16 04	0 50	+ 0 08
115,5	12 14 49,229	0 21	2 14	16 03	1 47	5 39
116,5	12 18 45,779	0 24	2 37	16 03	2 44	10 48
117,5	12 22 42,332	0 28	3 01	16 03	3 42	15 12
118,5	12 26 38,888	0 32	3 24	16 03	4 41	18 34
119,5	12 30 35,446	0 35	+ 3 47	16 02	5 40	+20 44

Hold: 13-án 21^h-kor földtávolban
26-án 09^h-kor földközében

I. ÁPRILIS

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben					A HOLD fény-változásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delet	nyugsz.	kel	nyugsz.	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	H	14	91	5 25	11 48	18 13	10 27	1 31	☽ 04 15
2	K		92	5 23	11 48	18 14	11 25	2 23	
3	Sz		93	5 21	11 48	18 16	12 28	3 06	
4	Cs		94	5 19	11 47	18 17	13 33	3 42	
5	P		95	5 17	11 47	18 19	14 37	4 12	
6	Sz		96	5 15	11 47	18 20	15 41	4 38	
7	V		97	5 13	11 46	18 21	16 43	5 02	
8	H	15	98	5 11	11 46	18 23	17 45	5 23	
9	K		99	5 09	11 46	18 24	18 47	5 44	☾ 01 57
10	Sz		100	5 07	11 46	18 25	19 49	6 06	
11	Cs		101	5 05	11 45	18 27	20 52	6 30	
12	P		102	5 03	11 45	18 28	21 53	6 56	
13	Sz		103	5 01	11 45	18 30	22 54	7 26	
14	V		104	4 59	11 45	18 31	23 53	8 03	
15	H	16	105	4 57	11 44	18 32	—	8 46	
16	K		106*	4 55	11 44	18 34	0 47	9 37	
17	Sz		107	4 53	11 44	18 35	1 36	10 36	☾ 03 53
18	Cs		108	4 51	11 44	18 36	2 18	11 43	
19	P		109	4 50	11 43	18 38	2 57	12 55	
20	Sz		110	4 48	11 43	18 39	3 29	14 11	
21	V		111	4 46	11 43	18 41	3 58	15 29	
22	H	17	112	4 44	11 43	18 42	4 27	16 50	
23	K		113	4 42	11 42	18 43	4 56	18 12	● 21 29
24	Sz		114	4 41	11 42	18 45	5 25	19 35	
25	Cs		115	4 39	11 42	18 46	5 59	20 55	
26	P		116	4 37	11 42	18 48	6 38	22 12	
27	Sz		117	4 36	11 42	18 49	7 23	23 20	
28	V		118	4 34	11 42	18 50	8 16	—	
29	H	18	119	4 32	11 41	18 52	9 15	0 18	
30	K		120	4 31	11 41	18 54	10 18	1 06	☽ 16 08

HÓ NAP

0 ^h világitókor							
Julian dátum 2438...	Csillagidő (λ = 0 ^h -nál)	NAP			HOLD		
		RA	D	látászó sugara	RA	D	
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′	
... 120.5	12 34 32,004	0 39	+ 4 11	16 02	6 38	+21 36	
121.5	12 38 28,562	0 42	4 34	16 02	7 35	21 14	
122.5	12 42 25,118	0 46	4 57	16 01	8 30	19 45	
123.5	12 46 21,672	0 50	5 20	16 01	9 22	17 19	
124.5	12 50 18,223	0 53	5 43	16 01	10 12	14 08	
125.5	12 54 14,773	0 57	6 06	16 01	10 59	10 22	
126.5	12 58 11,321	1 01	6 28	16 00	11 45	6 15	
127.5	13 02 07,868	1 04	6 51	16 00	12 30	+ 1 54	
128.5	13 06 04,416	1 08	7 13	16 00	13 14	- 2 29	
129.5	13 10 00,964	1 12	7 36	16 00	13 58	6 46	
130.5	13 13 57,514	1 15	7 58	15 59	14 43	10 48	
131.5	13 17 54,066	1 19	8 20	15 59	15 30	14 25	
132.5	13 21 50,620	1 23	8 42	15 59	16 17	17 29	
133.5	13 25 47,175	1 26	9 04	15 58	17 07	19 50	
134.5	13 29 43,732	1 30	9 26	15 58	17 59	21 19	
135.5	13 33 40,290	1 34	9 47	15 58	18 52	21 47	
136.5	13 37 36,848	1 37	10 08	15 58	19 47	21 10	
137.5	13 41 33,404	1 41	10 30	15 57	20 42	19 24	
138.5	13 45 29,959	1 45	10 51	15 57	21 38	16 31	
139.5	13 49 26,511	1 49	11 12	15 57	22 34	12 36	
140.5	13 53 23,061	1 52	11 32	15 57	23 29	7 50	
141.5	13 57 19,610	1 56	11 53	15 56	0 25	- 2 28	
142.5	14 01 16,158	2 00	12 13	15 56	1 21	+ 3 09	
143.5	14 05 12,709	2 04	12 33	15 56	2 18	8 37	
144.5	14 09 09,262	2 07	12 53	15 55	3 17	13 33	
145.5	14 13 05,819	2 11	13 13	15 55	4 17	17 32	
146.5	14 17 02,379	2 15	13 32	15 55	5 18	20 18	
147.5	14 20 59,940	2 19	13 51	15 55	6 19	21 42	
148.5	14 24 55,500	2 22	14 10	15 55	7 18	21 44	
149.5	14 28 52,059	2 26	+14 29	15 54	8 15	+20 31	

Hold: 10-én 04^h-kor földtávolban
23-án 20^h-kor földközéiben

I. MÁJUS

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben					
				Budapesten					A HOLD fényváltózá- sai
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugsz.	kel	nyugsz.	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	Sz	(18)	121	4 28	11 41	18 55	11 23	1 45	
2	Cs		122	4 27	11 41	18 56	12 28	2 17	
3	P		123	4 25	11 41	18 58	13 33	2 44	
4	Sz		124	4 24	11 41	18 59	14 36	3 08	
5	V		125	4 23	11 41	19 00	15 38	3 30	
6	H	19	126	4 20	11 41	19 02	16 40	3 51	
7	K		127	4 19	11 41	19 03	17 41	4 12	
8	Sz		128	4 17	11 40	19 04	18 44	4 34	☉ 18 24
9	Cs		129	4 16	11 40	19 06	19 47	5 00	
10	P		130	4 15	11 40	19 07	20 47	5 28	
11	Sz		131	4 13	11 40	19 08	21 48	6 02	
12	V		132	4 12	11 40	19 10	22 44	6 43	
13	H	20	133	4 11	11 40	19 11	23 34	7 31	
14	K		134	4 09	11 40	19 12	—	8 27	
15	Sz		135	4 08	11 40	19 13	0 19	9 30	
16	Cs		136	4 07	11 40	19 15	0 57	10 38	☾ 14 37
17	P		137	4 06	11 40	19 16	1 30	11 51	
18	Sz		138	4 04	11 40	19 17	1 59	13 06	
19	V		139	4 03	11 40	19 18	2 27	14 23	
20	H	21	140	4 02	11 40	19 19	2 52	15 42	
21	K		141	4 01	11 40	19 21	3 21	17 04	
22	Sz		142	4 00	11 40	19 22	3 52	18 25	
23	Cs		143	3 58	11 41	19 23	4 28	19 45	● 05 00
24	P		144	3 57	11 41	19 24	5 10	21 00	
25	Sz		145	3 57	11 41	19 25	6 00	22 05	
26	V		146	3 56	11 41	19 26	6 58	23 00	
27	H	22	147	3 56	11 41	19 27	8 02	23 44	
28	K		148	3 55	11 41	19 28	9 09	—	
29	Sz		149	3 54	11 41	19 29	10 15	0 19	
30	Cs		150	3 53	11 41	19 30	11 21	0 48	☽ 05 56
31	P		151	3 53	11 41	19 31	12 26	1 13	

HÓNAP

0 ^b világidőkor						
Julián dátum 2438...	Csillagidő (λ = 0 ^b -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
... 150,5	14 32 48,615	2 30	+14 47	15 54	9 09	+18 16
151,5	14 36 45,169	2 34	15 06	15 54	10 00	15 11
152,5	14 40 41,721	2 38	15 24	15 54	10 48	11 31
153,5	14 44 38,271	2 42	15 41	15 53	11 34	7 25
154,5	14 48 34,821	2 45	15 59	15 53	12 19	+ 3 06
155,5	14 52 31,370	2 49	16 16	15 53	13 03	— 1 20
156,5	14 56 27,920	2 53	16 33	15 53	13 47	5 41
157,5	15 00 24,472	2 57	16 50	15 52	14 32	9 50
158,5	15 04 21,026	3 01	17 06	15 52	15 18	13 38
159,5	15 08 17,581	3 05	17 22	15 52	16 05	16 54
160,5	15 12 14,139	3 09	17 38	15 52	16 55	19 30
161,5	15 16 10,698	3 12	17 53	15 52	17 46	21 14
162,5	15 20 07,258	3 16	18 09	15 51	18 39	21 59
163,5	15 24 03,818	3 20	18 24	15 51	19 33	21 40
164,5	15 28 00,377	3 24	18 38	15 51	20 28	20 14
165,5	15 31 56,934	3 28	18 53	15 51	21 22	17 42
166,5	15 35 53,489	3 32	19 07	15 50	22 16	14 10
167,5	15 39 50,042	3 36	19 20	15 50	23 10	9 47
168,5	15 43 46,593	3 40	19 34	15 50	0 04	— 4 44
169,5	15 47 43,144	3 44	19 47	15 50	0 58	+ 0 42
170,5	15 51 39,695	3 48	19 59	15 50	1 53	6 13
171,5	15 55 36,249	3 52	20 12	15 50	2 51	11 25
172,5	15 59 32,807	3 56	20 24	15 49	3 50	15 55
173,5	16 03 29,368	4 00	20 35	15 49	4 51	19 21
174,5	16 07 25,931	4 04	20 47	15 49	5 54	21 26
175,5	16 11 22,495	4 08	20 58	15 49	6 55	22 04
176,5	16 15 19,057	4 12	21 08	15 49	7 55	21 18
177,5	16 19 15,617	4 16	21 18	15 48	8 52	19 20
178,5	16 23 12,174	4 20	21 28	15 48	9 45	16 26
179,5	16 27 08,729	4 24	21 38	15 48	10 35	12 50
180,5	16 31 05,282	4 29	+21 47	15 48	11 22	+ 8 46

Hold: 7-én 05^h-kor földtávolban
22-én 05^h-kor földközélen

I. JÚNIUS

DÁTUM	A HÉT napja	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben					A HOLD fényváltózá- sai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugsz.	kel	nyugsz.	
			15 ²	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(22)	152	3 52	11 42	19 32	13 29	1 36	
2	V		153	3 50	11 42	19 33	14 31	1 57	/
3	H	23	154	3 50	11 42	19 34	15 33	2 18	
4	K		155	3 49	11 42	19 36	16 35	2 39	
5	Sz		156	3 49	11 42	19 36	17 38	3 03	
6	Cs		157	3 48	11 42	19 36	18 41	3 31	
7	P		158	3 48	11 43	19 37	19 42	4 03	☉ 09 31
8	Sz		159	3 48	11 43	19 38	20 40	4 41	
9	V		160	3 47	11 43	19 39	21 33	5 27	
10	H	24	161	3 47	11 43	19 40	22 00	6 21	
11	K		162	3 47	11 43	19 41	22 59	7 22	
12	Sz		163	3 47	11 44	19 41	23 34	8 29	
13	Cs		164	3 46	11 44	19 42	—	9 39	
14	P		165	3 46	11 44	19 42	0 04	10 52	☾ 21 54
15	Sz		166	3 46	11 44	19 43	0 31	12 07	
16	V		167	3 46	11 44	19 43	0 57	13 23	
17	H	25	168	3 46	11 45	19 43	1 23	14 40	
18	K		169	3 46	11 45	19 44	1 51	15 59	
19	Sz		170	3 46	11 45	19 45	2 23	17 18	
20	Cs		171	3 46	11 45	19 45	3 00	18 35	
21	P		172	3 47	11 45	19 45	3 46	19 45	● 12 46
22	Sz		173	3 47	11 46	19 45	4 40	20 47	
23	V		174	3 47	11 46	19 45	5 42	21 36	
24	H	26	175	3 47	11 46	19 46	6 48	22 17	
25	K		176	3 48	11 46	19 46	7 57	22 49	
26	Sz		177	3 48	11 47	19 46	9 05	23 17	
27	Cs		178	3 48	11 47	19 46	10 12	23 40	
28	P		179	3 49	11 47	19 46	11 16	—	☽ 21 24
29	Sz		180	3 49	11 47	19 45	12 19	0 01	
30	V		181	3 50	11 47	19 45	13 22	0 25	

Föld: nyár kezdete 22-én 04^h 04^m-kor

HÓNAP

0 ^b világitűkor						
Julian dátum 2438...	Csillagidű (λ = 0 ^b -nái)	NAP			HOLD	
		RA	D	látűzó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
181,5	16 35 01,833	4 33	+21 55	15 48	12 07	+ 4 26
182,5	16 38 58,385	4 37	22 04	15 48	12 52	— 0 00
183,5	16 42 54,937	4 41	22 12	15 48	13 36	4 26
184,5	16 46 41,490	4 45	22 19	15 47	14 20	8 41
185,5	16 50 48,044	4 49	22 26	15 47	15 06	12 37
186,5	16 54 44,601	4 53	22 33	15 47	15 53	16 06
187,5	16 58 41,160	4 57	22 40	15 47	16 42	18 56
188,5	17 02 37,721	5 01	22 46	15 47	17 33	20 57
189,5	17 06 34,283	5 05	22 51	15 47	18 26	22 00
190,5	17 10 30,844	5 10	22 56	15 47	19 21	19 21
191,5	17 14 27,405	5 14	23 01	15 47	20 15	20 15
192,5	17 18 23,965	5 18	23 05	15 47	21 10	18 32
193,5	17 22 20,522	5 22	23 09	15 46	22 04	15 16
194,5	17 26 17,077	5 26	23 13	15 46	22 56	11 08
195,5	17 30 13,630	5 30	23 16	15 46	23 49	6 21
196,5	17 34 10,181	5 35	23 18	15 46	0 41	— 1 09
197,5	17 38 06,734	5 39	23 21	15 46	1 34	+ 4 13
198,5	17 42 03,288	5 43	23 23	15 46	2 29	9 27
199,5	17 45 59,845	5 47	23 25	15 46	3 26	14 11
200,5	17 49 56,406	5 51	23 26	15 46	4 25	18 03
201,5	17 53 52,969	5 55	23 26	15 46	5 27	20 44
202,5	17 57 49,534	5 59	23 27	15 46	6 29	22 02
203,5	18 01 46,098	6 04	23 26	15 46	7 30	21 52
204,5	18 05 42,660	6 08	23 26	15 46	8 30	20 21
205,5	18 09 39,219	6 12	23 25	15 46	9 25	17 44
206,5	18 13 35,776	6 16	23 23	15 46	10 18	14 17
207,5	18 17 32,330	6 20	23 22	15 45	11 07	10 17
208,5	18 21 28,882	6 24	23 19	15 45	11 53	5 57
209,5	18 25 25,434	6 29	23 17	15 45	12 38	+ 1 28
210,5	18 29 21,986	6 33	+23 14	15 45	13 23	— 3 01

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

I. JÚLIUS

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben					A HOLD fényváltózá- sai
				Budapest					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugsz.	kel	nyugsz.	
				h m	h m	h m	h m	h m	h m
1	H	27	182	3 50	11 48	19 45	14 24	0 44	
2	K		183	3 51	11 48	19 45	15 27	1 07	
3	Sz		184	3 51	11 48	19 44	16 29	1 33	
4	Cs		185	3 51	11 48	19 44	17 32	2 02	
5	P		186	3 52	11 48	19 44	18 32	2 39	
6	Sz		187	3 53	11 48	19 44	19 28	3 22	☉ 22 56
7	V		188	3 54	11 49	19 44	20 17	4 14	
8	H	28	189	3 54	11 49	19 43	21 00	5 13	
9	K		190	3 56	11 49	19 43	21 38	6 19	
10	Sz		191	3 56	11 49	19 42	22 08	7 30	
11	Cs		192	3 57	11 49	19 41	22 36	8 43	
12	P		193	3 58	11 49	19 41	23 02	9 56	
13	Sz		194	3 59	11 50	19 40	23 27	11 11	
14	V		195	4 00	11 50	19 39	23 54	12 27	☾ 02 58
15	H	29	196	4 01	11 50	11 39	—	13 43	
16	K		197	4 02	11 50	19 38	0 23	14 59	
17	Sz		198	4 03	11 50	19 37	0 57	16 16	
18	Cs		199	4 04	11 50	19 36	1 37	17 27	
19	P		200	4 05	11 50	19 35	2 26	18 32	
20	Sz		201	4 06	11 50	19 34	3 24	19 26	● 21 43
21	V		202	4 07	11 50	19 33	4 28	20 15	
22	H	30	203	4 08	11 50	19 32	5 37	20 47	
23	K		204	4 10	11 50	19 31	6 46	21 16	
24	Sz		205	4 11	11 50	19 29	7 55	21 43	
25	Cs		206	4 12	11 50	19 28	9 01	22 05	
26	P		207	4 13	11 50	19 27	10 05	22 26	
27	Sz		208	4 14	11 50	19 26	11 08	22 48	
28	V		209	4 16	11 50	19 25	12 11	23 10	☽ 14 13
29	H	31	210	4 17	11 50	19 23	13 14	23 34	
30	K		211	4 18	11 50	19 22	14 16	—	
31	Sz		212	4 19	11 50	19 21	15 18	0 02	

Föld: 4-én naptávolban

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2438...	Csillagidő (λ = 0 ^h -nát)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
... 211,5	18 33 18,539	6 37	+23 10	15 45	14 07	— 7 21
212,5	18 37 15,094	6 41	23 07	15 45	14 52	11 25
213,5	18 41 11,650	6 45	23 02	15 45	15 38	15 03
214,5	18 45 08,209	6 49	22 58	15 45	16 27	18 07
215,5	18 49 04,769	6 53	22 53	15 45	17 18	20 25
216,5	18 53 01,331	6 57	22 47	15 45	18 11	21 48
217,5	18 56 57,892	7 02	22 41	15 45	19 06	22 06
218,5	19 00 54,454	7 06	22 35	15 45	20 01	21 15
219,5	19 04 51,014	7 10	22 28	15 45	20 57	19 14
220,5	19 08 47,571	7 14	22 21	15 45	21 51	16 10
221,5	19 12 44,126	7 18	22 14	15 45	22 45	12 12
222,5	19 16 40,679	7 22	22 06	15 45	23 37	7 32
223,5	19 20 37,230	7 26	21 58	15 45	0 29	— 2 26
224,5	19 24 33,782	7 30	21 50	15 46	1 21	+ 2 50
225,5	19 28 30,335	7 34	21 41	15 46	2 14	8 01
226,5	19 32 26,890	7 38	21 31	15 46	3 09	12 48
227,5	19 36 23,449	7 42	21 22	15 46	4 06	16 52
228,5	19 40 20 010	7 46	21 12	15 46	5 05	19 55
229,5	19 44 16,573	7 50	21 01	15 46	6 06	21 42
230,5	19 48 13,136	7 54	20 51	15 46	7 07	22 05
231,5	19 52 09,698	7 58	20 39	15 46	8 06	21 06
232,5	19 56 06,257	8 02	20 28	15 46	9 04	18 53
233,5	20 00 02,814	8 06	20 16	15 46	9 58	15 42
234,5	20 03 59,367	8 10	20 04	15 46	10 49	11 50
235,5	20 07 55,919	8 14	19 52	15 46	11 37	7 32
236,5	20 11 52,470	8 18	19 39	15 46	12 23	+ 3 01
237,5	20 15 49,020	8 22	19 26	15 46	13 08	— 1 31
238,5	20 19 45,571	8 26	19 12	15 47	13 52	5 57
239,5	20 23 42,124	8 30	18 59	15 47	14 37	10 08
240,5	20 27 38,678	8 34	18 45	15 47	15 23	13 55
241,5	20 31 35,234	8 38	+ 18 30	15 47	16 11	—17 11

Hold: 1-én 07^h-kor földtávolban
 16-án 19^h-kor földközélen
 29-én 01^h-kor földtávolban

I. AUGUSZTUS

DÁTUM	A HÉT napja	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben					
				Budapesten					A HOLD lény-változása
				A NAP			A HOLD		
				kei	delei	nyugsz.	kei	nyugsz.	
h m	h m	h m	h m	h m	h m				
1	Cs	(31)	213	4 21	11 50	19 19	16 20	0 53	
2	P		214	4 22	11 50	19 18	17 17	1 15	
3	Sz		215	4 23	11 50	19 16	18 10	2 03	
4	V		216	4 25	11 50	19 15	18 55	3 00	
5	H	32	217	4 26	11 50	19 13	19 35	4 05	☉ 10 31
6	K		218	4 27	11 50	19 12	20 09	5 16	
7	Sz		219	4 28	11 50	19 10	20 39	6 30	
8	Cs		220	4 29	11 50	19 09	21 05	7 45	
9	P		221	4 31	11 50	19 07	21 32	9 01	
10	Sz		222	4 32	11 49	19 06	21 58	10 17	
11	V		223	4 34	11 49	19 04	22 16	11 33	
12	H	33	224	4 35	11 49	19 02	22 58	12 49	☾ 07 22
13	K		225	4 36	11 49	19 01	23 35	14 04	
14	Sz		226	4 37	11 49	18 59	—	15 16	
15	Cs		227	4 39	11 49	18 57	0 20	16 22	
16	P		228	4 40	11 48	18 56	1 13	17 19	
17	Sz		229	4 41	11 48	18 54	2 14	18 06	
18	V		230	4 43	11 48	18 52	3 20	18 44	
19	H	34	231	4 44	11 48	18 50	4 29	19 16	☉ 08 35
20	K		232	4 46	11 48	18 49	5 38	19 44	
21	Sz		233	4 47	11 47	18 47	6 45	20 08	
22	Cs		234	4 48	11 47	18 45	7 51	20 29	
23	P		235	4 49	11 47	18 43	8 55	20 50	
24	Sz		236	4 50	11 47	18 42	9 58	21 12	
25	V		237	4 52	11 46	18 40	11 00	21 35	
26	H	35	238	4 53	11 46	18 38	12 03	22 02	
27	K		239	4 55	11 46	18 36	13 06	22 32	☾ 07 54
28	Sz		240	4 56	11 45	18 34	14 06	23 09	
29	Cs		241	4 57	11 45	18 32	15 05	23 52	
30	P		242	4 59	11 45	18 30	16 00	—	
31	Sz		243	5 00	11 45	18 28	16 48	0 45	

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julian dátum 2438..	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
... 242,5	20 35 31,792	8 42	+18 16	15 47	17 01	-19 45
243,5	20 39 28,352	8 46	18 01	15 47	17 53	21 27
244,5	20 43 24,912	8 50	17 45	15 47	18 47	22 08
245,5	20 47 21,472	8 53	17 30	15 47	19 43	21 39
246,5	20 51 18,031	8 57	17 14	15 47	20 39	19 59
247,5	20 55 14,588	9 01	16 58	15 48	21 35	17 10
248,5	20 59 11,141	9 05	16 41	15 48	22 30	13 21
249,5	21 03 07,693	9 09	16 25	15 48	23 23	8 46
250,5	21 07 04,242	9 13	16 08	15 48	0 16	- 3 39
251,5	21 11 00,792	9 16	15 51	15 48	1 09	+ 1 41
252,5	21 14 57,342	9 20	15 33	15 48	2 02	6 57
253,5	21 18 53,895	9 24	15 16	15 48	2 56	11 49
254,5	21 22 50,451	9 28	14 58	15 49	3 52	16 02
255,5	21 26 47,009	9 32	14 40	15 49	4 49	19 18
256,5	21 30 43,569	9 35	14 21	15 49	5 48	21 23
257,5	21 34 40,130	9 39	14 03	15 49	6 48	22 09
258,5	21 38 36,690	9 43	13 44	15 49	7 47	21 35
259,5	21 42 33,247	9 47	13 25	15 49	8 44	19 46
260,5	21 46 29,803	9 50	13 05	15 50	9 39	16 54
261,5	21 50 26,355	9 54	12 46	15 50	10 31	13 15
262,5	21 54 22,905	9 58	12 26	15 50	11 20	9 02
263,5	21 58 19,454	10 01	12 06	15 50	12 07	+ 4 32
264,5	22 02 16,002	10 05	11 46	15 50	12 52	- 0 04
265,5	22 06 12,550	10 09	11 26	15 51	13 37	4 36
266,5	22 10 09,100	10 13	11 05	15 51	14 22	8 54
267,5	22 14 05,652	10 16	10 45	15 51	15 07	12 50
268,5	22 18 02,205	10 20	10 24	15 51	15 54	16 17
269,5	22 21 58,760	10 24	10 03	15 51	16 43	19 04
270,5	22 25 55,317	10 27	9 42	15 51	17 34	21 04
271,5	22 29 51,875	10 31	9 21	15 52	18 27	22 07
272,5	22 33 48,433	10 34	+ 8 58	15 52	19 22	-22 03

Hold: 11-én 01^h-kor félközelen
25-én 19^h-kor földtávolban

I. SZEPTEMBER

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben					A HOLD fényváltózá-sai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugsz.	kel	nyugsz.	
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	V	(35)	244	5 01	11 44	18 26	17 30	1 46	
2	H	36	245	5 03	11 44	18 24	18 07	2 55	
3	K		246	5 04	11 44	18 22	18 39	4 09	☉ 20 34
4	Sz		247	5 06	11 43	18 20	19 07	5 25	
5	Cs		248	5 07	11 43	18 19	19 34	6 42	
6	P		249	5 08	11 43	18 17	20 00	8 01	
7	Sz		250	5 10	11 42	18 15	20 29	9 20	
8	V		251	5 11	11 42	18 13	20 59	10 38	
9	H	37	252	5 12	11 42	18 10	21 35	11 55	
10	K		253	5 14	11 41	18 08	22 17	13 08	☾ 12 43
11	Sz		254	5 15	11 41	18 06	23 07	14 16	
12	Cs		255	5 16	11 41	18 04	—	15 15	
13	P		256	5 17	11 40	18 02	0 05	16 04	
14	Sz		257	5 19	11 40	18 00	1 09	16 45	
15	V		258	5 20	11 40	17 58	2 16	17 18	
16	H	38	259	5 21	11 39	17 56	3 24	17 46	
17	K		260	5 22	11 39	17 54	4 32	18 10	● 21 51
18	Sz		261	5 24	11 38	17 52	5 38	18 33	
19	Cs		262	5 25	11 38	17 50	6 43	18 54	
20	P		263	5 27	11 38	17 48	7 47	19 15	
21	Sz		264	5 28	11 37	17 46	8 49	19 37	
22	V		265	5 29	11 37	17 44	9 52	20 02	
23	H	39	266	5 31	11 37	17 41	10 54	20 31	
24	K		267	5 32	11 36	17 39	11 56	21 04	
25	Sz		268	5 33	11 36	17 37	12 55	21 44	
26	Cs		269	5 35	11 36	17 35	13 51	22 32	☽ 01 39
27	P		270	5 36	11 35	17 33	14 40	23 28	
28	Sz		271	5 38	11 35	17 31	15 24	—	
29	V		272	5 39	11 35	17 29	16 03	0 33	
30	H	40	273	5 40	11 34	17 27	16 36	1 43	

Föld: Ősz kezdete 23-án 19^h 24^m-kor

HÓNAP

0 ^h világidőkor							
Julian dátum 2438...	Csillagidő ($\Delta = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD		
		RA	D	látzó sugara	RA	D	
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "	
.. 273,5	22 37 44,990	10 38	+ 8 38	15 52	20 17	-20 49	
274,5	22 41 41,545	10 42	8 16	15 53	21 14	18 24	
275,5	22 45 38,098	10 45	7 54	15 53	22 09	14 52	
276,5	22 49 34,649	10 49	7 32	15 53	23 05	10 24	
277,5	22 53 31,197	10 53	7 10	15 53	23 59	- 5 17	
278,5	22 57 27,744	10 56	6 48	15 54	0 53	+ 0 11	
279,5	23 01 24,292	11 00	6 26	15 54	1 47	5 40	
280,5	23 05 20,842	11 03	6 03	15 54	2 42	10 49	
281,5	23 09 17,396	11 07	5 41	15 54	3 39	15 18	
282,5	23 13 13,952	11 11	5 18	15 54	4 36	18 50	
283,5	23 17 10,510	11 14	4 55	15 55	5 35	21 12	
284,5	23 21 07,069	11 18	4 33	15 55	6 34	22 15	
285,5	23 25 03,627	11 21	4 10	15 55	7 33	21 59	
286,5	23 29 00,184	11 25	3 47	15 55	8 30	20 27	
287,5	23 32 56,738	11 29	3 24	15 56	9 24	17 52	
288,5	23 36 53,289	11 32	3 01	15 56	10 16	14 25	
289,5	23 40 49,838	11 36	2 38	15 56	11 05	10 22	
290,5	23 44 46,386	11 39	2 14	15 56	11 52	5 55	
291,5	23 48 42,933	11 43	1 51	15 57	12 38	+ 1 18	
292,5	23 52 39,480	11 46	1 28	15 57	13 23	- 3 18	
293,5	23 56 36,028	11 50	1 05	15 57	14 08	7 44	
294,5	0 00 32,578	11 54	0 41	15 58	14 53	11 50	
295,5	0 04 29,130	11 57	+ 0 18	15 58	15 39	15 28	
296,5	0 08 25,683	12 01	- 0 05	15 58	16 27	18 29	
297,5	0 12 22 238	12 04	0 29	15 58	17 17	20 44	
298,5	0 16 18,795	12 08	0 52	15 59	18 08	22 05	
299,5	0 20 15,352	12 12	1 16	15 59	19 01	22 25	
300,5	0 24 11,909	12 15	1 39	15 59	19 56	21 38	
301,5	0 28 08,464	12 19	2 02	15 59	20 51	19 41	
302,5	0 32 05,017	12 22	- 2,26	16 00	21 46	-16 35	

Hold: 6-án 17^h-kor földközélen
22-én 14^h-kor földtávolban

I. OKTÓBER

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

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2438...	Csillagidő ($\lambda = 0^h$ -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látászó sugara	RA	D
	h m s	h m	° /	' "	h m	° /
...303,5	0 36 01,568	12 26	— 2 49	16 00	22 41	—12 28
304,5	0 39 58,117	12 30	3 12	16 00	23 36	7 31
305,5	0 43 54,664	12 33	3 36	16 01	0 31	— 2 01
306,5	0 47 51,211	12 37	3 59	16 01	1 26	+ 3 41
307,5	0 51 47,760	12 41	4 22	16 01	2 23	9 12
308,5	0 55 44,313	12 44	4 45	16 01	3 20	14 09
309,5	0 59 40,868	12 48	5 08	16 02	4 19	18 09
310,5	1 03 37,426	12 51	5 31	16 02	5 20	20 57
311,5	1 07 33,986	12 55	5 54	16 02	6 20	22 22
312,5	1 11 30,545	12 59	6 17	16 02	7 20	22 24
313,5	1 15 27,103	13 02	6 40	16 03	8 17	21 07
314,5	1 19 23,658	13 06	7 02	16 03	9 12	18 44
315,5	1 23 20,210	13 10	7 25	16 03	10 04	15 27
316,5	1 27 16,760	13 14	7 47	16 04	10 53	11 31
317,5	1 31 13,309	13 17	8 10	16 04	11 40	7 10
318,5	1 35 09,856	13 21	8 32	16 04	12 26	+ 2 34
319,5	1 39 06,404	13 25	8 54	16 04	13 10	— 2 05
320,5	1 43 02,953	13 28	9 16	16 05	13 55	6 36
321,5	1 46 59,503	13 32	9 38	16 05	14 40	10 51
322,5	1 50 56,055	13 36	10 00	16 05	15 26	14 41
323,5	1 54 52,609	13 40	10 21	16 05	16 13	17 55
324,5	1 58 49,165	13 43	10 43	16 06	17 02	20 25
325,5	2 02 45,723	13 47	11 04	16 06	17 53	22 03
326,5	2 06 42,281	13 51	11 25	16 06	18 45	22 42
327,5	2 10 38,839	13 55	11 46	16 07	19 38	22 17
328,5	2 14 35,396	13 59	12 07	16 07	20 32	20 46
329,5	2 18 31,951	14 03	12 28	16 07	21 25	18 08
330,5	2 22 28,505	14 06	12 48	16 07	22 19	14 28
331,5	2 26 25,055	14 10	13 08	16 08	23 13	9 55
332,5	2 30 21,605	14 14	13 28	16 08	0 06	4 39
333,5	2 34 18,154	14 18	—13 48	16 08	1 01	— 1 01

Hold: 4-én 10^h-kor földközépen
20-án 03^h-kor földtávolban

I. NOVEMBER

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben						A HOLD fényváltózá-sai
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyugsz.	kel	nyugsz.		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	P	(44)	305	6 27	11 28	16 28	16 52	5 47	☉ 14 56	
2	Sz		306	6 28	11 28	16 27	17 26	7 11		
3	V	45	307	6 30	11 28	16 25	18 06	8 33		
4	H		308	6 31	11 28	16 24	18 52	9 52		
5	K		309	6 33	11 28	16 22	19 47	11 02		
6	Sz	46	310	6 34	11 28	16 21	20 51	12 00		
7	Cs		311	6 36	11 28	16 19	21 57	12 48		
8	P		312	6 37	11 28	16 18	23 06	13 26		☾ 07 37
9	Sz		313	6 39	11 28	16 16	—	13 56		
10	V		314	6 40	11 28	16 15	0 14	14 23		
11	H		315	6 42	11 28	16 14	1 20	14 45		
12	K	316	6 43	11 28	16 12	2 25	15 05			
13	Sz	317	6 45	11 28	16 11	3 29	15 25			
14	Cs	318	6 46	11 28	16 10	4 32	15 46			
15	P	319	6 48	11 28	16 09	5 35	16 09			
16	Sz	320	6 49	11 29	16 08	6 38	16 35		● 07 51	
17	V	321	6 51	11 29	16 07	7 39	17 03			
18	H	47	322	6 52	11 29	16 06	8 41	17 38		
19	K		323	6 54	11 29	16 05	9 38	18 19		
20	Sz	324	6 55	11 29	16 03	10 33	19 08			
21	Cs	325	6 57	11 30	16 03	11 20	20 05			
22	P	326	6 58	11 30	16 02	12 00	21 08			
23	Sz	327	6 59	11 30	16 01	12 35	22 15			
24	V	328	7 01	11 30	16 00	13 05	23 26			
25	H	48	329	7 02	11 31	15 59	13 32	— —	☽ 08 56	
26	K	330	7 03	11 31	15 58	13 57	0 40			
27	Sz	331	7 05	11 31	15 58	14 23	1 56			
28	Cs	332	7 06	11 32	15 58	14 49	3 15			
29	P	333	7 07	11 32	15 57	15 18	4 36			
30	Sz	334	7 09	11 32	15 57	15 44	5 59			

HÓNAP

0 ^b világitdők						
Julián dátum 2438...	Csillagidő (λ = 0 ^b -nái)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...334,5	2 28 14,703	14 22	-14 08	16 08	1 57	+ 6 46
335,5	2 42 11,256	14 26	14 27	16 09	2 55	12 10
336,5	2 46 07,813	14 30	14 46	16 09	3 55	16 47
337,5	2 50 04,373	14 34	15 05	16 09	4 57	20 15
338,5	2 54 00,935	14 38	15 23	16 09	6 00	22 17
339,5	2 57 57,497	14 42	15 42	16 10	7 02	22 47
340,5	3 01 54,058	14 46	16 00	16 10	8 02	21 51
341,5	3 05 50,616	14 50	16 18	16 10	8 59	19 40
342,5	3 09 47,172	14 54	16 35	16 10	9 52	16 32
343,5	3 13 43,725	14 58	16 53	16 11	10 42	12 41
344,5	3 17 40,276	15 02	17 10	16 11	11 30	8 23
345,5	3 21 36,826	15 06	17 26	16 11	12 15	+ 3 49
346,5	3 25 33,376	15 10	17 43	16 11	13 00	- 0 51
347,5	3 29 29,927	15 14	17 59	16 11	13 44	5 26
348,5	3 33 26,479	15 18	18 15	16 12	14 28	9 48
349,5	3 37 23,033	15 22	18 30	16 12	15 14	13 47
350,5	3 41 19,590	15 26	18 45	16 12	16 01	17 14
351,5	3 45 16,148	15 30	19 00	16 12	16 50	19 59
352,5	3 49 12,707	15 34	19 14	16 13	17 40	21 53
353,5	3 53 09,268	15 39	19 29	16 13	18 32	22 50
354,5	3 57 05,828	15 43	19 42	16 13	19 24	22 43
355,5	4 01 02,388	15 47	19 56	16 13	20 17	21 31
356,5	4 04 58,947	15 51	20 09	16 13	21 10	19 14
357,5	4 08 55,503	15 55	20 21	16 14	22 02	15 58
358,5	4 12 52,057	16 00	20 34	16 14	22 54	11 49
359,5	4 16 48,609	16 04	20 46	16 14	23 45	6 57
360,5	4 20 45,161	16 08	20 57	16 14	0 38	- 1 33
361,5	4 24 41,713	16 12	21 08	16 14	1 31	+ 4 05
362,5	4 28 38,266	16 17	21 19	16 14	2 27	9 38
363,5	4 32 34,824	16 21	-21 29	16 15	3 26	+14 42

Hold: 2-án 01^b-kor földközben
 16-án 07^b-kor földtávolban
 30-án 14^b-kor földközben

I. DECEMBER

DÁTUM	A HÉT napjai	Év hányadik hete	Év hányadik napja	KÖZÉP-EURÓPAI zónaidőben					A HOLD fényváltószai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugsz.	kel	nyugsz.	
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	V	(48)	335	7 10	11 33	15 55	16 36	7 22	☉ 0 55
2	H	49	336	7 11	11 33	15 55	17 29	8 39	
3	K		337	7 12	11 34	15 54	18 30	9 48	
4	Sz		338	7 13	11 34	15 54	19 38	10 41	
5	Cs		339	7 14	11 34	15 54	20 50	11 25	
6	P		340	7 16	11 35	15 53	22 00	11 59	
7	Sz		341	7 17	11 35	15 53	23 09	12 27	☾ 22 34
8	V		342	7 18	11 36	15 53	— —	12 51	
9	H	50	343	7 19	11 36	15 53	0 16	13 12	
10	K		344	7 20	11 36	15 53	1 20	13 32	
11	Sz		345	7 21	11 37	15 53	2 23	13 52	
12	Cs		346	7 21	11 37	15 53	3 26	14 14	
13	P		347	7 22	11 38	15 53	4 29	14 38	
14	Šz		348	7 23	11 38	15 53	5 32	15 06	
15	V		349	7 24	11 39	15 53	6 34	15 39	
16	H	51	350	7 25	11 39	15 53	7 34	16 17	● 03 07
17	K		351	7 26	11 40	15 54	8 29	17 04	
18	Sz		352	7 26	11 40	15 54	9 18	17 59	
19	Cs		353	7 27	11 41	15 54	10 02	19 00	
20	P		354	7 28	11 41	15 55	10 38	20 06	
21	Sz		355	7 29	11 42	15 55	11 09	21 15	
22	V		356	7 29	11 42	15 55	11 36	22 26	
23	H	52	357	7 30	11 43	15 56	12 01	23 39	☽ 20 55
24	K		358	7 30	11 43	15 57	12 25	— —	
25	Sz		359	7 31	11 44	15 57	12 50	0 53	
26	Cs		360	7 31	11 44	15 58	13 16	2 10	
27	P		361	7 31	11 45	15 59	13 47	3 29	
28	Sz		362	7 31	11 45	16 00	14 24	4 50	
29	V		363	7 32	11 46	16 00	15 11	6 10	
30	H	53	364	7 32	11 46	16 00	16 07	7 23	☉ 12 04
31	K		365	7 32	11 46	16 01	17 13	8 25	

Föld: tél kezdete 22-én 15^h02^m-kor

HÓNAP

0 ^h világtidőkor						
Julián dátum 2438...	Csillagidő (λ = 0 ^h -nál)	NAP			HOLD	
		RA	D	látszó sugara	RA	D
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...364,5	4 36 31,385	16 25	—21 39	16 15	4 27	+18 50
365,5	4 40 27,949	16 29	21 49	16 15	5 31	21 39
366,5	4 44 24,514	16 34	21 58	16 15	6 36	22 54
367,5	4 48 21,079	16 38	22 07	16 15	7 39	22 32
368,5	4 52 17,641	16 42	22 15	16 15	8 39	20 45
369,5	4 56 14,200	16 47	22 23	16 15	9 36	17 49
370,5	5 00 10,757	16 51	22 30	16 16	10 28	14 03
371,5	5 04 07,311	16 56	22 37	16 16	11 17	9 46
372,5	5 08 03,863	17 00	22 44	16 16	12 04	5 10
373,5	5 12 00,415	17 04	22 50	16 16	12 49	+ 0 28
374,5	5 15 56,968	17 09	22 55	16 16	13 33	— 4 10
375,5	5 19 53,522	17 13	23 00	16 16	14 17	8 38
376,5	5 23 50,077	17 18	23 05	16 16	15 02	12 44
377,5	5 27 46,635	17 22	23 09	16 16	15 49	16 22
378,5	5 31 43,194	17 26	23 13	16 17	16 37	19 21
379,5	5 35 39,755	17 31	23 16	16 17	17 27	21 31
380,5	5 39 36,317	17 35	23 19	16 17	18 19	22 45
381,5	5 43 32,880	17 40	23 22	16 17	19 12	22 55
382,5	5 47 29,442	17 44	23 24	16 17	20 05	21 59
383,5	5 51 26,002	17 49	23 25	16 17	20 58	19 58
384,5	5 55 22,560	17 53	23 26	16 17	21 50	16 57
385,5	5 59 19,116	17 57	23 27	16 17	22 41	13 04
386,5	6 03 15,670	18 02	23 27	16 17	23 31	8 29
387,5	6 07 12,223	18 06	23 26	16 17	0 22	— 3 23
388,5	6 11 08,775	18 11	23 25	16 17	1 13	+ 2 01
389,5	6 15 05,329	18 15	23 24	16 17	2 06	7 27
390,5	6 19 01,886	18 20	23 22	16 17	3 01	12 36
391,5	6 22 58,446	18 24	23 20	16 17	3 59	17 05
392,5	6 26 55,009	18 28	23 17	16 17	5 01	20 30
393,5	6 30 51,575	18 33	23 14	16 17	6 05	22 31
394,5	6 34 48,140	18 37	—23 10	16 18	7 10	+22 56

Hold: 13-án 10^h-kor földtávolban
29-én 01^h-kor földközéiben

II. A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának héliografikus koordinátái

Dátum	P	B _s	L _s	Dátum	P	B _s	L _s
I. 1	+ 2,4	-3,0	176,5	VII. 5	- 1,2	+3,3	254,8
6	- 0,1	3,6	110,6	10	+ 1,1	3,8	188,6
11	2,5	4,1	44,8	15	3,3	4,3	122,4
16	4,9	4,6	338,9	20	5,5	4,8	56,3
21	7,2	5,1	273,1	25	7,7	5,2	350,1
26	9,0	5,6	207,3	30	9,8	5,6	284,0
31	11,5	5,9	141,5	VIII. 4	11,8	6,0	217,9
II. 5	13,6	6,3	75,6	9	13,7	6,3	151,7
10	15,5	6,6	9,8	14	15,5	6,6	85,6
15	17,2	6,8	303,9	19	17,1	6,8	19,6
20	18,9	7,0	238,1	24	18,7	7,0	313,5
25	20,4	7,2	172,3	29	20,1	7,1	247,4
III. 2	21,7	7,2	106,4	IX. 3	21,5	7,2	181,4
7	22,9	7,3	40,5	8	22,6	7,3	115,3
12	23,9	7,2	334,6	13	23,6	7,2	49,3
17	24,7	7,1	268,7	18	24,5	7,2	343,3
22	25,4	7,0	202,8	23	25,2	7,0	277,3
27	25,9	6,8	136,9	28	25,8	6,9	211,3
IV. 1	26,2	6,6	70,9	X. 3	26,1	6,6	145,3
6	26,4	6,3	5,0	8	26,3	6,4	79,4
11	26,3	5,9	299,0	13	26,3	6,0	13,4
16	26,1	5,5	233,0	18	26,2	5,7	307,4
21	25,7	5,1	166,9	23	25,8	5,2	241,5
26	25,1	4,7	100,9	28	25,3	4,8	175,6
V. 1	24,3	4,2	34,8	XI. 2	24,5	4,3	109,6
6	23,4	3,7	328,7	7	23,6	3,8	43,7
11	22,2	3,1	262,6	12	22,4	3,2	337,8
16	20,9	2,6	196,5	17	21,1	2,6	271,9
21	19,5	2,0	130,4	22	19,6	2,0	206,0
26	17,9	1,4	64,2	27	17,9	1,4	140,1
31	16,1	0,8	358,0	XII. 2	16,0	0,8	74,2
VI. 5	14,2	-0,2	291,9	7	14,0	+0,1	8,3
10	12,2	+0,4	225,7	12	11,9	-0,5	302,4
15	10,1	1,0	159,5	17	9,6	1,1	236,5
20	8,0	1,6	93,3	22	7,3	1,8	170,6
25	5,7	2,2	27,1	27	4,9	2,4	104,8
30	- 3,5	+2,7	321,0	I. 1	+ 2,5	-3,0	38,9

III. Az öt fényes bolygó távolsága (r) és fényessége (m)
(Csillagászati egységekben, illetve magnitúdókban)

Dátum	Merkur		Vénusz		Mars		Jupiter		Szaturnusz	
	r	m	r	m	r	m	r	m	r	m
I. 1	1,07	-0,5	0,51	-4,3	0,78	-0,4	5,40	-1,8	10,77	
	16	0,71	+1,6	0,62	-4,2	0,71	-0,8	5,59	-1,7	10,86
II. 1	0,77	+0,7	0,74	-4,0	0,67	-1,0	5,76	-1,6	10,91	
	16	1,02	+0,2	0,85	-3,8	0,69	-0,9	5,87	-1,6	10,88
III. 1	1,19	0,0	0,95	-3,7	0,74	-0,5	5,93	-1,6	10,82	+1,0
	16	1,32	-0,6	1,06	-3,6	0,84	-0,2	5,96	-1,6	10,70
IV. 1	1,34	-1,6	1,17	-3,5	0,96	+0,2	5,94	-1,6	10,51	+1,0
	16	1,10	-0,7	1,27	-3,4	1,10	+0,5	5,87	-1,6	10,30
V. 1	0,75	+1,0	1,36	-3,4	1,23	+0,8	5,76	-1,7	10,07	+1,0
	16	0,56	+3,2	1,44	-3,3	1,36	+1,0	5,62	-1,7	9,82
VI. 1	0,63	+1,7	1,52	-3,3	1,50	+1,2	5,43	-1,8	9,56	+0,9
	16	0,88	+0,5	1,58	-3,3	1,62	+1,4	5,22	-1,9	9,33
VII. 1	1,18	-0,9	1,64	-3,3	1,73	+1,5	5,00	-2,0	9,13	+0,7
	16	1,34	-1,6	1,68	-3,4	1,84	+1,5	4,77	-2,0	8,98
VIII. 1	1,23	-0,4	1,71	-3,4	1,94	+1,6	4,53	-2,2	8,89	+0,5
	16	1,04	+0,3	1,73	-3,5	2,02	+1,6	4,33	-2,3	8,87
IX. 1	0,81	+0,7	1,73	-3,5	2,10	+1,7	4,14	-2,4	8,92	+0,5
	16	0,65	+2,2	1,72	-3,4	2,16	+1,7	4,02	-2,4	8,03
X. 1	0,83	+0,5	1,70	-3,4	2,21	+1,8	3,96	-2,5	9,20	+0,7
	16	1,22	+0,9	1,66	-3,4	2,25		3,96	-2,5	9,41
XI. 1	1,42	-1,0	1,62	-3,3	2,29		4,04	-2,4	9,66	+0,8
	16	1,44	-0,6	1,57	-3,3	2,31		4,18	-2,4	9,91
XII. 1	1,32	-0,5	1,51	-3,3	2,33		4,37	-2,3	10,15	+0,9
	16	1,06	-0,3	1,45	-3,4	2,35		4,58	-2,2	10,37

III. a. A szabad szemmel látható bolygók koordinátái

Dátum	MERKUR			VÉNUSZ			MARS			
	RA	D	látászó su-gara	RA	D	látászó su-gara	RA	D	látászó su-gara	
	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	
I.	1	20 05	−21 57	3,11	15 35	−15 20	16,65	9 53	+16 45	5,98
	6	20 27	19 54	3,53	15 52	16 10	15,51	9 51	17 08	6,21
	11	20 36	18 01	4,10	16 10	17 03	14,51	9 47	17 36	6,43
	16	20 26	17 00	4,71	16 30	17 55	13,61	9 43	18 10	6,62
	21	20 02	17 08	5,03	16 50	18 44	12,82	9 37	18 48	6,78
	26	19 38	17 59	4,88	17 11	19 27	12,12	9 30	19 28	6,90
	31	19 28	18 58	4,45	17 33	20 02	11,48	9 23	20 08	6,97
II.	5	19 32	19 44	4,00	17 56	20 27	10,92	9 15	20 46	6,98
	10	19 46	20 08	3,63	18 19	20 41	10,40	9 06	21 20	6,93
	15	20 07	20 04	3,33	18 43	20 43	9,94	8 59	21 48	6,82
	20	20 31	19 30	3,10	19 07	20 32	9,52	8 52	22 10	6,67
	25	20 59	18 24	2,92	19 31	20 07	9,14	8 46	22 25	6,48
III.	1	21 22	17 08	2,80	19 51	19 38	8,85	8 42	22 32	6,30
	6	21 52	15 04	2,68	20 15	18 48	8,53	8 38	22 35	6,07
	11	22 23	12 29	2,59	20 39	17 45	8,23	8 36	22 33	5,83
	16	22 54	9 23	2,53	21 03	16 30	7,95	8 35	22 25	5,59
	21	23 27	5 46	2,48	21 27	15 03	7,70	8 35	22 12	5,35
	26	0 02	− 1 41	2,47	21 50	13 25	7,46	8 36	21 56	5,12
	31	0 37	+ 2 48	2,49	22 14	11 38	7,24	8 39	21 35	4,90
IV.	5	1 14	7 29	2,57	22 36	9 42	7,04	8 42	21 12	4,69
	10	1 51	12 05	2,72	22 59	7 39	6,85	8 47	20 44	4,50
	15	2 27	16 10	2,97	23 22	5 30	6,68	8 52	20 14	4,31
	20	2 59	19 20	3,32	23 44	3 17	6,52	8 58	19 41	4,14
	25	3 25	21 27	3,79	0 06	− 1 01	6,37	9 05	19 04	3,90
	30	3 42	22 29	4,34	0 28	+ 1 17	6,23	9 12	18 25	3,84
V.	5	3 51	22 29	4,94	0 51	3 35	6,10	9 19	17 43	3,70
	10	3 51	21 32	5,52	1 13	5 52	5,97	9 27	16 58	3,58
	15	3 44	19 49	5,93	1 36	8 07	5,86	9 36	16 11	3,46
	20	3 34	17 45	6,06	1 58	10 18	5,76	9 44	15 21	3,35
	25	3 25	15 54	5,89	2 22	12 23	5,66	9 53	14 28	3,25
	30	3 21	14 47	5,49	2 45	14 22	5,57	10 02	13 33	3,16
VI.	5	3 26	14 39	4,88	3 14	16 33	5,47	10 14	12 23	3,06
	10	3 37	15 27	4,37	3 38	18 12	5,39	10 23	11 23	2,98
	15	3 54	16 53	3,90	4 03	19 39	5,32	10 33	10 21	2,90
	20	4 18	18 43	3,49	4 29	20 53	5,26	10 43	9 16	2,84
	25	4 49	20 41	3,15	4 54	21 53	5,20	10 53	8 10	2,77
	30	5 25	+22 28	2,87	5 20	+22 38	5,14	11 03	7 01	2,71

és látszólagos sugara 0^h világitókor

Dátum	JUPITER			SZATURNUSZ			URÁNUSZ			
	RA	D	látszó su-gara	RA	D	látszó su-gara	RA	D	látszó su-gara	
	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	
I.	1	22 44	- 9 14	17,01	20 50	-18 30	6,93	10 29	+10 22	1,93
	6	22 48	8 53	16,80	20 53	18 21	6,90	10 29	10 25	1,94
	11	22 55	8 31	16,61	20 55	18 12	6,88	10 28	10 28	1,95
	16	22 55	8 07	16,44	20 57	18 03	6,86	10 28	10 31	1,95
	21	22 59	7 43	16,27	21 00	17 53	6,85	10 27	10 34	1,96
	26	23 03	7 19	16,13	21 02	17 43	6,84	10 26	10 38	1,96
	31	23 07	6 53	15,99	21 04	17 33	6,84	10 26	10 43	1,97
II.	5	23 11	6 27	15,88	21 07	17 23	6,84	10 25	10 47	1,97
	10	23 15	6 00	15,77	21 09	17 13	6,84	10 24	10 52	1,98
	15	23 19	5 33	15,68	21 12	17 03	6,85	10 23	10 56	1,98
	20	23 23	5 05	15,61	21 14	16 53	6,86	10 22	11 01	1,98
	25	23 28	4 37	15,54	21 16	16 43	6,88	10 22	11 06	1,98
III.	1	23 31	4 14	15,50	21 18	16 35	6,89	10 21	11 10	1,98
	6	23 36	3 46	15,47	21 20	16 25	6,91	10 20	11 14	1,98
	11	23 40	3 17	15,44	21 23	16 16	6,94	10 19	11 19	1,97
	16	23 45	2 48	15,43	21 25	16 06	6,97	10 18	11 23	1,97
	21	23 49	2 19	15,43	21 27	15 57	7,01	10 18	11 27	1,97
	26	23 54	1 51	15,45	21 29	15 49	7,04	10 17	11 31	1,96
	31	23 58	1 22	15,48	21 31	15 40	7,08	10 16	11 35	1,96
IV.	5	0 02	0 54	15,52	21 32	15 33	7,13	10 16	11 38	1,95
	10	0 07	-0 26	15,57	21 34	15 25	7,18	10 15	11 40	1,94
	15	0 11	+0 02	15,64	21 36	15 19	7,23	10 15	11 43	1,94
	20	0 15	0 29	15,72	21 37	15 12	7,28	10 15	11 45	1,93
	25	0 20	0 56	15,81	21 38	15 07	7,34	10 14	11 46	1,92
	30	0 24	1 22	15,92	21 39	15 02	7,40	10 14	11 47	1,91
V.	5	0 28	1 47	16,04	21 40	14 58	7,46	10 14	11 47	1,91
	10	0 32	2 12	16,18	21 41	14 55	7,52	10 14	11 47	1,90
	15	0 36	2 36	16,33	21 42	14 52	7,58	10 14	11 47	1,89
	20	0 39	2 59	16,49	21 43	14 50	7,65	10 14	11 46	1,88
	25	0 43	3 11	16,66	21 43	14 49	7,71	10 14	11 45	1,87
	30	0 46	3 43	16,85	21 43	14 49	7,78	10 15	11 43	1,86
VI.	5	0 50	4 07	17,10	21 43	14 49	7,86	10 15	11 40	1,85
	10	0 54	4 25	17,31	21 43	14 51	7,92	10 16	11 37	1,85
	15	0 57	4 43	17,55	21 43	14 53	7,98	10 16	11 34	1,84
	20	0 59	4 59	17,79	21 42	14 56	8,04	10 17	11 30	1,83
	25	1 02	5 14	18,05	21 42	15 00	8,10	10 17	11 26	1,82
	30	1 04	+5 28	18,32	21 41	15 05	8,16	10 18	+11 21	1,82

III. a. A szabad szemmel látható bolygók koordinátái

Dátum	MERKUR			VÉNUSZ			MARS		
	RA	D	látszó su- gara	RA	D	látszó su- gara	RA	D	látszó su- gara
	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"
VII. 6	6 17	+23 47	2,64	5 52	+23 11	5,09	11 15	+ 5 37	2,65
11	7 04	23 49	2,54	6 19	23 20	5,04	11 26	4 25	2,60
16	7 50	22 42	2,50	6 45	23 12	5,01	11 37	3 12	2,55
21	8 34	20 38	2,52	7 12	22 47	4,97	11 47	1 58	2,50
26	9 13	17 52	2,59	7 38	22 05	4,95	11 58	+ 0 43	2,46
31	9 48	14 41	2,69	8 05	21 07	4,92	12 09	- 0 33	2,43
VIII. 5	10 19	11 19	2,82	8 30	19 53	4,90	12 20	1 50	2,39
10	10 47	7 54	2,97	8 56	18 26	4,89	12 32	3 07	2,36
15	11 12	4 33	3,16	9 21	16 45	4,88	12 43	4 24	2,32
20	11 33	1 25	3,39	9 45	14 53	4,87	12 55	5 42	2,30
25	11 50	+ 1 24	3,66	10 09	12 50	4,87	13 06	6 59	2,27
30	12 04	- 3 43	3,98	10 33	10 38	4,87	13 18	8 16	2,24
IX. 5	12 12	5 30	4,44	11 01	7 51	4,87	13 33	9 47	2,22
10	12 10	5 43	4,84	11 24	5 26	4,88	13 45	11 01	2,19
15	12 00	4 22	5,14	11 47	2 57	4,89	13 58	12 15	2,17
20	11 43	- 1 32	5,16	12 09	+ 0 25	4,91	14 11	13 27	2,15
25	11 29	+ 1 44	4,78	12 32	- 2 08	4,93	14 24	14 37	2,14
30	11 25	3 48	4,16	12 55	4 40	4,95	14 38	15 44	2,12
X. 5	11 37	3 51	3,56	13 18	7 10	4,98	14 51	16 49	2,11
10	11 59	+ 2 05	3,10	13 41	9 36	5,01	15 05	17 51	2,09
15	12 28	- 0 50	2,79	14 05	11 57	5,04	15 19	18 50	2,08
20	12 58	4 17	2,59	14 28	14 10	5,08	15 34	19 46	2,07
25	13 29	7 51	2,46	14 53	16 15	5,12	15 49	20 37	2,06
30	14 00	11 19	2,37	15 18	18 10	5,17	16 04	21 24	2,05
XI. 5	14 38	15 10	2,32	15 48	20 11	5,23	16 22	22 13	2,04
10	15 09	18 01	2,31	16 14	21 38	5,23	16 38	22 49	2,03
15	15 41	20 30	2,32	16 41	22 48	5,34	16 53	23 20	2,02
20	16 13	22 33	2,36	17 07	23 43	5,40	17 10	23 44	2,02
25	16 46	24 09	2,41	17 35	24 19	5,47	17 26	24 03	2,01
30	17 19	25 13	2,50	18 02	24 38	5,54	17 42	24 15	2,01
XII. 5	17 52	25 44	2,83	18 29	24 37	5,61	17 59	24 20	2,00
10	18 24	25 40	2,82	18 57	24 18	5,70	18 15	24 19	2,00
15	18 53	24 59	3,08	19 24	23 40	5,78	18 32	24 12	1,99
20	19 17	23 48	3,46	19 50	22 44	5,88	18 49	23 57	1,99
25	19 29	22 20	3,97	20 17	21 32	5,97	19 06	23 36	1,99
30	19 24	-21 01	4,57	20 42	-20 04	6,08	19 22	-23 07	1,98

és látszólagos sugara 0^h világidőkor

Dátum	JUPITER			SZATURNUSZ			URÁNUSZ		
	RA	D	látszó su-gara	RA	D	látszó su-gara	RA	D	látszó su-gara
	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"
VII. 6	1 07	+ 5 42	18,66	21 40	-15 11	8,22	10 19	+11 15	1,81
11	1 09	5 52	18,95	21 39	15 17	8,26	10 20	11 50	1,80
16	1 10	6 00	19,26	21 38	15 23	8,30	10 21	11 05	1,80
21	1 12	6 07	19,57	21 37	15 30	8,34	10 22	10 59	1,79
26	1 13	6 12	19,89	21 35	15 37	8,36	10 23	10 53	1,79
31	1 14	6 15	20,21	21 34	15 44	8,39	10 24	10 47	1,78
VIII. 5	1 14	6 16	20,54	21 33	15 51	8,40	10 25	10 40	1,78
10	1 14	6 16	20,86	21 31	15 59	8,41	10 26	10 34	1,78
15	1 14	6 14	21,18	21 30	16 06	8,41	10 27	10 27	1,78
20	1 14	6 09	21,49	21 28	16 14	8,41	10 29	10 20	1,78
25	1 13	6 03	21 79	21 27	16 21	8,39	10 30	10 13	1,77
30	1 12	5 56	22,07	21 25	16 28	8,37	10 31	10 06	1,77
IX. 5	1 10	5 44	22,39	21 24	16 35	8,34	10 32	9 58	1,78
10	1 08	5 33	22,62	21 23	16 41	8,31	10 34	9 51	1,78
15	1 07	5 21	22,82	21 21	16 47	8,27	10 35	9 44	1,78
20	1 05	5 07	22,99	21 20	16 52	8,22	10 36	9 38	1,78
25	1 02	4 53	23,12	21 20	16 56	8,17	10 37	9 31	1,78
30	1 00	4 38	23,20	21 19	16 59	8,12	10 38	9 25	1,79
X. 5	0 57	4 22	23,25	21 18	17 02	8,06	10 39	9 18	1,79
10	0 55	4 07	23,25	21 18	17 04	8,00	10 40	9 12	1,80
15	0 52	3 51	23,20	21 17	17 05	7,94	10 41	9 07	1,80
20	0 50	3 36	23,11	21 17	17 05	7,88	10 42	9 01	1,81
25	0 48	3 23	22,98	21 17	17 05	7,81	10 43	8 56	1,81
30	0 46	3 10	22,81	21 17	17 04	7,75	10 44	8 52	1,82
XI. 5	0 43	2 56	22,56	21 18	17 01	7,67	10 45	8 47	1,83
10	0 42	2 47	22,32	21 18	16 59	7,60	10 45	8 43	1,84
15	0 40	2 39	22,04	21 19	16 55	7,54	10 46	8 40	1,85
20	0 39	2 33	21,75	21 20	16 51	7,48	10 46	8 37	1,85
25	0 38	2 29	21,44	21 21	16 46	7,42	10 47	8 35	1,86
30	0 38	2 27	21,12	21 22	16 40	7,36	10 47	8 33	1,87
XII. 5	0 37	2 27	20,79	21 24	16 33	7,30	10 47	8 32	1,88
10	0 37	2 29	20,45	21 25	16 26	7,25	10 48	8 31	1,89
15	0 38	2 34	20,12	21 27	16 19	7,20	10 48	8 31	1,90
20	0 38	2 40	19,78	21 28	16 11	7,15	10 48	8 31	1,91
25	0 40	2 48	18,45	21 30	16 02	7,11	10 47	8 32	1,91
30	0 41	2 58	18,13	21 32	15 52	7,07	10 47	8 33	1,92

IV. A Jupiter-holdak helyzetei

Nap	Január				Augusztus						
	A holdak a bolygó				A holdak a bolygó						
	nyugati oldalán		keleti oldalán		nyugati oldalán		keleti oldalán				
	18 ^h				24 ^h						
1		· 3	4·	1·	· 2		· 2	1· 3·	· 4		
2			4·	· 3	2·		· 13·	· 2	· 4		
3		4·		· 2 1·		· 3		3·	1· 2·	· 4·	
4		4·			· 2· 1	3·		· 3 2·		· 4·	
5		· 4		1·	2· 3·		· 3 1·			4·	
6		· 4		2· 3·	· 1				· 1 3 2· 4·		
7		· 4	3·	· 2 1			1· 2·		· 3		
8			· 3	· 4	1·	· 2		4· 2	· 1	3·	
9			· 3	· 1	2·		4·	· 1		· 2	
10				2·		· 3 4	4·	3·		1· 2·	
11						· 3 4	4·	· 3 2· 1			
12				1·	2·	3·	· 4	· 4	· 3 2	1·	
13				2·	· 1		· 4	· 4	· 3 2	· 1 3 2	
14			3·	· 2 1·		4·		4·	1·	· 3	
15			· 3		1·	· 2 4·		· 2 4		· 1 3·	
16				· 3 1	2·	4·		· 1		3· 2 4	
17				2·	4·	· 3		3·		1· 2·	· 4
18				4·	· 1	· 3		3·	2·	· 1	· 4
19			4·	1·		· 2 3·		· 3 2			· 4
20			4·		2·	3·	· 1			· 1 3 2	4·
21		4·		3·	· 2 1·			1·		· 3 4·	
22		· 4		· 3	· 2 1·			· 2		· 1 3 4·	
23			· 4	· 3 1	2·			1·		· 2 3 4·	
24			· 4 2·		1·			3·		· 1 2·	
25				· 4 2		· 3		3·	4·	2·	· 1
26				1·		· 2 3·		4·	· 3 2		1·
27					2·	· 13·	· 4	4·		· 3 2·	
28				2· 3 1·			· 4	4·	1·	2·	· 3
29				3·	· 2 1		· 4	4·	2·	· 1 3·	
30				· 3 1	2·		4·	· 4	1·	· 2 3·	
31				2·	1·		4·	· 4 3·		· 1 2·	

IVa. A Jupiter-holdak jelenségei

Dátum	h	m		Hold	Jelenség	Dátum	h	m		Hold	Jelenség		
I. 1	17	28	v	4	a	VIII. 3	23	36	k	1	a		
	18	42	k	1'	e		4	0	53	k	1	e	
	19	59	k	1	a			1	47	v	1	a	
	20	58	v	1	e			2	2	42	k	2	a
	22	06	v	1	a			3	02	v	1	e	
2	17	56	k	2	e	5	0	21	v	1	m		
	19	17	v	1	f		23	37	v	2	f	m	
	20	11	k	2	a		23	43	k	2	m		
	20	40	v	2	e	6	2	05	v	2	m		
4	17	47	v	2	f	9	22	59	k	3	e		
6	17	01	k	3	a	10	1	16	v	3	e		
	20	17	v	3	a		11	1	29	k	1	a	
8	20	42	k	1	e	2		42	k	1	e		
	21	46	k	1	a	22		46	k	1	f		
9	17	54	k	1	m	12	2	11	v	1	m		
	20	41	k	2	e		23	19	v	1	e		
	21	13	v	1	f		23	42	k	2	f		
10	17	28	v	1	e	14	23	27	v	2	e		
	18	30	v	1	a		17	0	31	v	3	a	
11	20	26	v	2	f	2		39	k	3	e		
13	20	22	v	3	e	18	3	23	k	1	a		
	21	05	k	3	a		19	0	40	k	1	f	
16	19	54	k	1	m	22		58	k	1	e		
17	17	13	k	1	e	20	0	03	v	1	a		
	18	11	k	1	a		1	07	v	1	e		
	19	30	v	1	e		2	16	k	2	f		
	20	26	v	1	a		22	27	v	1	m		
18	17	37	v	1	f	21	23	31	k	2	e		
	18	25	k	2	m		23	45	v	2	a		
20	17	21	v	2	a	22	1	51	v	2	e		
	21	22	k	3	e		24	1	46	k	3	a	
24	18	23	v	3	f	26		2	34	k	1	f	
	19	15	k	1	e		23	45	k	1	a		
	20	07	k	1	a	27	0	45	k	1	e		
25	19	32	v	1	f		1	57	v	1	a		
	26	17	02	k	4		f	2	54	v	1	e	
20		00	v	4	f	22	22	v	3	m			
27	17	18	k	2	a	28	0	14	v	1	m		
	18	23	v	2	e		23	53	k	2	a		
	19	57	v	2	a	29	1	53	k	2	e		
					2		22	v	2	a			
						30	22	24	v	2	m		

IV. A Jupiter-holdak helyzetei

Nap	Szeptember		Október		
	A holdak a bolygó		A holdak a bolygó		
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán	
	22h		20h		
1	3 · 1 · 2 · · 4		· 4	· 31 ·	· 2
2	· 3 · 2	1 · 4	· 4		· 31 · 2 ·
3	· 1	· 2 · 4		· 4 · 12 ·	· 3
4		2 · 3 · 4		· 2 · 4	1 · 3 ·
5	2 ·	· 1 3 · 4		· 1	3 · 4 · 2
6	1 ·	3 · 4 ·		3 ·	2 · 4
7	3 ·	· 1 · 2 4 ·		3 · 2 ·	· 1 4
8	3 · 1 · 2 ·	4 ·		· 31 · 2	· 4
9	· 3 · 2	4 · 1 ·			· 1 · 2 4 ·
10	4 · 1 · 3	· 2		1 · 2 ·	· 3 4 ·
11	4 ·	1 · 2 · 3		· 2	1 · 3 · 4 ·
12	4 · 2 ·	· 3		· 1	· 23 · 4 ·
13	4 · · 21 ·	3 ·		3 · 4 ·	1 · 2 ·
14	· 4	· 1 · 2		3 · 4 · 2 ·	
15	· 4 3 · 1 ·			4 · 3 · 21 ·	
16	· 4 3 · 2	1 ·	4 ·		· 1 · 2
17	· 4 3 · 1	· 2	· 4	1 · 2 ·	· 3
18		1 · 42 · 3	· 4	· 2	1 · 3 ·
19	2 ·	· 4 · 3	· 4	· 1	· 2 3 ·
20	· 21 ·	3 · 4		· 43 ·	2 ·
21		· 1 · 2 4		3 · 2 ·	
22	3 · 1 ·	4 ·		· 3 · 2 1 ·	· 4
23	3 · 2 ·	· 1 4 ·		· 3	· 1 · 2 · 4
24	· 3 · 1	· 2 4 ·		1 ·	· 3 4
25		· 31 · 2 · 4 ·		2 ·	· 1 3 4
26	2 · 1	4 · 3		· 1	· 2 3 · 4 ·
27	4 · 2	1 · 3 ·		3 ·	1 · 2 · 4 ·
28	4 ·	· 13 · 2		3 · 2 · 1	4 ·
29	4 · 3 · 1	2 ·		· 3 · 2	4 ·
30	4 · 3 · 2 ·	· 1		4 · 3	· 1 · 2
31			4 ·	1 ·	2 · 3

IVa. A Jupiter-holdak jelenségei

Dátum	h m		Hold	Jelenség	Dátum	h m		Hold	Jelenség	
IX. 3	22 39	v	3	f	X. 1	20 35	v	2	m	
	22 57	k	1	f		4	22 13	k	1	a
	23 35	k	3	m			22 20	k	1	e
4	1 49	v	3	m	5	0 25	v	1	a	
	22 19	v	1	a		0 30	v	1	e	
	23 07	v	1	e		21 50	v	1	m	
10	23 56	k	3	f	8	20 26	k	2	f	
11	0 52	k	1	f		22 54	v	2	f	
	22 01	k	1	a	13	18 29	k	1	e	
	22 42	k	1	e		18 37	k	1	a	
12	0 13	v	1	a		20 39	v	1	e	
	0 52	v	1	e	20 49	v	1	a		
	22 12	v	1	m	14	18 10	v	1	f	
13	23 19	k	2	f		22 41	k	2	m	
	15	20 54	v	2	a	16	19 20	k	3	m
22 00		v	2	e	22 44		v	3	f	
18	23 56	k	1	a	17	18 12	k	2	a	
19	0 27	k	1	e		20 07	v	2	e	
	21 15	k	1	f		20 39	v	2	a	
	23 57	v	1	m	19	23 06	k	1	m	
20	20 36	v	1	a		20	20 13	k	1	e
	21 02	v	1	e		20 32	k	1	a	
21	20 32	v	3	a	22 23	v	1	e		
	22 03	v	3	e	22 44	v	1	a		
22	21 02	k	2	a	21	20 05	v	1	f	
	21 55	k	2	e		23	22 35	k	3	m
	23 31	v	2	a	24	19 59	k	2	e	
23	0 16	v	2	e		20 49	k	2	a	
	26	23 10	k	1		f	22 22	v	2	e
27		1 40	v	1	m	23 16	v	2	a	
		20 19	k	1	a	27	21 57	k	1	e
	20 36	k	1	e	22 27		k	1	a	
28	22 31	v	1	a	28	0 08	v	1	e	
	22 46	v	1	e		0 39	v	1	a	
	28	20 06	v	1		m	19 17	k	1	m
21 52		k	3	a	22 00	v	1	f		
23 06		k	3	e	29	18 34	v	1	e	
29	0 33	v	3	a		19 07	v	1	a	
	1 20	v	3	e	31	22 15	k	2	e	
	23 39	k	2	a		23 25	k	2	a	
30	0 10	k	2	e						
	2 07	v	2	a						

IV. A Jupiter-holdak helyzetei

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

IVa. A Jupiter-holdak jelenségei

Dátum		h	m		Hold	Jelenség			Dátum	h	m		Hold	Jelenség	
XI.	2	20	03	v	2	f			XII.	2	20	51	k	2	e
	3	17	51	v	3		e		4	19	53	v	2	f	
		18	02	k	3		a			22	42	k	1		m
		20	37	v	3		a		5	19	23	k	3		m
	4	21	02	k	1		m			19	50	k	1		e
	5	18	09	k	1		e			21	03	k	1		a
		18	51	k	1		a		6	17	09	k	1		m
		20	20	v	1		e			20	34	v	1	f	
		21	03	v	1		a		7	17	42	v	1		a
	6	18	24	v	1	f			11	17	29	k	2		m
	9	18	37	k	2		m			19	59	v	2		m
		22	40	v	2	f				20	05	k	2	f	
	10	18	49	k	3		e			22	32	v	2	f	
		21	18	v	3		e		13	17	30	v	2		a
	11	17	47	v	2		a			19	01	k	1		m
		22	48	k	1		m		14	17	28	k	1		a
	12	19	55	k	1		e			18	22	v	1		e
		20	46	k	1		a			19	38	v	1		a
	13	17	15	k	1		m		16	18	17	k	3		a
		20	19	v	1	f				20	46	v	3		a
	14	17	27	v	1		a		18	20	01	k	2		m
	16	20	57	k	2		m		20	17	32	v	2		e
	18	17	58	k	2		a			17	42	k	2		a
		18	28	v	2		e			20	06	v	2		a
		20	23	v	2		a			20	54	k	1		m
	20	19	03	k	1		m		21	18	04	k	1		e
	21	17	11	k	1		a			19	24	k	1		a
		18	22	v	1		e			20	16	v	1		e
		18	50	v	3	f				21	34	v	1		a
		19	22	v	1		a		22	18	54	v	1	f	
	25	18	26	k	2		e		23	19	32	v	3		e
		20	34	k	2		a			22	20	k	3		a
		20	52	v	2		e		27	17	38	k	2		e
	27	17	15	v	2	f				20	06	v	2		e
		20	51	k	1		m			20	19	k	2		a
	28	18	00	k	1		e		28	19	59	k	1		e
		18	21	v	3		m			21	20	k	1		a
		19	07	k	1		a		29	17	08	v	2	f	
		20	11	v	1		e			17	17	k	1		m
		20	19	k	3	f				20	49	v	1	f	
		21	18	v	1		a		30	17	59	v	1		a
	29	18	39	v	1	f				20	49	k	3		e

V. A Magyarországon látható

(3,70^m-nél nem halványabb)

Csill.	RA		D		m	sp	s _m /100 ^s		v _r	τ	M
	h	m	°	'			RA	D			
	''	''	''	''							
α And	0	5,8	+28	49	2,15	A0	+ 13,4	-16,1	-13	120	-0,6
β Cas	0	6,5	+58	52	2,42	F5	+ 52,7	-17,8	+12	44	+1,7
γ Peg	0	10,7	+14	54	2,87	B2	- 0,1	- 1,0	+ 5	460	-2,9
δ And	0	36,6	+30	35	3,49	K2	+ 13,3	- 9,0	- 8	130	+0,6
α Cas	0	37,7	+56	16	2,3	K0	+ 5,0	- 2,9	- 4	230	-1,8
β Cet	0	41,1	-18	16	2,24	K0	+ 23,0	+ 4,0	+13	58	+1,0
η Cas	0	46,0	+57	33	3,64	F8	+110,1	-52,3	+ 9	18	+4,9
γ Cas	0	53,7	+60	27	2,3	B0p	+ 2,6	- 0,2	—	200	-1,8
η Cet	1	6,1	-10	27	3,60	K0	+ 21,3	-13,2	+12	110	+1,0
β And	1	6,9	+35	21	2,37	M0	+ 17,7	-11,3	0	75	+0,6
δ Cas	1	22,5	+59	59	2,80	A3	+ 29,7	- 4,7	+ 7	100	+0,3
τ Cet	1	41,7	-16	12	3,65	K0	-171,8	+86,0	-16	11	+6,0
α UMi	1	48,8	+89	2	2,01	F8	+ 4,6	- 0,4	-13	360	-3,2
α Tri	1	50,2	+29	20	3,58	F5	+ 1,0	- 2,3	-13	65	+2,1
ε Cas	1	50,8	+83	25	3,44	B3	+ 3,5	- 1,6	- 8	460	-2,8
β Ari	1	51,9	+20	34	2,72	A5	+ 9,8	-11,0	- 3	50	+1,7
γ And	2	0,8	+42	5	2,13	—	+ 4,2	- 5,2	-13	400	-3,3
α Ari	2	4,3	+23	14	2,00	K2	+ 19,2	-14,6	-14	75	+0,2
β Tri	2	6,6	+34	45	3,08	A5	+ 15,0	- 4,2	+10	180	-0,6
γ Cet	2	40,7	+ 3	2	3,58	A2	-14,1	-14,7	-11	80	+1,6
41c Ari	2	47,0	+27	3	3,68	B8	+ 6,7	-11,3	+ 4	150	+0,4
α Cet	2	59,7	+ 3	54	2,82	M2	- 0,9	- 7,4	-25	250	-1,4
γ Per	3	1,2	+53	19	3,08	—	+ 0,3	- 0,3	+ 1	200	-0,9
ρ Per	3	2,0	+38	39	3,7	M4	+ 13,2	-10,6	+26	200	-0,1
β Per	3	4,9	+40	46	2,7	B8	+ 0,6	- 0,1	+ 6	110	-0,3
α Per	3	20,7	+49	41	1,80	F5	+ 2,5	- 2,4	- 2	270	-2,8
ζ Ori	3	38,1	- 1	58	1,78	B0	+ 0,4	- 0,2	+16	400	-3,7
δ Per	3	39,4	+47	38	3,10	B5	+ 3,0	- 3,5	-10	270	-1,5
η Tau	3	44,5	+23	57	2,96	B5p	+ 2,3	- 4,4	+10	190	-0,8

fényesebb csillagok

és -40° deklinációnál északabbi csillagok)

Csill.	RA		D		m	sp.	$s_m/100^a$		v_r	r	M	
	h	m	°	'			RA	D				km/s
	"	"	"	"			"	"				
ξ Per	3	51,0	+31	44	2,91	B1	+	1,0	- 1,1	+21	400	-2,6
ε Per	3	54,5	+39	52	2,96	B1	+	2,3	- 2,8	- 6	650	-3,5
γ Eri	3	55,7	-13	39	3,19	K5	+	6,4	-10,9	+62	230	-1,1
41 Eri	4	16,0	-33	55	3,59	B9	+	6,2	- 0,2	+18	180	-0,1
ε Tau	4	25,7	+19	4	3,63	K0	+	11,2	- 3,8	+39	130	+0,6
δ ² Tau	4	25,8	+15	46	3,62	F0	+	10,5	- 2,6	+43	125	+0,7
α Tau	4	33,0	+16	25	0,85	K5	+	6,9	-19,0	+54	65	-0,6
π ³ Ori	4	47,1	+ 6	53	3,31	F8	+	46,8	+ 1,8	+24	25	+3,8
l Aur	4	53,7	+33	5	2,90	K2	+	0,8	- 1,9	+17	160	-0,6
ε Aur	4	58,4	+43	45	3,08	F5p	+	0,3	- 0,7	- 3	460	-2,7
η Aur	5	00,0	+41	10	3,28	B3	+	2,9	- 7,1	+ 8	250	-1,1
ε Lep	5	3,3	-22	26	3,29	K5	+	2,5	- 7,3	+ 1	220	-0,8
β Eri	5	5,4	- 5	9	2,92	A3	-	9,2	- 7,9	- 9	85	-0,9
μ Lep	5	10,7	-16	16	3,30	A0p	+	4,2	- 2,6	+28	160	-0,1
β Ori	5	12,1	- 8	15	0,15	B8p	+	0,1	0,0	+24	550	-6,0
α Aur	5	13,0	+45	57	0,09	G0	+	8,3	-42,7	+30	46	-0,7
τ Ori	5	15,2	- 6	54	3,68	B5	-	1,5	- 0,5	+20	400	-1,8
η Ori	5	21,8	- 2	26	3,44	B1	+	0,7	+ 0,4	+20	550	-2,7
γ Ori	5	22,4	+ 6	18	1,64	B2	-	0,6	- 1,4	+18	230	-2,6
β Tau	5	23,1	+28	34	1,65	B8	-	3,0	-17,5	+ 8	130	-1,4
β Lep	5	26,1	-20	48	2,96	G0		0,0	- 9,0	-14	200	-1,0
δ Ori	5	29,5	- 0	20	2,46	B0	+	0,1	- 0,1	+20	650	-4,0
α Lep	5	30,5	-17	51	2,69	F0	+	0,3	+ 0,5	+24	300	-2,1
λ Ori	5	32,4	+ 9	54	3,49	O5e	+	0,1	- 0,6	+33	800	-3,5
ι Ori	5	33,0	- 5	56	2,87	O5e	+	0,3	+ 0,4	+22	160	-0,5
ε Ori	5	33,7	- 1	14	1,70	B0	+	0,0	0,0	+26	460	-4,1
ζ Tau	5	34,7	+21	7	3,00	B3p	+	0,6	- 2,2	var	360	-2,2
α Col	5	37,8	-34	6	2,75	B5p	-	0,1	- 2,6	+35	150	-0,6
ζ Lep	5	44,7	-14	50	3,67	A2	-	1,6	- 0,4	+20	85	+1,7

V. A Magyarországon látható

(3,70^m-nél nem halványabb)

Csill.	RA		D		m	sp	s _m /100 ^a		v _r	r	M
	h	m	°	'			RA	D			
	"	"	"	"			"	"			
κ Ori	5	45,4	— 9	41	2,20	B0	— 0,4	— 0,2	+20	550	—3,9
β Col	5	49,2	—35	47	3,22	K0	+ 4,8	+39,9	+89	120	+0,4
α Ori	5	52,5	+ 7	24	0,6	M2	+ 2,7	+ 0,7	+21	300	—3,9
β Aur	5	55,9	+44	57	1,90	A0p	— 5,1	— 0,4	—18	85	—0,1
θ Aur	5	56,3	+37	13	2,71	A0p	+ 5,1	— 8,3	+29	130	—0,3
η Gem	6	11,9	+22	32	3,5	M3	— 6,4	— 1,5	+21	250	—0,9
μ Gem	6	16,9	+22	32	3,19	M3	+ 6,0	—11,4	+55	200	—0,8
ζ CMa	6	18,4	—30	2	3,10	B3	+ 0,3	+ 0,2	+33	250	—1,3
β CMa	6	20,5	—17	56	1,97	B1	— 0,4	+ 0,1	+33	300	—2,8
γ Gem	6	34,8	+16	27	1,93	A0	+ 4,8	— 4,6	var	80	0,0
ε Gem	6	40,9	+25	11	3,18	G5	0,0	— 1,6	+10	360	—2,0
ξ Gem	6	42,5	+12	57	3,40	F5	—11,1	—19,5	+26	65	+1,9
α CMa	6	42,9	—16	39	—1,43	A0	—53,7	—121,0	— 8	8,7	+1,4
θ Gem	6	49,5	+34	1	3,64	A2	+ 0,5	— 5,3	+21	140	+0,5
ε CMa	6	56,7	—28	54	1,78	B1	+ 0,3	— 0,3	+27	330	—3,2
σ CMa	6	59,7	—27	52	3,68	K5	— 0,3	0,0	+22	300	—1,1
δ CMa	7	6,4	—26	19	1,84	F8p	— 0,4	+ 0,3	+34	650	—4,7
λ Gem	7	15,2	+16	38	3,65	A2	— 4,3	— 4,3	—12	75	+1,8
π Pup	7	15,4	—37	0	2,74	K5	— 0,6	+ 0,5	+16	230	—1,6
δ Gem	7	17,1	+22	5	3,51	F0	— 1,9	— 1,5	+ 2	58	+2,2
η CMa	7	22,1	—29	12	2,43	B5p	— 0,7	+ 0,4	+40	270	—2,2
β CMi	7	24,4	+ 8	23	3,09	B8	— 5,0	— 4,2	+23	140	0,0
α Gem	7	31,4	+32	0	1,59	A0	—16,5	—11,0	+ 3	46	+0,8
α CMi	7	36,7	+ 5	21	0,37	F5	—70,6	—103,2	— 3	11	+2,7
κ Gem	7	41,4	+24	31	3,68	G5	+ 2,7	— 5,4	+20	140	+0,5
β Gem	7	42,3	+28	9	1,16	K0	—62,3	— 5,2	+ 4	33	+1,2
ξ Pup	7	47,2	—24	44	3,47	G0p	— 0,5	— 0,2	+ 4	650	—3,0
ζ Pup	8	1,8	—39	52	2,27	O8	— 3,1	+ 1,2	—24	800	—4,7
ρ Pup	8	5,4	—24	10	2,88	F5	— 8,6	+ 4,7	+47	140	—0,4

fényesebb csillagok

és -40° deklinációján északabbi csillagok)

Csill.	RA		D		m	sp	$s_m/100^a$		v_r	r	M
	h	m	°	'			RA	D			
							"		km/s		
o UMa	8 26,1		+60 53		3,47	G0	-12,8	-11,3	+20	270	-1,1
ε Hya	8 44,1		+ 6 37		3,48	F8	-19,1	- 5,4	+35	140	+0,4
ζ Hya	8 52,8		+ 6 8		3,30	K0	-10,0	+ 1,1	+23	130	+0,4
ι UMa	8 55,8		+48 14		3,12	A5	-44,2	-24,3	+13	50	+2,2
κ UMa	9 0,2		+47 21		3,68	A0	- 3,2	- 6,2	+ 4	230	-0,6
4 ⁿ Lyn	9 18,0		+34 36		3,30	K5	-21,7	+ 1,3	+38	170	-0,3
α Hya	9 25,1		- 8 26		1,98	K2	- 1,5	+ 3,0	- 4	200	-2,0
θ UMa	9 29,5		+51 54		3,26	F8	-94,6	-54,2	+15	56	+2,1
ε Leo	9 43,0		+24 0		3,12	G0p	- 4,4	- 1,8	+ 5	330	-1,9
η Leo	10 4,6		+17 0		3,58	A0p	- 0,1	- 0,8	+ 2	800	-3,4
α Leo	10 5,7		+12 13		1,36	B8	-24,8	+ 0,1	+ 2	80	-0,5
ζ Leo	10 13,9		+23 40		3,65	F0	+ 1,9	- 1,3	-19	180	0,0
λ UMa	10 14,1		+43 10		3,52	A2	-16,4	- 4,5	+19	110	+1,0
γ Leo	10 17,2		+20 6		2,06	K0	+31,0	-16,3	-36	160	-1,2
μ UMa	10 19,4		+41 45		3,21	K5	- 8,2	+ 2,5	-18	100	+0,7
ν Hya	10 47,2		-15 56		3,32	K0	+ 9,5	+19,9	- 1	130	+0,4
β UMa	10 58,8		+56 39		2,44	A0	+ 8,2	+ 2,9	-12	75	+0,6
α UMa	11 0,7		+62 1		1,80	K0	-11,9	- 7,0	- 9	110	-0,7
ψ UMa	11 6,9		+44 46		2,15	K0	- 6,3	- 3,5	- 4	95	-0,8
δ Leo	11 11,5		+20 48		2,58	A3	+14,6	-13,8	-22	65	+1,1
θ Leo	11 11,6		+15 42		3,41	A0	- 5,9	- 8,5	+ 8	140	+0,2
β Leo	11 46,5		+14 51		2,23	A2	-49,6	-12,2	- 1	42	+1,6
γ UMa	11 51,2		+53 58		2,54	A0	+ 9,4	+ 0,4	-11	90	+0,3
ε Crv	12 7,5		-22 21		3,21	K0	- 6,9	+ 0,7	+ 5	110	+0,5
δ UMa	12 13,0		+57 19		3,44	A2	+10,6	+ 0,3	-13	75	+1,6
γ Crv	12 13,2		-17 16		2,78	B8	-16,2	+ 1,5	- 4	140	-0,3
δ Crv	12 27,3		-16 14		3,11	A0	-21,0	-14,6	+ 8	140	0,0
β Crv	12 31,8		-23 7		2,84	G5	+ 0,4	- 5,9	- 8	120	0,0
γ Vir	12 39,0		- 1 11		2,90	F0	-56,7	+ 0,5	-20	34	+2,8

V. A Magyarországon látható

(3,70^m-nél nem halványabb és

Csill.	RA		D		m	sp	s _{rad} /100 ^a		v _r	r	M
	h	m	°	'			RA	D			
									km/s		
ε UMa	12 51,8		+56 14	1,78	A0p	+ 11,3	— 1,1	—12	48	+0,9	
δ Vir	12 53,1		+ 3 40	3,66	M3	— 46,9	— 6,0	—18	180	0,0	
α CVn	12 53,7		+38 35	2,90	A0p	— 23,4	+ 5,2	— 3	140	—0,3	
ε Vir	12 59,7		+11 14	2,95	K0	— 27,4	+ 1,6	—14	90	+0,8	
γ Hya	13 16,2		—22 54	3,33	G5	+ 6,9	— 5,2	— 5	130	+0,3	
ι Cen	13 17,8		—36 27	2,91	A2	— 33,9	— 9,2	0	65	+1,4	
ζ UMa	13 21,9		+55 11	2,17	A2	+ 12,1	— 3,2	—10	80	+0,3	
α Vir	13 22,6		—10 54	1,00	B2	— 4,1	— 3,5	+ 2	190	—2,8	
ζ Vir	13 32,1		— 0 20	3,44	A2	— 28,5	+ 3,4	—14	100	+1,0	
η UMa	13 45,6		+49 34	1,87	B3	— 12,2	— 1,8	—11	190	—2,0	
η Boo	13 52,3		+18 39	2,80	G0	— 6,3	— 36,5	0	32	+2,8	
α Dra	14 3,0		+64 37	3,64	A0p	— 5,3	+ 1,4	—16	220	—0,5	
π Hya	14 3,5		—26 27	3,48	K0	+ 4,3	— 15,0	+27	90	+1,3	
θ Cen	14 3,7		—36 7	2,26	K0	— 52,1	— 52,2	+ 1	56	+1,1	
α Boo	14 13,4		+19 27	0,06	K0	+109,8	—200,3	— 4	38	—4,0	
γ Boo	14 30,1		+38 32	3,00	F0	— 11,5	+ 14,6	—36	160	—0,5	
ε Boo	14 42,8		+27 17	2,59	—	— 4,9	+ 1,4	—16	220	—1,5	
α ² Lib	14 48,1		—15 50	2,90	A3	— 10,7	— 7,4	—10	60	+1,5	
β UMi	14 50,8		+74 22	2,02	K5	— 3,2	+ 0,7	+17	120	—0,7	
β Boo	15 0,1		+40 35	3,63	G5	— 4,4	— 3,9	—20	140	+0,5	
σ Lib	15 1,1		—25 5	3,41	M2	— 7,3	— 5,2	— 4	110	+0,9	
δ Boo	15 13,5		+33 30	3,54	K0	+ 8,5	— 12,1	—12	120	+0,7	
β Lib	15 14,3		— 9 12	2,74	B8	— 9,8	— 2,6	—37	160	—0,8	
φ ¹ Lup	15 18,6		—36 5	3,59	K5	— 9,3	— 9,6	—29	270	—1,0	
γ UMi	15 20,8		+72 1	3,14	A2	— 2,0	+ 1,6	var	180	—0,6	
ι Dra	15 23,8		+59 8	3,47	K0	— 0,8	+ 0,9	—10	100	+1,0	
α CrB	15 32,6		+26 53	2,31	A0	+ 11,9	— 9,8	+ 3	65	+0,8	
α Ser	15 41,8		+ 6 35	2,75	K0	+ 13,4	+ 3,9	+ 3	75	+1,0	

fényesebb csillagok

—40° deklinációnál északabbi csillagok)

Csill.	RA		D		m	sp	$s_{ra}/100^a$		v_r	r	M
	h	m	°	'			RA	D			
	''	''									
μ Ser	15	47,0	— 3	17	3,63	A0	— 8,8	— 2,9	—10	190	—0,2
π Ser	15	55,8	—25	58	3,00	B2	— 1,2	— 3,2	— 3	270	—1,6
η Lup	15	56,8	—38	15	3,61	B3	— 2,2	— 3,6	+ 7	360	—1,6
δ Ser	15	57,4	—22	29	2,54	B0	— 1,1	— 3,0	—16	300	—2,3
δ Oph	16	11,7	— 3	34	3,03	M0	— 4,6	—14,9	—20	110	+0,5
ϵ Oph	16	15,7	— 4	34	3,34	K0	+ 8,2	+ 3,5	—10	100	+0,9
ν Ser	16	18,1	—25	28	3,08	B1	— 1,1	— 2,8	var	360	—2,1
η Dra	16	23,3	+61	38	2,80	G5	— 2,3	+ 5,8	—14	100	+0,5
α Ser	16	26,3	—26	19	0,98	—	— 0,9	— 2,8	— 3	230	—3,3
β Her	16	28,1	+21	36	2,81	K0	—10,3	+ 2,2	—26	108	—0,9
τ Ser	16	32,8	—28	7	2,91	B0	— 1,1	— 2,8	+ 1	360	—2,3
ζ Oph	16	34,4	—10	28	2,70	B0	+ 1,0	+ 2,0	—19	550	—3,4
ζ Her	16	39,3	+31	41	3,00	G0	—47,0	+38,5	—71	30	+3,2
η Her	16	41,2	+39	1	3,61	K0	+ 3,5	— 9,0	+ 8	70	+2,0
ϵ Ser	16	46,9	—34	12	2,36	K0	—61,3	—25,6	— 2	70	+0,8
μ^1 Ser	16	48,5	—37	58	3,3	B3p	— 1,4	— 3,0	var	300	—1,7
μ^2 Ser	16	48,9	—37	56	3,64	B2	— 1,3	— 2,8	+ 2	460	—2,2
κ Oph	16	55,3	+ 9	27	3,42	K0	+29,3	— 1,4	—56	140	+0,3
η Oph	17	7,5	—15	40	2,63	A2	+ 3,5	+ 9,0	— 1	80	+0,7
ζ Dra	17	8,6	+65	47	3,22	B5	— 1,8	+ 1,9	—14	150	—0,1
α Her	17	12,4	+14	27	3,5	—	— 0,8	+ 3,4	—33	550	—2,8
δ Her	17	13,0	+24	54	3,16	A2	+ 2,4	—16,2	—39	110	+0,7
π Her	17	13,3	+36	52	3,36	K5	— 2,9	— 0,1	—26	170	—0,2
δ Oph	17	18,9	—24	54	3,37	B3	— 0,3	— 2,5	var	400	—2,1
σ Ser	17	27,4	—37	15	2,80	B3	— 0,4	— 3,9	+18	330	—2,2
β Dra	17	29,3	+52	20	2,99	G0	— 1,7	+ 0,8	—20	360	—2,2
λ Ser	17	30,2	—37	4	1,62	B2	— 0,1	— 3,1	var	200	—2,4
α Oph	17	32,6	+12	36	2,14	A5	+11,7	—23,2	+15	65	+0,6

V. A Magyarországon látható

(3.70^m-nél nem halványabb és

Csill.	RA		D		# _m	sp	s _m /100 ^a		v _r	r	M
	h	m	°	'			RA	D			
	''	''	km/s								
ξ Ser	17	34,7	-15	22	3,64	A5	-4,2	-6,6	-43	110	+1,1
κ Ser	17	39,0	-39	0	2,51	B2	-1,3	-2,8	-10	360	-2,7
β Oph	17	41,0	+4	35	2,94	K0	-4,3	+15,4	-12	120	+0,1
μ Her	17	44,5	+27	45	3,48	G5	-31,3	-74,8	-16	30	+3,7
G Scr	17	46,5	-37	2	3,25	K2	+5,7	+2,8	+25	120	+0,4
γ Dra	17	55,4	+51	30	2,42	K5	-1,1	-2,4	-27	150	-0,9
ν Oph	17	56,3	-9	46	3,50	K0	-0,9	-11,8	+12	190	-0,3
β Scr	18	2,5	-19	40	2,76	B1	-1,4	-2,6	-6	400	-2,7
γ Sgr	18	2,6	-30	36	3,07	K0	-5,2	-19,3	+22	110	+0,1
η Sgr	18	14,2	-36	47	3,16	M4	-14,1	-16,7	0	140	+0,1
δ Sgr	18	17,8	-29	51	2,84	K0	+3,8	-3,2	-20	100	+0,3
η Ser	18	18,7	-2	55	3,42	K0	-55,6	-70,0	+9	70	+1,8
ε Sgr	18	20,9	-34	25	1,82	A0	-4,1	-12,9	-11	160	-1,7
κ Dra	18	22,0	+72	43	3,69	F8	+52,2	-36,1	+33	27	+4,1
λ Sgr	18	24,9	-25	27	2,94	K0	-4,7	-18,8	-43	90	+0,7
α Lyr	18	35,2	+38	44	0,04	A0	+20,0	+28,1	-14	27	+0,4
φ Sgr	18	42,5	-27	3	3,30	B8	+5,2	-0,2	+22	220	-0,8
σ Sgr	18	52,2	-26	22	2,14	B3	+1,2	-5,8	-11	160	-1,3
ξ ² Sgr	18	54,7	-21	10	3,61	K0	+3,1	-1,6	-20	230	-0,7
γ Lyr	18	57,1	+32	37	3,30	A0p	-0,6	-0,3	-22	200	-0,8
ζ Sgr	18	59,4	-29	57	2,71	A2	-1,9	-0,5	+22	120	+0,2
ξ Aql	19	3,1	+13	47	3,02	A0	-0,9	-10,1	-25	85	+0,9
λ Aql	19	3,7	-4	58	3,55	B9	-2,5	-8,9	-14	130	+0,7
τ Sgr	19	3,8	-27	45	3,42	K0	-5,4	-25,5	+45	90	+1,2
π Sgr	19	6,8	-21	6	3,02	F2	-0,1	-4,0	-10	170	-0,6
δ Dra	19	12,5	+67	34	3,24	K0	+9,4	+9,0	-25	120	+0,4
δ Aql	19	23,0	+3	1	3,44	F0	+25,5	+7,9	-32	50	+2,3
β Cyg	19	28,7	+27	51	3,10	—	-0,3	-0,8	-24	400	-2,3

fényesebb csillagok

—40° deklinációnál északabbi csillagok)

Csill.	RA		D		m	sp	s _m /100 ^a		v _r	r	M	
	h	m	°	'			RA	D				km/s
	''	''	''	''								
δ Cyg	19	43.4	+45	0	2,97	A0	+ 4,5	+ 4,0	-19	150	-0,3	
γ Aql	19	43,9	+10	29	2,80	K2	+ 1,3	- 0,1	- 2	180	-0,9	
α Aql	19	48,3	+ 8	44	0,80	A5	+53,5	+38,3	-27	16	+2,4	
θ Aql	20	8,7	- 0	58	3,37	A0	+ 3,4	+ 0,5	-29	250	-1,0	
β Cap	20	18,2	-14	56	3,25	—	+ 3,9	+ 0,3	-19	250	-1,0	
γ Cyg	20	20,4	+40	6	2,32	F8p	+ 0,1	0,0	- 8	460	-3,5	
α Cyg	20	39,7	+45	6	1,26	A2p	- 0,2	+ 0,2	var	650	-5,2	
ε Cyg	20	44,2	+33	47	2,64	K0	+35,5	+32,5	-10	85	+0,6	
η Cep	20	44,3	+61	39	3,59	K0	+ 9,0	+82,0	-87	46	+2,8	
ζ Cyg	21	10,8	+30	1	3,40	K0	- 0,3	- 5,6	+17	190	-0,4	
α Cep	21	17,4	+62	22	2,60	A5	+14,7	+ 5,0	-12	42	+2,0	
β Cep	21	28,0	+70	20	3,32	B1	+ 1,0	+ 1,0	-18	550	-2,8	
β Aqr	21	28,9	- 5	48	3,07	G0	+11,6	- 0,6	+ 6	550	-3,0	
ε Peg	21	41,7	+ 9	39	2,54	K0	+ 2,5	+ 0,2	+ 5	250	-1,9	
δ Cap	21	44,3	-16	21	2,98	A5	+26,1	-29,3	- 5	52	+2,0	
γ Gru	21	50,9	-37	36	3,16	B8	+10,1	- 1,4	- 2	160	-0,3	
α Aqr	22	3,2	- 0	34	3,19	G0	+ 1,5	- 0,5	+ 7	460	-2,6	
ζ Cep	22	9,1	+57	57	3,62	K0	+ 1,4	+ 0,6	-18	220	-0,5	
ε Peg	22	39,0	+10	34	3,61	B8	+ 7,7	- 0,8	+ 7	180	-0,1	
η Peg	22	40,7	+29	58	3,10	G0	+ 1,0	- 2,5	+ 4	230	-1,2	
μ Peg	22	47,6	+24	20	3,67	K0	+14,5	- 4,1	+14	110	+1,2	
ι Cep	22	47,9	+65	56	3,68	K0	- 6,7	-12,2	-12	95	+1,4	
δ Aqr	22	52,0	-16	5	3,51	A2	- 4,2	- 2,1	+18	80	+1,6	
α PsA	22	54,9	-29	53	1,16	A3	+32,8	-16,4	+ 6	24	+1,8	
σ And	22	59,6	+42	3	3,63	—	+ 2,2	- 0,2	-14	330	-1,4	
β Peg	23	1,3	+27	49	2,61	M2	+18,8	+13,9	+10	180	-1,1	
α Peg	23	2,3	+14	56	2,57	A0	+ 5,8	- 4,1	- 4	100	+0,2	
γ Cep	23	37,3	+77	21	3,42	K0	- 6,5	+15,4	-42	50	+2,5	

VIa. Jelentősebb kisbolygók

Sorszám	NÉV	FELFEDEZŐ	FELF. évc	Fényesség (magn.)	ÁTMÉRŐ (km)	Pálya adatok			
						Perio- dus (év)	Átl. távols. Naptól (csill. egys.)	Excentr.	PÁLYA HÁJL. ékl. o
1	Ceres	Piazzi	1801	7,4	690	4,60	2,77	0,08	11
2	Pallas	Olbers	1802	8,0	452	4,61	2,77	0,23	35
3	Juno	Harding	1804	8,7	241	4,36	2,67	0,26	13
4	Vesta	Olbers	1807	6,5	393	3,63	2,36	0,10	7
5	Astraea	Hencke	1845	9,9	180	4,14	2,58	0,19	5
6	Hebe	Hencke	1847	8,5	171	3,78	2,42	0,20	15
7	Iris	Hind	1847	8,4	151	3,68	2,38	0,23	6
8	Flora	Hind	1847	8,9	124	3,27	2,20	0,16	6
9	Metis	Graham	1848	8,9	214	3,69	2,39	0,12	6
10	Hygiea	De Gasparis	1849	9,5	357	5,60	3,15	0,10	4
11	Parthenope	De Gasparis	1850	9,3	121	3,84	2,45	0,10	5
12	Victoria	Hind	1850	9,7	151	3,56	2,38	0,22	8
13	Egeria	De Gasparis	1850	9,7	198	4,14	2,58	0,09	17
14	Irene	Hind	1851	9,7	158	4,16	2,59	0,16	9
15	Eunomia	De Gasparis	1851	8,6	235	4,30	2,64	0,19	12
16	Psyche	De Gasparis	1852	9,6	323	4,99	2,92	0,14	3
18	Melpo- mene	Hind	1852	9,3	132	3,48	2,30	0,22	10
19	Fortuna	Hind	1852	9,8	161	3,82	2,44	0,16	2
20	Massalia	De Gasparis	1852	9,2	180	3,74	2,41	0,14	1
22	Calliope	Hind	1852	9,8	251	4,96	2,91	0,10	14
27	Euterpe	Hind	1853	9,7	151	3,60	2,32	0,17	2
29	Amphitrite	Marth	1854	9,0	183	4,08	2,55	0,07	6
30	Urania	Hind	1854	9,9	90	3,64	2,36	0,13	2
39	Laetitia	Chacornac	1856	9,5	257	4,60	2,77	0,12	10
40	Harmonia	Goldschmidt	1856	9,2	90	3,41	2,27	0,05	4
44	Nysa	Goldschmidt	1857	9,8	100	3,77	2,42	0,15	4
51	Nemausa	Laurent	1858	9,8	151	3,64	2,37	0,07	10
63	Ausonia	De Gasparis	1861	9,9	148	3,70	2,40	0,13	6
192	Nausicaa	Palisa	1879	9,3	193	3,72	2,40	0,25	7
324	Bamberg	Palisa	1892	9,9	196	4,40	2,68	0,34	11
349	Dembovska	Charlois	1892	9,8	257	5,0	2,93	0,09	8
433	Eros	Witt	1898	10,7	17	1,76	1,46	0,22	11
944	Hidalgo	Baade	1920	17,1	43	13,96	5,79	0,66	43

VIIb. Periodikus üstökösök

(a legalább három perihélium átmenetkor észlelt és biztosan identifikált üstökösök)

NÉV	FELF. éve	Pálya adatok				
		PERIODUS (év)	Pe	Ap	Excentr.	PÁLYA HÁJL. ekl. o
			távolság (csill. egys.)			
Encke	1786	3,3	0,3	4,1	0,85	12
Grigg-Skjellerup	1902	4,9	0,9	4,9	0,70	18
Honda-Mrkos-Pajdusakova	1948	5,2	0,6	5,5	0,81	13
Tempel II	1873	5,3	1,4	4,7	0,55	12
Neujmin II	1916	5,4	1,3	4,8	0,57	11
Brorsen	1846	5,5	0,6	5,6	0,81	29
Tuttle-Giacobini	1858	5,5	1,1	5,1	0,64	14
Tempel-Swift	1869	5,7	1,2	5,2	0,64	5
Swift	1844	5,9	1,4	5,1	0,57	3
Tempel I	1867	6,0	1,8	4,8	0,46	10
Pons-Winnecke	1819	6,1	1,2	5,5	0,65	22
Kopff	1906	6,2	1,5	5,2	0,56	7
Forbes	1929	6,4	1,5	5,4	0,55	5
Perrine	1896	6,5	1,2	5,8	0,67	16
Wolf II	1924	6,5	1,6	5,4	0,54	19
Schwassmann-Wachmann II	1928	6,5	2,2	4,8	0,39	4
Giacobini-Zinner	1900	6,4	0,9	6,0	0,73	31
Biela	1772	6,6	0,9	6,2	0,76	13
Daniel	1909	6,7	1,5	5,6	0,57	20
D'Arrest	1851	6,7	1,4	5,7	0,61	18
Finlay	1886	6,8	1,0	6,1	0,71	3
Holmes	1892	6,9	2,1	5,1	0,41	21
Brooks II	1889	6,9	1,9	5,4	0,49	6
Borelly	1904	7,0	1,4	5,9	0,61	31
Faye	1843	7,4	1,7	5,9	0,57	11
Whipple	1933	7,4	2,4	5,2	0,36	10
Reinmuth I	1928	7,7	2,0	5,7	0,48	8
Schaumasse	1911	8,2	1,2	6,9	0,71	12
Wolf I	1884	8,4	2,5	5,8	0,40	27
Comas-Sola	1926	8,6	1,8	6,6	0,58	13
Tuttle	1790	13,6	1,0	10,3	0,82	55
Neujmin I	1913	17,9	1,5	12,1	0,77	15
Crommelin	1818	27,9	0,7	17,6	0,92	29
Pons-Brooks	1812	70,9	0,8	33,5	0,96	74
Halley	—466	76,0	0,6	35,3	0,97	162

VIc. Gömbhalmazok

(melyek a Messier-féle katalógusban szerepelnek)

M	NGC	RA		D		Csillagkép	m	Átmérő Ø	r (10 ^s fényév)
		h	m	°	'				
79	1904	05	22	—24	34	Lep	8,4	7,8	56
68	4590	12	37	—26	29	Hya	9,1	9,8	45
53	5024	13	11	+18	26	Com	8,7	14,4	62
3	5272	13	40	+28	38	CWn	7,2	18,6	40
5	5904	15	16	+02	16	Ser	7,0	19,9	30
80	6093	16	14	—22	52	Ser	8,4	5,1	34
4	6121	16	21	—26	24	Ser	7,4	22,8	8
13	6205	16	40	+36	33	Her	6,8	23,2	24
12	6218	16	45	—01	52	Oph	8,0	12,2	27
10	6254	16	55	—04	02	Oph	7,6	12,2	26
62	6266	16	58	—30	03	Oph	8,2	6,3	23
19	6273	17	00	—26	11	Oph	8,3	5,3	20
9	6333	17	16	—18	28	Oph	8,9	5,5	21
92	6341	17	16	+43	12	Her	7,3	12,2	28
14	6402	17	35	—03	15	Oph	9,4	6,7	19
28	6626	18	22	—24	54	Sgr	8,5	15,0	13
69	6637	18	28	—32	23	Sgr	8,9	3,8	—
22	6656	18	33	—23	58	Sgr	6,5	17,0	9
70	6681	18	40	—32	21	Sgr	9,0	4,1	—
54	6715	18	52	—30	32	Sgr	8,7	5,5	52
56	6779	19	15	+30	05	Lyr	9,6	5,0	43
55	6809	19	37	—31	03	Sgr	7,1	14,8	20
71	6838	19	52	+18	39	Sge	8,3	6,1	13
75	6864	20	03	—22	04	Sgr	9,5	4,6	103
72	6981	20	51	—12	44	Aqr	10,2	5,1	65
15	7078	21	28	+11	57	Peg	7,3	12,3	39
2	7089	21	31	—01	03	Aqr	7,3	11,7	47
30	7099	21	38	—23	25	Cap	8,6	8,9	36

Vld. Planetáris ködök
(melyeknél a centrális csillagot is észlelték)

M	NGC	RA		D		Csillag- kép	$m_1 + m_2$	m_3	Átmérő Ø "	F (10 ³ fényév)
		h	m	°	'					
76	40	0	09	+72	15	Cep	10,2	11,7	36,5	3
	246	0	44	-12	08	Cet	8,5	11,1	225,0	1
	650—1	1	39	+51	19	Per	12,2	16,6	65,0	8
	II 1747	1	54	+63	04	Cas	13,6	15,0	13,0	16
	I 351	3	44	+34	54	Per	12,4	15,0	7,0	9
	1514	4	06	+30	39	Tau	10,8	9,7	105,0	4
	1535	4	12	-12	51	Eri	9,3	11,6	18,5	2
	418	5	25	-12	46	Lep	12,0	10,8	12,5	7
	2022	5	39	+09	02	Ori	12,8	14,1	19,5	11
	II 2149	5	52	+46	06	Aur	9,9	14,0	9,0	3
	2392	7	26	+20	58	Gem	8,3	10,8	17,0	1
	3242	10	22	-18	23	Hya	9,0	11,7	21,0	2
	4361	12	22	-18	30	Crv	10,8	12,8	41,5	4
	II 3568	12	33	+82	50	Cam	11,6	12,0	18,0	6
	6058	16	03	+40	48	Her	13,3	13,3	22,5	14
	II 4593	16	09	+12	11	Her	10,2	10,2	11,0	3
6210	16	43	+23	50	Her	9,7	12,5	8,0	3	
6543	18	00	+66	38	Dra	8,8	11,1	19,0	2	
6572	18	10	+06	50	Oph	9,6	10,2	14,5	2	
6629	18	23	-23	15	Sgr	11,9	14,1	15,0	7	
57	6720	18	52	+32	54	Lyr	9,3	14,7	71,0	2
	6751	19	03	-05	59	Aql	12,2	13,3	21,0	8
	6818	19	41	-14	15	Sgr	9,9	15,0	18,5	3
27	6853	19	58	+22	36	Vul	7,6	13,6	360,0	1
	7009	21	02	-11	37	Aqr	8,4	11,7	28,0	1
	7026	21	05	+47	42	Cyg	12,7	15,0	15,0	10
	7048	21	13	+46	07	Cyg	11,3	18,3	55,0	5
	7293	22	27	-21	06	Aqr	6,5	13,3	13,5	1
	7635	23	19	+60	55	Cas		8,5	192,5	2
	7662	23	24	+42	10	And	8,9	12,5	15,5	2

VII. Ekvatoriális koordináták átszámítása

hosszúság (l)		l	b	l	b	l	b	l	b		
D											
RA		+90°		+80°		+70°		+60°			
		+90°		+80°		+70°		+60°			
0	h										
	m										
	0	90°	+28°	88°	+18°	87°	+ 8°	85°	- 2°	83°	-12°
1	0	90	+28	89	+18	88	+ 8	88	- 2	87	-12
	20	90	+28	90	+18	90	+ 8	90	- 2	90	-12
	40	90	+28	90	+18	90	+ 8	90	- 2	90	-12
2	0	90	+28	91	+18	92	+ 8	92	- 2	93	-12
	20	90	+28	92	+18	93	+ 8	95	- 2	97	-11
	40	90	+28	93	+18	95	+ 9	97	- 1	100	-11
3	0	90	+28	94	+19	97	+ 9	100	0	103	-10
	20	90	+28	94	+19	98	+10	102	0	106	- 9
	40	90	+28	95	+19	100	+10	104	+ 1	109	- 8
4	0	90	+28	96	+20	102	+11	107	+ 3	112	- 6
	20	90	+28	97	+20	103	+12	109	+ 4	114	- 4
	40	90	+28	98	+21	104	+13	111	+ 5	117	- 2
5	0	90	+28	98	+21	106	+14	113	+ 7	120	0
	20	90	+28	99	+22	107	+16	114	+ 9	122	+ 2
	40	90	+28	99	+23	108	+17	116	+11	124	+ 4
6	0	90	+28	100	+23	109	+18	118	+13	126	+ 7
	20	90	+28	100	+24	110	+20	119	+15	128	+10
	40	90	+28	101	+25	111	+21	120	+17	129	+12
7	0	90	+28	101	+26	111	+23	121	+19	131	+15
	20	90	+28	101	+27	112	+25	122	+22	132	+18
	40	90	+28	101	+28	112	+26	123	+24	134	+21
8	0	90	+28	101	+28	113	+28	124	+26	134	+24
	20	90	+28	101	+29	113	+30	124	+29	135	+27
	40	90	+28	101	+30	113	+31	124	+31	136	+30
9	0	90	+28	101	+31	113	+33	124	+34	137	+37
	20	90	+28	101	+32	112	+35	124	+36	137	+37
	40	90	+28	100	+33	112	+36	124	+39	137	+40
10	0	90	+28	100	+33	111	+38	123	+41	137	+43
	20	90	+28	99	+34	110	+39	122	+44	136	+46
	40	90	+28	99	+35	109	+41	120	+46	134	+50
10	0	90	+28	98	+35	107	+42	119	+48	133	+53

galaktikai koordinátákra

l b		l b		l b		l b		l b		szélesség (b)	
+40°		+30°		+20°		+10°		0°		D / RA	
										h	m
82°	-21°	80°	-31°	78°	-41°	74°	-51°	69°	-60°	0	0
86	-22	85	-32	84	-42	82	-52	79	-62		20
90	-22	90	-32	90	-42	90	-52	90	-62		40
94	-22	95	-32	96	-42	98	-52	101	-62	1	0
98	-21	100	-31	102	-41	106	-51	111	-60		20
102	-21	105	-30	108	-40	113	-49	120	-59		40
106	-19	110	-29	114	-38	120	-47	128	-56	2	0
110	-18	114	-27	120	-36	126	-45	135	-53		20
114	-16	119	-25	124	-34	132	-42	141	-50		40
117	-15	123	-23	129	-31	137	-39	146	-47	3	0
120	-12	126	-21	133	-28	141	-36	151	-43		20
123	-10	130	-18	137	-25	145	-32	155	-39		40
126	- 8	133	-15	141	-22	149	-29	158	-35	4	0
129	- 5	136	-12	144	-18	152	-25	162	-30		20
132	- 2	139	- 8	147	-15	156	-21	165	-26		40
134	+ 1	142	- 5	150	-11	159	-17	168	-22	5	0
136	+ 4	144	- 2	153	- 7	161	-12	170	-18		20
138	+ 7	147	+ 2	155	- 3	164	- 8	173	-13		40
140	+11	149	+ 6	158	+ 1	166	- 4	175	- 9	6	0
142	+14	151	+10	160	+ 5	169	0	177	- 4		20
143	+18	153	+14	162	+ 9	171	+ 5	180	0		40
145	+21	155	+18	164	+13	173	+ 9	182	+ 4	7	0
146	+25	156	+22	166	+18	176	+13	185	+ 9		20
147	+29	158	+26	168	+22	178	+18	187	+13		40
148	+32	160	+30	170	+26	180	+22	190	+18	8	0
149	+36	161	+34	172	+31	183	+27	192	+22		20
150	+40	162	+38	174	+35	185	+31	195	+26		40
150	+44	164	+42	176	+40	188	+35	198	+30	9	0
150	+47	165	+47	179	+44	191	+40	202	+35		20
150	+51	166	+51	181	+48	194	+44	205	+39		40
149	+55	167	+55	183	+53	198	+48	209	+43	10	0

VII. Ekvatoriális koordináták átszámítása

hosszúság (l)		l	b	l	b	l	b	l	b	l	b
RA \ D		+90°		+80°		+70°		+60°		+50°	
h	m										
10	0	90°	+28°	98°	+35°	107°	+42°	119°	+48°	133°	+53°
	20	90	+28	97	+36	106	+44	116	+50	130	+55
	40	90	+28	96	+36	104	+45	114	+52	128	+58
11	0	90	+28	95	+37	102	+46	111	+54	123	+61
	20	90	+28	94	+37	100	+46	107	+55	119	+63
	40	90	+28	93	+38	97	+47	103	+56	113	+65
12	0	90	+28	92	+38	95	+48	99	+57	106	+67
	20	90	+28	91	+38	93	+48	95	+58	98	+67
	40	90	+28	90	+38	90	+48	90	+58	90	+68
13	0	90	+28	89	+38	87	+48	85	+58	82	+67
	20	90	+28	88	+38	85	+48	81	+57	74	+67
	40	90	+28	87	+38	83	+47	77	+56	67	+65
14	0	90	+28	86	+37	80	+46	73	+55	61	+63
	20	90	+28	85	+37	88	+46	69	+54	57	+61
	40	90	+28	84	+36	76	+45	66	+52	52	+58
15	0	90	+28	83	+36	74	+44	64	+50	50	+55
	20	90	+28	82	+35	73	+42	61	+48	47	+53
	40	90	+28	81	+35	71	+41	60	+46	46	+50
16	0	90	+28	81	+34	70	+39	58	+44	44	+46
	20	90	+28	80	+33	69	+38	57	+41	43	+43
	40	90	+28	80	+33	68	+36	56	+39	43	+40
17	0	90	+28	79	+32	68	+35	56	+36	43	+37
	20	90	+28	79	+31	67	+33	56	+34	43	+34
	40	90	+28	79	+30	67	+31	56	+31	44	+30
18	0	90	+28	79	+29	67	+30	56	+29	45	+27
	20	90	+28	79	+28	67	+28	56	+26	46	+24
	40	90	+28	79	+28	68	+26	57	+24	46	+21
19	0	90	+28	79	+27	68	+25	58	+22	48	+18
	20	90	+28	79	+26	69	+23	59	+19	49	+15
	40	90	+28	79	+25	69	+21	60	+17	51	+12
20	0	90	+28	80	+24	70	+20	61	+15	52	+10

galaktikai koordinátákra

l b		l b		l b		l b		l b		szélesség (b)	
+40°		+30°		+20°		+10°		0°		D	
										RA	
										h	m
149°	+55°	167°	+55°	183°	+53°	198°	+48°	209°	+43°	10	0
148	+59	168	+59	187	+57	202	+52	214	+46		20
146	+63	168	+63	190	+62	207	+57	219	+50		40
142	+66	169	+68	194	+66	213	+60	226	+53	11	0
139	+70	169	+72	199	+70	220	+64	232	+56		20
130	+73	167	+77	209	+74	230	+67	241	+58		40
122	+75	165	+81	219	+78	240	+70	249	+60	12	0
108	+77	153	+85	245	+80	255	+71	260	+61		20
90	+78	90	+88	270	+82	270	+72	270	+62		40
72	+77	27	+85	295	+80	285	+81	280	+61	13	0
58	+75	15	+81	321	+78	300	+70	291	+60		20
50	+73	13	+77	331	+74	310	+67	299	+58		40
41	+70	11	+72	341	+70	320	+64	308	+56	14	0
38	+66	11	+68	346	+66	327	+60	314	+53		20
34	+63	12	+64	350	+62	333	+57	321	+50		40
32	+59	12	+59	353	+57	338	+52	326	+46	15	0
31	+55	13	+55	357	+53	342	+48	331	+43		20
30	+51	14	+51	359	+48	346	+44	335	+39		40
30	+47	15	+47	1	+44	349	+40	338	+35	16	0
30	+44	16	+42	4	+40	352	+35	342	+30		20
30	+40	18	+38	6	+35	355	+31	345	+26		40
31	+36	19	+34	8	+31	357	+27	348	+22	17	0
32	+32	20	+30	10	+26	0	+22	350	+18		20
33	+29	22	+26	12	+22	2	+18	353	+13		40
34	+25	24	+22	14	+18	4	+13	355	+9	18	0
35	+21	25	+18	16	+13	7	+9	358	+4		20
37	+18	27	+14	18	+9	9	+5	0	0		40
38	+14	29	+10	20	+5	11	0	3	-4	19	0
40	+11	31	+6	22	+1	14	-4	5	-9		20
42	+7	33	+2	25	-3	16	-8	7	-13		40
44	+4	36	-2	27	-7	19	-12	10	-18	20	0

VII. Ekvatoriális koordináták átszámítása

hosszúság (l)		l	b	l	b	l	b	l	b	l	b
RA \ D		+90°		+80°		+70°		+60°		+50°	
h	m										
20	0	90°	+28°	80°	+24°	70°	+20°	61°	+15°	52°	+10°
	20	90	+28	80	+23	71	+18	62	+13	54	+7
	40	90	+28	81	+23	72	+17	64	+11	56	+4
21	0	90	+28	81	+22	73	+16	66	+9	58	+2
	20	90	+28	82	+21	74	+14	67	+7	60	0
	40	90	+28	82	+21	76	+13	69	+5	63	-2
22	0	90	+28	83	+20	77	+12	71	+4	66	-4
	20	90	+28	84	+20	78	+11	73	+3	68	-6
	40	90	+28	85	+19	80	+10	76	+1	71	-8
23	0	90	+28	86	+19	82	+10	78	0	74	-9
	20	90	+28	86	+19	83	+9	80	0	77	-10
	40	90	+28	87	+18	85	+9	83	-1	80	-11
24	0	90	+28	88	+18	87	+8	85	-2	83	-12

RA \ D		0°	-10°	-20°	-30°	-40°					
h	m										
0	0	69°	-60°	60°	-70°	39°	-78°	345°	-81°	302°	-75°
	20	80	-61	75	-71	65	-80	333	-85	288	-77
	40	90	-62	90	-72	90	-82	270	-88	270	-78
1	0	100	-61	105	-71	115	-80	207	-85	252	-77
	20	111	-60	120	-70	141	-78	195	-81	238	-75
	40	119	-58	130	-67	151	-74	193	-77	230	-73
2	0	128	-56	140	-64	161	-70	191	-72	221	-70
	20	134	-53	147	-60	166	-66	191	-68	218	-66
	40	141	-50	153	-56	170	-62	192	-64	214	-63
3	0	146	-46	158	-52	173	-57	192	-59	212	-59
	20	151	-43	162	-48	177	-53	193	-55	211	-55
	40	155	-39	166	-44	179	-48	194	-51	210	-51
4	0	158	-35	169	-40	181	-44	195	-47	210	-47

galaktikai koordinátákra

l b		l b		l b		l b		l b		szélesség (b)	
+40°		+30°		+20°		+10°		0°		D	
										RA	
										h	m
44° + 4°	36° - 2°	27° - 7°	19° -12°	10° -18°	20	0					
46 + 1	38 - 5	30 -11	21 -17	12 -22		20					
48 - 2	41 - 8	33 -15	24 -21	15 -26		40					
51 - 5	44 -12	36 -18	28 -25	18 -30	21	0					
54 - 8	47 -15	39 -22	31 -29	22 -35		20					
57 -10	50 -18	43 -25	35 -32	25 -39		40					
60 -12	54 -21	47 -28	39 -36	29 -43	22	0					
63 -15	57 -23	51 -31	48 -39	34 -47		20					
66 -16	61 -25	56 -34	44 -42	39 -50		40					
70 -18	66 -27	60 -36	50 -45	45 -53	23	0					
74 -19	70 -29	66 -38	67 -47	52 -56		20					
78 -21	75 -30	72 -40	63 -49	60 -59		40					
82 -21	80 -31	78 -41	74 -51	69 -60	24	0					
-50°		-60°		-70°		-80°		-90°		D	
										RA	
										h	m
286° -67°	279° -57°	275° -48°	272° -38°	270° -28°	0	0					
278 -67	275 -58	273 -48	271 -38	270 -28		20					
270 -68	270 -58	270 -48	270 -38	270 -28		40					
262 -67	265 -58	267 -48	269 -38	270 -28	1	0					
254 -67	261 -57	265 -48	268 -38	270 -28		20					
247 -65	257 -56	263 -47	267 -38	270 -28		40					
241 -63	253 -55	260 -46	266 -37	270 -28	2	0					
237 -61	249 -54	258 -46	265 -37	270 -28		20					
232 -58	246 -52	256 -45	264 -37	270 -28		40					
230 -55	244 -50	254 -44	263 -36	270 -28	3	0					
227 -53	241 -48	253 -42	262 -35	270 -28		20					
226 -50	240 -46	251 -41	261 -35	270 -28		40					
224 -46	238 -44	250 -39	261 -34	270 -28	4	0					

VII. Ekvatoriális koordináták átszámítása

hosszúság (l)		l	b	l	b	l	b	l	b	l	b
D		0°		-10°		-20°		-30°		-40°	
RA											
h	m										
4	0	158°	-35°	169°	-40°	181°	-44°	195°	-47°	210°	-47°
	20	162	-30	172	-35	184	-40	196	-42	210	-42
	40	165	-26	175	-31	186	-35	198	-38	210	-40
5	0	168	-22	177	-27	188	-31	199	-34	211	-36
	20	170	-18	180	-22	190	-26	200	-30	212	-32
	40	173	-13	182	-18	192	-22	202	-26	213	-29
6	0	175	-9	184	-13	194	-18	204	-22	214	-25
	20	178	-4	187	-9	196	-13	205	-18	215	-21
	40	180	0	189	-5	198	-9	207	-14	217	-18
7	0	183	+4	191	0	200	-5	209	-10	218	-14
	20	185	+9	194	+4	202	-1	211	-6	220	-11
	40	187	+13	196	+8	205	+3	213	-2	222	-7
8	0	190	+18	199	+12	207	+7	216	+2	224	-4
	20	192	+22	201	+17	210	+11	218	+5	226	-1
	40	195	+26	204	+21	213	+15	221	+8	228	+2
9	0	198	+30	208	+25	216	+18	224	+12	231	+5
	20	202	+35	211	+29	219	+22	227	+15	234	+8
	40	205	+39	215	+32	223	+25	230	+18	237	+10
10	0	209	+43	219	+36	227	+28	234	+21	240	+12
	20	214	+47	223	+39	231	+31	237	+23	243	+15
	40	219	+50	228	+42	236	+34	241	+25	246	+16
11	0	225	+53	234	+45	240	+36	246	+27	250	+18
	20	232	+56	240	+47	244	+38	250	+29	254	+19
	40	240	+59	247	+49	252	+40	255	+30	258	+21
12	0	249	+60	252	+51	258	+41	260	+31	262	+21
	20	259	+62	262	+52	264	+42	265	+32	266	+22
	40	270	+62	270	+52	270	+42	270	+32	270	+22
13	0	281	+62	278	+51	276	+42	275	+32	274	+22
	20	291	+60	286	+51	282	+41	280	+31	278	+21
	40	300	+59	293	+49	288	+40	285	+30	282	+21
14	0	308	+56	300	+47	294	+38	290	+29	286	+19

galaktikai koordinátákra

l b		l b		l b		l b		l b		szélesség (b)	
-50°		-60°		-70°		-80°		-90°		D	RA
										h	m
224° -46°	238° -44°	250° -39°	261° -34°	270° -28°						4	0
223 -43	237 -41	249 -38	260 -33	270 -28							20
223 -40	236 -39	248 -36	260 -33	270 -28							40
223 -37	236 -36	248 -35	259 -32	270 -28						5	0
223 -34	236 -34	247 -33	259 -31	270 -28							20
224 -30	236 -31	247 -31	259 -30	270 -28							40
225 -27	236 -29	247 -30	259 -29	270 -28						6	0
226 -24	236 -26	247 -28	259 -28	270 -28							20
226 -21	237 -24	248 -26	259 -28	270 -28							40
228 -18	238 -22	248 -25	259 -27	270 -28						7	0
229 -15	239 -19	249 -23	259 -26	270 -28							20
231 -12	240 -17	249 -21	259 -25	270 -28							40
232 -10	241 -15	250 -20	260 -24	270 -28						8	0
234 - 7	242 -13	251 -18	260 -23	270 -28							20
236 - 4	244 -11	252 -17	261 -23	270 -28							40
238 - 2	246 - 9	253 -16	261 -22	270 -28						9	0
240 0	247 - 7	254 -14	262 -21	270 -28							20
243 + 2	249 - 5	256 -13	262 -21	270 -28							40
246 + 4	251 - 4	257 -12	263 -20	270 -28						10	0
248 + 6	253 - 3	258 -11	264 -20	270 -28							20
251 + 8	256 - 1	260 -10	265 -19	270 -28							40
254 + 9	258 0	262 -10	266 -19	270 -28						11	0
257 +10	260 0	263 - 9	266 -19	270 -28							20
260 +11	263 + 1	265 - 9	267 -18	270 -28							40
263 +11	265 + 2	267 - 8	268 -18	270 -28						12	0
267 +12	268 + 2	268 - 8	269 -18	270 -28							20
270 +12	270 + 2	270 - 8	270 -18	270 -28							40
273 +12	272 + 2	272 - 8	271 -18	270 -28						13	0
277 +11	275 + 2	273 - 8	272 -18	270 -28							20
280 +11	277 + 1	275 - 9	273 -18	270 -28							40
283 +10	280 0	277 - 9	274 -19	270 -28						14	0

VII. Ekvatoriális koordináták átszámítása

hosszúság (l)		l	b	l	b	l	b	l	b	l	b
D											
RA		0°		-10°		-20°		-30°		-40°	
h	m										
14	0	308°	+56°	300°	+47°	294°	+38°	290°	+29°	286°	+19°
	20	315	+53	306	+45	300	+36	294	+27	290	+18
	40	321	+50	312	+42	304	+34	299	+25	294	+16
15	0	326	+47	317	+39	309	+31	303	+23	297	+15
	20	331	+43	321	+36	313	+28	306	+21	300	+12
	40	335	+39	325	+32	317	+25	310	+18	303	+10
16	0	338	+35	329	+29	321	+22	313	+15	306	+ 8
	20	342	+30	332	+25	324	+18	316	+12	309	+ 5
	40	345	+26	336	+21	327	+15	319	+ 8	312	+ 2
17	0	348	+22	339	+17	330	+11	322	+ 5	314	- 1
	20	350	+18	341	+12	333	+ 7	324	+ 2	316	- 4
	40	353	+13	344	+ 8	335	+ 3	327	- 2	318	- 7
18	0	355	+ 9	346	+ 4	338	- 1	329	- 6	320	-11
	20	357	+ 4	349	0	340	- 5	331	-10	322	-14
	40	0	0	351	- 5	342	- 9	333	-14	323	-18
19	0	2	- 4	352	- 9	344	-13	335	-18	325	-21
	20	5	- 9	356	-13	346	-18	336	-22	326	-25
	40	7	-13	258	-18	348	-22	338	-26	327	-29
20	0	10	-18	0	-22	350	-26	340	-30	328	-32
	20	12	-22	3	-27	352	-31	341	-34	329	-36
	40	15	-26	5	-31	354	-35	342	-38	330	-40
21	0	18	-30	8	-35	356	-40	342	-42	330	-42
	20	22	-35	11	-40	359	-44	345	-47	330	-47
	40	25	-39	14	-44	1	-44	346	-51	330	-51
22	0	29	-43	18	-49	3	-53	347	-55	329	-55
	20	34	-46	22	-52	7	-53	348	-59	328	-59
	40	39	-50	27	-57	10	-62	348	-64	326	-63
23	0	46	-53	33	-60	14	-66	349	-68	322	-66
	20	52	-56	40	-64	19	-70	349	-72	319	-70
	40	61	-58	50	-67	29	-74	347	-77	310	-73
24	0	69	-60	60	-70	39	-78	345	-81	302	-75

galaktikai koordinátákra

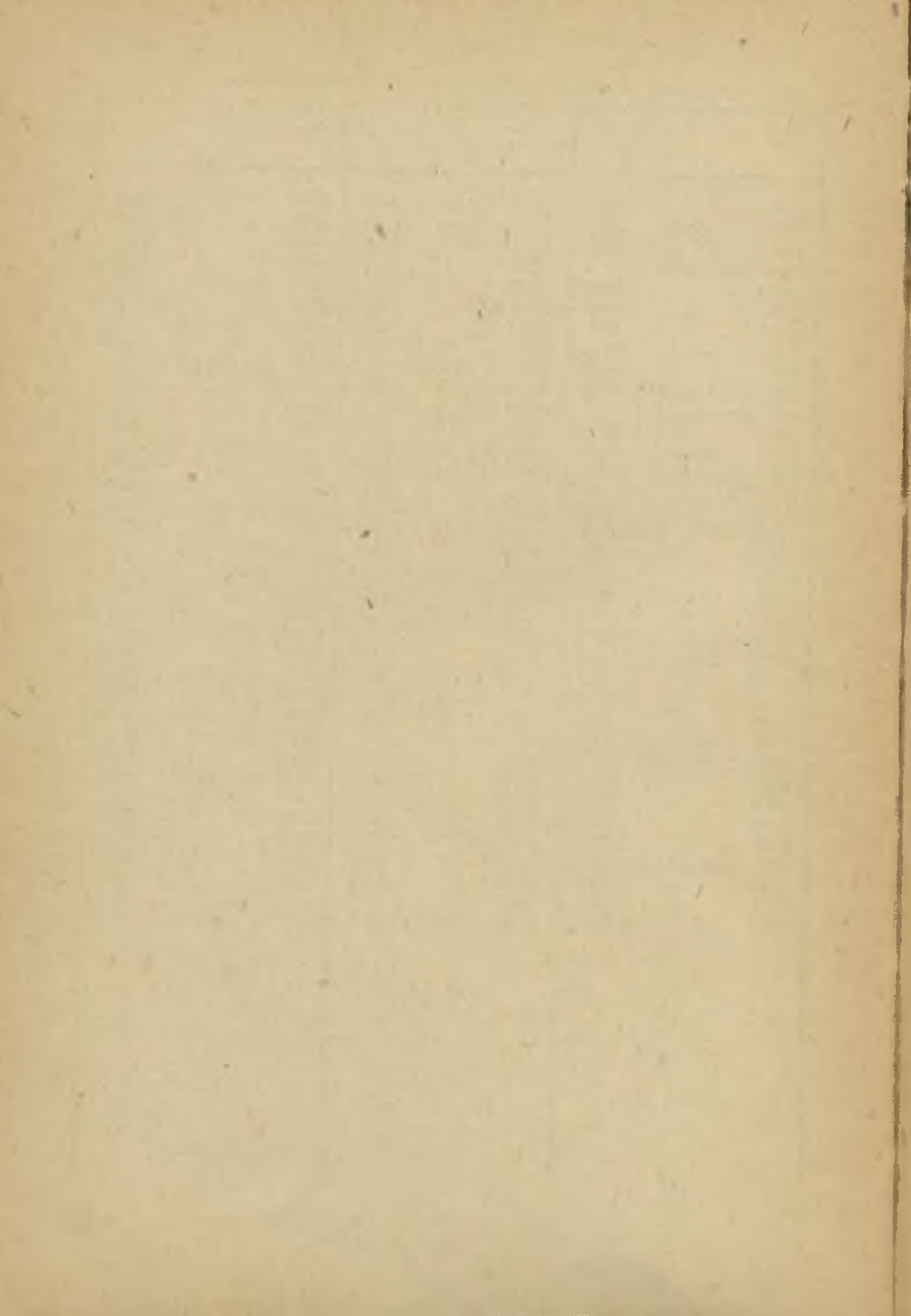
l b		l b		l b		l b		l b		szélesség (b)	
-50°		-60°		-70°		-80°		-90°		D	RA
283°	+10°	280°	0°	277°	-9°	274°	-19°	270°	-28°	h	m
286	+9	282	0	278	-10	274	-19	270	-28	14	0
289	+8	284	-1	280	-10	275	-19	270	-28		20
											40
292	+6	287	-3	282	-11	276	-20	270	-28	15	0
294	+4	289	-4	283	-12	277	-20	270	-28		20
297	+2	291	-5	284	-13	278	-21	270	-28		40
300	0	293	-7	286	-14	278	-21	270	-28	16	0
302	-2	294	-9	287	-16	279	-22	270	-28		20
304	-4	296	-11	288	-17	279	-22	270	-28		40
306	-7	298	-13	289	-18	280	-23	270	-28	17	0
308	-10	299	-15	290	-20	280	-24	270	-28		20
309	-18	300	-17	291	-21	281	-25	270	-28		40
311	-15	301	-19	291	-23	281	-26	270	-28	18	0
312	-18	302	-22	292	-25	281	-27	270	-28		20
314	-21	303	-24	292	-26	281	-28	270	-28		40
314	-24	304	-26	293	-28	281	-28	270	-28	19	0
315	-27	304	-29	293	-30	281	-29	270	-28		20
316	-30	304	-31	293	-31	281	-30	270	-28		40
317	-34	304	-34	293	-33	281	-31	270	-28	20	0
317	-37	304	-36	292	-35	281	-32	270	-28		20
317	-40	304	-39	292	-36	280	-33	270	-28		40
317	-43	303	-41	291	-38	280	-33	270	-28	21	0
316	-46	302	-44	290	-39	279	-34	270	-28		20
314	-50	300	-46	289	-41	279	-35	270	-28		40
313	-53	299	-48	287	-42	278	-35	270	-28	22	0
310	-56	296	-50	286	-44	377	-36	270	-28		20
308	-58	294	-52	284	-45	276	-36	270	-28		40
303	-61	291	-54	282	-46	275	-37	270	-28	23	0
299	-63	287	-55	280	-46	274	-39	270	-28		20
293	-65	283	-56	277	-47	373	-38	270	-28		40
286	-67	279	-57	275	-48	272	-38	270	-28	24	0

VIII. Napfoltrelatívszámok

Év	R	Év	R	Év	R
1749	80,9	1785	24,1	1821	6,6
1750	MAXIMUM 83,4	1786	82,9	1822	4,0
1751	47,7	1787	MAXIMUM 132,0	1823	minimum 1,8
1752	47,8	1788	130,9	1824	8,5
1753	30,7	1789	118,1	1825	16,6
1754	12,2	1790	89,9	1826	36,3
1755	minimum 9,6	1791	66,6	1827	49,7
1756	10,2	1792	60,0	1828	62,5
1757	32,4	1793	46,9	1829	67,0
1758	47,6	1794	41,0	1830	MAXIMUM 71,0
1759	54,0	1795	21,3	1831	47,8
1760	62,9	1796	16,0	1832	27,5
1761	MAXIMUM 85,9	1797	6,4	1833	minimum 8,5
1762	61,2	1798	minimum 4,1	1834	13,2
1763	45,1	1799	6,8	1835	56,9
1764	36,4	1800	14,5	1836	121,5
1765	20,9	1801	34,0	1837	MAXIMUM 138,3
1766	minimum 11,4	1802	45,0	1838	103,2
1767	37,8	1803	43,1	1839	85,8
1768	69,8	1804	MAXIMUM 47,5	1840	63,2
1769	MAXIMUM 106,1	1805	42,2	1841	36,8
1770	100,8	1806	28,1	1842	24,2
1771	81,6	1807	10,1	1843	minimum 10,7
1772	66,5	1808	8,1	1844	15,0
1773	34,8	1809	2,5	1845	40,1
1774	30,6	1810	minimum 0,0	1846	61,5
1775	minimum 7,0	1811	1,4	1847	98,5
1776	19,8	1812	5,0	1848	MAXIMUM 124,3
1777	92,5	1813	12,2	1849	95,9
1778	MAXIMUM 154,4	1814	13,9	1850	66,5
1779	125,9	1815	35,4	1851	64,5
1780	84,3	1816	MAXIMUM 45,8	1852	54,2
1781	68,1	1817	41,1	1853	39,0
1782	38,5	1818	30,4	1854	20,6
1783	22,8	1819	23,9	1855	6,7
1784	minimum 10,2	1820	15,7	1856	minimum 4,3

(A zürichi Wolf-féle napi relativszámok évi átlagértékei)

Év	R	Év	R	Év	R
1857	22,8	1893	MAXIMUM 84,9	1929	65,0
1858	54,8	1894	78,0	1930	35,7
1859	93,8	1895	64,0	1931	21,2
1860	MAXIMUM 95,7	1896	41,8	1932	11,1
1861	77,2	1897	26,2	1933	minimum 5,6
1862	59,1	1898	26,7	1934	8,7
1863	44,0	1899	12,1	1935	36,0
1864	47,0	1900	9,5	1936	79,7
1865	30,5	1901	minimum 2,7	1937	MAXIMUM 114,4
1866	16,3	1902	5,0	1938	109,6
1867	minimum 7,3	1903	24,4	1939	88,8
1868	37,3	1904	42,0	1940	67,8
1869	73,9	1905	MAXIMUM 63,5	1941	47,5
1870	MAXIMUM 139,1	1906	43,8	1942	30,6
1871	111,2	1907	62,0	1943	16,3
1872	101,7	1908	48,5	1944	minimum 9,6
1873	66,3	1909	43,9	1945	33,1
1874	44,7	1910	18,6	1946	92,5
1875	17,1	1911	5,7	1947	MAXIMUM 151,5
1876	11,3	1912	3,6	1948	136,3
1877	12,3	1913	minimum 1,4	1949	134,7
1878	minimum 3,4	1914	9,6	1950	83,9
1879	6,0	1915	47,4	1951	69,4
1880	32,3	1916	57,1	1952	32,3
1881	54,3	1917	MAXIMUM 103,9	1953	13,9
1882	59,7	1918	80,6	1954	minimum 4,4
1883	MAXIMUM 63,7	1919	63,6	1955	38,0
1884	63,5	1920	37,6	1956	141,7
1885	52,2	1921	26,1	1957	MAXIMUM 190,2
1886	25,4	1922	14,2	1958	184,8
1887	13,1	1923	minimum 5,8	1959	159,0
1888	6,8	1924	16,7	1960	112,3
1889	minimum 6,3	1925	44,3	1961	53,9
1890	7,1	1926	63,9		
1891	35,6	1927	69,0		
1892	73,0	1928	MAXIMUM 77,8		



A CSILLAGOS ÉG 1963-BAN

(Időpontok közép-európai zónaidőben)

Január

Bolygók

Merkúr előretartó mozgást végezve, 1-én lép át a Nyilas csillagképből a Bak csillagképbe. 11-én stacionárius, utána hátráló mozgást végezve 20-án újra a Nyilas csillagképbe lép át. 31-én újra előretartó mozgást vesz fel. A hó elején másfél órával nyugszik a Nap után. A hó közepéig figyelhető meg napnyugta után a délkeleti égbolton. 4-én legnagyobb keleti kitérésben 19° távolságra a Naptól. 20-án alsó együttállásban a Nappal. 6-án fázisa 0,52, fényessége $-0,2$ magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 8-ig a Mérleg, 8-tól 13-ig a Skorpió, utána a Kigyótartó csillagképben. A hó elején három és fél, végén három órával kel a Nap előtt. Mint hajnalszél figyelhető meg a délkeleti égbolton. 23-án legnagyobb nyugati kitérésben 47° távolságra a Naptól. 16-án fázisa 0,46 növekedő, fényessége $-4,2$ magnitúdó csökkenő. — *Mars* hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hó elején az esti órákban kel, a hó végén már az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. A Nappal való szembenállásához közeledve felületének megfigyelésére mind kedvezőbb helyzetbe jut. A hó elejétől végéig átmérője $12,0$ -ról $13,9$ -re, fényessége $-0,4$ magnitúdóról $-1,0$ magnitúdóra növekszik. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Vízöntő csillagképben. Az esti órákban nyugszik és a koraesti órákban figyelhető meg a délnyugati égbolton. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. A hó elején még megfigyelhető napnyugta után a délnyugati égbolton. — *Uránusz* hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Az esti órákban kel és az éjszaka második felében figyelhető meg. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A hó elején négy órával, végén hat órával kel a Nap előtt. A hajnali szürkület előtt figyelhető meg a délkeleti égbolton.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
2	03,6	Algol minimumban
3	—	Quadrantidák meteorraj gyakorisági maximuma
5	00,6	Algol minimumban
5	02	Pallas szembenállásban a Nappal
7	21,5	Algol minimumban
9—10	—	Holdfogyatkozás a félárnyékban. Tőlünk is látható. Belépés a félárnyékba 9-én 22 óra 05,5 perckor; fogyatkozás közepe 10-én 00 óra 20,3 perckor; kilépés a félárnyékból 10-én 2 óra 34,9 perckor. A fogyatkozás nagysága a félárnyékban holdátmérőben kifejezve 1,043.
10	18,3	Algol minimumban
12	16	Mars 2°-kal északra a Holdtól
13	12	Uránusz 2°-kal délre a Holdtól
15	10	Vénusz 9°-kal északra az Antarestől
19	09	Neptunusz 4°-kal délre a Holdtól
21	18	Vénusz 0,1°-kal délre a Holdtól
25	02,3	Algol minimumban
25	14	Gyűrűs napfogyatkozás, tőlünk nem figyelhető meg. A gyűrűs fogyatkozás vonala Dél-Amerika déli részén, az Atlanti-óceán déli részén, Afrika déli részén és Madagaszkár szigetén halad át
27	23,2	Algol minimumban
28	08	Jupiter 3°-kal északra a Holdtól
30	20,0	Algol minimumban
31	04	β Lyrae minimumban

Február

Bolygók

Merkúr előretartó mozgást végez 14-ig a Nyilas, utána a Bak csillagképben. A hó első felében egy órával kel a Nap előtt és a hajnali szürkületben figyelhető meg a délkeleti égbolton. 13-án legnagyobb nyugati kitérésben 26° távolságra a Naptól. 10-én fázisa 0,54, fényessége +0,3 magnitudo, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 1-től a Nyilas csillagképben. A hó közepén két órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcillag figyelhető meg a délkeleti égbolton.

15-én fázisa 0,61 növekedő, fényessége —3,8 magnitudo csökkenő. — *Mars* hátráló mozgást végez 2-ig az Oroszlán, utána a Rák csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 3-án kerül földközelségbe, 4-én szembenállásban a Nappal. Bár látszó átmérője és fényessége ez esetben (14,0 és —1,0 magnitudo) lényegesen a nagy oppozíciók alatt marad, ez alkalom is felhasználható felületének megfigyelésére. — *Jupiter* előretartó mozgást végez 26-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. A hó elején három, végén egy órával nyugszik a Nap után. Napnyugta után látható a délnyugati égbolton. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. E hó folyamán nem figyelhető meg. 3-án együttállásban a Nappal. — *Uránusz* hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 22-én szembenállásban a Nappal. — *Neptunusz* 16-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfélkor kel és a hajnali órákban figyelhető meg a délkeleti égbolton.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
8	07	Mars 3°-kal északra a Holdtól
9	18	Uránusz 2°-kal délre a Holdtól
15	17	Neptunusz 3°-kal délre a Holdtól
17	00,6	Algol minimumban
19	21,6	Algol minimumban
20	16	Vénusz 0,8°-kal északra a Holdtól
22	07	Merkúr 0,1°-kal délre a Holdtól
22	18,4	Algol minimumban
22	20	Szaturnusz 0,7°-kal északra a Holdtól
25	03	Jupiter 3°-kal északra a Holdtól
28	10	Merkúr 0,8°-kal délre a Szaturnusztól

Március

Bolygók

Merkúr előretartó mozgást végez 6-ig a Bak, 6-tól 24-ig a Vízöntő és utána a Halak csillagképben, — 29-én és 30-án a Cet csillagképet érintve. E hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 30-án felső együttállásban a Nappal. 2-án fázisa 0,81, fényessége 0,0 magnitudo mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 3-ig a Nyilas, 3-tól 21-ig a Bak, utána a Vízöntő csillagképben. A hó közepén egy órával kel a Nap előtt. A hajnali szürkületben figyelhető meg a délkeleti égbolton. 17-én fázisa 0,72 növekedő, fényessége —3,6

magnitúdó csökkenő. — *Mars* 17-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Rák csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. A Nappal való szembenállástól távolodva a hó végére látszó átmérője 9,"88-re, fényessége +0,2 magnitúdóra csökken. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. E hó folyamán nem figyelhető meg. 16-án együttállásban a Nappal. — *Szaturusz* előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. A hó végén újra látható a hajnali szürkületben a délkeleti égbolton. — *Uránusz* hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Hajnalban nyugszik és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfél előtt kel és az éjszaka második felében figyelhető meg a délkeleti égbolton.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
2	05	Plutó szembenállásban a Nappal
2	13	Ceres szembenállásban a Nappal
6	23	Mars 3°-kal északra a Holdtól
8	23	Uránusz 2°-kal délre a Holdtól
10	09	Junó szembenállásban a Nappal
11	23,3	Algol minimumban
14	20,2	Algol minimumban
15	00	Neptunusz 3°-kal délre a Holdtól
15	06	Vesza szembenállásban a Nappal
21	00	Vénusz 0,9°-kal északra a Szaturusztól
22	11	Szaturusz 1°-kal északra a Holdtól
22	14	Vénusz 2°-kal északra a Holdtól
25	—	Hydraidák meteorraj (március 12-től április 5-ig) gyakorisági maximuma

Április

Bolygók

Merkúr előretartó mozgást végez 9-ig a Halak, 9-től 25-ig a Kos és utána a Bika csillagképben. A hó közepén másfél órával nyugszik a Nap után. 10-től a hó végéig figyelhető meg napnyugta után a nyugati égbolton. Ez évben e hó folyamán kerül megfigyelésre legalkalmasabb helyzetbe. 26-án legnagyobb keleti kitérésben 20° távolságra a Naptól. 21-én fázisa 0,55, fényessége —0,2 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 19-ig a Vízöntő, utána a Halak csillagképben. A hó elején egy órával kel a Nap előtt. E hó folyamán

még megfigyelhető a hajnali szürkületben a délkeleti égbolton. 16-án fázisa 0,81 növekedő, fényessége —3,4 magnitudo csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez a Rák csillagképben. A hó közepén három órával nyugszik éjfél után és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. A hó közepén másfél órával kel a Nap előtt. Napkelte előtt figyelhető meg a délkeleti égbolton. — *Uránusz* hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Az esti órákban kel és a későesti óráktól kezdve már megfigyelhető.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
3	—	Virginidák meteorraj (március 1-től május 10-ig) gyakorisági maximuma
3	06	Mars 2°-kal északra a Holdtól
5	03	Uránusz 2°-kal délre a Holdtól
6	18,6	Algol minimumban
11	06	Neptunusz 3°-kal délre a Holdtól
19	00	Szaturnusz 1°-kal északra a Holdtól
21	10	Vénusz 3°-kal északra a Holdtól
21	22	Jupiter 4°-kal északra a Holdtól
22	—	Lyridák meteorraj (április 12-től 24-ig) gyakorisági maximuma
25	04	Merkúr 7°-kal északra a Holdtól
28	17	Vénusz 0,6°-kal délre a Jupitertől

Május

Bolygók

Merkúr 7-ig előretartó, 7-től 30-ig hátráló, utána újra előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. A hó első napjain egy órával nyugszik a Nap után és még megfigyelhető közvetlenül napnyugta után a nyugati égbolton. 18-án alsó együttállásban a Nappal. 1-én fázisa 0,24, fényessége +1,0 magnitudo, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 17-ig a Halak, utána a Kos csillagképben. Háromnegyed órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcillag napkelte előtt még megfigyelhető a déli égbolton. 16-án fázisa 0,87 növekedő, fényessége —3,3 magnitudo csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez 4-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. Éjfél után nyugszik és az

éjszaka első felében figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Halak csillagképben, 1-től 11-ig a Cet csillagképet érintve. A hó közepén két órával, végén három órával kel a Nap előtt. Újra látható napkelte előtt a keleti égbolton. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. Éjfél után kel és a hajnali órákban figyelhető meg a délkeleti égbolton. — *Uránusz* 9-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfél után nyugszik és az esti órákban figyelhető meg. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 5-én szembenállásban a Nappal.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	03	Mars 0,2°-kal északra a Holdtól
2	08	Uránusz 2°-kal délre a Holdtól
5	—	Aquaridák meteorraj (április 29-től május 21-ig) gyakorisági maximuma
8	10	Neptunusz 3°-kal délre a Holdtól
16	10	Szaturnusz 2°-kal északra a Holdtól
19	17	Jupiter 4°-kal északra a Holdtól
21	06	Vénusz 4°-kal északra a Holdtól
29	09	Mars 2°-kal délre a Holdtól
29	15	Uránusz 3°-kal délre a Holdtól

Június

Bolygók

Merkúr előretartó mozgást végez a Bika csillagképben. E hó harmadik hetében háromnegyed órával kel a Nap előtt. Ekkor megkísérelhető megfigyelése közvetlen napkelte előtt a délkeleti égbolton, bár e hó folyamán helyzete észlelésre nem nagyon kedvező. 13-án legnagyobb nyugati kitérésben 23° távolságra a Naptól. 25-én fázisa 0,65, fényessége -0,3 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 7-ig a Kos, utána a Bika csillagképben. Háromnegyed órával kel a Nap előtt. Mint hajnalcillag napkelte előtt még megfigyelhető a keleti égbolton. 15-én fázisa 0,94 növekedő, fényessége -3,3 magnitúdó csökkenő. — *Mars* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfél előtt nyugszik és az esti órákban figyelhető meg. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. A hó közepén két és fél órával kel a Nap előtt. Napkelte előtt figyelhető meg a keleti égbolton. — *Szaturnusz* 4-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Bak csillagképben. A hó elején éjfélkor, végén másfél órával éjfél

előtt kel, és az éjszaka második felében figyelhető meg a délkeleti égbolton. — *Uránusz* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfélkor nyugszik és az esti órákban figyelhető meg. — *Neptunusz* hátráló mozgást végez a Mérleg csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	06	Mars 1°-kal északra a Regulustól
3	02,9	Algol minimumban
4	15	Neptunusz 3°-kal délre a Holdtól
5	20	Mars 0,6°-kal északra az Uránusztól
5	23,7	Algol minimumban
9	08	Merkúr 3°-kal délre a Vénusztól
12	16	Szaturunusz 2°-kal északra a Holdtól
14	—	Scorpius—Sagittaridák meteorraj (április 20-tól július 30-ig) gyakorisági maximuma
16	08	Jupiter 4°-kal északra a Holdtól
19	22	Merkúr 1°-kal északra a Holdtól
20	02	Vénusz 3°-kal északra a Holdtól
21	02	Vénusz 5°-kal északra az Aldebarantól
22	04	β Lyrae minimumban
22	16	Merkúr 3°-kal északra az Aldebarantól
26	01	Uránusz 3°-kal délre a Holdtól
26	01,6	Algol minimumban
26	20	Mars 3°-kal délre a Holdtól
28	02	Merkúr 0,6°-kal délre a Vénusztól

Július

Bolygók

Merkúr előretartó mozgást végez 4-ig a Bika, 4-től 16-ig az Ikrek, 16-tól 26-ig a Rák és utána az Oroszlán csillagképben. A hó végén egy órával nyugszik a Nap után és a hó utolsó napjaiban figyelhető meg a nyugati égbolton. 13-án felső együttállásban a Nappal. 30-án fázisa 0,85, fényessége —0,5 magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 7-ig a Bika, 7-től 29-ig az Ikrek és utána a Rák csillagképben. Felső együttállásához közeledve a hó folyamán már nem kerül megfigyelésre kedvező helyzetbe. Fázisa 15-én 0,98 növekedő, fényessége —3,4 magnitúdó szintén növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez 15-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. Az esti órákban nyugszik és a napnyugta utáni órákban figyelhető meg

a nyugati égbolton. — *Jupiter* előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. Éjfélkor kel és a hajnali égbolton figyelhető meg keleten. — *Szturnusz* hátráló mozgást végez a Bak csillagképben. Az esti órákban kel és a későesti óráktól kezdve már megfigyelhető. — *Uránusz* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Az esti órákban nyugszik és a koraesti órákban még megfigyelhető a nyugati égbolton. — *Neptunusz* 26-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. Éjfélkor nyugszik és az esti órákban figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	21	Neptunusz 3°-kal délre a Holdtól
5	01	β Lyrae minimumban
6—7	—	Részleges holdfogyatkozás, nálunk is látható. Belépés a félárnyékba 6-án 20 óra 18,2 percekor, belépés a teljes árnyékba 21 óra 33,2 percekor, fogyatkozás közepe 23 óra 03,6 percekor, kilépés a teljes árnyékból 7-én 0 óra 34,0 percekor, kilépés a félárnyékból 1 óra 48,9 percekor. A fogyatkozás nagysága a hold átmérőjében kifejezve 0,711.
9	20	Szturnusz 2°-kal északra a Holdtól
13	20	Jupiter 4°-kal északra a Holdtól
16	03,1	Algol minimumban
17	23	β Lyrae minimumban
18	23,9	Algol minimumban
20	22	Teljes napfogyatkozás. Tőlünk nem látható. A teljes fogyatkozás vonala Japánon, a Csendes-óceán északi részén, Alaszkán, Kanadán és az Atlanti-óceán északi részén halad át
23	12	Uránusz 3°-kal délre a Holdtól
25	11	Mars 5°-kal délre a Holdtól
29	05	Neptunusz 3°-kal délre a Holdtól
30	21	β Lyrae minimumban

Augusztus

Bolygók

Merkúr előretartó mozgást végez 20-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. E hó folyamán egy órával nyugszik a Nap után és az esti szürkületben figyelhető meg a délnyugati égbolton. Legnagyobb keleti kitérésben 24-én 27° távolságra a Naptól. 14-én fázisa 0,67, fényessége +0,2 magnitudo, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó

mozgást végez 14-ig a Rák, utána az Oroszlán csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 30-án felső együttállásban a Nappal. — *Mars* előretartó mozgást végez a Szűz csillagképben. A hó közepén két órával nyugszik a Nap után. Az esti szürkületben még megfigyelhető a délnyugati égbolton. — *Jupiter* 10-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Halak csillagképben. Az esti órákban kel és az éjszaka második felében látható a keleti égbolton. — *Szaturnusz* hátráló mozgást végez a Bak csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 13-án szembenállásban a Nappal. — *Uránusz* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 29-én együttállásban a Nappal. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A hó elején négy órával nyugszik a Nap után. A hó első felében még megfigyelhető az esti szürkület után a délnyugati égbolton.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
2	21	Merkúr 0,6°-kal északra a Regulustól
3	—	Aquaridák meteorraj (július 25-től szeptember 8-ig) gyakorisági maximuma
5	04,7	Algol minimumban
6	00	Szaturnusz 1°-kal északra a Holdtól
6	02	Merkúr 0,04°-kal délre az Uránusztól
8	01,6	Algol minimumban
10	22,4	Algol minimumban
11	—	Perseidák meteorraj (július 20-tól augusztus 19-ig) gyakorisági maximuma
12	19	β Lyrae minimumban
16	—	Cygnidák meteorraj (július 25-től szeptember 8-ig) gyakorisági maximuma
18	—	Cepheidák meteorraj gyakorisági maximuma
21	10	Merkúr 7°-kal délre a Holdtól
23	06	Mars 5°-kal délre a Holdtól
25	13	Uránusz 3°-kal délre a Holdtól
28	03,3	Algol minimumban
31	00,1	Algol minimumban

Szeptember

Bolygók

Merkúr 6-ig előretartó, 6-tól 28-ig hátráló, utána újra előretartó mozgást végez. 22-ig a Szűz, utána az Oroszlán csillagképben tartózkodik. A hó utolsó napján egy órával kel a Nap előtt és a hajnali szürkületben látható.

kületben figyelhető meg a délkeleti égbolton. 20-án alsó együttállásban a Nappal. 28-án fázisa 0,16, fényessége +1,1 magnitúdó, mindkettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 11-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 23-án fázisa 0,99, csökkenő, fényessége —3,4 magnitúdó növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez 22-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. Másfél órával nyugszik a Nap után. Napnyugta után még megfigyelhető a délnyugati égbolton. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Halak csillagképben. A koraesti órákban kel és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — *Szturnusz* hátráló mozgást végez a Bak csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Uránusz* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
1	01	Mars 2°-kal északra a Spicától
2	05	Szturnusz 1°-kal északra a Holdtól
2	20,9	Algol minimumban
6	08	Jupiter 4°-kal északra a Holdtól
12	—	Piscidák meteorraj (augusztus 16-tól október 8-ig) gyakorisági maximuma
16	10	Uránusz 3°-kal délre a Holdtól
20	01,7	Algol minimumban
21	04	Mars 5°-kal délre a Holdtól
21	22	Neptunusz 3°-kal délre a Holdtól
22	22,6	Algol minimumban
25	19,4	Algol minimumban
29	13	Szturnusz 1°-kal északra a Holdtól

Október

Bolygók

Merkúr előretartó mozgást végez 4-ig az Oroszlán, utána a Szűz csillagképben. A hó közepéig egy órával kel a Nap előtt és a délkeleti égbolton figyelhető meg a hajnali szürkületben. 5-én legnagyobb nyugati kitérésben 18° távolságra a Naptól. 8-án fázisa 0,61, fényessége —0,5 magnitúdó, mindekettő növekedő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 18-ig a Szűz, utána a Mérleg csillagképben. A hó elején háromnegyed órával, végén egy órával nyugszik a Nap után. Felső együttállása után mint alkonycsillag újra látható napnyugta után a délnyugati égbolton.

18-án fázisa 0,98 csökkenő, fényessége —3,4 magnitúdó növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez 24-ig a Mérleg, utána a Skorpion csillagképben. Másfél órával nyugszik a Nap után. Napnyugta után még megfigyelhető a délnyugati égbolton. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Halak csillagképben. Az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. 8-án szembenállásban a Nappal. — *Szturnusz* 21-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. Éjfélkor nyugszik és a későesti órákig megfigyelhető a délnyugati égbolton. — *Uránusz* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A hó közepén két órával kel éjfél után. A hajnali órákban újra megfigyelhető a keleti égbolton. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
3	13	Jupiter 4°-kal északra a Holdtól
4	04	Mars 2°-kal délre a Neptunusztól
6	05	Vénusz 3°-kal, északra a Spicától
10	03,6	Algol minimumban
13	00,3	Algol minimumban
13	19	Uránusz 3°-kal délre a Holdtól
15	21,1	Algol minimumban
16	06	Merkúr 3°-kal délre a Holdtól
18	17,9	Algol minimumban
18	15	Vénusz 4°-kal délre a Holdtól
19	—	Orionidák meteorraj (október 11-től 30-ig) gyakorisági maximuma
19	07	Neptunusz 3°-kal délre a Holdtól
20	05	Mars 4°-kal délre a Holdtól
24	19	Vénusz 1,5°-kal délre a Neptunusztól
26	21	Szturnusz 2°-kal északra a Holdtól
30	18	Jupiter 4°-kal északra a Holdtól

November

Bolygók

Merkúr előretartó mozgást végezve 1-én lép át a Szűz csillagképből a Mérleg csillagképbe, melyben 15-ig tartózkodik. 15-től 21-ig a Skorpion, utána a Kigyó tartó csillagképben halad tovább. E hó folyamán a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 5-én felső együttállásban a Nappal. 27-én fázisa 0,94, fényessége —0,5 magnitúdó, mindkettő csökkenő.

— *Vénusz* előretartó mozgást végez 6-ig a Mérleg, 6-tól 11-ig a Skorpió, 11-től 26-ig a Kígyótartó és utána a Nyilas csillagképben. A hó elején egy órával, végén másfél órával nyugszik a Nap után. A délkeleti égbolton látható mint alkonycsillag. 17-én fázisa 0,94 csökkenő, fényessége —3,3 magnitudo növekedő. — *Mars* előretartó mozgást végez 4-ig a Skorpió, 4-től 29-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* hátráló mozgást végez a Halak csillagképben. A hajnali órákban nyugszik és az egész éjszaka folyamán megfigyelhető. — *Szaturnusz* előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. Az esti órákban nyugszik és a koraesti órákban figyelhető meg a délnyugati égbolton. — *Uránusz* előretartó mozgást végez az Oroszlán csillagképben. Éjfélkor kel és a hajnali órákban figyelhető meg a keleti égbolton. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 8-án együttállásban a Nappal.

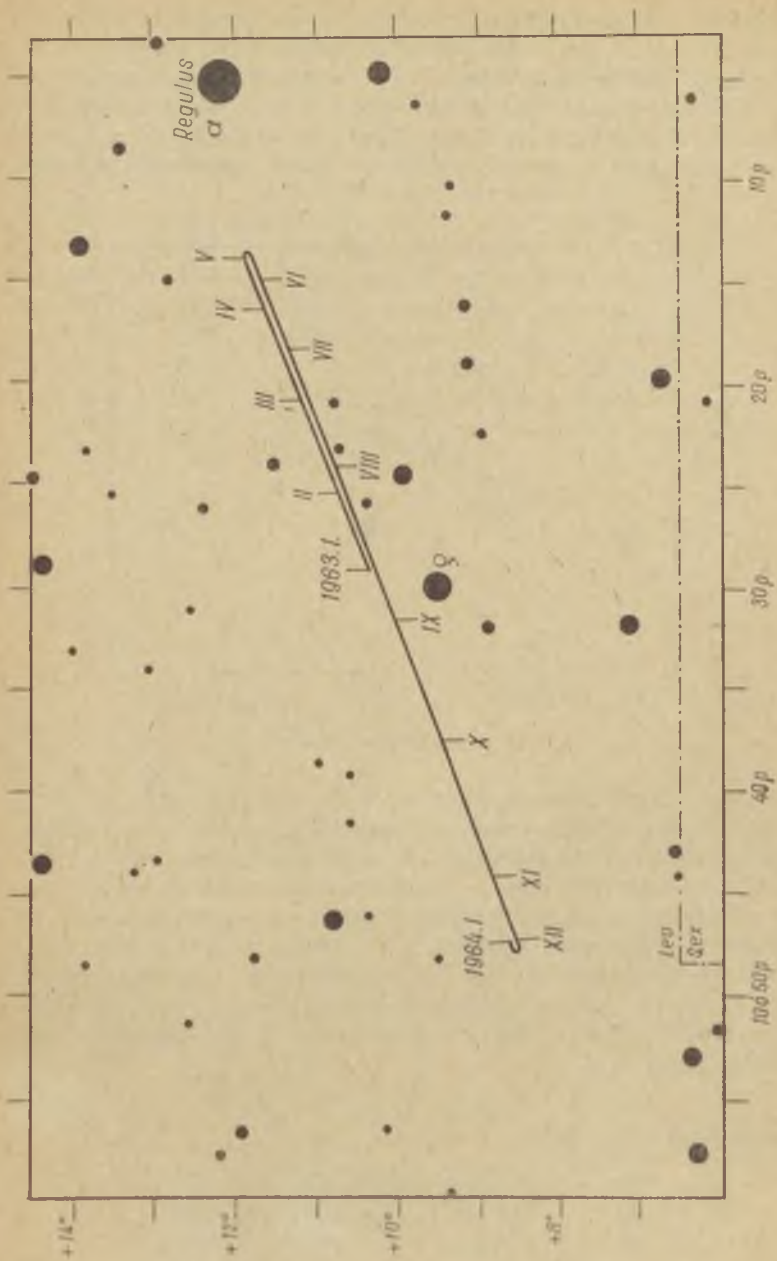
Megfigyelhető jelenségek

Nap	Óra	
2	01,9	Algol minimumban
4	22,7	Algol minimumban
6	17	Mars 4°-kal északra az Antarestől
7	19,6	Algol minimumban
10	03	Uránusz 4°-kal délre a Holdtól
12	12	Vénusz 4°-kal északra az Antarestől
13	—	Tauridák meteorraj gyakorisági maximuma
16	—	Leonidák meteorraj gyakorisági maximuma
18	05	Vénusz 3°-kal délre a Holdtól
18	08	Mars 3°-kal délre a Holdtól
20	23	Vénusz 0,05°-kal délre a Marstól
22	03,6	Algol minimumban
23	06	Szaturnusz 2°-kal északra a Holdtól
25	00,4	Algol minimumban
27	01	Jupiter 4°-kal északra a Holdtól
27	21,3	Algol minimumban
30	18,1	Algol minimumban

December

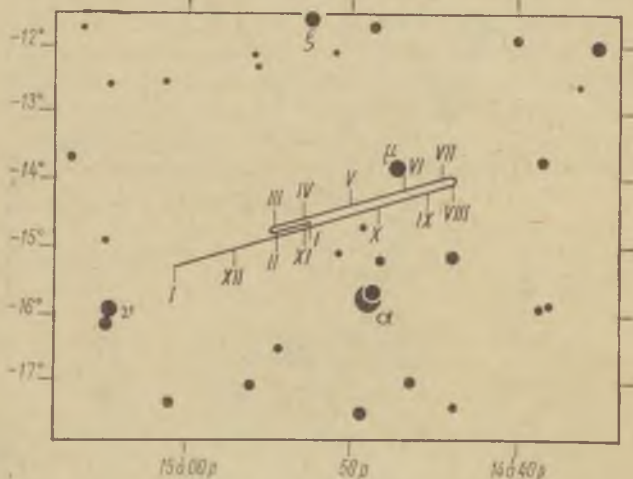
Bolygók

Merkúr 26-ig előretartó, utána hátráló mozgást végezve, 3-ig a Kígyótartó, utána a Nyilas csillagképben tartózkodik. A hó közepén másfél órával nyugszik a Nap után. Az egész hó folyamán megfigyelhető



I. ábra. Az Uránusz pályája 1963-ban

napnyugta után a délnyugati égbolton. 18-án legnagyobb keleti kitérésben 20° távolságra a Naptól. 17-én fázisa 0,66, fényessége $-0,3$ magnitúdó, mindkettő csökkenő. — *Vénusz* előretartó mozgást végez 22-ig a Nyilas, utána a Bak csillagképben. A hó közepén másfél órával nyugszik a Nap után. Mint alkonyicsillag látható a délnyugati égbolton. 17-én fázisa 0,89 csökkenő, fényessége $-3,4$ magnitúdó növekedő.



2. ábra. A *Neptunusz* 1963-ban

— *Mars* előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. — *Jupiter* 6-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Halak csillagképben. Éjfél után nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg. — *Szaturunusz* előretartó mozgást végez a Bak csillagképben. Az esti órákban nyugszik és napnyugta után figyelhető meg a délnyugati égbolton. — *Uránusz* 16-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez az Oroszlán csillagképben. A későesti órákban kel és az éjszaka második felében figyelhető meg. — *Neptunusz* előretartó mozgást végez a Mérleg csillagképben. A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Megfigyelhető jelenségek

6	23	β Lyrae minimumban
7	04	Merkúr $1,4^\circ$ -kal délre a Marstól
7	10	Uránusz 4° -kal délre a Holdtól

12	—	Geminidák meteorraj (december 5-től 19-ig) gyakorisági maximuma
12	23	Neptunusz 3°-kal délre a Holdtól
15	02,1	Algol minimumban
17	10	Mars 0,1°-kal délre a Holdtól
17	22,9	Algol minimumban
17	23	Merkúr 1°-kal délre a Holdtól
18	15	Vénusz 0,5°-kal délre a Holdtól
19	20	β Lyrae minimumban
20	15	Szturnusz 2°-kal északra a Holdtól
20	19,7	Algol minimumban
23	16,6	Algol minimumban
24	09	Jupiter 4°-kal északra a Holdtól
30	06	Merkúr 2°-kal északra a Marstól
30	12	Teljes holdfogyatkozás. Tőlünk nem figyelhető meg.

G. I.

DETRE LÁSZLÓ:

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA CSILLAGVIZSGÁLÓ INTÉZETÉNEK MŰKÖDÉSE

(1961. június 1—1962. május 31)

A Mátrában létesített obszervatórium 8 m átmérőjű kupoláját a jénai Zeiss-művek 1961 július—október hónapokban állították össze. A kupola átvétele 1961. november 4-én volt. 1961 decemberében és 1962 januárjában leszállították a 90/60/180 cm-es Schmidt-teleszkópot. A távcső felszerelése 1962 áprilisában kezdődött a Zeiss-művek szerelői és mérnökei által. A távcsövet előreláthatólag június végén adják át.

Az új létesítmény a Mátra-hegység Pizskésetető csúcsának délnyugati lejtőjén helyezkedik el. Létesítését 1950-ben terveztük, minthogy Budapest világítása és füstje, valamint a Szabadsághegy fokozódó beépülése a szabadsághegyi obszervatórium működését mind nagyobb mértékben zavarta. Az 1952—53. években az Intézet kutatói tereptanulmányokat végeztek az ország különböző számba jöhető magaslatain a csillagászati megfigyelésekre legalkalmasabb hely megállapítására. A Pizskésetetőre azért esett a választás, mert a hely még teljesen beépítetlen volt, a mátrai autóúthoz aránylag közel fekszik, a Mátra egyik legmagasabb pontja, közelében belátható időn belül erős világítású és levegőt szennyező létesítmények nincsenek tervbe véve, az obszervatórium vízellátása a csúcs alatt levő bővizű Pizskés-forrásból könnyen biztosítható, a villany- és telefonvezetéseket csak kis távolságról kell odajuttatni. A levegő átlátszósága a Mátrában lényegesen jobb, mint a Szabadsághegyen, és különösen télen a derült éjjelek száma is nagyobb a Mátrában. Az eddigi tapasztalatok alapján téli poláris front betörése után 1—2 nappal képződő alsó ködréteg rendszerint eltakarja a Szabadsághegyet, de még alatta marad a Mátra csúcsainak. Minthogy a Mátra némileg a Magas Tátra szélvédelmébe esik, a nálunk uralkodó északnyugati szelek erőssége a nagyobb magasságok ellenére kisebb mint a Szabadsághegyen. Különösen áll ez a kupola helyére, amely a Pizskésetető 965 méter magas csúcsától délkeletre van.

Még 1951-ben megindultak a Zeiss-művekkel a tárgyalások az új obszervatóriumba beszerzendő műszerekről. Az obszervatórium egyik fő műszerének egy nagylátómezejű kómmamentes tükrörteleszkópot terveztünk. A Zeiss-művek kezdetben 90 cm-es Sonnfeld-típusú teleszkópot ajánlottak igen kedvező ár mellett. 1952-ben az Akadémia megrendelte a teleszkópot, de a megrendelésnél kikötöttük, hogy mivel ez lenne az első nagyobb ilyen

típusú távcső, először készítsenek egy 30 cm-es próbadarabot és csak ha ez a leképzés általunk előírt követelményeinek megfelel, véglegesítjük a rendelést. A próbadarab 1954-re készült el és nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket. Erre tértünk át a Schmidt-típusra, de ennek ára a Sonnefeld-félenek ötszöröse. Az árkülönbözet miatt a megrendelés egészen 1956-ig húzódott.

Közben a létesítmény épületének terveit Szrogh György Ybl-díjas építész 1954-ben elkészítette.* Az építkezések kivitelezése azonban, mivel a Zeiss-művek a műszer leszállítását 1961-re vállalták, csak 1958 októberében indult meg.

Először 1100 m hosszú bekötőutat kellett építeni és ezt 1959. május 28-án adták át rendeltetésének. Közben folytak már a főépület alapozó munkái, valamint a vízvezeték és szennyvízhálózat földmunkái. A mellékelt terepreajzon 1-es szám jelzi a főépületet. Ez keleti oldalán földszintes, nyugati oldalán egyemeletes, déli oldalán kétemeletes épület. A legalsó szinten vannak elhelyezve a garázs, a központi fűtés kazánháza, fűtőanyag tároló helyiségek, a műhely, egy mosdó és egy személyzeti szoba. A következő szinten van egy tágas tárgyalóterem, egy ebédlőhelyiség, az igazgató dolgozószobája, két vendégszoba, három hálószoba, a konyha és két fürdőszoba. A második emeleten van két nagyobb dolgozószoba és a fotolaboratórium. A 2-es számú kis épületben majd egy agregátor nyer elhelyezést. Erre azért van szükség, mert tapasztalat szerint a hálózati világítás a Mátrában elég sokszor kihagy. A főépületet 1960. szeptember 8-án vettük át.

A Piszkek-forrás 3-as számmal van jelölve. Innét egy elektromos szivattyú nyomja a vizet a 4-gyel jelzett víztárolóba. Az obszervatórium vízellátásával még az 1961. évi nagy szárazság alatt sem volt semmi fennakadás.

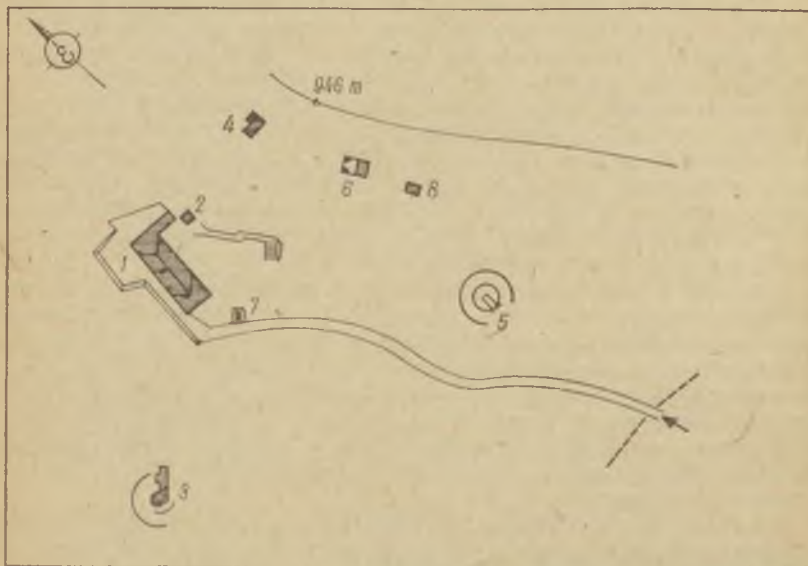
Az 5-tel jelzett 8 m átmérőjű kupola a terület legszélcsendesebb helyén úgy van elhelyezve, hogy a főépületből esetleg kiszűrődő világosság ne zavarhassa a megfigyeléseket. A kupola forgatható része vörösréz-lemezzel van fedve, az épület alsó részét kívülről sárga színű pirogránit burkolja. A távcsövet tartó betonoszlop körül az alsó részben 4 kisebb dolgozóhelyiség van. Az alsó térrészben került elhelyezésre a távcső elektromos berendezésének kapcsolószekrénye, valamint a távcső hajtóművéhez szükséges ingaóra. A felső részben a távcsőn kívül van még a kapcsoló asztal, ahonnan a távcső beállítása történik. Magán a távcsővön nincsenek koordinátakörök és kézzel a távcső nem is mozgatható. A távcső villás felállítású, így emelőpadlóra nincs szükség, kisebb létrával minden helyzetben könnyen hozzá lehet férni a fényképezéskor vezetőtávcsőnek szolgáló részerekt 20 cm-es refraktor okulárvégéhez. A távcső 100 cm átmérőjű tükrö alumíniumozva van, a 60 cm-es korrekciós lemez, valamint az elője helyezhető ugyancsak 60 cm-es 5°-törésszögű objektívprizma UK üvegből készült, amely átengedi az ultrabolya színeképtartomány egy részét is.

Egy ilyen nagyságú Schmidt-kamara nemzetközi viszonylatban is jelentékeny csillagászati műszer. A valamivel nagyobb hamburgi Schmidt-

* Lásd: Csillagok Villága. 1956. I. évf. 35. o.

teleszkóppal, amely jelenleg a legnagyobb ilyen típusú távcső Európában, a mátrai jobb légköri viszonyok mellett, azt hiszem, fel tudjuk venni a versenyt.

A Schmidt-teleszkóp elsősorban stellárstatisztikai vizsgálatokra alkalmas. Ilyen jellegű kutatásokból a magyar csillagászok megfelelő műszer hiányában teljesen ki voltak eddig zárva. A szabadsághegyi obszervatórium berendezése majdnem kizárólag a változócsillagok kutatására alkal-



3. ábra. A Piszkéstetői Obszervatórium terepraíza

mas jelenlegi helyén, mert Budapest közelsége egyéb fotometriai munkát lehetetlenné tesz. Minthogy azonban éppen a fotoelektromos fotometria területén értük el eddig legtöbb sikerünket, feltétlen gondoskodni kell arról is, hogy a mátrai rendkívül kedvező légköri viszonyokat ilyen szempontból is kihasználjuk. Egyelőre egy letolható tetejű épületben egy 25 cm-es reflektort helyezünk el erre a célra (6-ossal jelölve), de megrendeltünk egy modern 50 cm átmérőjű Cassegrain-reflektort is. Ezt a Zeiss-művek 1964-ben szállítják. A 7-es egy kisebb betonoszlopot jelöl, transzportábilis kisebb műszerek időleges elhelyezésére.

Az Intézet területén Egyed László professzor tervei szerint egy szeizmológiai állomás is létesült (8), amelyet az MTA Geofizikai Kutatócsoportja tart majd üzemben.

A mátrai obszervatóriumban a rendszeres tudományos munka előreláthatólag 1962 őszén indulhat meg. A tervek szerint a szabadsághegyi intézet két kutatója, egy segéderővel és egy mechanikussal felváltva látja

majd el a megfigyeléseket. A megfigyelések feldolgozásához szükséges laboratóriumi mérőműszerekből már 1959-ben beszereztünk egy iriszdiafragnás Becker-féle mikrofotométert. Nemrég az Akadémia lehetővé tette, hogy a budapesti angol műszerkiállításból beszerezhessünk egy olyan automata berendezést, amely a fotometriai méréseket mindjárt egy írógépbe továbbítja. Ezzel a mérések gyorsasága kb. ötszörösére fokozható. Még 1962 nyarán megérkezik a Zeiss-művektől egy legújabb típusú blinkkomparátor.

Beruházási és költségvetési keretünkől még egy GG 112 hurkos oszcillográfot, a Schmidt-teleszkóppal végzendő polarizációs mérések céljaira 4 db planparallel mészpát-lemezt, azonkívül 2 EMI gyártmányú multipliert, egy hajóchronométert, egy Multifok nagyítógépet vásároltunk.

Az intézet könyvtára vétel útján 1961-ben 389 kötettel, csere vagy ajándék útján 353 kötettel gyarapodott, összesen 127 354 Ft értékben. A könyvtár állománya 1961 végén 18 771 kötet 3 230 685 Ft értékben. Főleg a könyvtár duplumaiból a mátrai obszervatóriumban eddig kb. 600 kötetnyi könyvet helyeztünk el. Felújítási keretünkől a meridiánházban levő helyiségekből vendégszobákat alakítottunk, a főépület alagsorában pedig egy kultúrtermet rendeztünk be.

Az Intézet nemzetközi kapcsolatai igen kedvezően alakultak. A Nemzetközi Csillagászati Unió 1961 augusztusi XI. közgyűlésén Detre Lászlót a 27. „változócsillag” Bizottság vezetőségi tagjává választották, és megbízták a Szakosztály „Information Bulletin on Variable Stars” című kiadványa szerkesztésével. Ez a Bulletin a változócsillagok terén elért olyan eredményeket közli, amelyek gyors publikálást kívánnak. A Bulletin az Intézet adja ki és légi postával küldi meg az érdekelteknek. Sikerült biztosítani, hogy a beérkezett kéziratok egy héten belül kinyomásra kerüljenek. Eddig a Bulletin 10 száma jelent meg.

Az Unió hazai bizottságának ajánlására az Unió általános tagjává választotta Almár Iván kandidátust, és így jelenleg az Unióban az Intézetnek egy szakosztályvezetőségi, egy szakosztályi és egy általános tagja van (Detre László, Balázs Júlia, Almár Iván).

Az Unió ajánlására az USA washingtoni akadémiaja 900 dolláros támogatást adott Detre Lászlónak az Unió közgyűlésén való részvétel biztosítására. Azonkívül lehetővé tette, hogy meglátogassa a Mt. Wilson, Palomar és Lick obszervatóriumokat. Kérésünkre ugyancsak az Unió 200 dollár támogatással lehetővé tette Almár háromhónapos olaszországi tanulmányútját. Almár részben az asiagoi csillagda támogatásával, több mint két hónapig dolgozott ezen obszervatórium 120 cm-es teleszkópján, azonkívül megtekintette a többi nagyobb olasz csillagvizsgálót.

A hamburgi csillagvizsgáló lehetővé tette Balázs Béla egyéves tanulmányútját. Külön segéllyel Balázs tanulmányutat tudott tenni Franciaországban is, amelynek kapcsán meglátogatta a nagyobb francia obszervatóriumokat.

A finn—magyar kultúregyezmény keretében Kanyó Sándor 1962 májusában hathetes tanulmányútra ment a turkui csillagdába. Az Akadémia lehetővé tette még Paál György kéthetes és Illés Erzsébet hathetes tanulmányútját a Szovjetunióba, illetve Lengyelországba.

A kínai csillagászokkal tovább folytattuk a változócsillagok területén a kooperatív megfigyeléseket. Különösen eredményes volt 1961 szeptemberében és októberében az AC And különleges RR Lyrae-csillag megfigyelése, mert négy estén is tudunk a csillagról folyamatos megfigyeléseket kapni a budapesti és nankingi 60 cm-es reflektorokon.

A szabadsághegyi és mátrai obszervatóriumokat Schneller potsdami, Jezerszkij karkovi és Shapiro amerikai csillagászok látogatták meg. Schneller az intézetben kollokviumot tartott „Die Periodenänderungen von Bedekungsveränderlichen” címmel.

Az Intézet bekapcsolódott az egyetemi oktatásba és káderképzésbe. Detre az ELTE csillagászati tanszékén heti 4 órában tartott előadásokat. Az előadások témáját úgy választotta meg, hogy azok egyúttal bevezetők voltak a Schmidt-teleszkópokkal végezhető kutatásokba. Az Akadémia lényegesen elősegítette a káderképzést azzal, hogy a nyári hónapok alatt lehetővé tette 6 hallgató számára az Intézetben való munkát.

Az intézeti kollokviumokon Detre 1, Balázs és Szeidl 2—2, Almár és Kanyó 1—1 előadást tartott. Mint meghívott előadó, Marx György egy kollokviumon a neutrínók csillagászati jelentőségéről beszélt.

Az intézet tudományos személyzete a következő eredményeket érte el a különböző témákban:

Változócsillagok vizsgálata: A Nemzetközi Csillagászati Unió berkeley-i kongresszusán a 27. bizottság külön szimpóziumot rendezett „Többszörös periódusú változócsillagok” címmel. A bizottság elnökének felkérésére Detre a szimpóziumon a többszörös periódusú RR Lyrae-csillagokról adott elő. A referátumhoz Balázs Júliával együtt feldolgozták az utóbbi években az Intézetben végzett megfigyelések igen nagy részét. Az előadás, amely augusztus 16-án a 27. kommisszió első ülésén hangzott el, a következő fontosabb új eredményeket tartalmazza:

a) A Blasko-effektusban két különböző típus jelentkezik. Ha a szekundér periódus rövid, a fénygörbe felszálló ágának időbeli oszcillációja kiesi, de a maximum fáziseltolódásainak amplitúdója nagy. Hosszabb szekundér periódus esetén a felszálló ág igen eltérő időpontokban indul meg, de végül is a fénymaximumot közel ugyanabban a fázisban éri el a csillag.

b) A Blasko-effektus amplitúdója minden RR Lyrae-csillagnál nagy változásokat mutat. Ezek a változások nem periódusosak.

c) A főperiódus O—C diagramjának szerkezete erős korrelációt mutat a Blasko-effektus mindenkori amplitúdójával. Azon időközben, amikor a Blasko-effektus erősen mutatkozik, a főperiódus igen komplikált változásokat mutat. A Blasko-effektus amplitúdójának esőknövekedése együttjár a főperiódus stabilizálásával.

d) A Blasko-effektus jellegének megváltozása általában együttjár a főperiódus ugrásszerű változásával. Általában a főperiódus meghosszabbodása a Blasko-effektus amplitúdójának esőknövekedésével jár. Különösen jól látszik ez RW Dra esetében. A főperiódus erősebb megnövekedésével a Blasko-effektus teljes kimaradása járhat együtt, mint ezt RR Gem esetében megfigyeltük.

e) Periódusos fénygörbeváltozások az Rc csillagoknál is mutatkoznak.

f) A közel 30 évre kiterjedő budapesti megfigyelések lehetővé tették, hogy a főperiódus változásai mellett a szekundér periódus változását is tanulmányozhassuk. A két periódus változásai korrelálnak egymással, de a korreláció a lassú változások esetén különböző csillagokra más és más. De a főperiódus ugrásszerű változásai a szekundér periódus ellenkező irányú, szintén ugrásszerű változásaival járnak együtt.

g) Miután magára RR Lyrae-re a budapesti megfigyelések alapján igen pontos O—C diagramokat lehetett szerkeszteni mind a félnapos főperiódusra, mind a 40 napos szekundér periódusra, a két periódus fázisai szerint lehetett rendezni Babcock mágneses méréseit, melyeket ő a Palomar-hegyi 5 méteres teleszkópon 1951—58. években kapott. A csillag változó mágneses térerőssége semmi korrelációt sem mutat a főperiódussal, de a maximális pozitív ill. negatív térerősségek éles elkülönülést mutatnak a 40 napos szekundér periódus fázisai szerint. A nagy negatív térerősségek a félnapos fényességváltozás maximális amplitudójával, a nagy pozitív térerősségek a minimális amplitudóval esnek egybe. Ez az eredmény erősen támogatja Balázs Júlia hipotézisét a Blasko-effektus magyarázatára (Id. 1961. Csill. Évkönyv 77—78. o.).

Az előadás az Unio Transactions-ban jelenik meg.

Almár 1961 novemberben befejezte az AR Her periódus- és fényerő-görbületváltozásairól szóló dolgozatát. A dolgozat mint az Intézet kiadványainak 51. száma jelent meg. A dolgozat leglényegesebb része a fényfelületnek (a fényességnek a fő- és szekundér periódus fázisától való függése) időbeli változására vonatkozó rész, amely érdekes következtetéseket enged meg a Blasko-effektus természetére vonatkozólag.

A VW Cep-ről 1959-ben kapott megfigyeléseket Detre és Kanyó: „Four colour photometry of VW Cep during the international campaign in 1959” című dolgozatban az intézeti kiadványok 49. számában publikálták.

Ugyanerről a csillagról Balázs Júlia és Detre feldolgozták a régebbi budapesti fotoelektromos megfigyeléseket és kimutatták, hogy az ún. Kwee effektus (a minimumok és maximumok fényességének, valamint a minimumok fázisának változásai) nem periódusos jelenség. Az eredményeket „Photoelectric observations of VW Cep in 1951, 1952 and 1959” című dolgozatukban az intézeti kiadványok 50. számában közzölték.

A sonnebergi csillagda felkérésére Detre „Der Blasko-Effekt des RRc-Sternes TV Bootis” címmel dolgozatot küldött be a Hoffmeister akadémikus 70. születésnapjára kiadandó Festschrift számára. Ez az első RRc-csillag, amelynél szekundér periódust találtunk.

Az új kvarcablakos EMI multiplierek segítségével néhány RR Lyrae-csillagot újabban három színtartományban (U, B, V) figyelünk meg. Kanyónak sikerült RV UMa-ról igen nagy anyagot kapni ebben a három színben. Megkezdjük RR Lyr háromszínfotometriáját is.

Gefferth és Seidl kb. 600 fotoelektromos megfigyelésből megállapították az SZ Lyn periódusát. Ez a fényes változócsillag az ultrarövid-periódusú csoportba tartozik. Eredményeik szerint jelentősebb fénygörbe-

változások nem mutatkoznak a csillagnál. A csillagról rövid megjegyzést tettek közzé az Inf. Bull. on Variable Stars 7. számában.

1961 őszén három színben végeztük internacionális kooperációban az AC And megfigyelését a 60 cm-es reflektoron. A rendkívül kedvező időjárás kb. 7000 megfigyelést tett lehetővé. A megfigyelésekben kiváló szorgalommal és megbízhatósággal Gefferth, Lovas, Paál, Petik és Szeidl vettek részt.

Szeidl hozzáfogott az M3 gömbhalmazban levő RR Lyrae-csillagok periódusváltozásának tanulmányozásához. Kimérte és feldolgozta a halmazról 1960-ban készült felvételeket. A hamburgi csillagda átadott 22 felvételt 1957-ből. Szeidl 1962 tavaszán a halmazról 20 felvételt készített. A feldolgozás igen jól halad előre és már kb. 60 RR Lyrae-csillag O—C diagramját sikerült levezetni.

Lovas befejezte az M5 gömbhalmazban levő változók fényességméréseit és megkezdte az M92-ben levő halmazváltozók feldolgozását.

A 25 cm-es reflektoron Illés folytatta TU Cas négyszínfotometriáját. Erről a csillagról Almár Asiagoban több színképfelvételt készített a radiális sebesség meghatározására.

A 60 cm-es reflektoron Illés folytatta BP Vul két színben való fotoelektromos megfigyelését. Almár erről a csillagról is több színképfelvételt készített az asiagoi 120 cm-es reflektoron. A megfigyelések feldolgozása jól halad előre.

Almár ugyancsak Asiagoban több Béta Canis Majoris típusú változó-csillagról készített nagy diszperziójú színképfelvételeket a csillagok kémiai összetételének meghatározására. A felvételek feldolgozása folyamatban van.

Mesterséges égitestek megfigyelése. Az intézetben működő szputnyikállomás 1961-ben lényegesen aktívabban működött, mint az előző években. 247 megfigyelést küldtünk be a moszkvai központhoz. A megfigyeléseket Almár vezetésével Illés, Paál, Thaly és Potik végezték. Almár és Balázs „Úrrakéták pályaszámításának közelítő módszere” címmel dolgozatot küldtek be a Leningrádi Elméleti Csillagászati Intézethez, amely megjelent az ottani kiadványokban.

Almár ellenőrizte a bajai és szombathelyi szputnyikállomások munkáját is. A hazai szputnyikállomások kooperatív megfigyeléseket kezdtek az NDK állomásaival.

Stellárisztiszika. Balázs Béla hamburgi tanulmányútja idején elvégzte az NGC 189 és Stock 24 nyílthalmazok fotografiai fotometriáját. A mérési anyag alapján meghatározta a halmazok távolságát, Russel-diagramját, az intersztelláris abszolút és szelektív abszorpció értékét és következtetéseket vont le a halmazasszociációval kapcsolatban, amelyhez Ambarcumján szerint a szóban forgó halmazok tartoznak. A vizsgálat megjelent a hamburgi csillagda kiadványaként (Astr. Abh. d. Hamb. Sternw. Bd. V. Nr. 10.).

Balázs Béla új vizuális módszert dolgozott ki a G és K csillagok két-dimenziós klasszifikációjára és ennek segítségével megkezdte egy a Tejút síkjában merőleges szektor spektrálistatisztikai vizsgálatát.

Kozmológia. Paál doktori disszertációja számára új geometriai interpretációval ellátva feldolgozta Zelmanov alapvető kozmológiai cikksorozatát. Zelmanov eredményeit alkalmazta az univerzum műszerekkel hozzáférhető részének relativisztikus vizsgálatára. Az abszolút rotáció esetére összefüggést sikerült találnia e térrész invariáns Gauss-görbülete és karakterisztikus lineáris mérete között és meghatározta általánosított Friedman egyenleteit. Ennek alapján kimutatható, hogy amíg e térrész anizotróp deformációja elhanyagolható, addig a klasszikus kozmológia jellemző szingularitása nem következhetik be, az $R(t)$ függvény pedig csak szimmetrikus ill. aszimptotikus minimumot mutathat. Zérus kozmológiai konstans és igen valószínű sűrűség-beclés mellett kimutatható az aszimptotikus minimum lehetetlensége is. Eredményeiről dolgozatot írt „A Metagalaxis relativisztikus elmélete” címmel az *Asztr. Zsurnal* számára.

RÓKA GEDEON:

A TIT CSILLAGÁSZATI ÉS ÚRHAJÓZÁSI SZAKOSZTÁLYAINAK 1961/62. ÉVI MŰKÖDÉSE

Dr. Detre László akadémiai levelező tag, az MTA Csillagvizsgáló Intézetének igazgatója a csillagászati és űrhajózási szakosztályok munkáját irányító Országos Választmány elnökségi tisztségéről lemondott. Az 1962 május havában megtartott választmányi ülés dr. Dezső Loránt kandidátust, az MTA, debreceni Napfizikai Obszervatóriumának igazgatóját a Választmány eddigi elnökhelyettesét a Választmány elnökévé, Ill Mártont pedig, a Bajai Városi Tanács Csillagvizsgáló Intézetének munkatársát a Választmány elnökhelyettesévé választotta.

A Választmány és a szakosztályok jelenlegi vezetősége: az Országos Választmány elnöke: dr. Dezső Loránt, elnökhelyettesek: Ill Márton és dr. Kulin György, a budapesti Uránia Csillagvizsgáló igazgatója. Elnökségi tagok: dr. Földes István kandidátus, egyetemi docens és dr. Szabó Gyula tanár, a miskolci csillagászati szakosztály titkára. Titkár: Róka Gedeon. A Választmánynak hivatalból tagjai a budapesti és megyei szakosztályok elnökei.

A budapesti szakosztály elnöke: dr. Almár Iván kandidátus, az MTA Csillagvizsgáló Intézetének munkatársa. A szakosztályvezetőség tagjai: Balázs Béla, dr. Földes István, dr. Kulin György, Nagy Ernő, Ponorí Thewrewk Aurél.

Buranya megyében elnök: dr. Székely Jenő, titkár: dr. Tóth László.

Bács megyében elnök: Ill Márton.

Borsod megyében elnök: Apostol Ince, titkár: dr. Szabó Gyula.

Csongrád megyében elnök: dr. Makai Lajos.

Hajdú megyében elnök: dr. Dezső Loránt, titkár: Szegedi Sándor.

Höves megyében elnök: dr. Udvarhelyi Károly, elnökhelyettes:

dr. Zétényi Endre.

Somogy megyében elnök: Szentos Imre.

Szolnok megyében elnök: Tokody Lajos.

Zala megyében elnök: Zöldág Imre.

A keszthelyi járási szakosztály elnöke: Szepessy Tibor, titkár: Nagy Zsigmond, technikai titkár: Bíró Imre.

A többi megyében összehívott szakosztályok működnek, a legtöbb helyen önálló csillagászati szakcsoporttal.

A beszámolási időszak arra az időre esik, amikor az állami elöljáróságok száma nagymértékben emelkedett, 1961-ben elérte a 70 000-et.

(1960-ban 53 000 előadás), a hallgatók száma a 4 milliót. A számszerű eredmények mellett kialakultak az ismeretterjesztés hatékonyabb és fejlettebb formái: a munkásakadémiák és tsz-akadémiák. Az 1961—62. évben 565 munkásakadémiának 40 000 hallgatója, 309 tsz-akadémiának pedig 15 000 hallgatója volt. Az ösztársulati előadások számszerű emelkedésével lépést tartottak a csillagászati előadások is. 1961. évben a szakosztályok 3297 előadást tartottak, ami az 1960. évi 2572 előadással szemben 27%-os emelkedést mutat. Javult a munkások és parasztek előtt megtartott előadások aránya is. 1961. évben 1001 előadást tartottak munkások számára (1960-ban 609), ami 67%-kal több, a falusi előadások száma pedig 1961-ben elérte az 1278 számot, az előző évi 956-tal szemben (33% emelkedés).

Az 1961. évben is az összes előadások 53%-a az űrhajózás témaköréből hangzott el, ami érthető, mert az 1961-es év volt a Vosztek I és Vosztek II felbocsátásának éve. A korábbi években az előadóknak még főként az űrhajózás tudományos alapjait kellett megvitatni, és ezek alapján meggyőzni a hallgatóságot, hogy mesterséges égitestek felbocsátása lehetséges. Ma már általában senki sem kételkedik abban, hogy több tucat emberkéz alkotta égitest mozog a Világgegyetemben és a mesterséges égitestekkel elért tudományos eredmények, az űrhajózás élettani problémái, az űrkutatás célja és perspektívái kerültek előtérbe. Sokak előtt még az nem világos, hogy a Földön kívüli „égi” világ is éppen úgy a természethez tartozik, mint a Föld, s ha „az ember a természet törvényeit behatóan meg akarja ismerni, akkor nem elég ezeket csak a természet parányi részén: a Földön kutatni.

Az űrhajózási témájú előadások mellett az égitestek kialakulásával és fejlődésével foglalkozó előadások száma volt a legtöbb és leggyakoribb témák voltak még a következők: Ember és a Világmindenség, A Világmindenség szerkezete, Legenda és valóság a csillagos égről, Csillagászat és babona, Van-e élet más égitesteken.

Az 1961. évben 189 615 hallgató előtt megtartott 3299 előadást jelentős eredménynek könyvelhetjük el, amiért az Országos Választmány elismerését és köszönetét fejezte ki minden tevékeny szakosztályi tagunknak.

A művelődésügyi miniszter éveken át végzett eredményes ismeretterjesztő munkájáért a „Szocialista Kultúráért” kitüntetéssel adományozta dr. Kulin Györgynek, a budapesti Uránia Csillagvizsgáló igazgatójának. A Fővárosi Tanács 1000 Ft-os jutalomban részesítette dr. Almár Ivánt, a budapesti szakosztály elnökét és Nagy István Györgyöt, a budapesti szakosztály tagját. Társulati oklevelet kapott ifj. Bartha Lajos, a budapesti Uránia Csillagvizsgáló munkatársa.

Az elért eredmények egyben arra is rávilágítanak, hogy a jövőben a csillagászati előadáspropaganda még sokkal további kiszélesítése szükséges. Ha egy esztendőben majdnem 200 000 ember meghallgatja előadásainkat, ez sok a jelenlegi előadói gárdánk számához viszonyítva, de még kevés hányada huzánk felnőtt lakosságának és tanuló ifjúságának. S hogy mennyire szükség lenne a csillagászati ismeretek szélesebbkörű terjesztésére, megmutatták az 1962. február 5-i bolygóállások alkalmával terjesztett rémhírek, melyek egyes helyeken valóságos pánikot keltettek.

Az asztrológusok világvégét, vagy legalábbis szörnyű kozmikus katasztrófákat jósoltak, és az emberek nagy százaléka elhitte ezeket az ostoba

kitalálásokat. A legváltozatosabb és nem kis fantáziára valló híresztelések terjedtek el: kettéválík a Föld, kontinensek süllyednek el, üstökös ragadja el a Föld légkörét, kitör a Gellérthegy stb. stb. Háromnapos sötétségről is suttogtak, amikor majd csak szentelt gyertyával lehet világítani, amit csak szentelt gyufával lehet meggyújtani. A budapesti Uránia Csillagvizsgálóban a febr. 5-i előtti napokban szünet nélkül szólt a telefon. Megrémült emberek százai kértek megnyugtatót. A legtöbben el sem akarták hinni, hogy semmi sem fog történni, mégcsak valami látványosság sem lesz az égbolton. Voltak üzemek, ahol tömegesen akarták kivenni szabadságukat, hogy „hátralevő” napjaikat munka nélkül, családjuk körében tölthessék. Akadt olyan ember is, aki febr. 5-én nem ment dolgozni, hanem ágyban fekve várta a világ végét. Febr. 5-e előtt rengetegen utaztak a fővárosból vidékre, mások meg febr. 5-én délben az iránt érdeklődtek az Uránia Csillagvizsgálóban, hogy „lehet-e már utazni”.

A felvilágosító újságcikkek és rádióelőadások csak némiképpen enyhítették a helyzetet. A felvilágosultak és a tudomány szavára hallgatók csak mosolyogtak a rémhíreken, de a hiszékenyek így okoskodtak: „Mégiscsak lehet benne valami, ha már az újság és rádió is cáfolja.” Találkoztunk rosszindulatú híresztelésekkel is. Azt is beszélték, hogy az előadáspropaganda irányítói „megfizetett” emberek, akik eltitkolják az igazságot. Legeredményesebbek voltak a nyilvános előadások, ahol az előadók szemtől szembe győzhették meg a hallgatóságot és válaszolhattak kérdéseikre. Így a budapesti Józsefvárosi Művelődési Házban több mint 600 ember hallgatta meg az előadást és nagy sikere volt a Debrecenben tartott előadásnak is. De hány csillagászati előadást kellene még tartani, hogy a csillagjósítás középkori babonája egyetlen embert se tudjon már megrémisíteni.

Szakosztályi élet és előadói tevékenység

A szakosztályi élet fejlesztése, az előadók felkészítése terén jelentős eredményeket ért el a budapesti szakosztály.

Az 1961 tavaszán megválasztott szakosztályi vezetőség 6 alkalommal tartott vezetőségi ülést. A szakosztály taglétszámát 37 főre emelték. 7 egyetemi hallgatót vontak be a munkába, akik területi előadások meghallgatása után megadott témát kidolgoztak és ebből mintaelőadásokat tartottak. Első területi szereplésüket a szakosztály egy-egy régi gyakorlott előadója ellenőrizte.

A Borsod megyei szakosztály tartalmi munkája és ennek következtében előadásaink színvonala emelkedett. Fokozták az ellenőrzést a megye területén is.

A debreceni szakosztály példamutatónan foglalkozott az előadók egyes témáknak felkészítésével, az ismeretterjesztésben a tudományos alaposág biztosításával.

Hányósság azonban, hogy nem minden szakosztályról állapíthatjuk meg ezt. Különösen az összevont szakosztályok munkája nem halad előre sem az előadók felkészítése, sem a megyei ismeretterjesztő munka irányítása és ellenőrzése terén sem. Egyes megyékben nem alakították meg

a csillagászati és űrhajózási csoportot, illetve csak az erre vonatkozó tervek-nél tartanak.

A falusi előadások kiszélesítésére irányuló helyes törekvés különösen nélkülözhetetlenné teszi az előadások előzetes megvitatását, járási előadói konferenciák rendezését, a szakosztályok új tagokkal való megerősítését.

Előadói konferenciák és klubestek

Gagarin sikeres űrrepülése alkalmával a választmány a biológiai választmányal közös rendezésben országos előadói konferenciát rendezett, melyen az űrrepülés élettani problémái is megvitatásra kerültek.

A budapesti szervezet hét előadásból álló konferencia sorozatot tartott, hogy az előadók a komplex téma minden területéről korszerű ismeretekkel rendelkezzenek. A konferenciák témái voltak:

A csillagászat legújabb eredményei
Mesterséges égitestek követése
Nyugati tervek a világűr katonai felhasználására
Az űrhajózásnál fellépő problémák
Rakéták távirányítása
Űrkutatás és űrpolitika
Rakéták hajtóanyaga
Űrkutatási előadások szemléltetési lehetőségei

Az előadói konferenciákat klubestek egészítették ki:

Beszámoló az 1961. évi febr. 15-i napfogyatkozás megfigyeléséről
(dr. Marik Miklós)

Tudomány és asztrológia (dr. Kulin György, Róka Gedeon)
Az elemi részek kozmogóniai szerepe (Marx György)
Beszámoló az IAU XI. kongresszusáról (Detre László)

A Borsod megyei szakosztály által rendezett előadói konferenciák, szakülések és klubestek:

A csillagászat legújabb eredményei (dr. Zétényi Endre)
Csillagászat és világnézet (dr. Kulin György és Róka Gedeon)
Az űrhajózás biológiai és műszaki kérdései (budapesti előadók)
Az űrhajózás ABC-je (Tóth Kálmán)
Legenda és valóság a csillagos égről (Apostol Ince)
A világegyetem örök törvényei (Kollár Tibor)
Mi a planetárium (Varga Pál)
A Világmindenség szerkezete (dr. Szabó Gyula)
Mit köszönhet a tudomány a mesterséges égitesteknek (Fábián Endre)
Naprendszerünk (Suba István)
Kozmogóniai elméletek (Kálmán József)
Csillagászat és naptárkészítés (Fábián Endre)
A Nap és földi hatásai (dr. Szabó Gyula)
Hely- és időmeghatározás (dr. Szabó Gyula)
A kozmogóniai elméletekkel foglalkozó előadások néhány módszertani kérdése (Róka Gedeon)

A csillagászati ismeretterjesztés metodikai kérdései (dr. Kulin György)

Osongrád megyében két előadói konferencia volt járási szinten az úrkutatós járgyköréből. Az MSzMP Megyei Bizottságának megbízásából a szakosztály 5 űrhajózási témájú előadásvázlatot készített a Politikai Akadémiák részére. Az előadásokat a szakosztály tagjai tartották meg társadalmi munkában. A megyei szervezet sikeres klubesteket tartott Szegeden, Makón, Szentesen és Hódmezővásárhelyen.

A *Baranya megyei* szakosztály két járási és három körzeti előadói konferenciát, a Békés megyei két, a Heves megyei egy, a Komárom megyei egy, a Pest megyei szervezet két előadói konferenciát szervezett. Vas megyében a vasvári szervezet a világvégéről terjesztett híresztelések alkalmával rendezett járási előadói konferenciát.

Szabad Egyetemek csillagászati tagozatai

A budapesti József Attila Szabad Egyetem csillagászati tagozatára az 1961/62. tanévben beiratkozott hallgatók a „Csillagászat és űrhajózás korában” c. előadássorozat alábbi előadásait látogatták:

1. Róka Gedeon: A csillagászat szerepe az emberiség kultúrtörténetében.
2. Pónori Thewrewk Aurél: Csillagászat a történelemtudományban.
3. Érdi Krausz György: Csillagászati helymeghatározás.
4. Érdi Krausz György: Az időszámítás és időmérés csillagászati alapja.
5. Detre László: Az asztrofizika, mint a modern fizika egyik ága.
6. Marx György: Relativitáselmélet és csillagászat.
7. Berkes Zoltán: A csillagászat és a meteorológia kapcsolata.
8. Marik Miklós: Rádió és radar a csillagászat szolgálatában.
9. Pónori Thewrewk Aurél: Az űrhajózás fizikai alapjai.
10. Pónori Thewrewk Aurél: Az űrhajózás égi mechanikája.
11. Kérdő István: Kozmikus biológiai hatások.
12. Flórián Endre: Mesterséges égitestekkel elért tudományos eredmények.
13. Nagy Ernő: Az űrhajózás megoldandó feladatai.
14. Ifj. Bartha Lajos: Az űrhajózás első állomásai: Hold, Vénusz, Mars.
15. Almár Iván: A csillagászat perspektívái.
16. Róka Gedeon: A csillagászat néhány filozófiai problémája.

A TIT Baranya megyei szervezete által szervezett Szabad Egyetem csillagászati kollégiumán megtartott előadások:

1. Dr. Bóna Imre: Az ember és a Világegyetem.
2. Dr. Tóth László: A Világmindenség szerkezete.
3. Dr. Göres László: A csillagászat kialakulása, fejlődése és jelenkori helyzete.
4. Dr. Tóth László: A Világegyetem számokban.
5. Litz József: A csillagok fizikája.

6. Dr. Budavári András: Az interstelláris és intergalaktikus anyag.
7. Dr. Pállfy Györgyné: Az égitestek rádiósugárzása.
8. Heteyi Gábor: Az űrhajózás fizikai és biológiai feltételei.
9. Dr. Székely Jenő: Távolságmeghatározások a csillagászatban.
10. Kiss Miklós: Égi mechanika.
11. Heteyi Gábor: Az űrhajózás műszaki és matematikai kérdései.
12. Dr. Tóth László: Az űrhajózás legújabb eredményei.

Csillagászati Hét

A TIT csillagászati szakosztályai az 1961. évben tizedik alkalommal rendezték meg a nyárvégi országos Csillagászati Hetet, amelynek keretében Budapesten a hét minden napján, a nagyobb vidéki városokban pedig a hét néhány napján ismeretterjesztő előadásokat, filmvetítéseket és távcsöves bemutatásokat tartottak a nagyközönség és a tanuló ifjúság részére.

A budapesti Csillagászati Hét előadásai a Kossuth-klubban hangzottak el az alábbi program szerint:

szeptember 11-én Róka Gedeon választmányi titkár megnyitója után
dr. Marx György előadása: A fizika nagy laboratóriuma:
a Világegyetem

szeptember 12-én Ponorí Thewrewk Aurél: Elfelejtett régi csillagászok

szeptember 13-án Róka Gedeon: A Világegyetem anyagi összetétele

szeptember 14-én Piret Endre: A rádiócsillagászat módszerei

szeptember 15-én dr. Almár Iván: Új utak az űrkutatásban

szeptember 16-án dr. Kulin György: Merre tart a csillagászat

Az előadásokat csillagászati, fizikai témájú ismeretterjesztő filmek és az Ember a Holdon c. játékfilm vetítése követte.

A Baranya megyei szakosztály október második felében rendezte meg a Csillagászati Hetet. Pécsen a következő előadásokat tartották:

október 16-án dr. Székely Jenő elnöki megnyitója: A Csillagászati Hét jelentősége

Kiss Miklós: Mi az oka a rendkívüli időjárásnak

október 17-én dr. Göres László: Gagarin és Tyitov az első űrhajósok

október 18-án dr. Tóth László: Ha majd leszállunk a Holdra

október 19-én Zukovits Imre: A bolygók mint űrhajózási állomások

október 20-án dr. Székely Jenő: Csillagászati számítások régen és ma

október 21-én dr. Tóth László: Csillagrendszerek

Az előadások után a közönség a pécsi Uránia Csillagvizsgálóban távcsöves bemutatásokon vett részt.

Zalaegerszegen és járási székhelyeken az űrhajózás témaköréből és Csillagászat és babona címmel tartottak előadásokat.

Szombathelyen Almár Iván és Földes István központi, valamint Tóth György az ottani Gothard Jenő Csillagvizsgáló Intézet vezetője tartottak előadásokat, amelyekon 150—200 főnyi hallgatóság vett részt.

Kaposvárott Gausser Károly központi előnődóval tartottak két (egy felnőtt és egy ifjúsági) előadást 600 hallgató előtt.

A debreceni szakosztály 4 klubestet rendezett a Csillagászati Hét alkalmával.

A Csongrád megyei szakosztály Szegeden rendezte meg a Csillagászati Hetet, ahol szépszámú hallgatóság előtt Gausser Károly (Bp.), dr. Kunfalvi András (Szeged), dr. Kulin György (Bp.) és dr. Makai Lajos (Szeged) tartottak előadást.

Új Urániák szervezése

A múltévi Évkönyvben megjelent beszámolómk óta a szakosztályok három új bemutató távcsövet helyeztek üzembe.

1961. november 12-én Zalaegerszegen ünnepélyes keretek között avaták fel a Városi Tanács által beszerzett 30 cm átmérőjű Newton szerelésű tükrös távcsövet. Az országos viszonylatban is számottevő teljesítményű műszert a Gasparich utcai József Attila általános iskola udvarán állították fel. A távcső avatása alkalmával a TIT Zala megyei szervezete csillagászati napot tartott. Dél előtt 10 órakor dr. Kulin György, a budapesti Uránia Csillagvizsgáló igazgatója tartott előadást a TIT klubhelyiségében „Merre tart a csillagászat” címmel, délután 4 óraker pedig dr. Hadnagy László, a Megyei Tanács VB elnökhelyettese mondott a József Attila általános iskola előcsarnokában avató beszédet, majd a helyszínen átadta a távcsövet a közönség használatára a zalaegerszegi Urániában.

December 17-én megnyílt a székesfehérvári Uránia is. Az ünnepélyes megnyitót a József Attila gimnázium dísztermében tartották, melynek keretében dr. Kulin György tartott előadást. A 15 cm-es tükrös távcsövet a gimnázium tetőteraszán állították fel és gondozását a TIT Fejér megyei szervezete és a Megyei Művelődési Ház közösen vállalták.

A TIT Somogy megyei szervezete 15 cm-es tükrös távcsövet egy kaposvári ház tetőteraszán helyezte el, és megkezdte vele a távcsöves bemutatókat.

Sajnálatos, hogy a TIT országos központjától ezelőtt 3 esztendővel kapott bemutató távcsövek üzembehelyezését a Bács, Győr, Szabolcs és Tolna megyei szervezetek még mindig nem tudták megoldani. Az Országos Választmány legutóbbi ülésén határozatot hozott, hogy amennyiben a kecskeméti, nyíregyházi, soproni és szekszárdi távcső az 1962. év végéig sem nyer elhelyezést, a választmányi titkárság az 1963. évi választmányi ülésnek tegyen javaslatot a műszerek más városokba szállítására.

Bemutató távcső működik még Biharkezesen és Pécsen, ahol már az új csillagda épületének tervei is elkészültek, de a kivitelezését egyelőre még nem sikerült megoldani. A Szegeden felállított távcső jelenleg nem üzemeltethető a kupola megrongálódása miatt. Társadalmi bizottság alakult olyan célul, hogy a kupolát társadalmi összefogásból újjáépíti. A Csongrád megyei szakosztály rendelkezésére áll emellett egy hordozható és egy rögzített távcső, mindkettőt fel is használták az ismeretterjesztő munkában.

A debreceni csillagászati szakosztály havonként a jelentkezőknek megfelelően látogatásokat szervezett az MTA Napfizikai Observatóriumába, ahol az Intézet munkatársai a látogatók részére távcsöves csillagászati bemutatókat tartottak.

Borsod megyében négy előadónak van saját hordozható távcsöve (Miskolc, Tiszapalkonya, Golop, Ormosbánya). 1961 őszén a megyei szemléltetőtár is kapott egy bemutató távcsövet és ezt a TIT előadók is felhasználják.

Írásos ismeretterjesztés

Az 1960 május és 1962 április között megjelent csillagászati és űrhajózási könyvekről és cikkekről dr. Almár Iván az Évkönyv más helyén számol be.

A Könyv- és lapszemle keretében ismertetett irodalmon kívül a szakosztályok tagjai számos cikket írtak a fővárosi és helyi lapokba, a megyei szervezetek pedig írásos ismeretterjesztő anyagokat adtak ki.

A Fejér megyei szervezet az ember-első űrrepülése alkalmával 15 000 példányban falusi terjesztésre alkalmas füzetet adott ki „Az ember meghódítja a világűr” címen, mely a megye minden falujába kikerült és igen jó szolgálatot tett nemcsak az érdeklődőknek, hanem vezérfonalul szolgált az előadók számára is.

Fábián Endre (Miskolc) a Borsodi Szemlében írt cikket „Amíg a szovjet ember a világűr első utasa lett” címmel, dr. Szabó Gyula pedig a Csillagászati Hét eseményeiről és tapasztalatairól írt beszámolót. Frisnyák Sándor feldolgozta a csillagászati ismeretterjesztés és tudományos munka Borsod megyei történetét.

Dr. Tóth László, a pécsi csillagászati szakosztály titkára több cikket írt a helyi sajtó és rádió részére.

A világ végéről terjesztett rémhírek alkalmával dr. Zétényi Endre, az egri szakosztály elnökhelyettese felvilágosító cikket írt a Heves megyei Népújságban és a miskolci Észak-Magyarországban „Bolygóparádé” címen. A cikket a miskolci rádió stúdiója előadás formájában is közvetítette.

A Szolnok megyei szakosztály több esetben a helybeli Damjanich rádión és a helyi sajtóban is terjesztette a csillagászati és űrhajózási ismereteket.

A Tolna megyei Népújságban Veszeloovszki Gyula a kisbolygókról és a rádiócsillagásatról írt cikkeket.

A Művelődésügyi Minisztérium megbízásából a Falusi Füzetekben megjelent dr. Kulín György: Új égitestek születnek és Róka Gedeon: Földünk és a Világegyetem.

KULIN GYÖRGY:

A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ TÁRSULAT
URÁNIA BEMUTATÓ CSILLAGVIZSGÁLÓINK MŰKÖDÉSÉRŐL
(1961. MÁJUS 1—1962. ÁPRILIS 30-IG)

BUDAPEST

A budapesti Uránia Bemutató Csillagvizsgáló a beszámolási időszakban nagyjából a megszokott keretben folytatta munkáját. Ez a megjegyzés azonban csak nagy általánosságban érvényes, mert sok vonatkozásban színesebbé és gazdagabbá vált ismeretterjesztő tevékenységünk és ráléptünk arra az útra, amit a Társulat 1961. évi Küldöttgyűlése jelölt ki, s amit úgy foglалhatnánk össze, hogy feladatunk az ismeretterjesztést korszerűvé és tömegméretűvé tenni. Beszédesen igazolja ez a beszámoló, hogy ebben a vonatkozásban az Uránia Csillagvizsgáló máris megtalálta az idevezető utat.

1. Mindennapos bemutatók

A budapesti Uránia az elmúlt időszakban is minden derült estén az érdeklődők rendelkezésére állott. Derült idő esetén Hold és a bolygók láthatósága idején sokkal nagyobb számban kerestek fel bennünket iskolák tanulói, üzemek dolgozói és egyéni látogatók, mint egyéb alkalmakkor. Számos alkalommal előfordult az elmúlt időszakban is, hogy egyes napokon 3—4 iskolai csoport is felkeresett bennünket, s ilyenkor a látogatók száma meghaladta a 200-at.

2. Csütörtöki sorozat

A beszámolási időszakra esik az 1961. évi őszi és az 1962. évi tavaszi csütörtöki sorozat 10—10 előadással. Az előbbi 1961. október 19—dec. 21-ig tartott a következő programmal: *Dr. Kulán György*: Változik-e a Föld tengely körüli forgása? *Dr. Szabó János*: Anyag és antianyag. *Nagy István György*: Rakéták és űrhajók irányítása. *Dzsida László*: A Föld belső szerkezete és a szilárd földkéreg. *Dr. Echter Tibor*: Az űrhajózás biológiai problémái. *Ponori Theurewk Aurél*: India csillagászata. *Dr. Marik Miklós*: A kötéscsillagok időszakos problémái. *Virághalmi Géza*: A csillagok fényes-

sége. *Szimán Oszkár*: Színképelemzés a csillagászatban. *Nagy Ernő*: Csillagászati mesterséges holdak.

Az 1962. évi tavaszi sorozat március 29—május 31 között zajlott le. Programja: *Dr. Kulin György*: Élet a Kozmoszban mai szemmel. *Abonyi Iván*: A plazma szerepe a csillagászatban. *Svékus Olivér*: A Nap kutatásának modern fizikai módszerei. *Ponori Thewrewk Aurél*: Tudomány és csillagjósolás. *Dr. Barta György*: A földmágnességről. *Róka Gedeon*: Űrhajózás és világkép. *Dr. Károlyházy Frigyes*: A relativitás elméletéről. *Érdi-Krausz György*: Csillagtérképek használata és készítése. *Ifj. Bartha Lajos*: A bolygók belső szerkezete. *Dr. Marik Miklós*: Milyen idők a csillagok?

Valamennyi előadás után a hallgatóság több kérdést tett fel s azokra adott válaszok kiegészítették az előadásokat.

3. Főmvetítés

Csoportos látogatás esetén az előadáson és bemutatáson kívül csillagászati filmeket is vetítettünk. Vasárnap délutánonként Nagy Ferenc gondnok segítségével a különböző intézményektől szerzett illetve kölcsönkapott filmeket vetítettük az érdeklődőknek.

A Mokeptől 5 csillagászati kisfilmet szereztünk be, amelyeket az ismeretterjesztő előadások alkalmával mutatjuk be.

4. Uránián kívül tartott előadások

A Budapesti Szervezet és az Országos Választmány felkérésére az Uránia munkatársai igen számos esetben tartottak Budapesten és vidéken ismeretterjesztő előadásokat. A legtöbb előadói megbízást ifj. Bartha Lajos, Gauser Károly, dr. Kulin György, Ponori Thewrewk Aurél és Szécsy Ilona kapták.

5. Egyéb ismeretterjesztő munkák

Munkatársaink közül a Rádióban több előadást tartottak: ifj. Bartha Lajos, dr. Kulin György és Ponori Thewrewk Aurél. Több nyilvános előadást rendeztünk a február 5-i bolygóegyüttállásokról a babonás hiedelmek eloszlatására.

Az Élet és Tudomány szerkesztésében Kulin és Ponori vettek tevékenyen részt.

Munkatársaink tollából számos cikk jelent meg a hazai folyóiratokban és napilapokban.

Telefonszolgálatunk naponta sok érdeklődő kérdéseire adott szakszerű választ.

6. Ipari Vásár, Citadella, Városi Bemutató

Az 1961. évi Ipari Vásáron több távcsővel vettünk részt, s a Vásár 10 napja alatt közel 10 000 embernek mutattuk be a Napot és más égitesteket.

1961 május elsejével a Budapesti Idegenforgalmi Hivatallal kötött szerződés alapján bemutató részleget állítottunk fel a Cidellán a Szabadság-szobor közelében. Nappal városi panorámát, este égitesteket mutattunk be



4. ábra. Az Uránia Csillagvizsgáló kiállítása és bemutató részlege az 1961. évi Ipari Vásáron

összesen 6 távcsővel. A bemutatások minden eső nélküli napon de. 10—este 22 óráig tartottak, és igen nagyszámú érdeklődő kereste fel a távcsöveket. Különösen az esti órákban sok barátot szereztünk a csillagászat számára a látogatók közül.



5. ábra. Az Uránia vöröséző panoráma távcsövei a gellérthegyi Citadellán



5/a. ábra. A Nagyvárad téri kísérleti Városi Bemutató

1961 nyarának végén állítottuk fel a Nagyvárad téren a kísérleti Városi Bemutatót, amelyben egy 18 cm átmérőjű Cassegrain és egy 10 cm-es Zeiss lencsés távcső nyert elhelyezést. Egy hónapi üzemeltetés alatt mintegy 2000 látogató kereste fel az új intézményt.



6. ábra. Fialul látogató a panoráma távcsőnél

A Városi Bemutatót 1962-ben a Vérmezőre helyeztük át.

A beszámolási időszakban, illetve annak májustól október végéig terjedő időszakában alatt az Ipari Vásáron, a Citadellán és a Nagyvárad téren összesen 43 888 látogatót fogadtunk, több mint hatszorosát annak, amennyien ez idő alatt az Urániában megfordultak.

Munkánk kiszélesítésének ezek voltak egyik jellemzői. Hatékonyságát növelhetnénk, ha a látogatók számára írásos anyagot tudnánk megvételre felajánlani.

A Városi Bemutató kupolája főként társadalmi munkával készült Orgoványi János tervei alapján és vezetése mellett. A fő ikerműszer szintén Orgoványi János munkája.



7. ábra. Az Uránia Csillagvizsgáló bemutató részlege a Cítadellán

7. A szakköri mozgalom és tanfolyami élet kiszélesedése

Munkánk kiszélesítése érdekében az elmúlt időszakban nagy energiával szerveztük meg a tanfolyamokat és a szakköri mozgalmat. Mindjárt 1962 elején két tanfolyamot is kezdtünk. A meghirdetett szakkörvezető képző tanfolyamon 35 elméleti és gyakorlati előadásból állt, s erre mintegy 40-en jelentkeztek. A hetenként előbb egy, majd két alkalommal tartott foglalkozások június 20-án értek véget. A vezetőképző tanfolyam programjában 15 elméleti, 15 gyakorlati és 5 módszertani előadás szerepelt. A beiratkozottak 105 Ft részvételi díjat fizettek, s a tanfolyam befejeztével vizsgát tettek, amely képesíti őket arra, hogy iskolákban, üzemekben csillagászati szakkört vezessenek.

Még ha sem fejeződött a szakkörvezető képző tanfolyam, hallgatói közül máris többen munkát vállaltak szakkörök szervezésére.

Ugyancsak januárban indult a távesőtükrkészítő tanfolyam, aminek 35 résztvevője elkészítette a maga 125 illetve 150 mm-es távesőtükrét. A befizetett 130 illetve 170 Ft ellenében a résztvevők megkaptak minden szükséges nyersanyagot és a végén megkapták bealumíniumozott tükrüket.

A tanfolyam résztvevői általában igen kitűnő minőségű tükröt készítettek. A tanfolyam vezetésében dr. Kulín György, Sarkadi Nagy István és Szécsy Ilona vettek részt.

E 8 hétig tartó tanfolyam befejeztével közel 30-an újabb tanfolyamra iratkoztak be, ami három alkalomból állt és Orgoványi János vezetésével a távcső mechanikai szerelésének problémaival ismerkedtek meg.

Az Uránia Intézet köré gyülekező Optikusok Baráti Köre mint külön Csillagászati és Űrhajózási Szakkör megalakult az Uránia vezetése mellett. A szakmai vezetőkön kívül megválasztották a társadalmi vezetőséget. Az új Szakkör igen látogatott, mintegy 100 tagja van és kéthetenként tartja összejöveteleit, amelyen a szakkör tagjai tartanak kiselőadásokat, amelyeket a résztvevők és a szakkör vezetője, Ponori Thewrewk Aurél didaktikai és szakmai szempontból közösen megvitatnak. Máris biztató jelei vannak, hogy a szakkör számos jó előadót ad majd az ismeretterjesztő munka számára.

Az említett 3 tanfolyamon és a megalakult szakkörön kívül az Uránia 10 foglalkozásból álló öthetes tanfolyamot szervezett a nyár folyamára középiskolás diákok számára részint azzal a céllal, hogy az iskolai szakkörök számára vezetőket képezzünk ki, másrészt azért, hogy munkatársaink utánpótlásáról gondoskodjunk.

Az Uránia vezetője az országos középiskolai tantervreform ankéton javaslatot terjesztett elő a szaktanárok részére rendezendő egyéves csillagászati továbbképző tanfolyamra, és előadta a középiskolai csillagászati nevelés szakmai szempontjait.

A Budapest környékén és az ország különböző helyein alakuló csillagászati szakkörök számára az Uránia munkatársai több esetben nyújtottak segítséget. A nagykanizsai Úttörőház tükörcsiszoló tanfolyamán Sarkadi Nagy István 4 napon át, dr. Kulin György két napon át adott szakmai útbaigazítást.

A Tiszapalkonyai Erőmű csillagászati szakköre elkészítette szocialista szerződés keretében a 30 és 40 cm-es távcső mechanikáját. A 30 cm-es távcső Tiszapalkonyán kerül felállításra, a 40 cm-es távcső pedig a budapesti Urániáé lesz. Ennek főtükre már elkészült. Primer fókusza 4 méter, Cassegrain szerelésben, illetve Nasmith változatban az eredő fókuszs 10 méter lesz s főként a Hold és a bolygók megfigyelésére szolgál majd.

A felsorolt szakköri és tanfolyami foglalkozások önmagukban több mint 2000 látogatóval növelték az elmúlt időszakban az Uránia forgalmát.

A 6. és 7. pontban felsorolt munkák az Uránia tevékenységét ugrászerűen megnövelték és a fejlődés lehetőségeit nyitották meg.

A fokozott munka még kiáltóbban tárja elénk hiányosságainkat. Előadótermünk szűk befogadóképessége, a terasz kiesinysége és a foglalkozásokra felhasználható helyiségek hiánya és nem utolsósorban felszerelőseink hiánya az eddigi fejlesztési tervek sürgős megvalósítását követelik.

Az Uránia munkája hatókörét tekintve messze túlnőtt fővárosunk határain, mert az egész országra kiterjedő munka irányításában szerepet kell vállalnia.

8. Csillagászati megfigyelések. Tudományos munka

A megfigyelések vezetőjének, ifj. Birtha Lajosnak beszámolójából a következőkben számolunk be az Urániában végzett tudományos jellegű munkákról.

A munkatársak érdeklődését és kutatási vágyát erősen befolyásolják ma még megoldatlan tárgyi akadályok. Egyetlenegy nagyobb műszer áll rendelkezésre és ezt a bemutatások csaknem teljesen lefoglalják. A főműszer (20 cm átmérőjű Heyde—Merz refraktor) már rászolgált a generáljavításra. Az Uránia a városban van s ezért sokféle megfigyelést erősen zavar a város egyre növekvő fénye és levegőjének mind nagyobb szennyezettsége.

Az Uránia eddigi megfigyelőgárdájából egyetemre iratkoztak be illetve a Szabadsághegyi Akadémiai Csillagvizsgálóhoz kerültek: Fejes Imre, Petik Péter, Székely Csaba és Thaly Koppány. A folyamatos megfigyelésekre új munkaerőket kell betanítanunk.

Programunk főként a Naprendszer égitestjeinek megfigyelésére és a változócsillagok észlelésére terjed ki.

A beszámolási időszakban a megfigyelő és feldolgozó munkában munkatársaink közül a következők vettek részt: Sz. Aczél Etelka, ifj. Bartha Lajos, Boleszny Mária, Druhos Dezső, Gauser Károly, Habán Ildikó, Jáger Tamás, Licskó Ildikó, Maklár Károly, Mojsza János, Pintér Sándor, Piret Endre, Ponori Thewrewk Aurél, Sarkadi Nagy István, Szántó András, Székely Csaba.

a) Nap megfigyelése

Az előző évekhez hasonlóan a napészlelés 25 cm-es napkép kivetítésével történt. A 73 napészlelés zömét Székely Csaba végezte. Feldolgozásában Pintér és Habán vettek részt. Rendszeresen kaptunk napészlelési anyagot a kalocsai volt Haynald Observatóriumban létesült bemutató csillagvizsgálóból és a jósvafői Barlangkutató Állomástól.

Az észlelések adatait a zürichi Szövetségi Csillagvizsgálónak és a Freiburgi Fraunhofer Intézetnek küldtük meg.

b) Hold-észlelések

Főként a változó intenzitású holdfelszíni foltok megfigyelésével foglalkoztunk. Észleléseink alapján az a természetes hídszerű képződmény, amelyről O'Neill és Wilkins számolnak be a Mare Crisium keleti pereménél, — megfigyeléseink szerint a csehszlovák és német megfigyelésekkel egybehangzóan nem létezik.

Bartha a Mare Crisiumban egy olyan új változó foltot talált, amelyet az eddigi katalógusok nem sorolnak fel.

A Mare Crisiumról és környékéről 20 megfigyelés történt.

Az Alphonsus változó foltjairól 12 észlelést végzett Bartha.

A humuszürke fényben fénylő Aristarchos kráterről Bartha 11 feljegyzést készített, amelynek feldolgozását Maklár végzi.

c) Bolygók

A Merkúr és az Uránus vizuális és fotometrikus fénybecslésével foglalkozott Bartha. A Jupiter felszínéről rajzokat készített Bartha és Pintér. A Szaturnusz gyűrűjén jelentkező konkáv árnyékjelenséget 8 esetben figyelte

meg Bartha 1961 szeptember—októberében. A müncheni Oberndorfer és Sandner észleléseivel egybehangzóan Bartha úgy találta, hogy a Vénusz dichotomiája 6 nappal korábban következett be a számított időpontnál.

d) *Üstökösök*

A megfigyelések az üstökösök kómájának fégyességmérésére vonatkoznak. A Candy 1960 n üstökös abszolút fényességére +7 magnitúdót és az n faktorra 2,6-ot kapott Petik és Bartha.

A Seki—Lines 1962 c üstököst 12 alkalommal észlelte Bartha, Gauser, Jáger és Sarkadi. Az üstökös abszolút fényességére 6,2 m -t, az n faktorra 4-et kaptak.

e) *Meteorok*

1961 augusztusában a jósvafői Barlangkutató Állomás vendégeként Aczél és Bartha 6 napon át meteorszámlálást végeztek, s észleléseik szerint a maximum aug. 12-re esett, amikor is a gyakoriság az átlagosnak kétszerese volt.

f) *Fogyatkozás*

Az 1961. augusztus 29—30-i részleges holdfogyatkozást több vonatkozásban észlelte Aczél, Bartha, Boleszny, Fejes, Makláry, Ponori, Pintér, Sarkadi és Szántó. A teljes árnyék első kontaktusán kívül 11 kráter kontaktusát is észlelték. A földárnyék szokatlanul sötét volt és 5%-kal nagyobbak mutatkoztak az elméleti értéknél.

g) *Változócsillagok*

Az RV Tauri és a szabálytalan változókról Székely és Bartha 111 megfigyelést végeztek. Az AAVSO kimutatása szerint az egy észlelőre eső észlelések tekintetében a budapesti Uránia hetedik helyen áll.

h) *Kooperáció*

A rokon célú külföldi intézmények közül kapcsolatot építettünk ki a wieni Urániával, a müncheni bajor Csillagvizsgálóval, dr. Werner Sandner magánobszervatóriumával, a prágai Népi Csillagvizsgálóval, a berlini Archenhold és Foerster Obszervatóriumokkal, valamint a zagrebi Városi Obszervatóriummal.

i) *Publikációk*

Az észlelések feldolgozott adatait Aczél, Bartha és Petik a *Dio Sterne*, a *Mitteilungen der Urania Sternwarte Wien*, a *Nachrichten-Blatt*, a *Mitteilungen für Planetenbeobachter*, a *Stroling Astronomer*, az *AAVSO*, az *ALPC* és a zürichi *Eidgenössische Sternwarte* kiadványaiban publikálták, magyar nyelven a *Természettudományi Közlöny* közölte rendszeresen az észleléseket.

j) Tudományos tevékenység

Bartha a bolygók mágneses terére vonatkozó vizsgálatokkal foglalkozott. A Seki—Lines üstökös megfigyeléséből Boleszny és Bartha arra következtetnek, hogy napközelsége idején a Nap sugárnyomása megfosztotta a kómát portartalmának nagy részétől.

A Magyar Geofizikusok Egyesületében Bartha ismertette a Nap rotációja és a földmágnességi háborgások kapcsolatára vonatkozó vizsgálatait.

9. Statisztika

Az Uránia Csillagvizsgálóban szervezett előadásokon és bemutatásokon, valamint szakköri foglalkozásokon, valamint a Mojsza János munkatársunk aktív részvételével megszervezett ipari vásári, citadellai és Nagyvárad téri bemutatókon a beszámolási időszakban néhány híján 60 000 látogató vett részt, ami az Urániában már évek óta kialakult látogatói létszámnak mintegy négyszerese. Természetesen az Uránia munkatársai által tartott külső előadások résztvevőinek száma sokszorosan nagyobb ennél, azonban ezek a Budapesti Szervezet és az Országos Választmány rendezései voltak.

10. Személyi ügyek

Az Uránia jelenlegi státusa:

Igazgató: dr. Kulin György.

Gondnok: Nagy Ferenc.

Tervező-mechanikus: Orgoványi János félállásban.

Adminisztratív pénztáros: Pintér Sándor félállásban.

BAJA

Az egykori bajai Uránia már mint Baja Városi Tanács Csillagvizsgáló Intézete működik, de mint a TIT munkáját is támogató Intézetről, ezen a helyen is beszámolunk munkásságáról.

*

Baja Városi Tanács Csillagvizsgáló Intézetének működése (1961. április 1—1962. április 1-ig).

Az Intézet fejlődésének kezdettől fogva legnagyobb akadálya a megfelelő helyiségek hiánya volt. Ez a probléma most megoldódott és 1962 márciusában átköltözködtünk a főépületbe. A helyiségek száma ezzel 14 lett.

Eddigi helyiségeink — egy volt gazdasági épületben — minden valószínűség szerint még ebben az évben lebontásra kerülnek. Rendelkezésünkre áll már a fedezet egy 100 személyes előadóterem építésére — külön mozi-gépházzal — s ezt az előadótermet igen sokoldalúan kívánjuk felhasználni mind a tudományos, mind az ismeretterjesztő munka területén.

A 2. sz. kupola elkészült. Ebben helyezzük el az új 50 cm-es reflektort. Az új műszer optikája, tubusa kész, villás megoldású tengelyrendszerének

tervezése folyamatban van. Kivitelezésre reméljük még ebben az évben (1962) sor kerül. Felszerelése és beállítása után ezt a műszert csak változó-csillag észlelésre és fényképezésre fogjuk használni.

Könyvtárunk állományát több idegen nyelvű könyvvel sikerült növelni, külföldi szakfolyóirataink száma kettővel nőtt.

A tudományos munka főként a mesterséges holdak megfigyelése köré csoportosult. A megfigyelési munkákat lényegesen kiterjesztettük, ami a számszerű eredményekben is megmutatkozik: jelen beszámolás időszakában összesen 3129 mérést végeztünk (Ill—Sütő), szemben a tavalyi 639-cel, noha az idei tél teljesen kedvezőtlen volt a megfigyelések számára.

Megfigyeléseinket kiterjesztettük az amerikai mesterséges holdakra is. Az ezekre vonatkozó efemeridákat részben a moszkvai Cosmos, részben az amerikai Smithsonian Institution szolgáltatta. Mérési eredményeinket a moszkvai Cosmosnak küldtük meg. Méréseink pontosságát sikerült $\pm 0^\circ$, 05-ra pozícióban és időben $\pm 0,05$ sec-ra emelni.

A beszámolási időszak folyamán sikerült egy nemzetközi kooperációs program első szakaszát elvégeznünk. Ill Márton kezdeményezésére az általa publikált módszer kipróbálásához szükséges mérési sorozatokat a Bautzen-i csillagvizsgálóval közösen elvégeztük. A módszer alkalmazásával két távoli vizuális megfigyelő állomás egyidejű méréseiből ki lehet számítani a mesterséges hold magasságát. A mérési eredmények feldolgozását Ill és Sütő végezte. A további program keretében az eddigi mérések tapasztalatainak figyelembevételével a méréseket több mesterséges holdra kiterjesztjük és bekapcsolódik a mérésekbe az MTA Csillagvizsgáló Intézete, valamint a Rodewisch-i csillagvizsgáló megfigyelő állomása is. A további mérések célja, hogy egyidejű mérésekkel megállapítsuk a levegő sűrűségét különböző magasságokban.

Az ilyen jellegű méréseket ki akarjuk terjeszteni fotografikus észlelésekre. Az észlelés és a mérések feldolgozásának módját már kidolgoztuk (Ill). Nagy előnye a fotografikus méréseknek, hogy legalább egy nagyságrenddel pontosabb adatokhoz jutunk, mint vizuális méréseknél.

A mesterséges holdak mérése elkerülhetlenné tette a minél pontosabb időszolgálat biztosítását. Sütő Károly tanulmányozta ezt a problémát és egy újabb távirógépet alakított át időmérési célokra; megtervezett és elkészített egy ingaórás vezérlésű fotocellás fényrelét. Az új berendezés igen jól bevált.

Átalakítás alatt áll, de még nincs befejezve egy mérnöki teodolitnak mesterséges holdak mérésére való optikai és mechanikai átalakítása (Ill M.).

Több alkalommal végeztünk csillagfedés-megfigyelést. Naponta rendszeresen készítünk napfelvételeket és megállapítjuk a napfoltrelatívszámokat.

Az intézetben folyó tudományos munkáról megjelentettük 1. sz. kiadványként Ill Márton „Mesterséges holdak pályaelemeinek meghatározása vizuális észlelések alapján” című publikációját.

Az új 50 cm-es reflektor megépítésével kapcsolatban Sütő Károly tanulmányozta a nagy pontosságú távcsőfelállítás, valamint a másodperckontrollós órágépek kérdését. Az augsztusi holdfogyatkozásról Sütő fényképlévtel sorozatot készített.

Ősszel Csillagászati Hetet szerveztünk. Ennek kapcsán nyitottuk meg a Türr István Múzeumban a Csillagászati Kiállítást, melynek igen nagy sikere volt. A Csillagászati Hét folyamán három előadást tartottunk:

1. Ill Márton: A Naprendszer.
2. Sütő Károly: Űstökösök és meteorok.
3. Kérdezz-felelek est.

A Csillagászati Hét folyamán minden este égitest bemutatást tartottunk, melyre a környező falvakból is csoportos látogatók jöttek.

Ismeretterjesztő munkánk gerincét a bemutatások és előadások tették ki. Ennek keretében 154 alkalommal tartottunk előadással egybekötött égitest-bemutatást. A város és a falvak művelődési otthonaiban 48 előadást tartottunk (Ill 25, Sütő 23). Látogatóink és hallgatóink számszerűen: Csillagászati Kiállítás 1000 fő, égitestbemutatások 2494 fő, a 48 előadás 2400 fő, összesen tehát 5894 fő. Intézetünkben két ifjúsági csillagászati szakkör működik. Tagjai nagy szorgalommal járnak a foglalkozásokra. Ill Márton a TIT megyei titkársága felkérésére a megye csillagászati szakkörei számára részletes tematikát készített, melyet más megyék is már átvettek.

Borbás Mihály
az Intézet vezetője

EGER

Az egeri Liceum tornya renoválás alatt állt, az ottani rendszeres távcsöves csillagászati bemutatások egy év óta szünetelnek. A megye területén hordozható távcsövel végzett bemutatásoknak mindenütt nagy sikerük volt.



8. ábra. Az egeri csillagászati szakkör

1961 szeptemberében csillagászati szakkör alakult 14 taggal. A távcsőhasználat hiánya a szakkör működését is korlátozza.

Dr. Zétényi Endre
a csillagászati szakosztály elnökhelyettese

GYŐR

A Győri Wilhelm Pieck Vagon- és Gépgyár Csillagászati Szakkörének bemutató csillagdája a Vagongyárhoz tartozik, — költségvetéséről az üzem gondoskodik. A szakkör részt vesz a csillagászati ismeretterjesztésben bemutatók, előadások, falunapok tartásával, ezzel támogatva a TIT munkáját. Főműszerünk 30 cm átmérőjű $F = 1:7$ nyílású Newton-szerelésű reflektor. Kereső távcsővel és $F = 1:11$ nyílású 80 mm objektív átmérőjű refraktorral van felszerelve. Bemutató műszereink: 15 cm átmérőjű $F = 1:7$ nyílású Newton-rendszerű reflektor, valamint a Szabadsághegyi Csillagvizsgálótól kapott TZK-műszer. Múlt évben beszereztünk egy Exa-fényképezőgépet, egy szovjet légi fényképezőgépet.

Elkészült a 6"-os vezetőtávcső optikai része a tubussal, valamint a szükséges mechanikával együtt. A 6"-os légréses foglalású akromatikus lencsét, valamint az okulárokat a Magyar Optikai Művek készítette. Összeállítás, jusztirozása 1962-ben készül el a szakkörön belül. Felszerelése után rendszeres napfolt észlelést indítunk be. Ionoszféra megfigyelés céljára szakkörünk tagjai jelenleg építenek egy szuperrendszerű megfigyelő vevőt varázsszemes és műszeres regisztálással.

Könyvtárunk több kötettel bővült. Beszereztünk egy csehszlovák kiadású részletes csillagatlaszt és katalógust, több részletes csillagtérképet.

Elmúlt évben kapcsolat jött létre szakkörünk és a Hlohovec-i, valamint a Nitra-i népi csillagdák között. Szakkörünk négy tagja tapasztalatesere látogatáson járt a Hlohovec-i csillagdában. Szakkörünkben meghívott előadóként előadást tartottak: Balázs Júlia, Bodócs István, Detre László, Dezső Loránt, Horváth Árpád, Ill Márton, Kulin György és Lovas Miklós. Igen értékes volt Elter János rendszeres műszaki tanácsadása.

1962. január 30-án megalakult szakkörünk „úttörő”-tagozata, azt a célt tűzve maga elé, hogy az általános és középiskolai ifjúság körében a csillagászat iránt mutatkozó érdeklődést rendszeres tanulással, és rendszeres munkává fejlessze.

Tükörsziszoló tanfolyamot tartottunk, melynek során a résztvevők 15 cm-es tükröt készítettek. Ismeretterjesztő előadást 23 alkalommal tartottunk, összesen 1010 résztvevővel; ezen belül hat esetben Győr-Sopron megye területén falunapot tartottunk. Szombat esteken (derült idő esetén) rendszeres bemutatót tartottunk az érdeklődők részére. Meglátogatták szakkörünket a Pécsi Leánygimnázium 60 növendéke és a Debreceni Kossuth Lajos népművelési szeminárium 26 hallgatója. A „Csillagászati Hét” keretén belül jól sikerült kiállítás rendeztünk, melynek 752 látogatója volt.

Szakkörünk tagjai tanulmányi kiránduláson, ill. tapasztalateserelátogatáson jártak a Pestlőrinci Meteorológiai Obszervatóriumban, a Bajai

Városi Tanács Csillagvizsgáló Intézetében, az MTA Szabadsághegyi Csillagvizsgáló Intézetében, a budapesti Uránia Csillagvizsgálóban, valamint Csehszlovákiában a Hlohovec-i népi csillagdában.

Szakkörünk eredményei Boráros Elemér, Kárpát József, Mogor László, Molnár Ottó, Fercsi Miklós, Takács József munkatársak, valamint Demetrovics Szi'árd, Kaszás Jenő, Patkós László (ifjúsági vezető) Szothfird József, Szuhly Erzsébet szakköri vezetők áldozatkész munkáját dicsérik.

Szilter Béla
a Szakkör vezetője

MISKOLC

Borsod megyében 1961-ben 4 csillagászati szakkör működött. Ebből kettő a miskolci Uránia Csillagvizsgálóban, egy a Könnyűgépgyárban és egy Sajóbáonyban. Hasonlóan a bábonyi szakkörhöz, Tiszapalkonyán kezd kibontakozni egy, többnyire üzemi dolgozókból álló csillagászati szakkör.

Csillagászati szakköreink havonta általában 1—2, egyenként kb. másfél órás előadást (foglalkozást) tartanak. Ezeket a szakköröket szakosztályunk legképzettebb előadói patronálják, de gyakran a szakköri tagok is tartanak kisebb, kb. 25—30 perces előadásokat.



9. ábra. Napmegfigyelés a miskolci szakkörben

A miskolci Uránia felszerelése kielégítő, azonban maga a csillagda annyira körülépült, hogy az észlelések már korlátozottá váltak. Így szükségessé vált egy új csillagvizsgáló építése, amely előreláthatóan ez év végére elkészül. Régi csillagvizsgálónkban rendszeresen folyik a napfoltok és napfáklyák megfigyelése és rögzítése Nap-fotoszféra rajzokon. Ezeket a napfolt észleléseket megküldjük az MTA debreceni Napfizikai Obszerva-



10. ábra. Nap-fotoszféra rajz készítése a miskolci szakkörben

tóriumának. Csillagvizsgálónkat 4 szputnyik-megfigyelő távcsővel szerelték fel, ezenkívül a csillagda mellett éghajlatkutató állomás is működik, mely hőmérsékleti, csapadék-, felhőzet-, látás-, talajállapot stb. megfigyeléseket végez. Felszerelésünk jelenleg egy 200 mm átmérőjű Newton reflektor, 4 db AT-1 típusú szputnyik megfigyelő, 1 db 85 mm átmérőjű, 1 m gyújtótávolságú napmegfigyelő refraktor, 1 db 60 mm átmérőjű prizmás változó távcső, továbbá 2 db Tellurium-lunárium, 2 db földgömb, 42 db szemléltető falitábla, néhány diafilm, kb. 70—80 szakkönyv, füzet és csillagászati szakfolyóirat.

Csillagvizsgálónk munkája, tevékenysége 1961-ben csökkent. Ez elsősorban azért következett be, mert az új csillagvizsgáló építése, a különböző tervrajzok és eszközök beszerzése a csillagvizsgáló vezetőjének minden idejét lekötötte.

Frisnyák Sándor
természettudományi szaktitkár

KAPOSVÁR

Szakosztályunknak 2 távcső van birtokában: 1 db 10 cm-es Fraunhofer gyártmányú lencses távcső és 1 db 15 cm-es tükrös távcső. Ez utóbbi távcsövünk elhelyezését egy egyemeletes ház sétányra kiképezett tetőteraszán tudtuk biztosítani. A bemutatókhoz itt 50 látogató elhelyezésére van lehetőség.

11 alkalommal tartottunk távcsöves bemutatót fokozatosan növekvő érdeklődés mellett.

A bemutató csillagvizsgáló vezetője Szentés Imre. Az ügyeletes szolgálatot a kaposvári aktív tagjaink beosztották maguk között. A hordozható távcsövünket alkalmas idő esetén vidékre is kivisszük.

Bernáth Erzsébet
szaktitkár

SZÉKESFEHÉRVÁR

Szervezetünk életében kimagasló eseménynek számított az Uránia csillagda megnyitása a 1961. év decemberében. A csillagdában az előadások és az azt követő bemutatók az időjárástól függően rendszeresen folynak. Január hónaptól kezdődően havonként négy előadást tartunk. Ennek programja január-június viszonylatában:

A Naprendszer

A Föld helye a Világmindenségben.

Van-e élet a Földön kívül?

Az űrhajózás első állomása: a Hold.

A bolygókutatás legújabb eredményei.

A Nap és földi hatásai.

Az Uránia látogatottságát a spontán érdeklődésen túl azzal is biztosítottuk, hogy az előadásokra az egyes üzemek munkásakadémiáinak hallgatóit hívjuk meg, vagy pedig az egyes iskolákból hívunk meg osztálycsoportokat. Így körülbelül 20 főnyi törzsközönséget értünk el minden alkalommal. Az érdeklődés a tavaszi hónapokban lényegesen fokozódik, így május, június hónapokban a létszám megduplázódása várható.

A Csillagászati Szakcsoporthoz véleménye szerint az Uránia csillagda igen komoly műhelye lehet a csillagászati ismeretek terjesztésének. Az eddigi tapasztalatok azt mutatják, hogy a bemutató alkalmával a résztvevők igen sok problémát vetnek fel. Ezek a kérdések az általános csillagászati ismereteken túl már gyakorta részletező jellegűek. Pl. a csillagtávolságok meghatározása, a különféle tudományos eszközök, amelyek a csillagászati megfigyelésekhez szükségesek, ezeknek elkészítése, működése, a rádióteleszkópok stb. . . . Mindez azt mutatja, hogy igény van az ilyenfajta ismereteknek alaposabb és elmélyültebb elsajátítására. Ezért a Szakcsoporthoz programjába vette, hogy az ősztől kezdve szakköröket szervez, amelyeknek tagjai üzemi dolgozókból és a tanuló ifjúságból tevőnek össze.

Borbély Gábor
megyei titkár

SZOLNOK

Minden jel arra mutat, hogy a már közel hat éve vajúdó szolnoki Uránia megvalósítása az 1962. évben tető alá kerül. Köszönhető ez a Szolnoki Cukorgyár Vezetőségének, akik a legmesszebbmenő megértéssel, hely és anyagiak rendelkezésre bocsátásával lehetővé teszik a 30 cm-es Cas-sagrain-coudé építészeti és már két éve elkészült bemutató távcső felállítását, és ezzel a szolnoki csillagászatotörök működését.

Az 1962. év első felében megalakult a csillagászati szakkör is. A szakkör célkitűzése: a szakkörbe bevont szakosztályi előadók szakmai és metodikai ismereteinek bővítése, a tagság részére a csillagászati ismeretek alap- és haladófokon való ismertetése.

A szakosztály tagjainak további célkitűzései: a távcsöves bemutatók színvonalas megszerzése és gyakorlati alkalmazása. Ezen túlmenően napmegfigyelések, változócsillagok megfigyeléseinek beindítása az 1962. év második felében.

Célkitűzéseink megvalósításához támogatást kapunk a Szolnoki Cukorgyár Párt- és Szakszervezetétől és vállalati vezetőségétől, valamint KISZ szervezetétől.

Tokody Lajos
a csillagászati szakosztály elnöke

SZOMBATHELY

A Vas megyei csillagászati szakcsoport ismeretterjesztő munkáját nagymértékben segítették a szombathelyi Gothard Jenő Csillagvizsgáló munkatársai, Tóth György vezetésével. A megye összes iskoláinak írásban hívtuk fel a figyelmét arra, hogy a csillagvizsgáló kupolájában minden héten három alkalommal távcsöves bemutatókat tartanak, csoportos látogatás esetén előadással egybekötve. Ezekben a csoportos bemutatókon 2000 szombathelyi tanuló vett részt. Ez a szám sokkal nagyobb is lehetne, ha megoldható lenne a megye területén levő iskolák tanulóinak bemutatóra való részvétele az esti órákban. Szükség lenne egy kisebb hordozható távcsőre, mellyel a falusi előadásokat a helyszínen lehetne szemléltetni.

Fáy József
megyei titkár

ZALAEGERSZEG

Az 1962. november 12-én felavatott 30 cm-es tükrteleszkóp üzembe-helyezése egyelőre egy iskola udvarán történt a szabadban, a kedvezőtlen időjárás miatt így csak a nyári hónapokban lehetett a közönség szolgálatába állítani. A TIT országos központjától kapott 15 cm-es tükrös távcsövet a megyei szervezet Nagykanizsa részére ajánlotta fel és az ottani Városi Tanács támogatását kérte a műszer elhelyezéséhez. Még egy bemutató

műszerrel gazdagodott a megye: a Megyei Tanács VB a megyei szemléltető-
tár részére egy 7 cm-es hordozható távcsövet vásárolt.

A zalaegerszegi tükröteszkóp mellett működő csillagászati szakkör
szervezése folyamatban van. A szakkör iránt egyelőre főleg a középiskolai
tanulók részéről tapasztalható érdeklődés. A szakkört az újonnan létesült
Munkásotthon anyagi támogatásával szervezzük és remélhető, hogy az
üzemi dolgozók érdeklődését is sikerül felkelteni.

Zöldög Imre

a csillagászati szakosztály elnöke

A. G. MASZJEVICS:

A NEMZETKÖZI CSILLAGÁSZATI UNIÓ XI. KÖZGYŰLÉSE

1961. augusztus 14. és 24. között tartották meg Berkeleyben (Kalifornia állam, USA) a Nemzetközi Csillagászati Unió XI. kongresszusát. 36 országból kb. ezer csillagász találkozott Berkeleyben. Természetesen az Egyesült Államok delegációja volt a legnépesebb. 400 amerikai csillagász és családtagjaik töltötték be a kongresszus házigazdájának szerepét. A közgyűlés munkájában részt vett a szovjet csillagászok delegációja (45 tudós).

A kongresszus ünnepélyes megnyitása augusztus 15-re esett. A kongresszus résztvevői, az egyetem munkatársai és hallgatói, kb. 10 000-en gyűltek össze a kaliforniai egyetem egyik főépülete előtti téren, melyet igen sok zászló díszített. Az elnöklő *L. Goldberg* professzor, a Nemzetközi Csillagászati Unió alelnöke és a közgyűlést összehívó szervezőbizottság elnöke felolvasta az Egyesült Államok elnökének, *J. Kennedynek* a kongresszus résztvevőire intézett üdvözlő táviratát. Az Egyesült Államok állandó ENSZ képviselője, *Adlay Stevenson* nagy beszédet intézett a jelenlevőkhöz.

Oort professzor (Hollandia), a Nemzetközi Csillagászati Unió elnöke hangsúlyozta az Egyesült Államok tudósainak, különösen a világ legnagyobb távcsöveivel felszerelt kaliforniai obszervatóriumoknak nagy hozzájárulását a csillagászathoz, rövid áttekintését adta a jelenkori optikai és rádiócsillagászat fejlődésének és néhány javaslatot tett a Nemzetközi Csillagászati Unió nemzetközi kongresszusainak megszervezése tekintetében. Az Egyesült Államok Nemzeti Tudományos Akadémiája részéről *D. Menzel* professzor, a Kaliforniai Egyetem részéről pedig *D. Mac-Loughlin* professzor szólalt fel.

Az előző kongresszustól eltérőleg úgy állították össze a XI. közgyűlés programját, hogy nem a kongresszus idején, hanem közvetlenül előtte és utána tartották meg a tudományos szimpóziumokat.

Légkörön kívüli csillagászat

Az ezzel a problémával foglalkozó szimpóziumot abból a célból vették programba, hogy közel hozzák egymáshoz egyfelől a rakéták és a mesterséges holdak megalkotása terén dolgozó mérnöki műszaki

dolgozókat és konstruktőröket, másfelől pedig a csillagászokat, akik tudományos kutatásokra használják fel a mesterséges égitesteket.

Az előadások jelentős része a végrehajtott és tervbevett légkörön kívüli csillagászati kutatások és azon előnyök áttekintésével foglalkozott, melyekhez az égitestek szinképe vizsgálatának az ultrabolyga és infravörös tartományban kiterjesztésével jutnak el a csillagászok. Megtárgyalták a sugárzás-vevőkészülékekkel, a nagy távolságban fenn tartott rádióösszeköttetéssel, a mesterséges égitestek megfigyeléseivel és pályáik kiszámításával összefüggő kérdéseket. A légkörben végbemenő fényelnyelés, az éjszakai égbolt fénylése nem torzítja el a mesterséges holdakkal végzett csillagászati megfigyeléseket. Azonban a megfigyeléseket hátrányosan befolyásolja a műszer nem teljes stabilizálása, az, hogy egyelőre még csak viszonylag kisméretű távcsövek alkalmazhatók, továbbá az a körülmény, hogy az eredményeket rádió vagy televízió segítségével kell a Földre továbbítani, mindez további torzulásokat eredményez. Ebben az esetben igen hatékonyan bizonyulhatnak a mesterséges holdban közvetlenül a távcsónél levő elektronikus képerősítők. Az amerikai „Goddard Space Flight Centre” képviselői beszéltek a szinképelemző készülékkel felszerelt 36-hüvelykes űrtávcső tervéről. Ennek a tervnek a végrehajtása során egy sereg előre nem látott nehézséggel találták szemben magukat. Többek között megoldatlanok az ilyen távcső termikus viszonyainak és optikai beszabályozásának kérdései.

A Harvard-obszervatórium (USA) munkatársai a Mars-rakéták számára általuk tervezett optikai rendszerek sorozatáról számoltak be. Ezeknek a rendszereknek 13 változata — a legegyszerűbb Cassegrain-féle távcsőtől a legbonyolultabb Schmidt távcsövekig — a Mars tanulmányozására szolgál, 240 000 km nagyságrendű távolságtól kezdve egészen a felszínig. Javaslat hangzott el arra, hogy részletes térképek készítése céljából fel kell használni a bolygók felszínének mesterséges holdakról készült sztereoszkopikus felvételét. Megtárgyalták azokat az előnyöket, melyeket a földi észlelésekhez viszonyítva a világűrbe kivitt rádiótávcső nyújt (lehetőség arra, hogy tanulmányozzuk az égitestek milliméteres és hosszú hullámú rádiósugárzását, melyet földi viszonyok között az ionoszféra elnyel).

Nagy figyelemben részesült a Nap. A javasolt légkörön kívüli napmegfigyelések sorában ezek voltak a legfontosabbak: a napállandó mérése, relatív és abszolút energiamegoszlás a napszínkép ultrabolyga tartományában, a Nap egynémely emissziós vonala intenzitásának és profiljának mérése, a Nap-„kitörés” bekövetkezésének és természetének tanulmányozása, a szoláris korpuszkulaáramok és a gázmozgás vizsgálata a napkoronában. Rámutattak arra, hogy a naptevékenység részletes vizsgálata céljából fontos tanulmányozni a napfelszínen ural-

kode helyzet mint az idő függvényét, a Nap olyan sugárzásait, melyek nem hősugárzások. Ugyancsak megtárgyalták a csillagok és galaxisok légkörön kívüli megfigyelésének feladatait és az égi mechanikának néhány olyan kérdését, amely a mesterséges égitestek mozgásának elméletével kapcsolatos.

A mesterséges holdak optikai megfigyelésével és a megfigyelések tudományos célokra való felhasználásával összefüggő kérdés megtárgyalásakor hangsúlyozták a pontosabb időmérés szükségességét. A mesterséges hold viszonylag gyors mozgása következtében helyzete olyan pontossággal kerül meghatározásra, amellyel az észlelési időpontokat regisztráljuk.

A csillagászati idő jelenleg a Hold mozgása alapján kerül meghatározásra. Már régen kiszámították, hogy az elegendő magasságba (a légkör és a radiációs övezetek határain túl) felbocsátott és rendszeres megfigyelhetősége céljából elegendő nagyméretű mesterséges hold lehetővé teszi azt, hogy néhányszorosával pontosabban határozzuk meg a csillagászati időt. Az Egyesült Államokban 1960 augusztusában felbocsátott 30 m átmérőjű „Echo-1” szputnyik-ballon megfigyelésének tapasztalata azt mutatta, hogy az „ideiglenes”, vagy mint gyakran nevezik, asztrometriai szputnyik számára jelentős tömörséget (vagyis viszonylag nagy tömeget) kell előírni, azért, hogy kiiktassuk a napsugárzás nyomásának hatását, amely a könnyű „Echo-1” ballon tekintetében igen lényeges szerepet játszik.

Konferencia a galaxis-rendszerek instabilitásáról

A kaliforniai egyetem statisztikai laboratóriuma szervezte ezt a konferenciát. A galaxis-halmazok és csoportok instabilitásának kérdése igen időszerűvé vált az utóbbi évek során. A galaxis-halmazokba vagy csoportokba tartozó galaxisok tömegének annak alapján végzett meghatározása, hogy az egyes galaxisok populációjának belső mozgását vizsgáljuk, eltér azoktól a tömegértékektől, melyeket oly módon kaptunk, hogy statisztikai módszereket alkalmazunk az egészében vett halmaz sebességszórásának tanulmányozására. Ezen eltérés kiküszöbölése céljából vagy azt kell feltételezni, hogy a galaxis-halmazok és csoportok jelentős része pozitív összenergiával rendelkezik, vagyis instabilis objektumok és szétszóródnak a térben, vagy pedig azt kell tartani, hogy stabilisek, de a galaxisokban levő tömeg gyakorlatilag nem alkotja a halmaz egész tömegét, mint ezt eddig tartották, hanem annak csak kis (kb. egyszázad) részét teszi ki.

Az első esetben a galaxis-halmazok és csoportok instabilitásának kérdése arra a következtetésre vezet, hogy ezek a rendszerek viszonylag fiatalok és felmerül keletkezési mechanizmusuk kérdése. V. A. Ambar-

cumjan véleménye szerint egy „ösmag” osztódásának eredményeként jönnek létre a többszörös galaxis-halmazok és csoportok. Valószínűleg az óriási rádiógalaxisokban mennek végbe az osztódásnak és a sűrűsödésnek, sugár- és spirálkar-típusú új képződmények keletkezésének ilyen jelenségei. Ezen felfogás szerint a rádiógalaxisok az igen nagy felületi fényességű galaxisok valamiféle, valószínűleg igen rövid fejlődési szakaszát jelentik.

A második esetben fel kell tételeznünk, hogy a galaxis-halmazok tömegének kb. 99%-a a megfigyelés számára mindeddig hozzáférhetetlen intergalaktikus közeg alakjában létezik. A rádiógalaxisokat úgy értelmezzük, mint két, egymástól független csillagrendszer összeütközésének eredményét; itt a rádiósugárzás forrását az összeütköző rendszerek részét alkotó két gáztömeg összeütközésének energiája képezi.

A konferencia résztvevői élénken vitatták meg mindkét alternatívát. Különös figyelmet fordítottak a megfigyelési adatokra és azok értelmezésére. Így például, az Örmény SZSZK Tudományos Akadémiája bjurakani obszervatóriumának munkatársai számos, az instabilitás nyilvánvaló ismérveivel rendelkező többszörös galaxis-halmazt és csoportot vizsgáltak. *M.* és *J. Burbidge* amerikai csillagászok 6 olyan galaxis-csoportot tanulmányoztak, amelyek csaknem mind instabilisnek bizonyultak. *F. Holmberg* alapos elemzés alá vette a galaxisok radiális sebességeire vonatkozó adatokat és kimutatta, hogy ezek a galaxisok fényességének meghatározásában előfordult pontatlanságokkal összefüggő rendszeres jellegű hibákkal terhesek. Ha így áll a dolog (és ez a kérdés nagy vitát váltott ki, melynek eredményeként nem sikerült egységes véleményre jutni), akkor jelentős mértékben tévesek lehetnek a galaxisok mozgására vonatkozó ama megállapítások, melyek alapján instabilitásra következtetnek.

Az elméleti kérdések is nagy figyelemben részesültek (szuperhalmazok létezése, rádiógalaxisok létezése és szerepük a csillagrendszerek evolúciójában, galaxisok statisztikája és kozmológiai kérdések).

Az extragalaktikus kutatások problémái

Augusztus 10. és 12. között a kaliforniai egyetem santa-barbarai részlegében tartották meg az extragalaktikus csillagászzal foglalkozó szimpóziumot. A szimpóziumon a következő problémák kerültek megvitatásra az extragalaktikus kutatások problémái közül: normál-galaxisok, mint csillagrendszerek; többszörös galaxis-rendszerek és halmazok; rádiógalaxisok és végül a galaxisok, mint a Világegyetem részei.

Az extragalaktikus csillagászat, mint megfigyelő tudomány lényegében véve csak azután jött létre, miután nagy optikai, valamint rádió-

távcsöveket kezdtek alkalmazni a csillagászati kutatásokban, vagyis az utóbbi négy évtized folyamán. Jelenleg már sok olyan adat van birtokunkban, melyek kétségtelenül nemcsak a kozmológia szempontjából bírnak határozott fontossággal, hanem egyes hipotézisek ellenőrzéséhez is bizonyos kritériumot jelentenek.

Tudjuk, hogy a megfigyelhető csillagok túlnyomó többsége hatalmas galaxis-rendszerek állományába tartozik. A galaxisok mérete és a beléjük tartozó csillagok száma szerfelett különböző. A superóriás galaxisok sokszázmilliárd csillagot tartalmaznak, a törpegalaxisok pedig mindössze néhány milliót, átmérőik pedig 50 000-tól 500 parsekig terjedő határokon belül mozognak. A galaxisok viszont rendszereket alkotnak: galaxis-halmazokat, galaxis-csoportokat, többszörös galaxisokat.

Még mintegy húsz évvel ezelőtt azt tartották, hogy ahhoz hasonlóan, amint a Tejútrendszerben csillaghalmazokkal és társulásokkal telehintett általános stelláris tér létezik, a galaxis-csoportokon és halmazokon kívül létezik egy, a galaxisok túlnyomó többsége által alkotott általános galaxis-tér. Jelenleg egy általános galaxis-tér létezése ellen alapos kétségek hangzanak el. Mindenesetre a nagy fényerejű galaxisok tekintetében állítható, hogy túlnyomó többségük a halmazok, csoportok és csillagrendszerek állományába tartozik.

A megfigyelések közvetlen utalást adnak arra, hogy a galaxis-csoportok és halmazok térbeli megoszlása nem egyenletes. Ennek alapján azt tarthatjuk, hogy a galaxis-halmazok magasabbrendű rendszereket alkotnak — szupergalaxisokat. Viszont ezek az adatok kétségessé teszik a Világegyetem olyan modelljét, amely a benne levő anyag homogén eloszlásán alapul.

Nemrég jelent meg egy nagy galaxis- és galaxis-halmaz-katalógus első kötete, melyet *J. Herzog*gal és *R. Wildt*tel együtt *F. Zwicky* szerkesztett. Ez a kötet 15,7 magnitudónál fényesebb 9500 galaxis helyzetét, fotografikus méreteit és egyéb karakterisztikáit tartalmazza. Nyilván az összes ismert galaxis-halmaz két kategóriába sorolható: a viszonylag sűrű halmazok kategóriájába, melyek zömükben ellipszis alakú és szférikus szimmetriával rendelkező galaxisokból állanak és a szétszórtabb halmazok kategóriájába, melyek sok spirális alakú galaxist tartalmaznak és nem szimmetrikusak.

A megfigyelési adatok azt is bizonyítják, hogy a galaxisokban, különösen a superóriás-galaxisokban olyan nem stacionárius jellegű folyamatok játszódnak le, melyek nagy érdeklődésre tartanak számot. Ezek a jelenségek rendszerint a galaxis-magokkal függenek össze (gázok kiáramlása, anyagrögök kítaszítása, áramlások). A galaxis-magok azon aktivitási folyamatai a legérdekesebbek, melyek spirálkarok keletkezésével és a galaxisok szférikus komponensét alkotó

csillagok és csillaghalmazok kialakulásával függenek össze. Ezek a jelenségek nyilván különböző fejlődési szakaszokban mennek végbe és a magokban megfelelő változásokkal járnak együtt. Egyúttal megjegyzendő, hogy magának az egyes alrendszer-típusok keletkezési folyamatának különböző esetekben más és más jellegűnek kell lennie. Így pl. az M 32 galaxis valószínűleg nem tartalmaz gömbhalmazokat, miközben az Androméda-köd egy másik kísérője, az NGC 205 galaxis legalább kilenc gömbhalmazt tartalmaz. Az igen kis sűrűség-gradienssel rendelkező galaxisokban is vannak gömbhalmazok. Lényeges az, hogy a szférikus populáció felületi fényességének egységére jutó gömbhalmazok rendszerenként változnak. Ez sajátos kiegészítő paraméter a szférikus csillagrendszerek és alrendszerek karakterisztikájához. A megfigyelésekből kell tisztázni azt, hogy ez a paraméter miként függ össze ugyanezen rendszerek más paramétereivel (teljes felületi fényesség, sűrűség-gradiens).

A szuperóriás-galaxisok magjának igen nagymérvű aktivitásáról tanúskodik az a tény, hogy azokban a halmazokban, amelyekbe beletartoznak, rendszerint a rádiógalaxisok a legfényesebbek. Ha pedig a galaxis-halmazban van egy nyilván domináló galaxis, akkor rendszerint ez a rádiógalaxis. Érdekes megjegyezni, hogy az optikai objektumokkal azonosított rádiógalaxisok között jelentős százalékot alkotnak az elliptikus alakú galaxisok. A galaxis-színképeknek *Morgan* és *N. Maya* (USA) által végrehajtott vizsgálata arra a következtetésre vezet, hogy az elliptikus alakú galaxisok a *K* osztályba tartozó óriások színképtípusával rendelkeznek. Mindez ellentmond annak a jelenlegi elképzelésnek, amely szerint igen régiek ezek a galaxisok, és újabb problémákat vet fel az extragalaktikus csillagászat előtt; ezek a problémák a galaxisok evolúciójával, csillagösszetételével, alakjuk különbözőségével és azzal függenek össze, hogy a gáz miként oszlik el bennük. Egyelőre még nehéz végleges elméleti magyarázatát adni a galaxisok sajátosságainak, sok megoldatlan probléma vár még a kozmológiára is.

Az utóbbi időben érdekes munkákat végez *Zwicky* a más galaxisokban levő szupernova csillagok tanulmányozása terén. Kezdeményezésére különleges szupernova megfigyelőszolgálatot szerveztek az Egyesült Államokban; ebben a szolgálatban részt vesznek a legnagyobb obszervatóriumok. Ez lehetővé teszi az ilyen csillagok színképeinek tanulmányozását, nyomban azok felfedezése után, amíg még elég fényesek. Ez a szervezet már meghozta az első eredményeket. Így például, a palomari obszervatóriumban *J. Greenstenn*ek első ízben sikerült megbízható módon megállapítani azt, hogy a II. típusú szupernova csillagok színképeiben hidrogén-emissziós és abszorpciós vonalak vannak jelen. Az elnyelési vonalak alapján azt regisztrálták, hogy a kitörés után 11 000 km/mp-ről 7000 km/mp-re csökken a gázok mozgási sebesség.

sége. A felvillanás maximuma után az emissziós vonalak is eltolódnak az ibolya felé; ez az eltolódás azután megszűnik. Az I. típusú szupernova csillagok szinképeiben hidrogén-emissziós vonalak nem voltak megfigyelhetők. A megfigyelési adatok elemzésének eredményei egyébként arra utalnak, hogy a szupernovák jelenlegi felosztása két kategóriára (I. típus és II. típus) elégtelen. *Zwicky* jelenleg ezen csillagok új osztályozásán dolgozik.

Vizuális kettős csillagok

Berkeleyben augusztus 11. és 13. között tartották meg a vizuális kettős csillagokkal foglalkozó szimpóziumot. A csillagpárok tanulmányozása nemcsak azért bír nagy jelentőséggel, mert egyelőre ez az egyetlen módszer a csillagtömegek meghatározására. Sok érdekes kiegészítő adatot kaphatunk a pekuláris csillagok természetéről, ha az kettős rendszer összetevője. A közös mozgás által összekötött és valószínűleg közös eredetű csillagpár tanulmányozása lehetővé teszi az asztrofizikusok számára azt, hogy két azonos korú, de különböző fejlődésen keresztülment csillagot össze tudjanak hasonlítani. Mivel a kettős és többszörös csillagrendszerek száma igen nagy és nincs alapunk annak feltételezésére, hogy az ilyen rendszerekbe tartozó csillagok fizikai és kinematikai jegyeiket tekintve különböznek az egyes csillagoktól, az egész csillagvilágra jellemzőek azok a következtetések, melyeket vizsgálatuk alapján kapunk.

A szimpóziumon megtárgyalták a kettős csillagok megfigyelésének és a kapott fényképfelvételek kiértékelésének módszertanát. Hangsúlyozták, hogy nagyméretű modern reflektorokat kell használni az ilyen megfigyelésekhez. Egy jó reflektor több mint 60 hüvelyk tükörátmérővel felülmúlja csaknem az összes létező lencses távcsöveket. Az ilyen műszer felhasználása lehetővé tenné, hogy jelentősen megnöveljük a megvizsgált rövid periódusú szoros kettős csillagok számát. A nagy reflektorok alkalmazása interferométerrel együtt szintén jelentősen megjavítja a szoros párok megfigyelésének eredményeit. A Lowell-obszervatóriumban (USA) szoros kettős csillagok fényképezésére sikerrel alkalmaznak elektronoptikai sokszorozókat. Ennek során kb. százszorosával csökken az exponálás. Bejelentették, hogy elkészült az 1961-ig ismert 45 000 kettős csillag index-katalógusa. *Jeffers* és *Van den Boss* állították össze a katalógust. Befejezés előtt áll a megfigyelési adatokat tartalmazó katalógus; ez lyukkártya-rendszer; a lyukkártyákra rávitték eme kettős csillagok mérési eredményeit. Ez a katalógus túlságosan terjedelmes ahhoz, hogy könyvalakban adják ki, de néhány másolatát átadják különböző országok csillagászati obszervatóriumainak.

A napkorona tanulmányozásával foglalkozó szimpózium

Ezt a szimpóziiumot augusztus 20. és 30. között tartották Cloudcroftban (Colorado állam), egy üdülőhelyen, amely nem messze fekszik a Sacramento Peak magashegységi napobszervatóriumtól. A szimpóziium a napkorona fizikájával foglalkozott. Nagy figyelmet fordítottak a Nap aktív zónái fölött levő napkorona-zónák struktúrájának sajátosságaira. Az utóbbi években, különösen az NGÉ idején nagyszámú spektroszkópiai, polarimetriai és rádiócsillagászati vizsgálat eredményeként teljesen új elképzelés született meg a napaktivitási központok fölötti napkoronáról, mint olyan képződményről, melyet fokozott sűrűség jellemez, amely „befagyott” mágneses térrel rendelkezik és nagy távolságra terjed a Naptól. Különösen fontos az a kérdés, amely ezekben a zónákban a korpuzskula áramok természetére és eredetére, valamint a geomágneses aktivitással való összefüggésre vonatkozik. A csillagászok sikerrel foglalkoznak ezekkel a problémákkal a Boulder magashegységi napobszervatóriumban, a krími asztrofizikai obszervatóriumban, a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának Csillagászati Tanácsában, a meudoni obszervatóriumban (Franciaország) és számos más tudományos intézményben. Még a következő érdekes problémák is megvitatásra kerültek a szimpóziiumon: protuberanciák keletkezése a koronából a koronális gázok kondenzációja útján, a kromoszférikus lélek kölcsönhatása a koronával, mágneses mezők a koronában stb. Jelentést tettek a Nap röntgen- és ultraholya sugárzásának mesterséges holdakról és rakétákról végzett vizsgálati programjáról, melyet az Egyesült Államok Országos Kutatólaboratóriuma vett tervbe. Tervbe vették egyes részletek (koronális kondenzációk, kromoszférikus fellobbanások) mesterséges holdakról való tanulmányozását a 8–20 és 40–60 Å hullámsávban, a Nap leképezésének letapogatását L_{α} -ban (1 ívperc felbontással) és a korona polarizációjának vizsgálatát (1–2 naprádiusz) két kölcsönösen merőleges irányban. Kis mesterséges holdakra műszereket szerelnek fel a röntgensugárzás regisztrálására a 2–8 Å és 8–20 Å tartományban, valamint az ultraholya sugárzás regisztrálására az 1150–1350 Å tartományban. Továbbá tervbe vették, hogy az 1–4 Å sávban vizsgálják a spektrumot. Különböző gázokkal töltött ionizációs adókészülékek alkalmazásával fogják tanulmányozni az 1000 Å-nél rövidebb napsugárzást.

Francia tudósok a 200–3000 Å tartományban tervezik a koronaspektrum tanulmányozását. 200 km magasságba rakéta viszi fel a koronográfot.

A Nemzetközi Csillagászati Unió Végrehajtó Bizottságának külön felkérése alapján augusztus 16-án a kongresszus résztvevői számára *J. van Allen* (USA) tartotta az első áttekintő előadást erről a témáról: „A Föld mágnestere által befogott korpuszkuláris sugárzás dinamikája, összetétele és eredete”. Az előadó a kérdés történetével kapcsolatban részletesen foglalkozott *Birkeland* első kísérleteivel, aki 1896-ban elsőnek tanulmányozta laboratóriumi viszonyok között a katódsugarak mágnes térben való mozgását, valamint *Störmer* elméletével a töltések részecskének dipólus-mezőben való mozgásáról, amely elmélet a sarki fény meghatározását célozta, továbbá *Alfvén* elméletével, melynek segítségével egyes esetek részletesen kiszámíthatók.

Megjegyezve, hogy a nagy elektronáramlások létezésére már az 1950-ben végrehajtott rakétakísérletek alkalmával kaptuk az első utalásokat, van Allen részletesen elmondta, hogy az első szovjet és amerikai mesterséges holdakra szerelt műszerek segítségével miként fedezték fel a Föld körüli sugárzási övezeteket, részletesen beszélt ezen övezetek természetéről, méreteiről és az azokat alkotó részecskék energiájáról. Ugyancsak megtárgyalásra kerültek a töltések korpuszkulák eredetére vonatkozó különböző hipotézisek, valamint az a kérdés, hogy ezek a korpuszkulák milyen kapcsolatban vannak a Nappal.

A „Csillagevolúció” témáról augusztus 18-án *M. Schwarzschild* (USA) tartotta a második előadást. Megtárgyalva a csillagevolúcióra vonatkozó modern elképzeléseket, Schwarzschild három alapvető folyamatot emelt ki, melyek a különböző csillagok evolúciójának sebességét meghatározzák: a nukleáris, termikus és dinamikus folyamatokat. Ha a csillagban főleg az annak belsejében fellépő nukleáris reakciók következtében mennek végbe változások, akkor az evolúció lassú lesz. A Nap tömegével rendelkező csillag 10^{11} évig maradhat ilyen stádiumban. Jóval gyorsabb lesz az evolúció, ha dinamikus és nem termikus egyensúlyban van a csillag, például a gravitációs erő hatására összehúzódik. Ilyen stádiumban kb. 10^7 év a Nap tömegével rendelkező csillag élettartama. A katasztrofális evolúció a leggyorsabb, amikor még dinamikus egyensúlyban sincs a csillag: ilyen például a nova vagy szupernova csillag fellobbanása. A Nap-típusú csillag tekintetében néhány óráig tart az ilyen fellobbanás.

Az utóbbi évek nagy vívmánya volt az, hogy az elméleti evolúciós görbéket a csillaghalmazok empirikus fényesség-spektrum diagramjaival összehasonlítva határozták meg a csillagok életkorát. Azonban a modern elmélet legfőbb nehézsége abból áll, hogy a legrégebb objektumoknak a csillagevolúció elmélete alapján meghatározott életkorát csaknem háromszorosával meghaladja azt az életkort, melyet a galaxis-

színképekben észlelt vörös-eltolódás alapján) a kozmológiai elméletek eredményeznek. Schwarzschild azt tartja, hogy ennek az eltérésnek a kiküszöbölése céljából tökéletesíteni kell a csillagmodellek számítását, különösen a fősorozathoz tartozó csillagokét és a vörös óriásokét.

Az „Extragalaktikus csillagászat” témáról augusztus 21-én V. A. Ambarcumjan (Szovjetunió) tartotta az utolsó előadást. Az előadó részletesen jellemezte az extragalaktikus kutatások jelen állását. Miután megtárgyalta az anyagnak a Világegyetem általunk ismert részében való eloszlásával összefüggő legfontosabb megfigyelési adatokat és miután hangsúlyozta, hogy a galaxisok rendszerint egymástól elszigetelt rendszerek, az előadó azokkal az esetekkel foglalkozott, amikor ez az elszigeteltség megbomlik (egymással kölcsönhatásban levő galaxisok, hidak és fonalak által összekötött galaxis-párok stb.). Nagy figyelmet fordított a galaxis-csoportok és halmazok instabilitására és a galaxis-magokban végbemenő folyamatokra. Az előadó véleménye szerint van valami közös, egyfelől a galaxis-halmazok nem stacionárius voltának jelenségei, másfelől pedig a Metagalaktika tágulásának jelensége között.

A magokból kitaszított és azután mérsékelt vagy gyenge felületi fényességű egész galaxisokká átalakuló nyúlványokra és a magok osztódására vonatkozó adatok fényében valószínűvé válik az az elképzelés, hogy többszörös rendszerek és egész csoportok keletkeznek egy ósmagnak több magra történt hasadása eredményeként.

Azokban az esetekben, amikor egy nagy felületi fényességű központi galaxis van a csoportban, a gyenge galaxisok keletkezésének főleg a nagy felületi fényességű galaxis tevékenységével kell összefüggenie. A megfigyelések arra utalnak, hogy bár az összes nagy halmazban vannak szuperóriás galaxisok, ez utóbbiaknak csak kis hányada rádiógalaxis. Ilyenképpen a galaxisok fejlődésében a rádiósugárzó aktivitásnak viszonylag rövidtartamú fázisnak kell lennie. Azt kell gondolnunk, hogy a rádiósugárzó ágensek keletkezése a magokból nagyobb tömegek eltávolodását kísérő olyan jelenség, amely a különböző kozmogóniai folyamatok meghatározott szakaszában megy végbe csupán.

Habár az extragalaktikus csillagászat nagy lehetőségekkel rendelkezik a magok aktivitásának tanulmányozása terén, mégis ezen aktivitás különböző fajtáiról igen keveset tudunk. Még kevesebbet tudunk azokról a paramétereikről, melyek ezen magok integráns tulajdonságait jellemzik (felületi fényesség, tömeg, szín, méretek, forgás). Végül, ezen magok belső szerkezetéről semmit sem tudunk. A kutatások számára az extragalaktikus csillagászatnak ezen a területén nyílik a legtágabb tér.

Az egyetem nagytermében angol nyelven tartották az előadásokat. Egyidejűleg két szomszédos teremben francia és orosz nyelvű fordítás-

ban közvetítették azokat. Ezekben a termekben televíziós készüléket szereltek fel, úgy, hogy mind magát az előadót, mind pedig az általa bemutatott összes illusztrációkat is láthatták a hallgatók.

Ambarcumjan előadása után színes filmet mutattak be a krími asztrofizikai obszervatóriumban felszerelt, 2,6 m átmérőjű tükrös távcsőről.

A közgyűlés plenáris ülései

Az összes résztvevő részéről érdeklődésre számot tartó, egy sereg általános kérdés került megtárgyalásra a plenáris üléseken. Két határozatot hoztak, melyek elítélik az úgynevezett *West Ford* tervet. Ezek a határozatok felhívják a világűrben kísérleteket folytató összes kormányok figyelmét arra, hogy előzetesen gondosan meg kell vizsgálni az olyan kísérletek lehetséges következményeit, melyek az optikai és rádiócsillagászat számára ártalmasnak bizonyulhatnak.

Tudvalevőleg az Egyesült Államok a *West Ford* terv szerint 1961 végén néhány ezer kilométer magasságba 35 kg súlyú és 1,77 cm hosszú fémdipólusból (tűből) álló felhőt szándékozott felbocsátani. Ezeknek a tűknek 30—40 napon keresztül olyan folytonos övezetet kell az űrben alkotniuk, amelyen tanulmányozni lehet azt, hogy a továbbiakban híradástechnikai feladatokra miként hasznosíthatók a hasonló (jóval nagyobb összsúlyú) övezetek. Az ilyen övezet fennmaradását néhány évre tervezik; ez az övezet lassan szétszóródik az űrben és a napsugárzás nyomásának hatására mindaddig megnyúlik, amíg a perigeum be nem lép a légkör sűrű rétegeibe.

A Nemzetközi Csillagászati Unió rádiócsillagászati bizottsága részletesen megtárgyalta ezt a kísérletet és olyan határozatot hozott, melyben élesen elítéli mind a *West Ford*, mind pedig eme terv kidolgozásának oly értelmű sajátosságait, hogy a tűk súlyát növelni kell; ugyanis az ilyen övezetek élettartama a tervezettnél jóval hosszabbnak bizonyulhat és ezek az övezetek komoly akadályvá válnak a rádiócsillagászati kutatások számára. A közgyűlés támogatta a rádiócsillagászok határozatát, ugyanúgy az Amerikai Csillagászati Társulatét is, amely szintén határozottan állást foglalt a *West Ford* terv megvalósítása ellen. Mint kiderült, az Egyesült Államok a tudósok tiltakozásai és figyelmeztetései ellenére október 21-én megpróbálta végrehajtani ezt a kísérletet. A kísérlet kudarcot vallott.

A közgyűlés elfogadta az angström hosszúságegységnek 10^{-10} m-ben való új meghatározását. Az angströmnek a kadmium vörös vonala alapján történt meghatározását (1907) hatályon kívül helyezték, mivel a méter most a 86 atomsúlyú kripton vonala alapján pontosabban kerül meghatározásra.

A plenáris ülések lényegében véve szervezési kérdésekkel foglalkoztak. A Nemzetközi Csillagászati Unió új elnökévé *V. A. Ambarcumjan* akadémiust választották meg egyhangúlag; alelnökök: *L. Goldberg* (USA), *R. Stoy* (Délafrikai Unió), *B. Sternberg* (Csehszlovákia), *R. Petri* (Kanada), *G. Haro* (Mexikó) és *I. Hagihara* (Japán).

A Nemzetközi Csillagászati Unió főttkára a következő közgyűlésig *D. Sadler* (Anglia) maradt, a főttkár helyettesévé *J. Pecquert* (Franciaország) választották meg. Úgy határoztak, hogy 1964 augusztusában Hamburgban (NSZK) tartják meg a Nemzetközi Csillagászati Unió XII. közgyűlését. A Nemzetközi Csillagászati Unió elnökeinek, alelnökeinek és szervezőbizottsági tagjainak a közgyűlés által jóváhagyott jegyzékén 24 szovjet csillagász szerepel.

Bizottsági ülések

A kongresszus idején a Nemzetközi Csillagászati Uniónak 44 bizottsága ülésezett: a szervezési kérdések felvetésén kívül tudományos előadások és beszámolók is elhangzottak ezeken az üléseken. Sok érdekes beszámoló hangzott el a bolygók fizikájával és a Hold alakjával foglalkozó bizottságok ülésén. *Kuiper* (USA) bemutatta Hold-atlaszának újabb folytatását. Ugyancsak bemutatták a holdfelszín néhány részletének hipszometrikus térképeit. Angliában és az Egyesült Államokban intenzív munkák folynak a szelenodézia (holdméréstan—*ford.*) területén. Megvitatásra került a holdfelszín domborzatának tanulmányozására szolgáló hosszú gyújtótávolságú távcsövek készítése. Külön ülést szenteltek a Marsnak és a Vénusznak. Bemutatásra kerültek öme bolygóknak a Lallemande elektronikus kamera segítségével készült térképei. *Mattoni* (Olaszország) az oppozíciók idején különböző országokban készült fényképfelvételek alapján összeállította a Mars szintetikus térképét. Ezeket a térképeken jól kiemelkednek a részletek és az 1958-i homokviharak idején végbement reális változások.

Dollfus (Franciaország) a napkorong előtt történt átvonulás alapján újból megmérte a Merkúr átmérőjét és beszámolt ezeknek a méréseknek az eredményeiről. $6'',63 \pm 0'',07$ értéket kapott.

A rádiócsillagászok beszámoltak a Merkúr hősugárzásának megfigyeléseiről. A bolygó megállapított hőmérséklete: $T_{\text{eff}} = 350 \text{ K}^\circ$. A rádiócsillagászati bizottság határozatot hozott arról, hogy kiadják a Nap által kibocsátott rádiófrekvenciás sugárzás rádiósugár-kitörései dinamikus spektrumainak atlaszát. A csillagok belső felépítésével foglalkozó bizottság részletesen megtárgyalta azt a kérdést, amely a különböző csillagpopulációk korának a csillagevolúció-elmélet alapján való meghatározására, a csillagpulzálásra és arra vonatkozik, hogy a csillagmodellek számításához a nagy elektronikus számítógépek alkalmazhatók.

A változócsillagokkal foglalkozó bizottságban *R. Craft* (USA) beszámolt az U Gemini típusú novaszzerű változókról végzett kutatásairól. Négy ilyen típusú csillag 0,17—0,39 nap periódussal spektrálisan kettősnek bizonyult. Ezek tömegükhöz viszonyítva (4—5 magnitúdóval) csökkent felületi fényességű törpék. Az U Gemini típusú csillagoknál sok a közös vonás a jólismert W Úrsa Maioris típusú kettős csillagokkal. *R. Craft* véleménye szerint mindkét csillagtípus genetikusan összefügg egymással.

Az égi mechanika specialistái erről a témáról folytattak vitát: „Az égi mechanikával szemben támasztott követelmények efemeridák kiszámításakor”. Megtárgyalták a nagy bolygók mozgására vonatkozó jelenlegi elméletek hiányosságait, és azt, hogy a Mars, Vénusz és a Föld mozgására vonatkozó újabb tökéletesített elméleteket, valamint a csillagászati állandók pontosabb értékeit kell felvenni a csillagászati évkönyvekbe.

A Nap tanulmányozásával foglalkozó bizottság külön ülést szentelt az új megfigyelési módszereknek. *Dollfus* (Franciaország) a Pic du Midi obszervatórium fényelektromos polariméterének működéséről beszélt, az amerikai csillagászok az ultraibolya színeképtartományban rakéták segítségével végzett fotografikus napmegfigyelések eredményeit fejtegették. 180—235 km magasságba bocsátották fel a rakétákat. A spektrogramokon 200 Å-ig jól láthatók a sugárzási vonalak, különösen a HeII (= 304 Å) vonalak. Beszámoltak a Nap ultraibolya és röntgen spektrumának szovjet tudósok által mesterséges holdak és rakéták segítségével elért vizsgálati eredményeiről. Azt is megtárgyalták, hogy milyen előnyökkel jár a szoláris granulációnak nagy magasságban (sztratoszfátokról) integrált fényben való fényképezése.

Külön ülést szenteltek a Napon jelentkező fellobbanásoknak. A „Szoláris mágnesterek” általános vitájában beszámoltak az Egyesült Államokban, a Szovjetunióban, Svédországban, Svájcban, Franciaországban, Írországban az utóbbi évek során folytatott megfigyelések eredményeiről és azok elméleti értelmezéséről. A Carte du Ciel bizottság megtárgyalta eme térkép katalógusai további kidolgozásának kérdéseit; eme katalógusok utolsó kötetei most vannak sajtó alatt. Egységes alaprendszerbe kell foglalni a különböző obszervatóriumok katalógusait; ebből a célból minden egyes lemezen újra ki kell számítani az alappontként szolgáló csillagok helyzetét. Ezt a hatalmas munkát, amely a lemezek összes állandó redukciójának átszámítását is szükségessé teszi, elektronikus gépeken fogják elvégezni.

A Nap és a Föld közötti kapcsolatokkal foglalkozó szakmaközi bizottság megtárgyalta az NGÉ során végzett szoláris-földi megfigyelések egybevetésének eredményeit. A csillagspektrumokkal foglalkozó bizottságban nagy érdeklődést váltott ki az amerikai csillagászok beszámolója a korai színeképosztályokba tartozó csillagok ultraibolya

színképtartományában rakéták és mesterséges holdak segítségével végzett vizsgálatok első eredményeiről. A *Be* csillagok spektrumaiban megállapított energiamegoszlás az elmélettel nem egyezik. Ezt nyilván a rakétákról kapott spektrumoknak nem eléggé pontos standardizálása váltja ki.

A magnetohidrodinamikával foglalkozó bizottság ülésén ez a probléma került megtárgyalásra: „Az interplanetáris közeg elektromágneses állapotának vizsgálata rakéták és mesterséges holdak segítségével”. Nagy érdeklődést váltottak ki ama szovjet kutatások eredményei, melyek a töltéses részeknek és a mágneses mezőnek az interplanetáris térben való koncentrációjával kapcsolatosak. A „léggörön kívüli csillagászat” bizottsági ülésén meghallgatták az Egyesült Államok, a Szovjetunió, Franciaország, Anglia, Japán képviselőinek beszámolóit a mesterséges holdak és rakéták segítségével végzett kísérletek tudományos eredményeiről. Az Egyesült Államok tudósai azokról a munkákról beszéltek, melyek során rakéták segítségével tanulmányozzák a Nap ultraibolya spektrumát. Ezeket a munkákat 1959-ben kezdték el. 1300 Å-től 60 Å-ig terjedő tartományban 86° szögben beállított homorú ráccsal rendelkező monokromátor és fényelektromos vevőkészülék segítségével történik a színkép regisztrálása. Az 1960. január 19-i (magasság 210 km), 1960. január 29-i (magasság 225 km) és 1960. augusztus 23-i felbocsátások bizonyultak a legérdekesebbnek. Nagyszámú színképvonalat kaptak, többek között a hidrogén, hélium és az ionizált hélium Lyman-sorozatának vonalait.

Egyetlen cikk keretei nem teszik lehetővé azt, hogy az összes bizottságok munkájáról beszámolhassunk. Megjegyzendő, hogy a kongresszus idején igen nagy figyelmet fordítottak az egyre inkább fejlődő űrkutatással kapcsolatos léggörön kívüli megfigyelésekre és arra, hogy az új technika, különösen az elektronikus számítógépek a csillagászati megfigyelések feldolgozására miként alkalmazhatók.

*

Egészében véve igen jól szervezték meg a kongresszust és az minden tekintetben érdekes volt. Rendszeresen megjelent egy külön közlöny, amelyben közzétették a kongresszus legérdekesebb eseményeit.

Az amerikai csillagászok nagy vendégszeretetet és szívélyességet tanúsítottak külföldi kartársaik fogadásakor.

NAGY ERNŐ:

A MESTERSÉGES ÉGITESTEKEL ELÉRT TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Alábbi összefoglalásunk elsősorban az 1961. év elejétől 1962 közepéig lezajlott kísérletek tudományos tanulságait kívánja ismertetni, különös tekintettel a korábbi Csillagászati Évkönyvekben megjelent cikkekre. Megállapítható, hogy az űrkutatás fejlődése, a különféle eljárások kifinomítása igen kedvezően befolyásolja a tudományos kísérletek menetét és a tudósok számos valóban érdekes, újszerű eredmény birtokába jutottak, amelyek alapján további, részben ellenőrző, részben felderítő jellegű űrkísérletek megtervezése van folyamatban.

Talán a legcélszerűbbnek azt a felosztást tekinthetjük, ha a különféle tudományos eredményeket az egyes kozmikus objektumokhoz kapcsoljuk hozzá, mert hiszen tulajdonképpen az egyes űrkutatási kísérleteket is e szempont figyelembevételével szervezik meg. Igaz ugyan, hogy pl. egy-egy holdrakéta-kísérlet során lehetőség nyílik geofizikai és szelenofizikai mérések lebonyolítására és ily módon két különböző kísérletcsoport összekapcsolására, mégis az eredmények tárgyalása szempontjából a legcélszerűbb, ha a „lokalizált” tárgyalás-módot választjuk.

A megismerés tárgya szerint tehát összefoglalhatjuk a Földdel, a Föld és Hold közötti bolygóközi térrel, a Holddal kapcsolatos kutatásokat. Külön kell megemlékeznünk a kozmikus-biológiai kutatásokról, beleértve az űrhajókkal (Vosztok stb.) elért eredményeket, valamint külön kell tárgyalnunk a Naprendszerrel és ezen belül a Nappal és a kozmikus sugárzással kapcsolatos újabb ismereteinket. Végül röviden rámutatunk a kísérletek várható menetére, különös tekintettel azokra a területekre, amelyeken az ENSZ vonalán megindult kezdeményezés és a *Hruscsov—Kennedy* levélváltás nyomán nagyobb arányú nemzetközi együttműködés várható.

A Föld kutatása

Magától értetődő, hogy a Földnek és közvetlen környezetének kutatása primer feladat az űrkutatás mai szakaszában. Hiszen az első mesterséges holdakat is a Nemzetközi Geofizikai Év keretében indították,

ugyanilyen céllal. Földünknek, energiaháztartásának, közvetlen környezetének és az ezt befolyásoló tényezőknek a jobb megismerése elsődlegesen fontos a földi élet szempontjából és éppen ez az a terület, ahol a nemzetközi együttműködés is a legtöbb jót hozhatja.

Érthető, hogy a mesterséges holdakkal kapcsolatos eddigi mérések elsősorban a földi légkör állapotának, állapotjellemzőinek meghatározására és — ami még fontosabbnak bizonyult — változásuk dinamikájának megállapítására irányultak. A földi légkör olyan mértékben befolyással van az emberre és termelőtevékenységére, az egész emberiség életére, hogy ezen a téren minden felismerés és annak várható gyakorlati hasznosítása a Föld minden lakója számára maradandó haszonnal járhat.

Az első mesterséges holdak indítása után azonnal megkezdődtek a földi légkör alaposabb vizsgálatai. Már olyan tényezőkből is, mint pl. az első szputnyikok pályamenti fékeződése, Földünk légkörére vonatkozólag igen fontos adatokat lehetett megállapítani. Ahhoz azonban, hogy a mérési eredményeket megfelelőképpen értelmezni lehessen, bizonyos légköri modellekre, a légkör felépítésére vonatkozó elképzelésekre kellett támaszkodni és amennyire ez a tényleges adatok tükrében kiderült, a korábbi rakétás mérések alapján megalkotott légköri modellek használhatatlannak bizonyultak. 220 km-en a légkör sűrűsége $2,5 \cdot 10^{-14}$ g/cm³ értékűnek adódott. Egyáltalában helytelennek bizonyult az az elmélet, amely a földi légkört többé-kevésbé sztatikus, minden állapotjellemben többé-kevésbé változatlan levegőburoknak tekinti. (Az egyik ilyen modell szerint 200 km felett a légkör hőmérséklete állandó, 1000 K° alatti értékű lett volna, sűrűsége pedig rendkívül kicsiny.) E szemlélet helyébe a dinamikus szemléletet kell helyettesítenünk, amelynek értelmében a földi légkör állandóan változik és a Föld bármely pontja felett az idő függvényében állandóan más és más magasságú, sűrűségű stb. lógréteg helyezkedik el. Az egyetlen aránylag állandónak tekinthető valami: a légkör összetétele, amely kb. 1000 km magasságig nem változik a földi összetételhez képest (79% N₂, 21% O₂), s amelyben csupán az egyes nemes gázok, valamint a széndioxid helyett jelentkeznek más, ritkább vegyületek, és a kétatomos molekulájú gázok helyébe lépnek az egyatomos molekulájú gázok. Mindenesetre új felismerés (amely még részletesebb igazolásra szorul), hogy 1000 km feletti magasságban Földünk légkörében a másodlag legkönnyebb gáz, ti. a hélium található. Ezzel kapcsolatban érdemes arra utalni, hogy régi, elavult légköri modellek szerint a hélium létezését már a légkör 60 km feletti rétegeiben feltételezték.

A nátriumfelhő terjeszkedése alapján szovjet kísérletekben mért lórkör-sűrűség 430 km magasságban $2,3 \cdot 10^{-16}$ g/cm³ értékűnek adódott. De ez is „pillanatnyi” érték, amely az alábbiak szerint sokféle ok miatt ingadozik, fluktuál.

Földünk légköre a mesterséges holdas mérések tanúsága szerint állandóan változik, szinte „lélegzik”. Az egymást váltogató terjeszkedés és összehúzódás okát elsősorban a Földön kívüli energiaforrások hatásában kell keresnünk. Paetzold véleménye szerint ezek a hatások négy csoportba foglalhatók össze és részben hullám jellegű, részben részecske jellegű sugárzásokból fakadnak.

A sugárzási hatások között hullámeredetre vezethetők vissza: a Nap aktivitásából és az éjszaka-nappal periodikus változásából eredő változások. Részecske eredetű hatásokra vezethetők vissza a mágneses viharok és a bolygóközi térben fellépő plazmahatás. A pontosabb elemzés szerint mindezek a hatások két tényező szorzatára bonthatók, ahol az egyik a magasság függvényében változik (tehát csupán a Földtől vett távolságtól függ), a másik pedig a Földön kívüli energiaforrás intenzitásától, ill. ennek az évszakok szerinti változásától függ.

Kiderült, hogy a légkör sűrűség-ingadozásai jelentős mértékben függenek a napfoltok számától. Erre már korábban is, az ionoszférában mért elektronsűrűség változásából, következtettek. A Nap aktivitásának hatására már egyetlen adat is jellemző: 600 km magasságban a naptevékenység maximuma idején a levegő sűrűsége négyszer akkora, mint a naptevékenység minimumakor.

Az éjszakák és nappalok periodikus változása és ennek megfelelően a földfelület egyes részeinek változó energiafelvétele, ill. leadása ugyancsak erőteljesen befolyásolja a légkört. A nappal és éjszaka hatása a magasság növekedtével egyre fokozódik. A változás maximuma délután 14 órakor van (helyi idő szerint), minimuma pedig reggel 5 órakor.

Erőteljes mágneses viharok esetén a légkör sűrűsége jelentékenyen megnő. A Szputnyik-3-on végzett mérések szerint (1960. április 1.) 170 km magasságban a levegő sűrűsége egy mágneses vihar alatt 40%-kal megnőtt. Ez az egyetlen mágneses vihar a Szputnyik-3 élettartamát 10 órával rövidítette meg! Egy másik mágneses vihar során 1960 novemberében a magasan haladó Vanguard-1 mérése szerint 650 km magasságban a levegő sűrűsége hétszeresére nőtt. A mágneses vihar hatását az ionoszférában fellépő magnetohidrodinamikai hullámabszorpció elméletével jól lehet magyarázni.

A bolygóközi tér plazmája éves, ill. féléves hatásokat hoz létre a földi légkör változásaiban, amint ezt több mesterséges égitest fékező-désének kiértékeléséből megállapították. A hatás maximuma novemberben, ill. (a féléves periódusú összetevőnél) márciusban és szeptemberben van. Közvetett bizonyítékait már korábban is az északi fény fellépéséből, valamint a rádióhullámok terjedésére vonatkozó vizsgálatokból megállapították.

Érthető módon a földi légkör vizsgálatai ezenkívül az ionoszféra és az exoszféra vizsgálataira összpontosulnak. Az ionoszféramérések

gyakorlati jelentősége a rádióhullámok terjedési vizsgálatai szempontjából is rendkívül nagy, az exoszférára vonatkozó mérések pedig a tudomány területén szűz terület feltárását jelentik, hiszen csupán a mesterséges holdak felhasználása óta van lehetőség arra, hogy a földi légkörnek erről a szakaszáról megbízható ismereteket szerezzünk.

Mi a lényege mindezeknek a vizsgálatoknak?

A légkör kutatói megegyeznek abban, hogy többé nem lehet sztatikus, állandó légköri modellekkel dolgozni, hanem figyelembe kell venni a légkör pillanatnyi állapotát befolyásoló részben kozmikus tényezőket. Közepes naptevékenység esetén a földi légkör hőmérséklete 300 km magasságban kb. 2000 K° és a naptevékenység minimuma esetén 1000 K°. Az erőteljes naptevékenység során 2400 K° hőmérsékletet is mértek, sőt mágneses viharok idején rövid tartamra 3000 K° fölötti hőmérsékletek várhatók ugyanebben a magasságban. A levegő sűrűsége 1000 km magasságban 10^{-16} g/cm³ (mint maximum) és 10^{-19} g/cm³ (mint minimum) között változik, az éjszakai középérték pedig kb. 10^{-17} g/cm³. Ekkora nagyságrendű változások esetén az *állandó* légkör feltételezése teljesen indokolatlan és megengedhetetlen.

Igen érdekesek a földi légkörben észlelt különböző porgyűrűkre vonatkozó adatok. A mesterséges holdak fékeződéséből és számos más (pl. ionsapdás) mérésekből kiderült, hogy Földünk légkörében (az exoszférában és a Föld-Hold bolygóközi térben) rendkívül „nagy” mennyiségű kozmikus eredetű por van. A porrészecskék sűrűségét 1500 km magasságban $5 \cdot 10^{-19}$ g/cm³ értékre teszik. Kiderült az is, hogy 100 000 km távolságban a bolygóközi anyagból származó porréteg egy újabb gyűrűvé sűrűsödik össze és helyi maximumot mutat.

Ezeknek a részecskéknak, anyagoknak, összetételüknek, szemcsenagyságuknak stb. pontosabb meghatározása még a jövő feladata.

Rendkívül érdekes eredményeket mutattak a szovjet szputnyikűrhajókon elhelyezett sugázmérő műszerek, amelyek Földünkön az Atlanti-óceán déli részénél és a déli sarkvidék közelében két sugárzási anomáliás övezet jelenlétét bizonyították be, ahol a sugárzás helyi sűrűsége egy-egy elliptikus hengerhez hasonló térrészben hirtelen megváltozik. E jelenség pontosabb magyarázatával még adós a tudomány.

A meteoritveszélyre való tekintettel a mikrometeoritek sűrűségét is állandóan mérik. Annyi bizonyos, hogy a meteoritüttközés veszélye nem oly súlyos, mint ezt korábban feltételezték, de néhány mesterséges égitest tönkremenetele, elhallgatása, torz pályára sodródása tanúskodik arról, hogy a kérdés egyértelmű tisztázásától még nagyon messze járunk. A meteoritüttközések gyakorisága olyan széles határokon belül ingadozik, hogy csak az eddigi sokszorosát kitevő tényanyag birtokában lehet a meteoritveszélyt megbízhatóan előrejelteni.

A Föld alakjának jobb megismerését segítették elő a mesterséges holdak pályaanomáliáinak részletes elemzései, amelyekből kiderült, hogy bolygónk alakja nem forgástest, hanem általános ellipszoid.

Az előbbieken a Földdel kapcsolatos új felismerések néhány módszeresen kiragadott részletét tárgyaltuk. Ezek mellett azonban nem szabad megfeledkeznünk arról, hogy Földünk légkörében jelenleg nagyobb számú mesterséges hold tanulmányozza — különleges felműszerezéssel — a földi légkör változásának dinamikáját, és így a kapott eredmények részletesebb kiértékelése rendkívül sok új részletadattal szolgálhat. S ha még ezenkívül azt is tekintetbe vesszük, hogy elsősorban az új szovjet Kozmosz mesterséges hold sorozattal, valamint a még folytatódó amerikai Explorer-sorozattal egyre finomabb eszközökkel, egyre pontosabban körülhatárolva törekszenek a légkör állapotjellemzőinek és változásuknak meghatározására, akkor jogos annak a feltevézése, hogy egy-két éven belül legalább a 0—2000 km közötti légrétegre vonatkozólag sikerül Földünk levegőburkáról többé nem „modellt” alkotni, hanem kizárólagosan egzakt mérési adatokon alapuló átfogó képet tárhat a tudomány az emberiség elé.

A van Allen-övezet problémája

Az űrkutatás egyik alapvető, minőségileg is új eredménye volt a Föld körüli sugárzási övezetek felfedezése. Ezeket az övezeteket általában *J. van Allen* amerikai professzor nevééről szokás elnevezni, mint-hogy az ő kutatócsoportja foglalkozott a legbelsőbban a szóban forgó problémával és az Explorer-1 mesterséges hold műszereit, amelyek „megbolondulása” a sugárzási övezet jelenlétére a figyelmet felhívta, is ők szerkesztették meg. Meg kell azonban jegyezni, hogy Vernov szovjet akadémikus és kutatócsoportja ugyancsak rendkívül kiterjedt vizsgálatokat folytatott a Föld körüli sugárzási övezetekkel kapcsolatosan és éppen a három lunyik felműszerezése során nagyban figyelembe vették az általa megszabott kutatási követelményeket.

A van Allen-féle övezetéről tudjuk, hogy gyűrűalakban veszik körül Földünket és a legkisebb magasságra kb. a sarki fény övezetében; tehát nagyjából a sarkkörök táján jutnak le Földünkhöz. A belső, Földünkhöz közelebb eső gyűrűben eleve nagy energiájú protonok jelenlétét tételezték fel és állapították meg. Ez az az övezet, amelyet a jövőben is minden, az ember személyes részvételével lezajló űrkutatási kísérletben vagy el kell kerülni, vagy a lehető legrövidebb idő alatt át kell törni. (Érdemes megemlíteni, hogy *Gagarin*, *Tyitov*, valamint *Glenn* és követőik űrhajóinak repülési pályáit eleve úgy állapították meg, hogy a hordozórakéta esetleges megbokrosodása esetén so jussa-

nak el akkora magasságba, ahol a sugárzási övezetek élettani szempontból komoly zavart okozhatnának.)

A külső van Allen-gyűrűt hosszú időn keresztül nagy energiájú elektronokból állónak tételezték fel. Emiatt a jövő űrrepüléseivel kapcsolatosan azt is tekintetbe kellett venni, hogy az elektronok az űrhajó fémburkolatába ütközve ott aránylag erős — és élettanilag hatásos — fékezési sugárzást (röntgensugárzást) válthatnak ki. Ez az űrhajók sugárvédelme szempontjából tetézte a már amúgy sem jelentéktelennek tekinthető gondokat.

A kérdés egyértelmű tisztázására és a sugárzási övezetek alaposabb felderítésére 1961 augusztusában az Explorer-12 mesterséges holdat indították, amely furcsa, elnyújtott ellipszis pályán haladt. A pálya perigeuma 288 km, apogeuma pedig 76 900 km (!) volt. Így azután a mesterséges hold keringési ideje 26,5 óra volt. A napelemekkel táplált mesterséges hold műszerezése a Föld körüli sugárzási övezetek számos jellemző adatának felderítésére volt alkalmas. Ekkor derült ki azután a mérések kiértékelése során, hogy a külső van Allen-övezetben az Explorer-12 nem nagy energiájú elektronokat talált, hanem aránylag kis energiájú protonokat. (A korábbi mérésekben az övezetben levő részecskék $m \cdot v$ mozgásmennyiségét mérték meg, és emiatt nem sikerült egyértelműleg megállapítani, vajon nagy sebességű, kis tömegű részecskékről — elektronokról —, vagy lassú, de nagy tömegű részecskékről — protonokról — van-e szó.) A legújabb mérések szerint tehát a van Allen-övezet nem két gyűrűből, hanem csak egy gyűrűből áll, és e gyűrűben kizárólagosan protonok, vagyis hidrogénionok vannak jelen. A belső övezet valóban a nagy energiájú részecskék tartománya, míg a külső övezetben kis energiájú protonok keringenek, amelyek ellen védekezni aránylag igen egyszerű feladat.

Nem sikerült az újabb mérésekkel vitathatatlanul megállapítani, vajon van-e 80—100 000 km távolságban egy újabb részecskesűrűsödés, tehát részecskegyűrű Földünk körül.

Az újabb mérések viszont egyértelműleg igazolták azt, hogy a Földünk körüli sugárzási övezetek kialakulásában a Föld mágneses tere játszik döntő szerepet.

E mágneses tér azonban további tanulmányozást igényel. Amennyire az eddigi gyér adatokból megállapítható, Földünktől 3—10 földugányi távolságban a mágneses térerősség vektorának iránya és nagysága helyel-közzel előre nem látott módon változik. A Földünk körüli geomágneses tér ilyen anomáliáinak pontosabb feltárása rendkívül nagy jelentőségű a további vizsgálatok, de különösen a földmágnességgel összefüggő számos jelenség értelmezése szempontjából.

A Hold részletesebb vizsgálataira azért van szükség, mert az elkövetkező években Földünk természetes útítársa előreláthatólag a közvetlen rakétás kutatások egyik legfőbb tárgyává válik. Az ezzel kapcsolatos vizsgálatokat még 1959-ben a három szovjet lunyik vezette be, s mint ismeretes, e kísérletsorozat eredményezte a Hold túlsó oldalának első felvételeit. A felvételek részletes kiértékelését, valamennyi felvétel közlésével együtt, 1961-ben adta közre a Szovjetunió Tudományos Akadémiája. Ez az összefoglaló értékelés három csoportra osztja a Hold túlsó oldalán meghatározott objektumokat. Az első csoportba tartozik összesen 251 tereprészlet, amelyek létezése minden kétsóget kizárólag megállapítható. Ezek a részletek — kráterek, tengerek, hegységek stb. — háromnál több felvételen megtalálhatók, azonos helyen és azonos körvonallal. Ezeket a „tereptárgyakat” el is nevezték, meg is számozták és egy részletes, új holdtérképen közre is adták.

Az értékelés során ezenkívül *egynél több* felvételen megállapították 190 objektum létezését és ezek valóságos, reális voltát többé-kevésbé valószínűnek kell tekintenünk. Végül csupán *egy-egy* felvételen szerepel 57 objektum, amelyek létezése éppen emiatt — valamint a TV-módszerrel közvetített felvételek légköri zavarok miatti besávósodása következtében — nem fogadható el feltételek nélkül.

Mindez magától értetődően szükségessé teszi a Hold felszínének további kutatását, újabb felvételek készítését és értékelését. Ezekből az újabb felvételekből lehet majd megállapítani azt, vajon a Lunyik-3 felvételein talált holdrészletek közül a második csoportba tartozók létezése vitathatatlanul elfogadható-e, valamint a csupán egy-egy felvételen megállapított (III. kategóriájú) részletek valóságosak-e. Mindenesetre a Hold túlsó oldalának első részletes térképe nem csupán az űrkutatás és kiváltképpen a szovjet űrkutatás, hanem ezzel együtt az egész emberiség tudományának nagyszerű diadala.

A Hold látható oldalának kutatása ma már nem csupán egyszerű csillagászati, hanem hovatovább gyakorlati technikai (navigációs) feladat. A Hold látható oldalának részletes feltérképezése, de főleg a már meglévő, s minden bizonnyal megbízható térképek alapján a jövő űrhajósai számára használható navigációs térképek elkészítése rendkívül fontos s viszonylag sürgős is.

A jelenlegi földi optikai megfigyelőeszközök felbontóképessége (szükségképpen) korlátozott, és így a Hold felszínének további részleteit csak akkor tudjuk feltárni, ha a földi légkör fölé lehet majd megfelelő (egyelőre automatikus) fényképezőgépet küldeni. Ugyanakkor azonban az optikai méréseket nagymértékben ki kell egészíteni különféle egyéb mérésekkel. Ezek sorában említést érdemelnek a Hold felszínének

az infravörös tartományban végzett mérései, amelyekből kiderült, hogy a Hold felületét nem egyenletes vastagságban borítja a porréteg, hanem a kráterekben vékonyabb a por, mint az egyéb részeken. Ez a felismerés igen fontos szerephez juthat a későbbi holdrakéták indításában — az ember nélküli automata műszeres laboratóriumokat is beleértve, — minthogy a vastag porréteggel borított szakaszokon a Holdra leszálló műszeres tartály esetleg elmerül a porban, és így aktív mérése és rádióadása a Földön vehetlenné válhat. Emiatt lehetőleg a kevésbé poros szakaszokon kellene lehelyezni az első nagyobb műszeres tartályokat. Nem kétséges azonban, hogy e követelmény kielégítése irányítástechnikai szempontból egyelőre még alig tekinthető reálisnak.

A Hold egyre növekvő jelentősége az űrkutatásban számos, eddig csupán földi viszonyok között művelt tudományág „holdbeli” alkalmazását is szükségessé teszi. A geofizika mellett megjelenik a szelenofizika, a geológia mellett a szelenológia, és a földi geográfia mintájára a szelenográfia, a „holdrajz” lesz hivatva Földünk mellékbolygójáról a technikai szempontból is értékesíthető felvilágosításokat megadni. E kutatások gyakorlati jelentősége igen nagy, mert pl. a Hold egyes kőzeteinek kötött kristályvizéből (amelynek jelenlétét egyértelműleg megállapították) a jövő holdrakétáinak utasai esetleg — alkalmas eszközökkel — ivóvízszükségletüket is fedezhetik. A Hold kőzeteinek ismerete — a jelenlegi ismereteket messze meghaladó részletességgel — a Hold első kutatóinak elhelyezése, lakásainak megépítése és az űrhajók első holdbeli kikötőjének létesítése szempontjából alapvetően fontos.

Általában a Hold kutatásának az elkövetkező néhány évben igen erőteljesen fokozódnia kell, mert hiszen a Naprendszerrel kapcsolatos mélyreható kutatásokra — amelyek már nem ennek az évtizednek a feladatai — csakis akkor lehet reális valószínűséggel áttérni, ha a Holdnak állandó űrhajós-támaszpontként való felhasználása technikailag is megoldható.

A Naprendszer vizsgálatai

A Naprendszer kiterjedtebb vizsgálatai az űrkutatás eddigi rövid történetében még nem jutottak különösebb szerephez. Ez érthető is, mert egy-egy szomszédos bolygó megközelítése olyan súlyos irányítástechnikai problémákkal jár, hogy egyelőre csupán felderítő (nagyon is távoli felderítő) vizsgálatokra gondolhatunk.

Mindenesetre az első tervszerű vizsgálat, amely egyik szomszédos bolygónk közelebbi megismerését tűzte ki célul, 1961-ben zajlott le, sajnos, csupán rész sikerrel. Ez a szovjet Venus-rakéta indítása volt.

Rendkívül fontos eredménynek tekinthető, hogy e kozmikus laboratórium indításánál sikerült megvalósítani a közbenső szputnyik-

pályán való „parkolást” és erről a szputnyikpályáról — a pálya esetleges pontatlanságait kiküszöbölő helyesbítések beiktatása után — sikerült a rakétahajtómű ismételt beindításával tovább vezetni a Venus-rakétát. Ez nem volt könnyű feladat, minthogy a Venus megközelítéséhez a rakétát pontosan meghatározott irányban, meghatározott sebességgel lassítani, fékezni kellett, mert csak így érhető el, hogy az űrrakéta a Föld Nap körüli pályájánál beljebb, a Naphoz közelebb haladó pályán folytassa útját. A szovjet irányítástechnikának igen jelentős sikere, hogy ezt a feladatot — első ízben — sikerült teljesíteni. Sajnos, a Venus-rakéta pályájának további során kikerült az ember hatásköréből, minthogy rádióadásait kb. 10 millió kilométernél nagyobb távolságból nem sikerült venni. Az ok ismeretlen, lehetséges, hogy parányi kozmikus katasztrófa, meteoritütközés tette üzemképtelenné a kozmikus laboratóriumot, vagy valamilyen más okból nem hajtotta végre azt a meglehetősen bonyolult mozdulatsorozatot, amelynek eredményeképpen erősen irányított hatású antennája Földünket pásztázta volna.

Ez a kísérlet egyébként az egyik alapvető csillagászati adat, az ún. csillagászati egység pontosabb meghatározását is célozta. A csillagászati egység pontos értékében eltérő vélemények uralkodnak a Szovjetunióban és az USA-ban. Az amerikaiak többféle mérés eredményeképpen a 149 590 000 km \pm 1000 km értéket javasolják, míg a szovjet tudósok kezdetben 149 457 000 km \pm 5000 km értéket, majd — újabb mérési eredményeik értékelése nyomán — az amerikai értékhez most már közelebb álló 149 599 500 km \pm 1000 km értéket tartják helyesnek. A csillagászati egység pontos ismerete ismét azért szükséges, mert a Naprendszeren belüli pontos tájékozódás, a jövő űrhajósainak pontosabb irányítása csakis az eddiginél jóval precízebb térképek birtokában oldható meg. A rádiólokátoros és egyéb méréseknél jóval nagyobb pontosságú eredményt nyújtott volna a Venus-rakéta pályájának módosulásának mérése a Venus bolygó közelében. A jövőben további kísérletekre van szükség a Naprendszer szabatosabb, részletesebb feltárására, és várható, hogy a Föld—Venus, ill. Föld—Mars kedvező helyzete során újabb bolygóközi kutatólaboratóriumokat fognak indítani.

E szempontból érdekes adatok remélhetők az 1962 augusztusában indított amerikai Mariner űrrakétától, amely a szovjet Venus-rakétához hasonló módon és pályán indult s utólagos pályahelyesbítése is sikerült.

A Nap vizsgálata

A Naprendszerünk központi égitestének részletes vizsgálata már annak idején, a Nemzetközi Geofizikai Évben is igen nagy szerepet játszott. Földünk energiaháztartása nagymértékben függ a Nap álla-

potától és emiatt, valamint a Napon lezajló események és a földi időjárás stb. kapcsolatainak megállapítása érdekében igen sok, gondosan összehangolt kísérletet folytattak le. (Sok tudományos remény fűződik az 1962/63. évi Nemzetközi Nyugodt Nap Év, az IQSY összehangolt kísérletsorozataihoz is.)

Az 1961. évi napfogyatkozás során mind szovjet, mind amerikai részről jelentős számú légkörkutató rakétát indítottak, amelyek egyrészt a földi légkörrel, másrészt a Nappal kapcsolatosan nagyszámú érdekes mérést végeztek. A szovjet kísérletek során pl. a következőket mérték: a napkorona színekéének vizsgálata a rövidhullámú tartományban, a napkorona részletes színekéének felvétele és a légkör által visszavert, ill. szórt napsugárzás színekéelemzése, a napkorona intenzitásának mérése a látható, ultraibolya és infravörös tartományban, a napkorona intenzitásának mérése a röntgensugarak tartományában; ezenkívül pedig nagyszámú fényképfelvételt készítettek. A Nappal kapcsolatos kísérletekkel egyidejűleg különféle légkörkutató rakéták a földi légkör állapotát rögzítették.

Ugyancsak érdekes eredménnyel járt az a kísérletsorozat, amelyet — elsősorban űrutasatási célokra — a Burbank-i napfizikai obszervatóriumban végeztek 10 másodpercenként készített felvételekkel. Összesen 10 millió felvételt értékelték ki. A felvételekből kiderül, hogy a napkitörések a Nap atmoszférájában bekövetkező sugárzási viharok okai. A felvételeken 1100 km/sec sebességgel terjedő lökéshullámokat is észleltek. Ezek az örvénylő lökéshullámok a kitörés után kb. 24 órával érik el Földünket. Egy-egy napkitörés mérete a Föld felületének tízszeresét is elérheti és átlagos tartama csupán 20 perc. E napkitöréseket az egész spektrumra kiterjedő, rendkívül erős elektromágneses sugárzás kíséri. Érdekes apróság az a tény, hogy a Los Angeles feletti füsttakaró, amely a város ipari üzemeitől ered, ideális szűrőnek bizonyult a naptevékenység vizsgálatainál. A naptevékenységnek ezek a vizsgálatai azért rendkívül fontosak, mert magas légkörben a különféle sugárzási összetevők együttes erőssége könnyen elérheti az emberi élet szempontjából halálos veszélyt jelentő mértéket. Ez az oka annak, hogy az említett kísérleteket egy űrhajókkal foglalkozó gyár (Lockhead) kezdeményezte.

Ugyancsak igen érdekes az a tény, hogy a Naptól eredő erőteljes mágneses viharok a földi légkörben huzadó mesterséges holdak pályáit megváltoztatták. Ezt különösen szembetűnő módon állapíthatták meg a hatalmas műanyag léggömb, az Echo-1 esetében.

Nyilván a naptevékenységben rejlik annak a magyarázata is, hogy a szovjet Venus-rakéta 1961. február 17-én — egy mágneses vihar folyamán — a bolygóközi térben, ahol az ionkoncentráció 10 ion/cm^3 alatt marad, egyszerre $10^9 \text{ ion/cm}^3/\text{sec}$ erősségű ionáramot észlelt.

A különféle szovjet és amerikai mesterséges holdak igen jelentős napfizikai méréseket végeztek. A Kozmosz-sorozat programjában is előkelő helyen szerepelnek a Nappal kapcsolatos, elsősorban sugárzásfizikai mérések. Kifejezetten ugyanezzel a céllal bocsátottak fel egy kisméretű amerikai mesterséges holdat, a Transit mesterséges holddal együtt indított GREB mesterséges holdat is.

E vizsgálatok lényege az, hogy ma már az elektromágneses spektrum teljes kiterjedésében vizsgálják a Nap tevékenységét, életét. Különösen érdekesek a rövidhullámú rádióspektrumban, valamint az ibolyántúli és röntgensugár-tartományban végzett mérések, minthogy az itt kapott adatok a Napban lezajló különféle folyamatok belső lényegére engednek következtetni. Megállapították pl. — mesterséges holdas mérésekkel —, hogy a Nap ibolyántúli spektrumának létrehozásában legnagyobb szerepe a Napban lezajló fúziós reakció eredményeképpen keletkező héliumnak van.

Mint már az előbb röviden rámutattunk, a Nap részletes vizsgálata a jövő űrhajózása szempontjából is rendkívül fontos. Ezzel kapcsolatosan talán érdemes azt is megemlíteni, hogy Tyitov űrrepülése során a naptevékenységet messzemenőleg figyelembe kellett venni. A kísérlet kitűzött napja előtt három nappal ugyanis rendkívül erős napkitörés volt. A kísérletet csak azért nem halasztották el, mert számítottak arra, hogy nem kitörések sorozatáról, hanem csupán egyetlen erupcióról van szó. Biztonság kedvéért azonban a Vosztok-2-be egy külön ellenőrző sugárzásmérő műszert szereltek, teljesen különválasztott telemetrikus berendezéssel; e műszer folyamatosan jelezte Tyitov sugárdózisát földkörüli repülése közben. Ha — pl. újabb napkitörés folytán — a kapott integrális dózis elérte volna a veszélyességi küszöböt, akkor, mint ezt a szovjet tudósok nyomatékosan hangsúlyozták, Tyitovot a kísérlet félbeszakításával hamarabb, akár a Szovjetunió területén kívül is visszahozták volna. Szerencsére a szovjet napfizikusok prognózisa helyesnek bizonyult, és így az ember egynapos űrrepülése zavartalanul zajlott le.

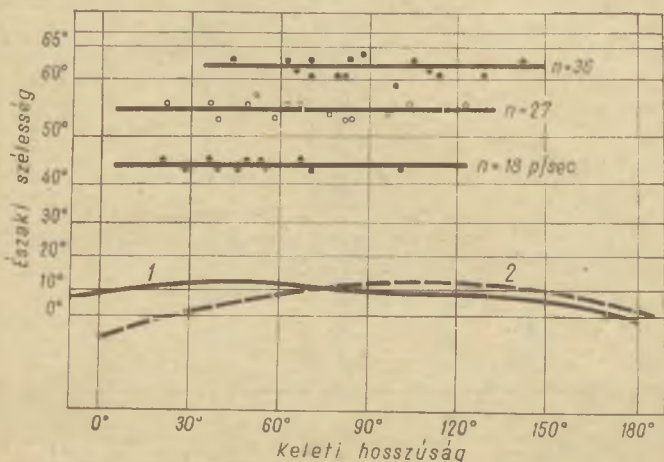
Kozmikus sugárzás, gamma-sugárzás

A kozmikus sugárzás eredetének és erősségének problémája Földünk felszínén nem, vagy csak alig vizsgálható, különös tekintettel a primer kozmikus részecskék hatására a földi légkörben bekövetkező szekunder effektusokra. Emiatt a mesterséges holdakkal és űrrakétákkal való kutatás megindulása a kozmikus sugárzás kutatói számára minőségileg új lehetőségeket teremtett.

Szinte valamennyi légkörkutatói célokra felbocsátott mesterséges hold berendezésében találunk valamiféle műszert, amely a kozmikus

sugárzás vizsgálatára alkalmas. Az első kiterjedtebb vizsgálatorozatot a Szeptnyik-3 végezte, azóta az amerikaiak is igyekeztek néhány különlegesen felműszerezett mesterséges holddal a kozmikus sugárzás vitás kérdéseikhez közelebb férkőzni.

A szeptnyik-űrhatók kozmikus sugárzással kapcsolatos mérései mellett az Explorer-10 és -13 mérései érdemelnek külön említést. A rendkívül excentrikus pályán haladó Explorer-10 (perigeum 152 km, apo-



11. ábra. A kozmikus sugárzás erőssége a földrajzi szélesség és hosszúság függvényében. A görbék mellett beltről p/sec adatok a másodpercenkénti beütésszámot jelzik. 1. a kozmikus sugárzás egyenlítőjének helye, 2. pedig a geomágneses dipólus egyenlítője

geum 192 000 km) a beépített rubidiumgözsös magnetométer segítségével rendkívül kis energiájú protonok mérésére volt alkalmas, és egyrészt a bolygóközi tér normális állapotának, másrészt pedig a napkitörések hatására ebben bekövetkező zavaroknak a megállapítására volt képes.

A primer kozmikus sugárzás összetételének, erősségének mérése a jelenlegi mesterséges hold kísérletekben is igen előkelő helyen áll.

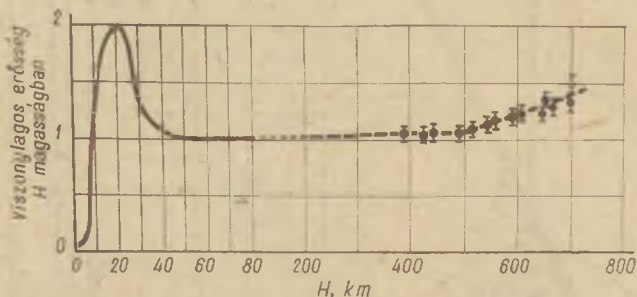
Külön érdemes megemlíteni a harmadik szeptnyik-űrhatójával lebonyolított kísérletet, amelynek keretében Földünknek a kozmikus sugárzásra vonatkoztatott egyenlítőjét határozták meg. Ez a kozmikus sugárzási egyenlítő nem esik egybe a földrajzi egyenlítővel, hanem egy attól eltérő síkban helyezkedik el, és így az Egyenlítő fölött és alatt szinusz vonalszerűen halad el.

Minőségileg új kísérletet jelentett az Explorer-11 mesterséges holddal bevezetett kozmikus gamma-sugárzás kutatás. Feltételezték,

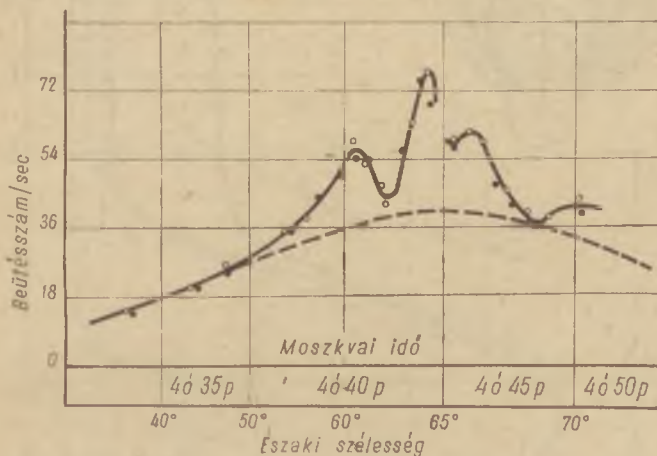


12. ábra. A kozmikus sugárzás egyenlőségének helyzete a szovjet szputnyik-űrhajókon végzett mérések alapján, 1 — a II. szputnyik-űrhajó mérése, 2 — a III. szputnyik-űrhajó mérése, 3 — a geomágneses átpótlásból számított egyenlítő (lásd a 13. ábrát is)

hogy a Földünkre beeső gamma-sugárzás a kozmikus sugárzás és a csillagközi gáz kölesönhatásából ered. Ezért ezt a gamma-sugárzást sokáig galaktikus szekunder-sugárzásnak nevezték, nagyjából a Földünk légkörében keletkező szekunder kozmikus sugárzásához hasonlóan.

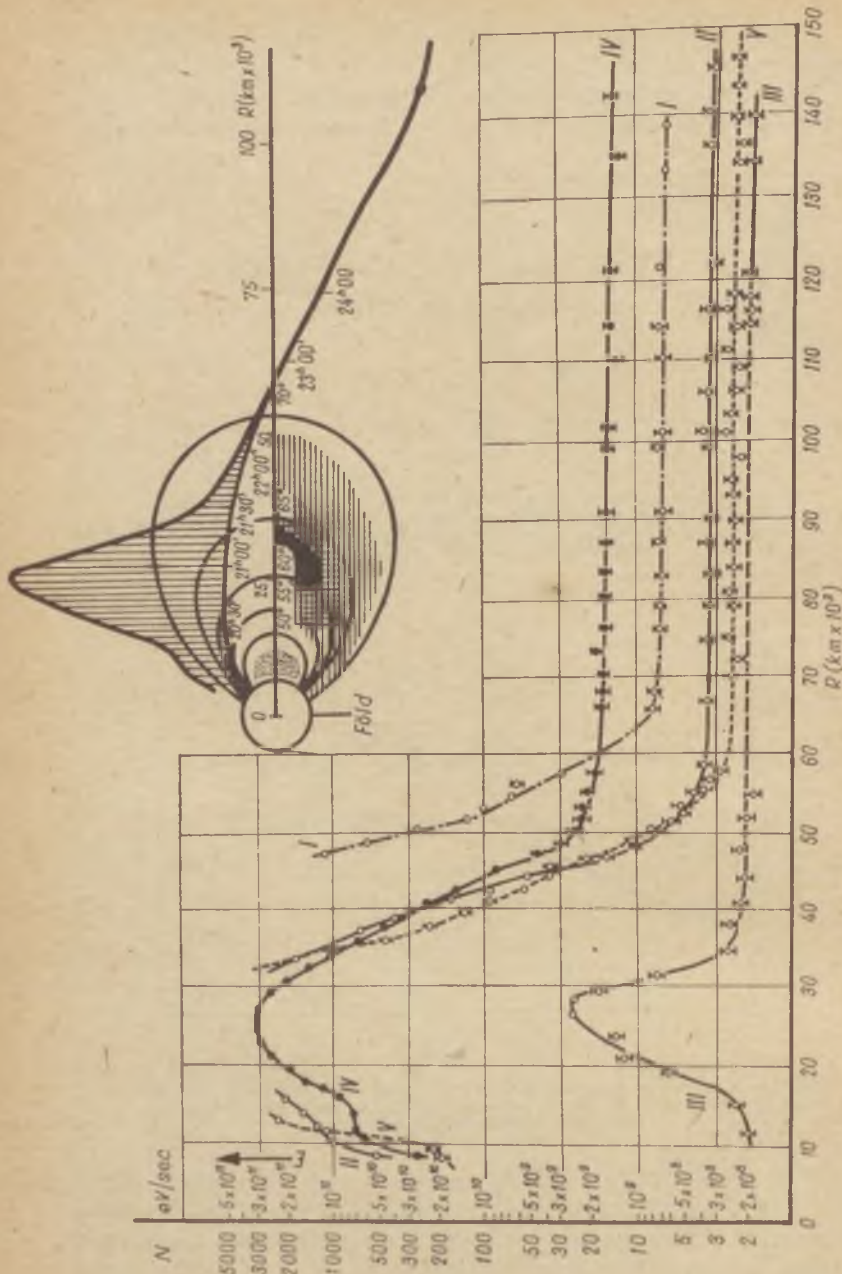


13. ábra. A kozmikus sugárzás erősségének változása a magasság függvényében. A 225 km magasságban (a szputnyikok perigeumában) mért értéket tekintették egységnek. A nagyobb magasságokban mért értékeknél a lehetséges hiba nagyságát is feltüntettük

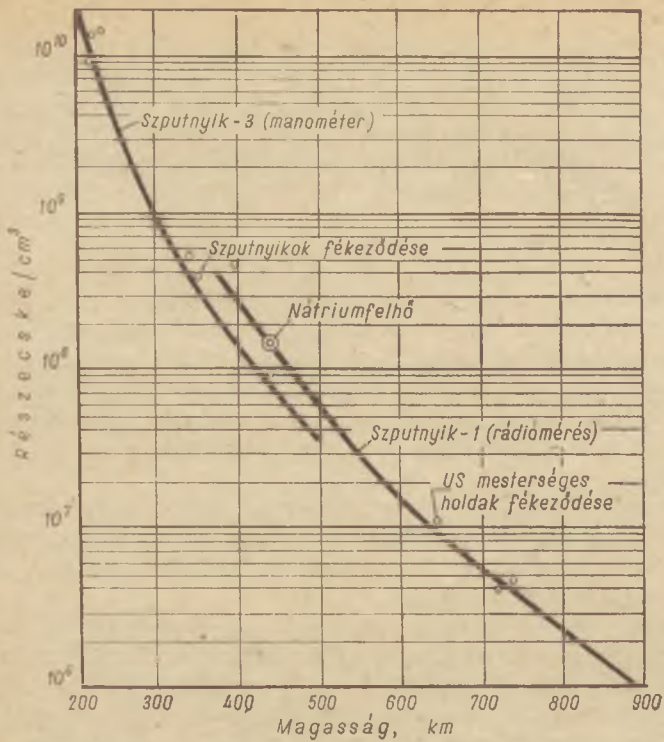


14. ábra. A kozmikus sugárzás intenzitásának változása egy napkitörés alkalmával. A szaggatott vonal az átlagos erősséget mutatja, a folyamos vonal a napkitörés közben mért változást érzékelteti

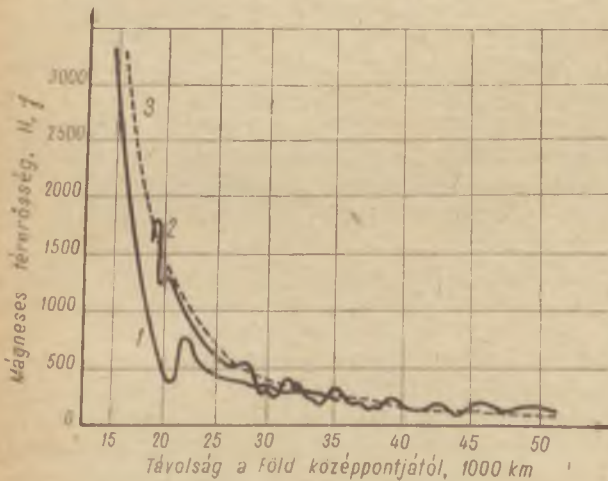
A mintegy 60 év óta megoldatlan kérdés megválaszolására műszereztek fel az Explorer-11 mesterséges holdat, amelynek gamma-sugárzásra érzékeny (2,29 m hosszú) teleszkópja a kozmikus gamma-sugárzás forrásokat (Tejútrendszer és más galaxisok) méri. A teleszkóp csupán



15. ábra. A jobb felül ábrarész egy űrrakéta pályáját mutatja geomágneses koordinátáival. A pályára mellett a moszkvai idő szerint mért adatokat is feltüntetjük. A függőleges vonalak a sugárzás erősséget jelzik. A Föld középpontjától vett távolság R. Az alsó görbék a rézcsenek intenzitásának változását mutatják a távolság (R) függvényében. Az I., II., ill. III. görbék a 45 keV, 450 keV, ill. 4,5 MeV energiájú részecskékre vonatkozó beütésszámok, IV a teljes ionizációs görbéje, az V. görbe pedig a G—M számúakkal mért erősség



16. ábra A levegőben levő részesecske szám változása a magasság függvényében



17. ábra. A H mágneses térerősség a Föld középpontjától vett távolság függvényében. 1 — a Lunyik-1 görbéje, 2 — a Lunyik-2 görbéje, 3 — az elméleti görbe

10 millió eV-nél nagyobb energiájú részecskéket észlel, minthogy a fel-tételezések szerint Földünk légkörén túl a gamma-sugárzás túlnyomó része a 100—400 millió eV energiatartományba esik. A stabilizált mesterséges hold pontos betájolása irányítástechnikai szempontból meglehetősen nehéz feladat volt, a vonatkozó mérések részletesebb eredményeit egyelőre nem ismerjük.

A kozmikus biológia nagy sikerei

Az 1961-es év az ember űrrepülése szempontjából járt átütő sikerrel. Az 1960. május 15-én a Szovjetunióban megkezdett szputnyik-űrhajó kísérletsorozat következetes, logikus lebonyolítása eredményeképpen 1961. április 12-én meghozta az emberiség történetének egyik legnagyobb eredményét: az ember első űrrepülését a Vosztok-1 űrhajóban. *Jurij Gagarin* szovjet repülőőrnagy neve joggal került be az emberiség történelmébe.

Ugyane kísérlet keretében 1961. augusztus 6-án *German Tyitov* szovjet repülőőrnagy a Vosztok-2 űrhajóban 17-szer kerülte meg Földünket, és több mint egy teljes napig tartózkodott Földünk magas-légkörében, a világűr határán.

Az amerikaiak a Mercury-terv keretében jelentős anyagi eszközök bevetésével igyekeztek eljutni az ember űrrepüléséhez. Különbőféle állatkísérletek után 1961 nyarán két kisebb „űrgrást” (kb. 15 perc tartamú, de a magas légkörbe felvezető és mintegy 5 perces súlytalansággal járó kísérletet) hajtott végre *A. Shepard* és *V. Grissom* űrpilóta. A Mercury-terv további menetében — most már a nagyobb teljesítményű Atlasz hordozórakétával — előbb egy műember repülte körül Földünket, majd az Enos nevű majom és mindezek után került sor 1962. február 20-án *John H. Glenn* alezredes földkörüli repülésére, amelynek során szputnyik-pályán háromszor kerülte meg bolygónkat.

E kísérletek folytatásaképpen 1962 szeptemberéig *Scott Carpenter* kapitány 1961 májusában, *A. G. Nyikolajev* és *P. R. Popovics* szovjet űrpilóták 1962 augusztusában végeztek űrkísérleteket. A Vosztok-3 és -4 több napos páros űrrepülése különösen jelentős az űrlettan jövője szempontjából.

E kísérletek mellett röviden meg kell emlékeznünk számos szovjet kutyakísérletről, amelyek rakétákkal ma is folytatódnak, a franciák patkánykísérleteiről (Hector) és az amerikaiak egérkísérleteiről. Meg kell említeni azt, hogy a szovjet szputnyik-űrhajókban nem csupán kutyák, hanem a legalacsonyabbrendű élőlényektől (állatoktól és növényektől) kezdve egészen a kis emlősállatokig igen sokféle biológiai objektum vett részt, és ily módon kapott átfogó adatok egybevetése a szovjet kozmikus biológia tudományát nagyban előbbre viszi. Érdemes meg-

említeni azt is, hogy a következő kísérletekben amerikai és szovjet vonalon egyaránt a többi között disznók fellövésével is számolnak, különös tekintettel arra, hogy ennek az állatnak az emésztő traktusa rendkívül hasonlít az emberéhez.

Az eddig lezajlott űréletteni kísérletekből megállapítható, hogy az alacsonyabb és magasabb rendű élő szervezetek súlytalan állapotban is egyaránt életképesek maradnak. Az élő szervezetek működését irányító belső mechanizmusokat a súlytalan állapot nem borítja fel, amint arról az űrrepülésben eddig részt vett emberek és a nagyszámú kísérleti állat szívverésére, légzésére, anyagcserejére vonatkozólag regisztrált adatok tanúskodnak.

Mindenesetre minőségileg újat jelentett az eddigi űréletteni kísérletekben Tyitov egynapos űrrepülése, minthogy ennek során — Tyitov orvosainak közlése szerint — olyan, kizárólagosan *lélektani* eredetű hatások léptek fel, amelyekkel a jövő űrkísérleteiben komolyan kell számolnunk. A huzamosabb egyedüllét, a teljes önmagára utaltság, a jelek szerint ha nem is befolyásolja az űrrepülő munkakészségét (Tyitov mindvégig munkaképes maradt), mégis, közérzetére kellemtelenül hathat.

Amennyire részben az első űrrepülők nyilatkozataiból, részben a nyilvánosságra került további programokból következtetni lehet, a kozmikus biológiai kísérletekben előreláthatólag — a kapcsolatos technikai nehézségek leküzdése után — előtérbe fognak kerülni a több ember részvételével lezajló, nagyobb szabású kísérletek. Ennek első lépése volt Nyikolajev és Popovics páros űrrepülése.

Nem csupán gyakorlati technikai, de elméleti tudományos sikernek is kell tekintenünk azt, hogy alig 3 évvel az első szputnyik felbocsátása után a Szovjetunióban és mintegy egy évvel később az USA-ban sikerült az embernek a világűrben, merőben szokatlan létkörülmények közötti létfeltételeit biztosító, megbízható űrhajórendszereket kialakítani.

Ugyancsak részletesen megfigyelték a visszatérő űrhajókkal kapcsolatban Földünk légkörében lezajló jelenségeket, pl. a légkörbe belépő űrhajó mögött keletkező ionizált leáramláscsóvát, amelyek ismerete azért is szükséges, hogy az űrhajók visszatérésének vezérlési feladatait jobban meg tudják oldani, és a földi légkörbe hatalmas sebességgel belépő űrhajóval a rádióösszeköttetést tartani lehessen.

További kutatási tervek

Az űrkutatás 1962 elejére, nem egészen négy és fél év után eljutott arra a szintre, amikor már nemzetközi együttműködés révén nagyobb szabású feladatok megoldása válik reálissá.

E feladatok sorából egy kifejezetten gyakorlati-technikai mesterséges holdnak, ti. a híradástechnikai mesterséges holdnak és egy gyakorlati-tudományos mesterséges holdnak, ti. a meteorológiai mesterséges holdnak a nemzetközi megalkotása került napirendre.

Néhány szó helyénvaló a meteorológiai mesterséges holdakról, minthogy gyakorlati megvalósítása az egész emberiség számára óriási jelentőségűnek tekinthető. A Tiros-2 mesterséges hold egy év alatt 5354-szer kerülte meg Földünket, 36 000 fényképfelvételt készített és 1 220 000 m mágnesszalagon rögzítették észlelési eredményeit. Az újabb Tiros meteorológiai mesterséges holdakban már kizárólag széles látószögű TV-kamerák vannak, úgyhogy „kémkedési” célokra alkalmatlanok. Érdemes megemlíteni, hogy a szovjet Kozmosz-sorozat programjában is számos olyan vizsgálat szerepel, amely a meteorológiai mesterséges hold megtervezéséhez értékes módon hozzájárulhat.

Szó van ezenkívül csillagászati, napfizikai és geofizikai mesterséges holdak létrehozásáról, valamennyi természetesen megfelelő műszerezéssel lenne ellátva. Geodéziai célokra különleges híradástechnikai berendezésekkel felszerelt mesterséges holdak felbocsátásáról is szó esik.

Ezek mindegyike a földi hétköznapi gyakorlat szempontjából is rendkívül fontos tudományágak fejlődését segítené elő.

A mesterséges holdakkal kapcsolatosan 1961—62 néhány korlátozott nemzetközi összefogást is hozott. Az angolok által felműszerezett UK-1 (Ariel) mesterséges holdat amerikai hordozórakétával indították; hasonló kísérletre készülnek a japánok is. A franciák remélik, hogy 1964-ben első mesterséges holdjukat indítják. A nyugat-európai államok két szervezetben készülnek saját mesterséges holdjaik indítására és felműszerezésére (ELDO és ESRO).

Az asztronautikai hordozórakéták terén tovább folynak a kísérletek. A Szovjetunióban 1961 szeptemberében és októberében hatalmas kísérletsorozat keretében próbálták ki azokat az új hordozórakétákat, amelyek gyakorlati alkalmazására már csak a sorok megírása után kerül sor. Az USA-ban az 1965-re bevetésre érett Saturn hordozórakéta fokozataival kísérleteznek, valamint egy kisméretű mesterséges holdak felbocsátására alkalmas, aránylag olcsó, szilárd hajtóanyagú hordozórakétával, a Blue Scout típusal próbálkoznak.

Nem hallgathatjuk el összefoglalásunkból azt a néhány zavaró jelenséget, amely az űrkutatás eddigi békés menetét megzavarta. Valamennyi, kivétel nélkül, az amerikai légierők (USAF) kezdeményezésére zajlott le. Közülük kevésbé keltettek feltűnést azok a mesterséges holdak, amelyeknek csupán indítását közölték, de pályadatait és feladatait nem. Sokkal inkább aratott vihart a West Ford terv, a hírhedt tükísérlet. A cél Földünk körül 350 millió parányi túból álló gyűrű

létrehozása lett volna, amely lelőhetetlen híradástechnikai mesterséges hold módjára stratégiai rádióösszeköttetéseket tett volna lehetővé. Számos nemzetközi tudományos fórum tiltakozása ellenére megpróbált kísérlet kudarccal végződött, és ismétlésére remélhetőleg csak akkor kerül sor, ha a kísérlet tárgyában és lebonyolításának módjában a nemzetközi tudományos körök is megegyeznek.

*

Az űrkutatás újabb eredményeinek ez az összefoglalása a dolog lényegéből fakadóan csupán vázlatos lehet. Ha elgondoljuk, hogy csupán a szovjet mesterséges holdakkal elért eredményeket az Iszkusz-tvennue Szputniki Zemli 14 kötetében, valamint több más speciális kiadványban hozták nyilvánosságra és hasonló részletességgel ismer-tetik újabb eredményeiket az amerikaiak is, akkor látnunk kell, milyen hatalmas apparátus dolgozik ma már a világűr békés meghódításáért, és bizton remélhetjük, hogy az űrkutatás további esztendei ismerete-inket még az eddigieket is felülmúló új — részben minőségileg is új —, gazdag anyaggal fogják gyarapítani.

BERTRAND RUSSEL:

A TERMÉSZETTUDOMÁNY SZÜLETÉSE¹

Majd minden, ami a modern világot a megelőzőtől elválasztja, a tudománynak tulajdonítható; a tudománynak, amely első káprázatos diadalait a tizenhetedik században aratta. Az olasz reneszánsz, jóllehet már nem is középkori, de nem is modern még; inkább az antik Göröghon legjobb korszakával rokon. A tizenhatodik század teológiai elkötelezettségével középkoribb, mint *Macchiavelli* világa. Ami az intellektuális szemléletet illeti, a modern kor a tizenhetedik századdal kezdődik. A reneszánsz olasz emberét *Platón* vagy *Arisztotelész* is el tudta volna képzelni; *Luthertől Aquinói Tamás* összeborzadt volna, de nem esett volna nehezére, hogy megértse őt. A tizenhetedik századdal más a helyzet; sem *Platón* és *Arisztotelész*, sem *Aquinói Tamás* és *Occam* nem készíthették volna elő a talajt és az alapokat *Newton* munkássága számára.

Az új koncepciók, melyeket a természettudomány bevezetett, mélyen befolyásolták a modern filozófia fejlődését. *Descartes*, aki bizonyos értelemben a modern filozófia megalapítója, maga is egyike volt a tizenhetedik századi természettudomány megteremtőinek. El kell mondanunk egyet s mást a fizika és csillagászat módszereiről és eredményeiről, hogy megértsük annak az időnek a szellemi atmoszféráját, melyben a modern filozófia kezdődött.

Négy nagyság: *Kopernikusz*, *Kepler*, *Galilei* és *Newton* emelkedik ki a természettudomány megteremtésében. *Kopernikusz* a tizenhatodik századhoz tartozik közülük, de a saját korában kevésbé hatott.

Kopernikusz (1473—1543) megtámadhatatlanul ortodox lengyel egyházi ember volt. Fiatal korában megjárta Olaszországot s magába szívott valamit a reneszánsz levegőjéből. 1500-ban Rómában matematika-előadói vagy professzori állást vállalt, de 1503-ban visszatért szülőföldjére, ahol is *Frauenburgban* kanonok lett. Úgy tűnik, idejének legnagyobb részét a németek elleni hadakozással és gazdasági refor-

¹ A tanulmány eredeti címe: *The rise of science, a The world of physics* — McGraw-Hill Book Company, Inc. New York—London—Toronto 1960. — tanulmánykötetből. Fordította: Maróti Lajos.

mokkal töltötte, de szabad óráit az asztronómiának szentelte. Hamarosan arra a megállapításra jutott, hogy a mindenség középpontja a Nap, s hogy a Föld kettős mozgást végez: egy nap alatt megfordul a tengelye körül és évenként körülkerüli a Napot. Az egyházi cenzurától való félelem visszatartotta őt nézeteinek publikálásától, jóllehet maga is azt akarta, hogy tanai ismertté váljanak. Főműve, a *De revolutionibus orbium coelestium* csak halálának évében került nyilvánosságra (1543) s barátja, Osiander írt hozzá előszót, melyben kijelenti, hogy a heliocentrikus elméletet csak hipotézisként kell elfogadni. Kétséges, hogy Kopernikusz mennyiben szentesítette ezt a megállapítást, de ez a kérdés nem is lényeges, miután maga is elejtett néhány hasonló megjegyzést könyve szövegében. A könyvet a pápának ajánlotta, s ez egészen Galilei idejéig megmentette attól, hogy katolikus részről hivatalosan elítéljék. Az Egyház Kopernikusz korában liberálisabb volt, mint a Trieszti Zsinat után, s azután, hogy az újrakezdő inkvizíció s a jezsuiták munkához láttak.

Kopernikusz művének légköre nem modern: inkább pithagoreusnak jellemezhetők. Axiómául fogadja el, hogy minden égi mozgásnak azonos jellegűnek s körmozgásnak kell lennie; s a görögökhöz hasonlóan hagyja, hogy esztétikai szempontok befolyásolják. Rendszerében epiciklusok is szerepelnek, bár középpontjuk a Napban van (ritkábban a Nap közelében). Az a tény, hogy a Nap nincs pontosan a középpontban, megzavarta rendszerének egyszerűségét. Úgy látszik, nem ismerte Arisztarkhosz heliocentrikus rendszerét, de semmi nincs spekulációiban, ami elő ne fordulhatott volna valamelyik görög csillagásznál. Munkájának legjelentősebb mozzanata a Föld detronizálása addigi eleve kiemelt geometriai helyzetéből. Ez távolabbi következményeiben megnehezítí, hogy az ember elfogadja azt a kozmikus kitüntetettséget, melyet a keresztény teológia biztosított számára; de Kopernikusz nem vonta le elméletéből ezeket a következtetéseket. Hithűsége őszinte volt, s tiltakozott azon nézet ellen, mely szerint elmélete ellentmond a Szentírásnak.

A kopernikuszi rendszernek eredendő nehézségei voltak. Ezek legjelentősebbike: nem tudott számot adni a csillagok parallaxisáról. Ha a Föld pályájának minden egyes pontján 186 000 000 mérföldre van attól a ponttól, ahol hat hónap múlva lesz — e ténynek változást kellene okozni a csillagok látszólagos helyzetében, ahogy a tengeren levő hajó, melyet a part egy pontjáról észak felé irányítanak, nem pontosan észak felé fog látszani a part valamely másik pontjáról nézve. Semmiféle parallaxist sem figyeltek meg, s ebből Kopernikusz helyesen arra következtetett, hogy az állócsillagoknak sokkal távolabb kell lenniök a Nappal. A parallaxis mérése nem sikerült egészen a tizenkilencedik századig; ekkorra a mérés technika elég pontos lett a csillagok

parallaxisának meghatározására, de most is csak a néhány legközelebbi csillag esetében.

További nehézség támadt a testek szabadesésének vizsgálatánál. Amennyiben a Föld folyamatosan forog nyugatról kelet felé, a magasból leejtett test nem hullhatna a függőlegesen kiindulópontja alatt levő pontra, hanem attól kevéssé nyugatra, mivel az esés ideje alatt a Föld bizonyos távolsággal odébbfordult. E nehézségre Galilei tehetetlenségi törvénye ad majd feleletet; Kopernikusz idejében azonban semmiféle magyarázatot sem találtak.

E. A. Burt *A modern fizika metafizikai alapjai* (1925) című érdekes könyvében nagy eltökéltséggel próbálja kimutatni azokat a bizonyíthatatlan hatásokat, melyek a modern természettudomány alapítóit érték. Szinte bizonyossággal állítja, hogy Kopernikusz idejében nem ismertek olyan tényeket, amelyek rendszerének elfogadására kényszerítettek volna; viszont számos olyan volt, mely ellene bizonyított. „A korabeli, a tizenhatodik században élt empirikusoknak elsőként kellett volna kisöpörniök az údvarból a világegyetem új filozófiáját.” A könyv általános célkitűzése a modern természettudomány diszkreditálása, azt sugallván, hogy felfedezései szerencsés véletlenek, melyek alkalomszerűen ugrottak ki a középkori babonák hatalmas tömegéből. Véleményem szerint ez a tudományos hozzáállás koncepciótlan voltára utal; a tudomány embere úgy véli, hogy őt a többi embertől nem az választja el, hogy *mit* hisz, hanem az, hogy *hogyan* és *miért* hiszi. Hiedelmei kísérleti és nem dogmatikus jellegűek; a tapasztalat ismérére alapozza őket és nem a tekintélyre vagy az intuícióra. Kopernikusz joggal nevezte rendszerét hipotézisnek; ellenfelei azzal vétettek ellene, hogy ezt az új hipotézist nemkívánatosnak tartották.

Azoknak az embereknek, akik az új természettudományt megalapították, két — nem szükségképpen együttjáró — erényük volt: végtelen türelem a megfigyelésben, és nagy merészség a hipotézisek felállításában. E két erény közül a második a korai görög filozófusok sajátja volt; az első, figyelemre méltó fokon, megvolt az antik világ kései csillagászaiiban. De talán Arisztarkhoszt kivéve a régiek közül senkiben sem volt meg mind a két adottság, s a középkorban senki sem akadt, akiben legalább az egyik meglelt volna. Kopernikusz, nagy utódaihoz hasonlóan, mindkettőnek birtokában volt. Mindent tudott, amit az ő idejében létezett eszközök birtokában tudni lehetett az égitestek látszólagos mozgásáról az égi félgömbön, és rájött, hogy a Föld naponkénti tengelykörüli forgásának feltevése gyümölcsözőbb hipotézis az összes égi szférák forgásának feltételezésénél. Az összes mozgásokat relatívnak tartó modern nézetek szemszögéből egyetlen eredménye az egyszerűség volt, mely hipotéziséből következik; ez a szempont azonban őt nem érdekelte, akárcsak kortársait sem. Ami a Föld

éves körbenjárását illeti, ez újból csak egyszerűsítés volt, de nem oly jelentőségteljes, mint a mindennapos tengelykörüli forgás; Kopernikusznak még szüksége volt epiciklusokra, jóllehet kevésbé, mint a ptolomaioszi rendszernek. Kepler még nem fedezte fel törvényeit, melyek biztosítják majd az új rendszer teljesmértvű egyszerűségét.

A tudomány fejlődésére gyakorolt forradalmasító hatáson túlmenően az új csillagászatnak két érdeme volt: először annak felismerése, hogy mindaz, amit a legrégebbi időktől kezdve hittek az emberek, hamis is lehet; másodsor, hogy a tudományos igazság ellenpróbájául a türelmesen összegyűjtött tények halmaza szolgál, egységben a tényeket törvényként összefoglaló merész feltevésekkel. Kopernikusz munkásságában egyik érdem sem teljesedett ki annyira, mint követőinél; de mindkettő már magas fokon jelen volt művében.

Azok között, akikkel Kopernikusz közölte elméletét, akadt néhány német lutheránus; Luther azonban, amikor tudomást szerzett róla, mélyen megrendült. „A népek — mondotta — valami jöttment csillagászra hallgatnak, aki azt igyekszik kimutatni, hogy a Föld forog, s nem az eget vagy a firmamentum, nem a Nap és a Hold. Aki fel akar tűnni, okosságával, csak ki kell gondolnia néhány új rendszert, amelyek persze valamennyi rendszer között a legjobbak . . . Ez az örült föl akarja forgatni a csillagászat egész tudományát; de a Szentírás azt tanítja nekünk, hogy Józsuá a Napnak parancsolta, hogy álljon meg, s nem a Földnek.” Calvin hasonló módon elutasította Kopernikuszt, az ígével: „A föld ő tőle erősített meg, hogy meg ne induljon” (Ps. XCIII., 1.), és felkiáltott: „Ki merészeli Kopernikusz tekintélyét a Szent Lélekének helyébe állítani?” A protestáns klérus éppoly korlátolt és bigott volt, mint a katolikus egyháziak; a protestáns országokban ennek ellenére mégis hamarosan szabaddá vált a spekuláció, mint a katolikusokban, mivel a protestáns országokban a klérusnak kevesebb volt a hatalma. A protestantizmus leglényegesebb jellemvonása a szakadár- (és nem az eretnek-) jelleg, mivel a szakadás vezetett el a nemzeti egyházakhoz; s a nemzeti egyházak nem voltak elég erősek az uralkodó rétegek ellenőrzésére. Ez volt az összes nyereség; miért is az egyházak mindig és mindenütt, ameddig gyakorlatilag csak tudtak, ellene fordultak minden újítási kísérletnek, amely a boldogság és tudás növelésére megtétetett itt a Földön.

Kopernikusz nem volt abban a helyzetben, hogy bármiféle perdöntő evidenciát szerezhetett volna hipotézise mellett, s a csillagászok hosszú időn át elutasították azt. A következő jelentős csillagász *Tycho Brahe* volt (1546—1601), aki közbülső álláspontot fogadott el: azt tartotta, hogy a Nap és a Hold keringenek a Föld körül, de a bolygók a Nap körül keringenek. Ami az elméletét illeti, nem volt túlságosan eredeti. Mindazonáltal két jó érvet szolgáltatott Arisztotelész felfogása ellen, mely

szerint a Hold felett minden változatlan. Az egyik egy új csillag feltűnése volt, 1572-ben, amelynek — úgy találták — nincs napi paralaxisa, s így messzebbre kell lennie a Holdnál. A másik érvet az üstökösök megfigyeléséből szűrte le, melyeket ugyancsak távolibbakkak talált. Az olvasó emlékszik még Arisztotelész tanítására, mely szerint a változás és az elmúlás a Hold alatti szférához kapcsolódik; mint minden egyéb, amit Arisztotelész tudományos kérdésekkel kapcsolatban kijentett, a haladás gátjának bizonyult.

Tycho Brahének nem elméleti munkái, inkább — először a dán király, majd II. Rudolf császár pártfogása alatt végzett — megfigyelései jelentősek.

Katalogizálta a csillagokat, s több éven át jegyezte a bolygók állását. Élete vége felé az akkor fiatalember Kepler lett az asszisztense. Megfigyelései Kepler számára felbecsülhetetlen jelentőségűeknek bizonyultak.

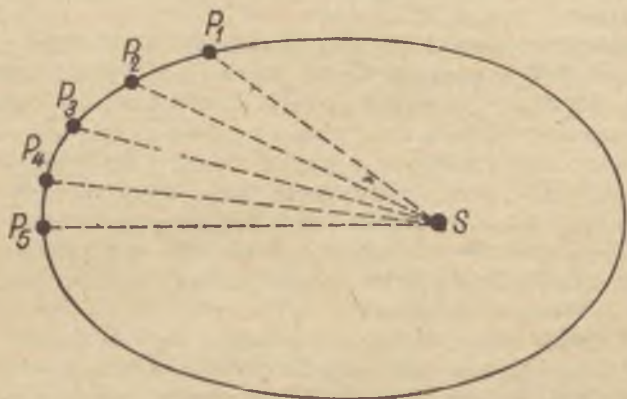
Kepler (1571—1630) egyik legjelentősebb példája: mit lehet elérni türelemmel, anélkül, hogy valaki a lángelmék útját járná. Ő volt Kopernikusz után az első jelentős csillagász, aki elfogadta a heliocentrikus rendszert, amely körül azonban (kopernikuszi megfogalmazásban) nem volt minden teljesen rendben, amint ezt Tycho Brahe adatai megmutatták. Kopernikusz a pithagoreizmus befolyása alatt állt, s többé-kevésbé ábrándosan hajlott a Nap-imádásra, jóllehet jó protestáns volt. Ezek a tényezők kétségkívül hajlamossá tették őt a heliocentrikus feltevés elfogadására. Pithagoreus-mivolta hajlamossá tette arra, hogy Platón *Timájosa* nyomán tételezze föl: a kozmikus jelenségeket össze kell kapcsolni az öt szabályos testtel. Engedte, hogy mindezek hipotéziseket sugalljanak elméjének; s végül is, szerencsére, e hipotézisek egyikét kidolgozta.

Kepler nagy tette bolygómozgásra vonatkozó három törvényének felismerése. Kettőt közülük 1609-ben hozott nyilvánosságra, a harmadikat 1619-ben. Első törvénye kimondja, hogy a bolygók ellipszis pályán mozognak, melyek egyik gyújtópontjában a Nap áll. Második törvénye: a bolygót a Nappal összekötő egyenes azonos időtartamok alatt azonos területet sűrol. Harmadik törvénye kimondja: valamely bolygó keringési idejének négyzete arányos Naptól mért közép-távolsága köbével.

Szólnunk kell néhány szót e törvények jelentőségének magyarázataira.

Az első két törvényt Kepler idejében csak a Mars esetében lehetett *kísérletileg ellenőrizni*; a többi bolygókat illetően a megfigyelések jó egyezésben voltak velük, de nem oly mértékig, hogy elhatározó módon bizonyították volna azokat. Mindazonáltal nem telt hosszú időbe, míg perdöntő bizonyítékot találtak.

Az első törvény felfedezése — hogy ti. a bolygók ellipszis pályákon mozognak — a hagyománytól való elszakadás szempontjából nagyobb erőfeszítést igényelt, mint amivel a modern ember — könnyedén — megtenné ezt a lépést. Az egyetlen dolog, amiben valamennyi csillagász kivétel nélkül megegyezett, az volt, hogy minden égi mozgás körkörös, vagy körmozgásokból tevődik össze. Ahol a körök elégtelennek bizonyultak a planetáris mozgások magyarázatára, epiciklusokat használtak. Epiciklusnak nevezzük azt a görbét, melyet egy körön gördülő másik kör valamely pontja ír le. Vegyünk például egy nagy hengert



18. ábra. A Naptól a bolygókhoz húzható egyenes, az úgynevezett vezérsugár, egyenlő idők alatt egyenlő területeket érint

és sík fedőlapján rögzítsük a földre; aztán vegyünk egy kisebb hengert, melyből kiáll egy szög, és gördítsük a kisebb (a sík lapjával ugyancsak a földre támasztott) hengert körbe a nagyobbik henger palástján úgy, hogy a kiálló szög egy pontban érintse a földet. A szög nyomaként epiciklus fog kirajzolódni a földön.² A Hold pályája a Naphoz viszonyítva durván ilyen jellegű: a Föld megközelítőleg kört ír le a Nap körül, s ezalatt a Hold kört ír le a Föld körül. De ez csak közelítés. Amint a megfigyelés pontosabbá vált, azt találták, hogy az epiciklusok semmiféle rendszere sem felelhet meg a tényeknek. Kepler hipotézise — ő maga így találta — a Mars helyzetének megfigyeléseivel sokkalta szorosabban egyező eredményeket szolgáltatott, mint a-ptolemásoszi vagy akár a Kopernikusz-féle.

A köröknek ellipszisekkel való helyettesítése egyúttal az esztétikai szempontok föladását is jelentette, mely a csillagászatot Pithagorasz

² Föltétve, hogy a szög nem a második henger hosszanti tengelyébe esik, ekkor ugyanis kört ír le. (A föld.)

idejétől kormányozta. A kört tekintették a tökéletes alakzatnak. Az égi gömbök tökéletes testek — eredetileg istenek —, még Platónnál és Arisztotelésznél is közelálltak az istenekhez. Nyilvánvaló — így tűnt —, hogy a tökéletes testnek tökéletes pályán kell mozognia. Ezenfelül, mivel az égitestek szabadon mozognak, anélkül, hogy húznák vagy taszítanák őket, mozgásuknak „természetes”-nek kell lennie. Most már legegyszerűbb volt feltételezni azt, hogy a körben van valami „természetes”; az ellipszisben nincs. Számos ilyen mélyen gyökeredző előítéleten kellett túladni, mielőtt Kepler első törvényét elfogadhatták. A régiek közül senki sem igényelte ilyen feltételezések elfogadását, még a számoszi Arisztarkhosz sem.

A második törvény a bolygók változó sebességét érinti, napköri pályájuk különböző pontjain. Ha a Napot S-sel jelöljük (18. ábra), és P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 a bolygó egymás után következő tartózkodási pontjai azonos időszakaszok — mondjuk hónapos időközök — végén, akkor Kepler második törvénye szerint a $P_1SP_2, P_2SP_3, P_3SP_4, P_4SP_5$ területek egyenlők. Amiből következik, hogy a bolygó leggyorsabban akkor mozog, amikor legközelebb van a Naphoz, s lelassabban, amikor a legtávolabb van tőle. Ez újból meglepő volt; az égitesteknek előkelőeknek is kell lenniök, s ehhez nem illik, hogy egyik percben rohanjanak, másikkban cammogjanak.

A harmadik törvény azért volt jelentős, mert különböző bolygók mozgását hasonlítja össze, míg az első két törvény a különböző bolygókat egyenként érinti. A harmadik törvény kimondja, hogyha r -rel jelöljük a közepes távolságot a bolygó és a Nap között, és T -vel e bolygó keringési idejének hosszát, úgy az r^3/T^2 hányados valamennyi bolygó esetében azonos. Ez a törvény a Naprendszer vonatkozásában igazolja Newtonnak a távolsággal fordított arányosságot kimondó gravitációs törvényét. De erről később beszélünk majd.

Galilei (1564—1642) a modern tudomány megalapítóinak legnagyobbika, s e megállapítás alól csak Newton a lehetséges kivétel. Körülbelül azokban a napokban született, amikor *Michelangelo* meghalt, s abban az évben halt meg, melyben Newton született. E tényeket azoknak ajánlom, akik hisznek a lélekvándorlásban, ha ugyan ilyenek még vannak. Csillagásznak is jelentős, de talán még inkább mint a dinamika megteremtője.

Galilei elsőnek ismerte fel a dinamikában a *gyorsulás* fogalmának jelentőségét. A „gyorsulás” a sebesség egy másodperc alatt történő változását jelenti, akár nagyságát, akár irányát tekintve: így az egyenletes körmozgást végző testnek minden időpillanatban van gyorsulása, mely a kör középpontja felé mutat. A még ez idő előtt elterjedt kifejezésekkel élve azt mondhatjuk, hogy Galilei az egyenletes, egyenes vonal mentén történő mozgást tekintette „természetes”-nek, földön

és égen egyaránt. Akkoriban úgy gondolták, hogy az égitestek esetében a körmozgás „természetes”, a földi testek mozgása — így gondolták — fokozatosan megszűnik, ha magukra hagyjuk őket. Galilei e szemlélettel ellentétben azt tartotta, hogy minden magára hagyott test megtartja egyenes vonalú, egyenletes sebességű mozgását, és minden, akár a mozgás sebességében, akár irányában beálló változás megköveteli, hogy valamiféle „erő” működésbe lépésével magyarázzuk. Ez az alapelv Newtonnál a „mozgás első törvénye”-ként kerül megfogalmazásra. A tehetetlenség törvényének is hívják. Jelentésére később visszatérünk, előbb azonban részletesebben el kell mondanunk néhány dolgot Galilei felfedezéseiről.

Galilei volt az első, aki megállapította a szabadon eső test törvényét. Ez a törvény, mely a „gyorsulás” fogalmát is magába foglalja, a lehető legegyszerűbbek közé tartozik. Kimondja, hogy ha egy test szabadon esik, gyorsulása állandó, leszámítva a levegő esetlegesen közrejátszó közegellenállását; továbbá, hogy a gyorsulás minden test számára azonos, legyen az nehéz vagy könnyű, nagy vagy kicsi. Törvényének tökéletes kísérleti bizonyítására nem volt mód a légszivattyú feltalálása előtt; ez 1654 táján történt. Ekkor lehetségessé vált a gyakorlatilag légüres térben eső testek megfigyelése, s azt tapasztalták, hogy a madártoll olyan sebességgel esik, mint az ólom. Galilei azt mutatta ki, hogy nincs mérhető különbség ugyanazon anyagból készült kis és nagy tárgyak esésének ideje között. Ez ideig azt hitték, hogy egy nagy darab ólom gyorsabban hull alá, mint egy kicsi, de Galilei kísérletileg kimutatta, hogy nem ez a helyzet. Az ő idejében a mérés nem volt oly akkurátus eljárás, mint amivé azóta lett; mégis eljutott a szabadon eső testek igazi törvényéhez. Ha valamely test légüres térben szabadon esik, sebessége állandó mértékben növekszik. Sebessége az első másodperc végén 32 láb/sec* lesz; a következő másodperc végén 64 láb/sec; a harmadik végén 96 láb/sec, és így tovább. A gyorsulás, azaz a sebesség megváltozásának mértéke, mindig ugyanaz, a sebességnövekedés minden másodpercben hozzávetőlegesen 32 láb/sec.

Galilei a lövedékeket is tanulmányozta: ez a téma gazdájának, a toszkánai hercegnek volt fontos. Azt hitték, hogy a vízszintes irányban kilőtt lövedék egy darabig vízszintes irányban mozog, majd hirtelen elkezd függőleges irányba esni. Galilei kimutatta, hogy ha eltekintünk a levegő ellenállásától, a vízszintes irányú sebesség — a tehetetlenség törvényét követve — azonos marad, s egy függőleges sebesség adódik hozzá, mely a szabadon eső testek törvénye szerint növekszik. Annak meghatározására, hogy a lövedék hogyan mozog egy bizonyos rövid (mondjuk egy másodpercenyi) idő alatt, miután már bizonyos időt repült,

* 0,81 m/sec.

a következőképpen járunk el: ha a lövedék függőleges mozgást nem végezne, egy bizonyos vízszintes — repülésének első másodpercében — ténylegesen megtett — távolságot kellene megtennie. Másodszer, ha nem mozogna vízszintes irányban, hanem csupán zuhanna, a repülés kezdetétől eltelt idővel arányos sebességgel kellene függőleges irányba esnie. Tényleges mozgása viszont úgy áll elő, mintha először egy másodpercig vízszintes irányba repülne a kezdősebességgel, s utána egy másodpercig függőlegesen zuhant volna, a repülés kezdete óta eltelt idővel arányos sebességgel. Egyszerű számítás mutatja, hogy a keletkező görbe parabola, s ezt — ha eltekintünk a levegő ellenállásától — a megfigyelések is igazolták.

A fentiek egyszerű példával szolgálnak arra az alapelvre, mely rendkívül gyümölcsözőnek bizonyult a dinamikában, mely szerint több egyidejűleg ható erő eredője ugyanaz, mintha azok külön-külön egymás után hatottak volna. Ez egy általánosabb (parallelogrammaszabálynak nevezett) törvény egy részlete. Tegyük föl például, hogy egy mozgó hajó fedélzetén tartózkodunk, s keresztülsetálunk a fedélzeten. Amíg megyünk, a hajó is haladt, s ily módon a vízhez viszonyítva mind előre, mind pedig a hajó haladási irányára merőlegesen elmozdultunk. Ha arra vagyunk kíváncsiak, hogy a vízhez viszonyítva milyen elmozdulást végeztünk, feltételezhetjük, hogy először egyhelyben maradtunk míg a hajó haladt, majd azonos ideig a hajó nyugodtan állt s mi áthaladtunk a fedélzeten. Ugyanezt az elvet alkalmazzuk az erőkre. Ez nyújt lehetőséget számos erő összehatásának kiszámítására s a fizikai jelenségek analizisére, egyenként meghatározván azon számos különálló erő törvényszerűségeit, mely a mozgásban levő testre hatást gyakorol. Galilei volt az, aki ezt a hallatlanul gyümölcsöző módszert bevezette.

Az eddig elmondottakban megkíséreltem, amennyire csak lehetséges, a tizenhetedik század nyelvén beszélni. A modern nyelvhasználat fontos kifejezésekben különbözik ettől, de annak megértésére, hogy mint vélekedtek a tizenhetedik században, kívánatosnak látszott elfogadni a korabeli kifejezési formákat.

A tehetetlenségi törvény megszüntette a zűrzavart, melyet Galilei előtt a kopernikuszi rendszer képtelen volt megmagyarázni. A fentiek szerint, ha lehajítunk egy követ egy torony tetejéről, a torony lábához fog esni, nem pedig attól kissé nyugatra; még akkor is, ha a Föld forog, s bizonyos távolsággal el kell fordulnia azalatt, amíg a kő zuhan. Hogy nem ez történik, annak oka épp az, hogy a kő megtartja forgási sebességét, amellyel leejtése előtt a Föld felületén található minden egyéb tárggyal együtt rendelkezett. Valójában, ha a torony elegendően magas lenne, az ellenkező hatásnak kellene föllépni, mint amire Kopernikusz ellenfelei számítottak. A torony teteje, messzebb lévén a Föld közép-

pontjától, mint az alja, nagyobb (kerületi) sebességgel mozog, s ezért a kőnek hajszányival a torony lábától keletre kellene esnie. Ez a hatás azonban szükségképpen túl kicsi ahhoz, hogy mérni lehessen.

Galilei lelkesen magáévá tette a heliocentrikus rendszert; levelezett Keplerrel, és méltányolta fölfedezéseit. Mikor később tudomást szerzett arról, hogy egy hollandus fölfedezte a távcsövet, Galilei maga is készített egyet, s rövidesen számos jelentős felfedezést tett. Rájött, hogy a Tejút különálló csillagok sokaságából áll. Megfigyelte a Venus fényváltozásait; e jelenség létezésére Kopernikusz elméletéből következtetni tudott, de szabad szemmel megfigyelni nem tudta. Fölfedezte a Jupiter holdjait, melyeket gazdája tiszteletére „sidera medicea”-nak nevezett el. Azt tapasztalta, hogy ezek a holdak engedelmeskednek a Kepler-törvényeknek. Volt azonban egy nehézség. Mindig is *hét* égitest volt: az öt bolygó, a Nap és a Hold. Most már a hét szent szám. Vajon nem a Sabbath-e a hetedik nap? S nem hétágú volt-e az ószövetségi gyertyatartó, s nem hét volt-e az ázsiai egyházak száma? Nos, mi egyébre lehet következtetni ebből, ha nem arra, hogy hét égitestnek kell lenni? De ha hozzá kell adnunk az előbbiekhöz a Jupiter négy holdját — az eredmény tizenegy, egy olyan szám, amelynek nincs semmiféle misztikus tulajdonsága. Ezen a ponton a hagyománytisztelők elhajították a távcsövet, nem voltak hajlandók belenézni, s fönntartották, hogy mindez csak csalódás lehet. Galilei egy Keplernek szóló levelében azt tanácsolta, ne vessenek jót mindkettlen a „tömeg” ostobaságán; a levél hátralevő részéből kiviláglik, hogy a „tömeg” filozófia-professzorokból állt, akik megkísérelték, hogy „nevetséges-logikus érvekkel”, ráolvasással elűzzék a Jupiter holdjait, „mivelhogy azok boszorkányos varázslat szülöttei”.

Galilei, amint az köztudomású, az inkvizíció elítélte, először zárt ajtókat mögött, 1616-ban, később 1633-ban nyilvánosan; ez utóbbi alkalommal visszavonta tanításait és megfogadta: többé nem tartja fenn, hogy a Föld forog és kering. Az Inkvizíciónak sikerült véget vetnie az olaszországi tudományos életnek, mely nem is támadt föl századokig. De tévedtek, ha azt remélték, hogy a tudomány embereit eleve visszafertékezik a heliocentrikus elmélet elfogadásától; s ostobaságukkal jelentékeny kárt okoztak az Egyháznak. Szerencsére ott voltak a protestáns országok, ahol a klérus, jóllehet aggodalmas igyekezettel próbálta megnehezíteni a tudomány fejlődését, képtelen volt ellenőrzést gyakorolni az Állam fölött.

Newton (1642—1727) bevégezte és teljessé tette azt a győzelmet, melynek Kopernikusz, Kepler és Galilei előkészítették az utat. Három mozgástörvényéből kiindulva — amelyek közül az első kettő Galileire utal vissza — bebizonyította, hogy Kepler három törvénye egyenértékű a következő kijelentésekkel: minden bolygónak minden pilla-

natban van egy a Nap irányába mutató gyorsulása, melynek nagysága fordítva arányos a Naptól mért távolság négyzetével. Kimutatta, hogy a Föld és a Nap irányába mutató, azonos törvényszerűséget követő gyorsulás magyarázza a Hold mozgását, és hogy a Föld felületén a földre hulló tárgyak gyorsulása ugyancsak a fordított-négyzetes törvényt követi (akárcsak a Holdé is). Ő határozta meg az „erő” fogalmát, mint a mozgásállapot-változás (azaz gyorsulás) okát. Ezek után már lehetővé vált, hogy kimondja általános gravitációs törvényét: „Minden test minden más testet vonz, s a vonzerő nagysága egyenesen arányos a két test tömegének szorzatával és fordítva arányos a köztük levő távolság négyzetével.” Ebből a formulából mindent le tudott vezetni a csillagászati elméletben: a bolygók és holdjaik mozgását, az üstökösök pályáját, az árapály jelenségét. Később nyilvánvalóvá lett, hogy a bolygóknak az elliptikus pályákra való legkisebb eltérése is levezethető Newton törvényéből. A diadal oly teljes volt, hogy Newton abba a veszélybe került, hogy második Arisztotelész lesz belőle, s ezzel leküzdhetetlen akadályt gördít a haladás útjába. Angliában még egy évszázaddal halála után sem szabadultak fel eléggé az emberek tekintélyének súlya alól, ahhoz, hogy jelentős eredeti munkásságot folytassanak azon témakörökben, melyekkel ő foglalkozott.

A tizenhetedik század nemcsak a csillagászatban és dinamikában jelentős, hanem a természettudomány számos más területén is.

Vegyük először a tudományos eszközök kérdését. A mikroszkópot éppen valamivel a tizenhetedik század kezdete előtt, 1590 tájékán találták föl. A távcsövet 1608-ban egy *Lippershey* nevű hollandus találta föl, de Galilei volt az első, aki tudományos célokra komoly eredménnyel alkalmazta. A hőmérő föltalálója is Galilei — legalábbis ez látszik a legvalószínűbbnek. Tanítványa, *Torricelli* találta föl a barométert. *Guericke* (1602—1686) a légszivattyút. Az órák (bár ez már nem új találmány) nagy fejlődésen mentek keresztül a tizenhetedik század folyamán, főleg Galilei munkássága révén. E találmányoknak köszönhető, hogy a tudományos megfigyelés határtalanul pontosabbá és szélesebbkörűvé vált, mint hármikor a megelőző időkben.

Emellett nemcsak a csillagászatban és dinamikában, de más tudományokban is jelentős munkák születtek. *Gilbert* (1540—1603) 1600-ban jelentette meg nagy munkáját a mágnességéről. *Harvey* (1578—1657) fedezte fel a vérkeringést; felfedezését 1628-ban hozta nyilvánosságra. *Leeuwenhoek* (1632—1723) fedezte fel a spermás egycsejtűeket (spermatozoákat); bár egy másik kutató, *Stephen Hamm* is felfedezte azokat, látszólag néhány hónappal korábban; *Leeuwenhoek* fedezte fel a protozoákat, más néven egycsejtű organizmusokat, sőt a baktériumokat is. *Robert Boyle* (1627—1691) — ahogy az én fiatalkoromban a gyerekeknek tanították — „Cork grófjának fia és a kémia atyja” volt; manapság

főleg a „Boyle-féle törvény” kapcsán emlegetik, mely szerint adott mennyiségű gáz nyomása adott hőfokon fordítva arányos térfogatával.

Eddig semmit sem szoltam az elméleti matematikában elért előrehaladásról, bár az valójában igen figyelemre méltó volt, s nélkülözhetetlen a fizikai tudományos munkák nagy részénél. *Nepier* 1614-ben hozta nyilvánosságra az általa feltalált logaritmust. A koordináta-geometria számos tizenhetedik századi matematikus — köztük súlyal *Descartes* — munkásságának eredménye. Mindenfajta magasabb matematika művelésének eszközét, a differenciál- és integrálszámítást egymástól függetlenül *Newton* és *Leibniz* találta föl. Csupán az elméleti matematika legkiemelkedőbb eredményeit említettem; számtalan nagy jelentőségű volt még ezeken kívül.

Úgy gondoljuk, a természettudományos munka következménye volt, hogy a művelt emberek szemlélete tökéletesen átalakult. A század kezdetén *Sir Thomas Browne*-t még boszorkányság címén perbe fogták; a század végén ez lehetetlen lett volna. *Shakespeare* idejében az üstökösök még baljós előjelnek számítottak; *Newton Principiájának* publikálása (1687) után már közismert dolog volt, hogy ő és *Halley* kiszámították bizonyos üstökösök pályáját, s azok éppúgy engedelmeskedtek a gravitációs törvénynek, mint a bolygók; s a törvény érvényessége megerősítette az emberi elképzelések feletti uralmát is: nem lehetett elhinni többé, hogy e jelenségek mágikusak vagy varázslatosak lennének. A művelt ember szemlélete 1700-ban teljességgel modern volt; 1600-ban nagyon kevés kivétellel még teljességgel középkori jellegű.

E fejezet hátralevő részében megkísérlem röviden összefoglalni a filozófiai felfogásokat, amelyek a tizenhetedik századi természettudomány következményeképpen jelentek meg, s megemlítek néhányat azon kérdések közül, melyekben a modern tudomány álláspontja *Newton*tól eltér.

Az első megjegyzésre méltó mozzanat: az animizmusnak szinte minden nyoma eltűnt a fizikai törvényekből. A görögök, ha nem is mondták ki ilyen kereken, természetesnek gondolták, hogy a mozgatóerő az élet jele. Úgy tűnik, hogy ennek kézenfekvő a magyarázata: az állatok maguk mozgatják önmagukat, míg a holt anyag csak akkor jön mozgásba, ha külső erő kényszeríti erre. *Arisztotelész* szerint az állat lolkének számos funkciója van, s ezek egyike az állat testének mozgatása. A Nap és a bolygók a görög gondolkodás szerint méltók arra, hogy istenekké legyenek, vagy legalábbis arra, hogy istenek mozgassák és irányítsák őket. *Anaxagorasz* másként gondolta, de ő istentelen volt. *Démokritosz* másként gondolta, de róla *Platón* és *Arisztotelész* kedvéért nem vettek tudomást, az epikureusok kivételével. *Arisztotelész* negyvenhét vagy ötvenöt „mozdulatlan mozgó”-ja isteni szellem: ők a végső forrúsai minden mozgásnak a világmindenség-

ben. A lélektelen testek rövidesen mozdulatlanná válnak, ha ők magukra-hagyják; így a léleknek folytonosan hatnia kell az anyagra, hogy a mozgás meg ne szűnjék.

Az első mozgástörvény mindezt megváltoztatta. Az egyszer mozgásba hozott élettelen anyag örök időnkig folytatja mozgását, hacsak külső erő meg nem állítja. Ezenfelül a mozgási állapot megváltozásának külső okai maguk is visszaváltak anyagi jellegűekké, s így egyértelműen meg lehet határozni azokat. A Naprendszer mindenképpen saját lendülete és törvényei tartják mozgásban, nincs szükség semmiféle külső beavatkozásra. Még szükségesnek tarthatták istent a mechanizmus mozgásbalendítésére; a bolygókat Newton szerint eredetileg isten keze lóditotta el. De attól kezdve, hogy ezt megtette, és meghatározta a gravitáció törvényét, minden magától ment végbe, anélkül, hogy további isteni beavatkozásra szükség lett volna. Amikor *Laplace* azzal az ötlettel állt elő, hogy ugyanazok az erők, melyek most működnek, okozhatták, hogy a bolygók kiszakadtak a Naptól, isten szerepe a természet működésében még inkább háttérbe szorult. Megmaradhatott teremtőnek, ám ez is kétséges azóta, amióta nem világos, hogy a világnak egyáltalán volt-e időbeli kezdete. Jóllehet a tudomány embereinek legnagyobb része a kegyelet mintapéldája volt, a munkáik sugallta szemlélet megzavarta a hagyománytiszteletet, és a teológusok kényelmetlenül közérzete szinte teljességgel igazolást nyert.

Másik dolog, ami a természettudományokból eredt, az ember világmindenségbeli helyzetének megítélésében bekövetkezett alapvető változás. A középkor világában a Föld az egek középpontja volt, és minden dolog célja kapcsolatos volt az emberrel. A newtoni világban a Föld egy nem különlegesen megkülönböztetett csillag kisebbséjévé vált; a csillagászati távolságok oly hatalmasnak bizonyultak, hogy a Föld hozzájuk képest gombostűhegynyi pont csupán. Valószínűtlennek tűnik, hogy mind e hatalmas apparátus e gombostűhegyen élő bizonyos kis teremtmények miatt rendeltetett. Ezenfelül a célszerűség, amely Arisztotelész óta a tudományos világkép intim részletét alkotta, nem állta ki a tudomány ellenpróbáját. Bárki hiheti még, hogy az egek csak azért vannak, hogy isten dicsőségét hirdessék, de senki sem alapozhatja ezt a hitét csillagászati számításokra. Lehet, hogy e világnak célja van, de a továbbiakban semmiféle célok sem játszhatnak szerepet a tudományos magyarázatokban.

A kopernikuszi teóriának meg kellett volna aláznia az emberi gőgöt, de valójában az ellenkező hatást érte el, mivel a tudomány diadalai újraélesztették az ember büszkeségét. A haldokló régi világ a bűntudat rögeszínjével töltötte meg az emberek agyát, s ez a Középkor szorongásaként tovább hagyományozódott. Isten előtt megalázkodni — ez egyaránt helyes és bölcs dolog volt, mivel isten a gőgösöket

megbünteti. Pestisjárványok, árvizek, földrengések, törökök, tatárok és üstökösök rémisztgették a sötét századokat s az emberek úgy érezték, hogy csak a mind nagyobb és nagyobb alázat tarthatja távol ezeket a valós vagy képzelt szerencsétlenségeket. De immár képtelenség megmaradni alázatosnak, amikor az emberek ilyen diadalkiáltásokba törnek ki:

Mély ójben szunnyadt törvény és világ... S most
szólt isten: „Legyen Newton!” S lőn világos.

És ami a büntetést illeti, oly hatalmas világmindenségünk teremőjének bizonnal inkább valami jobb megoldást kellett keresnie e tárgyban, mint pillanatnyi teológiai tévelygések miatt a pokolra juttatni az embereket. Iskarióti Júdást meg lehetett büntetni, de Newtont, noha ariánus volt, nem.

Természetesen egyéb okok is voltak az önteltségre. A tatárok Ázsiába szorultak vissza, a törökök megszűntek fenyegetni, az üstökösöket *Halley* megtanította az alázatra, és ami a — bár továbbra is fenyegető — földrengéseket illeti, azok oly érdekeseeknek bizonyultak, hogy a tudomány embere szinte hiányolja őket. Nyugat-Európa lakóinak gazdasága gyorsan gyarapodott s lassan az egész világ urai lettek: meghódították Észak- és Dél-Amerikát, hatalomra jutottak Afrikában és Indiában, tiszelték őket Kinában és félték tőlük Japánban. Ha mindehhez még hozzászámították a tudomány diadalát, nem csoda, ha a tizenhetedik századi emberek úgy érezték, hogy ragyogó fickók, s nem nyomorult bűnösök, akiknek vasárnaponként kijelentik őket.

Néhány vonatkozásban a modern elméleti fizika felfogása eltér Newton rendszerétől. Hogy ezzel kezdjük, az „erő” jellegzetesen tizenhetedik századi fogalmát később felszínesnek találták. Az „erő” Newtonnál a mozgási állapot — akár nagyság, akár iránybeli — megváltozásának oka. Az ok kapcsolódását fontosnak tartották, s az erőt képzeletben úgy fogták föl, mint valamiféle dolgot, melynek segítségével magukhoz húzunk vagy eltaszítunk valamit. Ez okból kifogást emeltek a távolban ható gravitáció eszméje ellen, s maga Newton is megerősítette, hogy kell valamiféle közegnek lenni, amely a hatást közvetíti. Fokozatosan jöttek rá, hogy valamennyi egyenlőség felírható anélkül, hogy erőket vezetnének be. Ami mérhető: bizonyos összefüggés a gyorsulás és az erőtér konfigurációja között; hogy úgy mondjuk, ezt az összefüggést az „erő” közvetítésével alkották meg, maga a fogalom azonban semmivel sem gazdagítja ismereteinket. A megfigyelés bizonyítja, hogy a bolygóknak minden időpillanatban meghatározott, a Nap irányába mutató gyorsulásuk van, melynek nagysága a Naptól mért távolság négyzetével fordított arányban változik. Azt mondani,

hogy ezt a gravitáció „erejére” kell visszavezetni, merő verbalizmus, hasonlóan ehhez: az ópium elaltatja az embereket, mivel altató tulajdonsága van. A modern fizikus tehát kizárólag a gyorsulásokat meghatározó összefüggéseket állítja fel, s általában kerüli az „erő” kifejezést. A mozgás okának tekintett „erő” a vitalista felfogás sápadt kísértete volt, s e kísértetet lassan-lassan kiűzték.

A kvantummechanika feltűnéséig semmi sem történt, ami valamennyire is módosította volna az első két mozgástörvény lényeges mondanivalóját, nevezetesen, hogy a dinamika törvényeit a gyorsulások összefüggései révén kell felírni. Ebből a szempontból Kopernikust és Keplert még a régiek közé kell sorolni; ők úgy gondolták, hogy a törvények az égitestek pályájának alakját határozzák meg. Newton világitotta meg, hogy amit a törvények kimondanak, ebben a formában soha nem lehet több közelítésnél. A bolygók nem pontosan ellipszis pályán mozognak, a többi bolygók okozta perturbációk miatt. Ugyanez okból a bolygók pályája sem ismétlődhet soha pontosan. De a gravitációnak a gyorsulásokon alapuló törvénye nagyon egyszerű volt, és tökéletesen pontosnak hitték a Newton korát követő kétszáz évben. Miután Einstein helyesbítette, továbbra is megmaradt a gyorsulások törvényének.

Igaz, hogy az energia megmaradása nem a gyorsulásokon, hanem a sebességeken alapuló törvény. De a számításokban, melyek e törvényen alapulnak, még mindig a gyorsulásokat kell fölhasználni.

Ami a kvantummechanika bevezette átalakulásokat illeti, azok rendkívül mélyrehatóak, de bizonyos fokig még bizonytalanok, és viták tárgyául szolgálnak.

Van még egy eltérés a Newton-féle filozófiától, melyről most meg kell emlékeznünk, és ez az abszolút tér és idő feladása. Az olvasó visszafog még emlékezni e kérdés Démokritosz kaposán történt említésére. Newton egy pontokból felépített tér és egy pillanatnyi tartamokból felépített idő eszméjében hitt, melyek léte független a testektől és az eseményektől, melyek kitöltik azokat. Ami a teret illeti, szemlélete igazolására gyakorlati érve volt, nevezetesen az, hogy fizikai jelenségek alapján nem győződhetünk meg az abszolút forgómozgásról. Ha vödörben levő vizet forgatunk, a víz a széleken fölemelkedik, a közepén lesüllyed; de ha a vödört forgatjuk, s benne a vizet nem, ez a hatás nem tapasztalható. Azóta kigondolták a Foucault-féle ingakísérletet, amely a várakozásnak megfelelően demonstrálja a Föld forgását. Az abszolút forgómozgás kérdése azonban még a legmodernebb szemlélet alapján is nehézségekkel jár. Ha minden mozgás relatív, úgy pusztán verbális különbség van a Föld forgását feltételező hipotézis és a között a feltevés között, mely szerint az ég pörög a Föld körül. Nem több, mint a „John James atyja” és a „James John fia” közötti különbség. De ha az ég

pörög, a csillagok gyorsabban mozognak a fénynél, amit képtelenségnek tartunk. Nem állíthatjuk, hogy a kérdésre adott modern válaszok teljességgel kielégítőek lennének, de elégségesen kielégítőek ahhoz, hogy minden fizikus magáévá tegye azt a szemléletet, mely szerint a mozgás és a tér teljességgel relatív. Mindez, összekapcsolva a tér és idő tér-idővé történt egybeolvadásával, alaposan eltávolította világmindenségre vonatkozó nézeteinket attól a világképtől, amely Galilei és Newton munkásságának eredményeképpen kialakult. De most sem erről, sem a kvantumelméletről nem akarok többet mondani.

KULIN GYÖRGY:

ÉLET A KOZMOSZBAN — MAI SZEMMEL

Több szempontból is egészen másként állunk ma szemközt ezzel a kérdéssel, mint a múltban, vagy akár csak egy évtizeddel ezelőtt is.

Elmondhatjuk elsősorban azt, hogy sokkal szabadabban nyúlhatunk hozzá, mint amikor még merev dogmák kötötték az emberiség gondolkodását. De nemcsak a dogmák állították tilalomfát a szabad gondolat útjába, hanem a kevesebb ismeretből származó előítéletek is. Ez utóbbi vonatkozásban meg kell vallanunk, hogy még a XX. század emberének gondolkodása sem teljesen mentes az antropocentrikus és geocentrikus vonásoktól.

Világképünk, amelynek szemszögéből egy ilyen ősrégi problémát tekintünk, nyilvánvalóan azokkal az ismeretekkel határolt, amelyekkel egy-egy kor rendelkezik. Ma több a tudásunk, több a konkrét ismeretünk és ezért tágabb látóhatárú világképünk is.

Egy másik szempont, ami a megismerés szempontjából igen lényeges, az, hogy nem kényszerülünk csupán filozófiai érvekkel meghozni a döntést, mert módunkban áll konkrét ismeretekre támaszkodni. Ma már a címben felvetett kérdés pozitív megítéléséhez rendelkezésünkre állnak olyan dokumentumok, amelyekkel a múlt embere nem rendelkezhetett és mi is csak az utóbbi évtizedben jutottunk birtokukba.

Van aztán egy harmadik szempont, ami sürgetően követeli az állásfoglalást, mert ez határozza meg sok irányú tennivalóink irányát. Az űrhajózásról van szó, mely feladatokat ad az ember számára és ahhoz, hogy vállalkozásaink ne legyenek hiábavalók, legalábbis optimistákká kell lennünk ahhoz, hogy kitűzött céljaink elérése érdekében komolyan tegyünk is valamit.

Mindaz a törekvés, amely igen sokrétűen a kérdés megoldását keresi, rámutat a mai kor emberének egy új vonására is: látóhatárát s egyben tevékenységének területét a Föld határain túl fekvő térségekre terjeszti ki.

A Földön kívüli élet problémája többféle vonatkozásban is tárgyalható. Érdekes lenno a válaszkeresés akkor is, ha a felmerülő kérdésekre külön-külön keresnénk feleletet, de most az a feladatunk, hogy az egész kérdést összefüggéseiben tárgyaljuk.

A kérdés különböző megfogalmazásai lehetnének:

1. Van-e élet a Földön kívül?

Ebben a vonatkozásban azt kutatnánk, hogy vajon az élet csak a Földön alakult-e ki, vagy vannak-e más égitestek, ahol megfogant az élet?

2. Eljuthat-e az élet egyik égitestről a másikra?

Ha kiderül, hogy máshol is van élet, a Föld volt-e az élet bölcsője, vagy a Földre is a Kozmosz más tájáról kerültek át az élet csirái hozzánk?

3. Vannak-e a Földön kívül is lakott világok a Naprendszerben, vagy azon kívül, ahol hozzánk hasonló, vagy nálunk fejlettebb lények élnek?

4. Van-e remény, hogy ezek az értelmes lények valaha is hírt adnak magukról, vagy küldhetünk-e mi életjelt magunkról?

5. Űrhajó segítségével eljuthatunk-e más lakott világokra, ha kiderülne, hogy értelmes lények csak a Naprendszeren kívül, sok fényév távolságra laknak?

6. Függetlenül attól, hogy találunk-e hozzánk hasonló lényeket, milyen reményünk van arra, hogy az ember megvesse lábát a Holdon, a Föld bolygótestvéreire s ott kutatásokat végezzen és a szerzett ismereteket itt a Földön, vagy a helyszínen az emberiség javára fordíthatja?

Mint látjuk — kérdés van bőven, mindegyik belefér a cimbe, de talán nem is meríti ki minden vonalon kíváncsiságunkat.

Előre kell bocsátanunk, hogy a felvetett kérdések ma már nem kizárólagosan a fantasztikus regényírók témái, mert bevonultak a tudomány aktuális problémái közé. Legjobb bizonyíték erre nézve az, hogy szerte a világon neves tudósok tollából terjedelmes cikkek jelennek meg, amelyekben a megoldásokat keresik.

Nem ígérhetjük, hogy minden felvetett kérdésre végleges választ adunk, de mindegyikről lesz mondanivalónk.

Kiindulásul még egy kérdést kell tisztázni, éspedig azt, hogy mit értünk élet alatt.

Lehetséges-e merőben más, mint a földi élet?

Sokszor találkozunk azzal a gondolattal, hogy vajon az életnek nem lehetségesek-e egészen más megnyilvánulási formái, mint amilyeneket a Földön ismerünk? Másoktól függetlenül mindenkiiben eredeti ötletként merül ez fel, tehát foglalkoznunk kell ezzel is.

Azt kérdezzük, miért nem lehetséges egészen más fizikai körülmények között is valamilyen fajta élet. Vannak anyagok, amelyek a nagy hidegben is cseppfolyósak vagy légneműek, vannak anyagok, amelyek a magas hőmérsékleten jutnak folyékony állapotba, miért ne lehetne például olyan életforma, amelynek szervezetében hőálló vér-

erekben olvadt anyagok csörgedeznek, vagy amelyeknek számára a mínusz 150 fok a legkedvezőbb?

Nálunk az élet a fehérjemolekulákhoz van kötve. Úgy találjuk, hogy azokat a bonyolult megnyilvánulási formákat, amelyeket a táplálkozás, növekedés, anyagcsere, szaporodás, öröklőképesség stb.-ben mint az élet ismerveit tekintjük, csak a nagy energiájú összetett molekula-csoportok képesek kifejtteni. A szén körül csoportosuló fehérje molekulák működőképességéhez bizonyos hőmérséklet, víz és levegő szükséges. Az életképesség rejtett állapotban megmarad +100 fok C fölött és —200 fok körül is. Vannak baktériumok, amelyek bezárt állapotban mostoha körülmények között százmillió éveket is átvészelnék s megfelelő körülmények között folytatják életüket. Az életműködés korlátai azonban több szempontból határoltak.

Azért nem tudunk szerves életet elképzelni magas hőmérsékleten, mert ott a molekulák is többnyire atomokra bomlanak. A Föld 4,5 milliárd éves múltja a lehetőségek bő választékát kínálta fel mindenfajta elképzelés számára s azt találjuk, hogy minden földi élet alapfeltétele a bonyolult fehérjemolekula.

Az már más kérdés, hogy csupán a szén az egyetlen elem-e, amely körül bonyolult molekulák felépülhetnek, vagy esetleg vannak más elemek is. Tudjuk, hogy a szilícium is ilyen. Ha az élet feltétele csupán a nagy molekula lenne — úgy joggal tételezhetjük fel, hogy talán lehetséges olyan élet is, amely nem a szén, hanem a szilícium köré csoportosult molekulákból áll. Itt a Földön nem ismerünk ilyen életformát. Ha ilyen másfajta élet kialakulásához más fizikai körülmények szükségesek, mint amilyenek a Földön voltak, valahol máshol talán létrejöhettek ilyen, de annak megnyilvánulási formáit mai kutatási eljárásainkkal fel sem tudnánk ismerni.

Az anyagi világnak szigorú törvényei vannak és szigorú törvények uralkodnak a biológiában is. Ez pedig azt mondja számunkra, hogy hozzánk hasonló lények minden bizonnyal csak fehérjemolekulákból épülhetnek fel.

Az élet lehetséges formáit bizonyosan nem meríti ki egymagában a Föld, de éppen elég izgalmas kérdés merül fel akkor is, ha a Földön kívüli világban a földihez hasonló élet nyomait keressük.

Lehetőség vagy valóság a Földön kívüli élet?

A múlt század végéig pusztán filozófiai meggondolások alapján hittek vagy nem hittek az emberek a Földön kívüli élet lehetőségében. Ekkor terjedt el világszerte *Schiaparelli* olasz csillagász megfigyelése a Mars-csatornákról. A könyvekben közölt csatornahálózat sokakat megtéveszt. Amit ott látunk, az hosszú megfigyelés összesített ered-

ménye, tehát egyszerre soha nem látta azokat Schiaparelli sem. Oly halvány képződményekről van itt szó, amelyek éppen a megfigyelhetőség határán voltak.

Az első következtetések szerint ezek a csomópontokban összefutó geometriai egyenes vonalak nem lehetnek mások, mint értelmes lények kezemunkái, — a csatornák bizonyára vízvezető rendszerek, amelyeken át a Mars szegényes vízkészletét a sarkokról a termékeny zónákba vezetik.

Mint ismeretes, Schiaparelli kitűnő észlelő volt, de távcsövének átmérője mindössze 20 cm volt. Utána sokkal nagyobb átmérőjű távcsövek épültek, de a csatornákat még a Yerkes Csillagvizsgáló 102 cm-es távcsövével sem lehetett határozottan megfigyelni. Az 1909. és 1924. marsközelség idején igen számos kísérletet végeztek arra nézve, hogy színképi úton megállapítsák a bolygó oxigén- és vízkészletét. A vizsgálatok negatív eredménnyel végződtek — illetve csak azt állapíthatták meg, hogy a Mars légkörében kevesebb oxigén és vízgőz van, mint amennyit a használt műszerek ki tudnának mutatni. Majd úgy fogalmazódott meg, hogy az oxigén és vízgőz semmiképpen nem lehet több, mint amennyit a földi légkör 18—20 km magasságban tartalmaz. A széndioxidtartalmat elég nagy pontossággal ki lehetett mutatni, s erre kétszeresét kapták annak, ami a földi légkörben van. Megállapították a Mars légkörének légnyomását is és ezzel levegőjének össztömegét. Csak elméleti úton állapították meg, hogy a légkör 98%-a nitrogén lehet, ennek színképvonalaiban azonban az ultraibolya tartományba esnek, amit légkörünk nem enged keresztül.

Évtizedeken át a Schiaparelli által látott, majd mások által is megfigyelni vélt csatornákat optikai csalódásnak minősítették. A láthatóság határán a szem idegei olyat is látni vélnek, ami a valóságban nincsen. Maguk a csillagászok is két táborra szakadtak, voltak, akik észlelték a csatornákat s voltak, akik nem hittek létezésükben. Erősen lelohasztotta a reménységeket a nagy csillagászati távcsövek negatív kutatási eredménye, a marsbeli víz és oxigén további eredménytelen kutatása.

Újabb biztatást jelentett annak felfedezése, hogy a Mars felszínének sötétebb zónái az ottani évszakokkal párhuzamosan színváltozásokat mutatnak. Tavasszal zöldeskék színűek, nyár végére barnás színt öltenek. Mi másat jelenthet ez, mint hogy a Mars termékeny részein tavasszal kizöldül a növény s nyár végére — ugyanúgy mint a Földön, elhal. Mások azonban kimutatták, hogy ilyen színváltozás lehet egyszerű fizikai-kémiai folyamat eredménye is, amit a sarkok felől leáramló csekély vízpára vált ki a felszint alkotó élettelen anyag felszínén. Az élet mellett kardoskodók szerint ez lehetetlen, mert a marsbeli homokviharok finom porréteggel borítják be a talajt s azon át ilyen oxidációs szín-

változások nem üthetnek át. Csak a növényzetnek van meg az a képessége, hogy a homokrétegen is áttörjön.

Meg kell mondanunk, hogy a színváltozás sem jól megfigyelhető jelenség. Voltak akik feltételezték, hogy a látott szín nem is valóságos, csupán a vöröses sivatagi homok miatt fellépő kontrasztjelenség. (Ha huzamosabb ideig nézünk egy vörös tárgyat, utána ennek kiegészítő színe, a zöldes szín jelentkezik szemünkben.)

Azt is kétségbe vonták, hogy a Mars fehér sarki süvegei valóban víznek a módosult formái-e, mert könnyen lehet, hogy ez szénsavhó. Ez a vita azonban hamarosan eldőlt, mert szinképi úton, az infravörösben jelentkező visszaverőképeség eldöntötte, hogy a sarki süvegek anyaga valóban hó, jég, dér vagy zúzmará, mindenesetre a víznek valamilyen szilárd halmazállapotú formái.

Közben már javában működött a wilsonhegyi 2,5 méteres óriásvízcső, kitűnő légköri viszonyok között megkezdte működését a Pic du Midi Obszervatórium és a negyvenes évek végén üzembehelyezték a palomárhegyi ötméteres távcsövet is. Valamennyi észlelés egybehangzóan azt mutatta ki, hogy a Mars egész vízkészlete oly kevés, hogy egyenletesen elosztva a felszínen, a milliméter parányi töredékének vastagságában borítaná azt be. Ez valóban igen kevés a Föld több ezer méteres vízburkához képest. Nem lehetnek tehát a Marson tengerek, de még összefüggő vízfelületek sem, sőt ami kevés vize van, az csak pára vagy jégkristály formájában lebeghet a légkörben.

Ilyen kilátástalanságok mellett következett el az 1956-os nagy marsközelség, amelyre számos csillagvizsgáló felkészült. Sajnos éppen a legnagyobb közelség idején hosszantartó homokvihar dúlt a Mars felszínén s láthatatlanná tette azokat a részleteket is, amelyeket kedvezőtlenebb helyzetekben is meg lehet figyelni. De a földközelséget megelőző és követő hónapokban a 2,5 méteres távcsővel mégis sikerült csatornaszerű képződményeket megfigyelni. A Pic du Midi-n 1941 óta folyó megfigyelések is azt mutatták, hogy valóban léteznek csatornaszerű képződmények, de azok nem hasonlíthatnak a korábbi térképeken közölt alakzatokhoz. Sok esetben nem is összefüggő vonalak azok, hanem egymásután sorakozó pontok, foltok, amelyeket csak a kisebb felbontású távcső mutat összefüggőnek. Semmiképpen nem lehetnek ezek sem vízlevezető árok, sem pedig a csatornák mentén húzódó növényzások, hiszen az ötméteres távcsővel is a Mars távolságában csak 6000 méteres tárgyakat lehet a környezettől elválasztva megfigyelni. A csatornáknak vélt alakzatok bizonyára természetes felszíni képződmények.

Mielőtt még a végszót kimondanánk a marsbeli életről, meg kell említenünk *Tyihov* asztrobotanikai csoportjának kiterjedt kutatását, amely nagymértékben valószínűsítette, hogy a Marson van szerves élet.

Ezek a kutatások külön figyelmet érdemelnek, mert tudományos meg-
alapotottsággal vonták le következtetéseiket.

A döntő érvet a marsbeli élet mellett az amerikai *Sinton* adta szá-
munkra az 1958-as megfigyelései alapján. Eszerint a Mars „termékeny”
zónáinak fényvisszaverőképesége a vörös szín tartományában három
hullámsávon is olyan elnyelést mutat, ami — számtalan földi anyaggal
összehasonlítva — csakis a szerves anyagok tulajdonsága. Ezzel a
tudomány bizonyítottnak veszi, hogy a Mars felszínén van valamilyen
szerves élet.

Minden további következtetés a képzelet világába tartozik. Nem
tudunk semmit arra nézve, hogy ez az élet milyen formákat öltött, a
fejlődés milyen fokát érte el, de egyelőre maga a tény is nagy jelentőségű,
mert azt mondja ki, hogy élet a Földön kívül is van.

Eljuthat-e az élet egyik égitestről a másikra?

Még csak most készülünk fel arra, hogy embert szállító űrhajó
felkeressen más égitesteket és személyesen győződjék meg a más égi-
testeken található életről. De eljönnek hozzánk a meteorok és azok
vizsgálata is sok mindent elárul. Több földrehullott meteoritban találtak
már szerves vegyületeket. Eleinte azt hittük, hogy azok az élet nyomai.
Tudjuk azonban, hogy bonyolult szénvegyületek — vagyis szerves
vegyületek laboratóriumban is előállíthatók és ilyeneket maga a termé-
szet szerves élet nélkül is produkál. Ha kiderülne, hogy a meteorokban
talált szerves anyagok kétséget kizáróan növényi vagy állati élet
maradványai, akkor sem kellene feltételeznünk, hogy az élet a meteoro-
kon jött létre. Sokkal inkább arra kellene ez esetben gondolnunk, hogy
a lehullott meteorok valamikor egy nagyobb anyatest, talán bolygó
részei voltak. A világtér alacsony hőmérsékletén és az ottani sugár-
zások között elképzelhetetlen az élet kialakulása.

A jelen helyzet az, hogy még egyetlen meteoritnál sem bizonyoso-
dott be, hogy a bennük talált szerves anyagok szerves élet maradványai.
Még az újabb időben talált érdekes anyag, amely megkövesedett alga-
szerű maradványokat tartalmaz, csak annyit enged meg, hogy szer-
vezett molekuláknak nevezzük.

Újabbban heves vita folyik akörül, hogy az élet átkerülhet-e a koz-
mikus térség mostoha körülményeinek kitéve egyik égitestről a másikra.
Elméleti megfontolások alapján kétféle módon kerülhet át az élet
egy idegen égitestre: meteorokba zárva, vagy pedig a fény-nyomás útján.
Az előbbi lehetőséget a litopánspermia, az utóbbit a radiopánspermia
elmélet néven ismerjük.

A két lehetőség között a litopánspermia elméletnek van nagyobb
valószínűsége, mert a kőzetekbe zárt életesírák könnyebben vészel-

hetik át a világtér szélsőséges viszonyait. A bolygók felszínéről a világtérbe kijutó életesírák a Nap sugárnyomásának hatására talán belekerülhetnek a bolygóközi térségbe, de az erős ultrabolya és röntgen, valamint a kozmikus sugárzás minden valószínűséggel elpusztítja azokat.

A probléma ma még nyitott, mert a tudomány megfigyelési tényekkel sem támogatni, sem pedig cáfolni nem tudja, hogy ilyen módon az élet valóban átkerülhet-e egyik égitestről a másikra.

Ha bebizonyosodnék, hogy az égitestek között meglevő anyagforgalom útján élet kerülhet át a Földre — újabb kérdést nyit meg számunkra. Ez pedig az, hogy vajon a mai földi élet bölcsője a Föld volt-e, vagy pedig csak alkalmas talajt kínált fel az idekerült életesírák számára.

Ha a Földön ma megtalálható élet eredetét a világtér ismeretlen területeire tesszük át, talán hosszú időre elzárnánk a kutatásnak azt az útját, amely az élet eredetét kutatva igen biztató módon halad a megoldás felé.

Úgy találjuk, hogy semmi szükség az élet bölcsőjét máshova helyezni, a Föld 4,5 milliárd éves múltja bőséges lehetőséget szolgáltatott arra, hogy itt alakuljon ki az élet. Az élet a fejlődés törvényszerű következménye és kialakul mindenütt, ahol a külső feltételek ehhez adottak.

Nem hiszünk abban, hogy a térben elszigeteltnek látszó világokat áthághatatlan akadályok választják el egymástól, hiszen éppen az újabb eredmények mutatták meg, hogy mennyi szál kapcsolja egybe az egész Világegyetemet, felismertük azt, hogy a törvények egyetemes törvények s ezért, ha bárhol máshol kialakulhatott az élet, ugyanazon törvények szerint a Föld is ezek közé tartozik.

Vannak-e más lakott világok a Naprendszerben vagy azon kívül?

Naprendszerünkben a Földön kívül a Mars az egyetlen bolygó, amelyen az élet jeleit ismertük fel. Valószínűnek tartjuk, hogy a Vénusz felszíne is alkalmas az élet hordozására. Kétséges, hogy ezen kívül bárhol a Naprendszerben kialakulhatott az élet. Nem zárjuk ki teljesen a Holdon sem az élet lehetőségét, olképzelhetők olyan alacsonyrendű életformák, amelyek a Hold krátereinek mélyén, a rianások védett szakadékaiban, vagy a kéreg alatti barlangszerű üregekben megtelepedhetnek.

A Merkúr Nappal szemközt forduló felén 3—400 C fokos hőmérséklet uralkodik állandóan. Ez azonban csak arra a területre igaz, amely állandóan a zenitből kapja a Nap sugarait. Innen kezdve koncentrikus gyűrűben egyre csökken a hőmérséklet, ami a Naptól elfordult

oldalán —200 C fok alá süllyed. Hőmérséklet szempontjából tehát itt is van mérsékelt zóna, a fejlettebb élet számára szükséges légkör azonban hiányzik.

A külső bolygók felszíni viszonyait még nem ismerjük annyira, hogy kimondhassuk a végső szót az élet lehetősége szempontjából.

Az élet primitív formáit még roppant nagy távolságok választják el a technikai civilizációval rendelkező értelmes lényektől.

Mai ismereteink szerint semmi konkrét bizonyítéka nincs annak, hogy a Naprendszer bármely területén akár a jelenben léteznének, akár a múltban valaha is léteztek hozzánk hasonló lények. Ez azonban még nem jogosít fel akár ilyen, akár olyan merev állásfoglalásra.

Az bizonyosnak látszik, hogy a természetben egy olyan bonyolult fejlődési folyamat, mint a fejlett élet kialakulása éppen úgy törvényeknek van alávetve, mint minden más jelenség. Az élet millió variációi között azonos végeredményt csak azonos fizikai körülmények hozhatnak létre. Az élet nagy alkalmazkodóképességét tekintve legalábbis hasonlóknak kell a feltételeknek lenni. Még akkor is nehéz az állásfoglalás, ha szempontjaink között nagyobb szerepet kap az idő. A Világegyetem azonos jellegű történései az időben nem egyszerre következnek be. A fejlett élet megjelenését is két égitesten évmilliók választják el egymástól. Arra sincsen azonban semmi bizonyítékunk, hogy a régmúltban bármikor jártak itt a Földön értelmes lények a Marsról vagy a Vénuszról. Fantáziának kell minősítenünk azt a feltevést, hogy a szi-bériai tunguz jelenséget szétrobbant idegen űrhajó okozta, vagy azt is, hogy a baalbeki verandát idegenből jött értelmes lények építették a régmúltban.

Ha akár a Marson, akár a Vénuszon létezett valaha fejlett kultúra, annak jeleit most már csak azok az űrhajósok deríthetik fel, akik leszállnak ezeknek a bolygóknak felszínére. Ők hozzátják el annak hírét is, hogy az ott esetleg talált életformák adnak-e biztatást arra nézve, hogy a jövőben ugyanolyan fejlett civilizáció fejlődhessen ki, mint amilyen a Földön van.

Itt kell felvetnünk azt a problémát is, hogy vajon a Földön és más égitesten esetleg ma megtalálható élet egyenes folytatása-e a valamikor kialakult életnek, vagy lehetséges-e az, hogy a mai élet már megismételt folyamat. Elképzelhető ugyanis az, hogy pl. a Földön is az élet évmilliárdokkal ezelőtt átment már egy törzsfejlődésen, de ezt az életet valamilyen katasztrófa kipusztította. Nyomai oly mélyen rejtőznek a kéregben, hogy nem akadtunk még nyomára. Gondolhatnánk például arra, hogy a légkör összetételében következett be hirtelen olyan változás, aminek következtében nagymértékben megváltozott a légkörön átengedett sugárzás összetétele. Gondolhatunk valami sűrű meteorfelhőre, mely hosszú évszázadok alatt vonult át rajtunk, —

elképzelhető sokféle más kozmikus katasztrófa, mely az életet egyszer már teljesen vagy részben kipusztította. A körülmények kedvező alakulása után az élet megújulhatott. Mindez elvileg lehetséges akkor is, ha a Földünk ilyen folyamaton nem ment át.

A jégkorszakok nagy pusztítást végeztek a Földön, de olyan jégkorszakról nem tudunk, mely egyszerre az egész földfelszínt jéggel borította volna be.

Mai ismereteink szerint sehol a Naprendszerben nincsenek hozzánk hasonló lények, akik a technikai kultúrának hasonló fokán állnak.

De még ha a törzsfajlásban el is jut egy égitest az emberhez hasonló lényekig, nem bizonyos, hogy a biológiai fejlettség automatikusan hozza magával a technikai kultúrát. Hiszen itt van példaként előttünk a Föld, ahol az egész emberiség egyetlen fajhoz tartozik, de az óceánokkal elzárt kontinensek közül csak a mi vidékünk volt a magasabbrendű tudomány és technika bölcsője. Ma is vannak hozzánk hasonló, velünk azonos biológiai felépítésű emberek, akik zavartalan környezetükben talán százezer év múlva is a kőkorszaki kultúrájukban élnének.

Annak nagyon kevés tehát a valószínűsége, hogy a biológiailag azonos, vagy nagyon hasonló lényeknél a technikai civilizáció kifejlődése időben is egybeessék.

Ennek a rendkívül összetett kérdésnek helyes szemléletéhez az időn kívül a térben is nagyobb látóhatárra van szükségünk. Meggondolásaink és elképzeléseink nem zárulnak le a Naprendszer határaival együtt. Túlságosan is geomorf módon gondolkodnánk, ha a lehetőségek teljes skáláját csak ebben a szűk térségben tudnánk elképzelni, amit Naprendszernek nevezünk.

Jogunk van és okunk is van rá, hogy messzebbre tekintsünk.

Ma már nem kényszerülünk arra, hogy ezt pusztán vitatkozással döntsük el, segítségül hívhatjuk a megfigyelési eredményeket is.

Amikor még *Jeans* bolygókeletkezési elmélete látszott valószínűnek, pesszimisztikusan ítéltük meg más bolygórendszerek létezését. Ha ugyanis a bolygórendszerünk két csillag találkozásából jött volna létre, hasonló eset megismétlődésére még a Tejútrendszer százmilliárd csillaga között is igen kicsiny valószínűséggel számíthatnánk. De hamarosan kiderült, hogy *Jeans* elmélete alapvető fizikai tételbe, az impulzusnyomaték megmaradásának tételébe ütközik. A még egységes Nap képviselt egy bizonyos értékű impulzusnyomatékot, ami tömegéből, forgássebességéből és a Nap méreteiből és sűrűségeloszlásából kiszámítható. Minthogy a Naprendszer egész tömegének 99,86%-a bent maradt a Napban, a belőle kivált bolygók az impulzusnyomatéknak is csak a tömegükre eső hányadát vihették volna magukkal. Ezzel szemben az egész Naprendszer impulzusnyomatékának mintegy 98%-a jelenleg a

bolygók birtokában van. Ezekre a tényekre *Russel* amerikai és *Pariszki* szovjet csillagászok mutattak rá.

Különben is, hogy létezhetnek más bolygórendszerek is, arra nézve a Nap környezetének vizsgálata derített fényt. 33 fényév sugarú térrészben 56 megvizsgált csillag közül 8-nak a mozgása csipkézett, hullámvonallal tarkított, ami arra mutat, hogy e csillagok körül bolygótömegű sötét kísérők keringenek. Mindazok a csillagok, amelyek körül bolygórendszer gyanítható, késői szinképtípusúak s igen közelállanak a naptípusú átlagszillagokhoz, illetve törpékhez.

Ezzel a felfedezéssel sokat bővült látóhatárunk és megengedi számunkra annak feltételezését, hogy a Tejútrendszerben a miénken kívül esetleg több milliárd bolygórendszer is létezik.

Úgy látszik, hogy a bolygórendszer kialakulása más csillagok körül ugyanolyan természetes folyamat, ahogyan az a mi esetünkben is végbement.

Ezt a törvényszerűséget látszik igazolni az is, hogy egyetlen olyan forró csillagot nem ismerünk, amelynek mozgása sötét kísérők jelenlétét árulná el.

Még azt is hozzá kell tennünk, hogy a bolygórendszerek között sem mindegyik alkalmas az élet kifejlődésére. Az élet kialakulása szempontjából ugyanis szükséges feltétel, hogy a bolygó felszínén huzamosabb időn át nagyjából állandók legyenek a fizikai állapotok. Ebbe pedig két tényező is beleszól. Az egyik a csillag fejlődési állapotától függ. A fiatal csillagok gyorsan esnek át egy-egy fejlődési fázison, ezalatt a sugárzás intenzitásában és színképi összetételében jelentős változások következhetnek be. Ha pedig e fizikai változások periódusa rövidebb, mint az élet kialakulásához szükséges idő, akkor valószínűtlen, hogy ki tudjon alakulni az élet, illetve a kialakult élet alkalmazkodni tudjon a változó viszonyokhoz.

A másik tényező a bolygó pályaalakja. Ha a bolygórendszernek egy napja van csupán, akkor is előfordulhat nagy excentrumosságú pálya. Ha pedig a pálya alakja nagyon elnyúlt ellipszis, akkor a bolygó napközben sokszorosan több hőt és fényt kap mint naptávolban. Olyan szélsőségek alakulhatnak ki egyetlen keringés folyamán, amelyek meghaladják az élet alkalmazkodóképességének határait.

Ha pedig a központi csillag kettős, a bolygók pályaalakja általában a körtől és az ellipszistől erősen eltérő alakú lesz, hol az egyik, hol a másik csillag közelében halad el, hol pedig igen nagy távolságra távolodik mindkettőtől. Ilyen pályán mozgó bolygókon a hőmérsékleti szélsőségek még nagyobbak is lehetnek, mint az előbbi esetben.

Ha vannak is ilyen rendellenes pályán mozgó bolygók, nagyon sok olyan bolygórendszernek kell létezni, ahol a pályaalakok hasonlóak a mi Naprendszerünk bolygóinak pályáihoz.

A millió és milliárd naprendszerben számos olyannak kell lenni, ahol egyes bolygók felszínén a fizikai viszonyok nagyon hasonlatosak a földiekhez. Ha pedig a napjának sugárzása is azonos, mint a mi Napunké, joggal hihetjük, hogy az élet kialakulása és fejlődése hasonlóképpen ment végbe, mint a Földön.

Az a másik lakott világ, amelyen a jelenben technikai kultúra van, amit hozzánk hasonló lények teremtettek, — bizonyos hogy térben nem a legközelebbi csillag körül keresendő. De hitünk és meggyőződésünk, hogy a nagy Világegyetemben máshol is vannak értelmes lényektől lakott világok és olyanok is, ahol a gondolkodó lények a fejlődésben már messze megelőztek bennünket.

A kapcsolat felvételének lehetősége?

Ez a probléma is kinőtt már a fantasztikus regények témái közül és komoly tudományos cikkek foglalkoznak vele. A szakemberek véleménye szerint az esetleg több száz fényévre létező lakott világokkal az összeköttetést rádiófrekvenciás sugarakkal lehet megteremteni. Ma már vannak olyan műszereink, amelyekkel milliárd fényévek távolságából fel tudjuk fogni az égitestek rádiósugárzását s a Földről küldött jelek is elhatolnak sok fényév távolságra. *Cocconi*, *Morrison* és *Drake* azt is megállapították, hogy mely hullámtartomány az, amelyen az összeköttetés megteremtésére a legnagyobb valószínűség van. Van egy hullámtartomány, amely a földi légkörön át behatolhat a Föld felszínéig s amelyeknek kijuttatása sem ütközik nagyobb akadályokba. Ez a hullámtartomány a 3 cm-től a 30 méterig terjedő sáv. Természetesen az alkalmas hullámtartomány nagymértékben bővül majd, ha a légkörön kívül keringő mesterséges vagy természetes holdon létesítünk leadó és felvevő állomást.

Sokak véleménye megegyezik abban, hogy a legcélszerűbb hullámhossz a 21,2 cm-es hullám lehetne, mivel a világtérben ezen a hullámhosszon kapjuk a legintenzívebb sugárzást. Ezt bocsátják ki a rádió-sugárzó hidrogénfelhők s azok mindenütt megtalálhatók.

Ha értelmes lényeket keresünk, akik technikai kultúrával rendelkeznek, akkor csakis olyan értelmes lények jöhetnek számításba, akik üzeneteket tudnak küldeni, vagy fel tudják fogni a mi üzeneteinket. Ha fejlettek ismereteik, nekik is tapasztalniuk kellett, hogy a világtérben a hidrogén 21 cm-es sugárzása a leggyakoribb. Nekik is rá kellett jönni arra, hogy ezen a hullámhosszon kell kutatni értelmes lényeket.

Nem volna azonban célszerű pontosan ezt a hullámhosszat választani egyrészt azért, mert minden — hozzánk képest mozgást végző csillag bolygójáról küldött 21 cm-es hullám megváltozik a Doppler hatása következtében. Számolnunk kell azzal is, hogy éppen ezen a

hullámhosszon a legerősebb a zavaróhatás is a tér minden irányából érkező hidrogénsugárzás miatt. Olyan műszert kell tehát építeni, amely a 21 cm-es hullám környezetében elég széles sávban fel tudja fogni a rádióhullámokat.

Semmi jogunk nincs annak feltételezésére, hogy az egész Világ egyetlenben a Földön élnek a legfejlettebb lények. Ha pedig elfogadjuk, hogy léteznek nálunk fejlettebbek is, akik már korábban eljutottak, a rádiótechnikához, talán már évszázadok vagy évezredek óta keresnek bennünket. Az sincs kizárva, hogy millió évekkal ezelőtt irányultak felénk kereső jeleik, de mert nem kaptak választ, abbahagyták a reménytelen kísérletezést.

A sok lehetséges kultúra között természetesen akadhatnak olyanok is, amelyek velünk egyidejűleg érkeztek el a technika korszakába s talán ők várják tőlünk, hogy hírt adjunk magunkról.

Mindezek a lehetőségek két irányú programra kötelezik a mai embert. Fokozni kell erőfeszítéseinket, hogy esetleg nekünk irányuló jelzéseket felfogjunk, de arra is törekednünk kell, hogy mi küldjünk irányított jelzéseket más csillagok felé.

Hoerner véleménye szerint a kapcsolatok felvételének három lehetősége van. Ezek mindegyike nyitva áll számunkra.

a) Az egyik lehetőség az, hogy valahol felfogják az adásokat, amelyeket a különböző földi adók sugároznak rendszeres műsor keretében. Még inkább megnő ennek valószínűsége, ha már a mesterséges égitestekkel, űrállomásokkal és a Holdra telepített állomásokkal rendszeres közvetítést tart fent a Föld.

De ugyanúgy, ahogyan mások felfoghatnak ilyen adásokat, mi is észlelhetünk olyan rádiósugárzásokat, amelyeket más lakott világ a maga számára helyi adásnak szánt.

A kapcsolat ilyen formájának lenne elméletileg a legnagyobb valószínűsége, de gyakorlatban mégis ettől várunk legkevesebbet, mert a helyi adások intenzitása nem túlságosan nagy és a használt hullámhosszak között minden e etséges előfordul. Nincsen olyan logikailag kikövetkeztethető hullámtartomány, mint a 21,2 cm-es rádiósugárzás esetén.

b) A kapcsolat felvételének másik módja az lehet, hogy véletlenül elszipünk olyan irányított adást, amely két másik lakott világ között tart fent kapcsolatot. Ehhez az szükséges, hogy beleessünk abba a szűk térszögbe, amelyben az irányított adás folyik.

Itt már számolhatunk bizonyos célszerűen megválasztott hullámhosszakkal, magával a 21 cm-es hullámmal, vagy annak valamelyik oktávjával.

Hoerner valószínűségi számításai szerint annak valószínűségét, hogy ilyen meglevő összeköttetést elfogjunk, főként két tényező befolyá-

solja. Egyrészt az, hogy hány lakott világ tart fenn ilyen összeköttetést és milyen térszögben sugározzák adásaikat. Fontos még az is, hogy felgő műszereink nagy teljesítőképességűek legyenek.

c) Az összeköttetés felvételének harmadik lehetősége az, ha valahonnan nekünk irányított sugarakkal keresnek bennünket, vagy mi küldünk jelzéseket határozott bolygórendszerek felé. Ha bennünket keresnek, bizonyosak lehetünk abban, hogy aki leadja a kereső jeleket, nálunk technikailag fejlettebb. Hiszen a valószínűség szerint talán több száz fényév távolságra van ez a lakott világ. Évszázadokkal, ha nem évezredekkel ezelőtt indították útjára a jelzéseket, tehát technikai kultúrájuk volt akkor, amikor a Föld még a népvándorlások korát élte.

Biztató ez a tény arra nézve is, hogy ezek a fejlettebb lények olyan tapasztalatokkal is rendelkeznek már, amelyek szerzése felé mi még csak most indulunk el. Vezetni és irányítani tudnak bennünket és felmérhetetlenül gazdag ismeretek birtokába juthatunk, ha meg is értjük majd üzeneteiket.

Képzelnék el, mit jelent a fejlődés szempontjából az elmaradt törzseknek az, ha jelenlegi kőkorszaki kultúrájukat évtizedeken belül felcserélhetik fejlett szocialista társadalmi rendszerrel és technikai kultúrával. Megszabadulnak azoktól a véres korszakoktól, a mérhetetlen szenvedésektől, amelyeken például Európa lakosságának is át kellett esni az elmúlt évezredek folyamán.

Kevés a fantáziánk annak felmérésére, mit adhat emberiségünk számára ismeretben, szemléletben egy olyan lakott világ, amely tízezer évvel jár már előttünk.

Ilyen reménységek adták a biztatást, hogy máris megépüljön az első kísérleti állomás Amerikában, amely az OZMA terv keretében máris jelzéseket próbál felvenni a tau Ceti és az epszilon Eridani csillag környékéről. Tervezik, hogy a közeljövőben olyan állomást építenek, amely az érintkezés felvétele céljából sugárzásokat bocsát ki meghatározott csillagok irányába.

Ezeket a törekvéseinket már százéves és ezeréves tervek kereteibe kell beépíteni, hiszen ha az első lakott világról kiderül, hogy ezer fényévnire van tőlünk, egyetlen üzenetváltás is kétezer évet igényel.

Mi módon közvetíthetünk üzeneteket? Mi lesz a kozmikus nyelvezet?

Az első feladat nyilvánvalóan az, hogy hírt szerezzünk arról, hogy honnan üzennek nekünk, vagy az, hogy mi másoknak tudtára adjuk létezésünket. Egyik sem könnyű feladat.

Ha feltételezzük valamely csillagról, hogy bolygórendszerének valamelyik tagján hozzánk hasonló lények laknak, akik jeleket sugároz-

nak felénk — akkor első feladat ezeknek a jeleknek felismerése. Rádióhullámok minden csillagról, minden égitestről jönnek. Sokféle fizikai hatás keveredésének eredményei ezek. Nyilvánvaló, hogy a bolygó napjának rádiósugárzása is benne van abban, amit onnan felfogunk. Az első feladat a zavaró jelek kiszűrése, elkülönítése. Azt kell kutatni, hogy a rendszertelen jelzések között van-e valami szabályosan ismétlődő jelsorozat. Nyilvánvaló, hogy az első érintkezési jelek csakis periodikus jelzések lehetnek, különben reménytelen vállalkozás felismerni, hogy értelmes lényektől származnak.

Mit tennénk például mi földiek, ha valamiképpen már tudnánk, hogy valahol vannak rádiótechnikával rendelkező lények. Hogyan adnánk tudtukra, hogy létezőnk. Vannak, akik szerint célszerű lenne a természetes számisor jegeit adni sorban. Előbb egy jelt adnánk, majd kettőt, majd hármat és így tovább. — Vannak, akik azt ajánlják, hogy a prímszámokat sugározzuk. Ez már kifejezi azt is, hogy számelméleti ismereteink is vannak. Ugyanígy adhatnánk a Ludolf-féle számnak értékét, vagy a természetes logaritmus alapszámát.

A nagyobb feladat a kapcsolat felvétele után következne. Mi legyen az a nyelvezet, amellyel konkrét fogalmakat közölhetünk. Hogyan mondanánk például el azt, hogy itt, a Nap egyik bolygóján mintegy hárommilliárd ember él? Hogyan fejeznék ki céljainkat, akarásainkat? Hogyan értenék meg az ő üzeneteiket?

A tudomány egyik legszebb feladata lesz olyan kozmikus nyelv kidolgozása, amelynek jelei nem betűk, hanem fogalmak, és maga a nyelv a logika szigorú törvényeire épül fel.

Sokkal egyszerűbbé válnék a kapcsolat kiaknázása, ha az egyszerű jelzéseken kívül a képközvetítés is lehetséges lenne. Ez nyitná meg számunkra azt a széles utat, amelyen szinte minden gondolatunkat közvetíteni tudnánk.

Számíthatunk arra, hogy valóban sikerül felfogni valahonnan jelzéseket, azokban már utasítást is találunk arra nézve, hogy a kódolt jelek, a voltaképpen üzenet milyen hullámhosszon jön az érintkezési jelzésekkel egyidejűleg.

Ilyen kozmikus kapcsolatok beláthatatlan horderejű következményei miatt indokoltnak látszik, hogy a legnagyobb áldozatok árán is, a nemzetek közös összefogásával építsünk egy olyan nagy teljesítményű műszert, amelynek hatótávolsága ezer fényévnél is nagyobb. Célszerű lenne ezt a nagy műszert úgy szerkeszteni, hogy a kitűzött kozmikus kapcsolatok felvételén kívül a csillagászat aktuális problémáinak megoldásához is hozzásegítsen bennünket.

Ha tudomást szeretnénk arról, hogy a Naprendszer valamelyik bolygóján értelmes lények laknak, csak éppen még nem rendelkeznek űrhajókkal, de üzenetváltás történnék velük — úgy ez a tény minden bizonnyal megsokszorozná a földi emberiség erőfeszítéseit, hogy mielőbb eljussunk hozzájuk.

Különben a szomszédos bolygók felkeresése a rakéatechnikának ma már programjában szerepel, az bizonyos, hogy még ebben az évszázadban, de még az évszázad vége előtt földi űrhajók kötnek ki a Marson és a Vénuszon.

Súlyosabb feladat lesz űrhajóval megközelíteni más naprendszer bolygóit, mert az összemérhetetlenül nagyobb feladatok elé állít bennünket. A pusztán technikai problémák mellé szegődik a nagy távolságok miatt az idő is. Mai rakéatechnikánkban nagy eredmény a másodpercenkénti 10 km-es sebesség is, a csillagközi úton a másodpercenkénti 10 000 km-es sebesség is nagyon kicsiny. Hiszen ilyen sebességgel mozgó űrhajóval a legközelebbi csillagnak, a Proxima Centaurinak elérése is közel 130 évbe telne. Az oda-vissza út pedig több mint 250 év. Generációknak kellene váltani egymást, míg az induló űrhajós dédunokája megérkeznék és annak dédunokája visszatérhetne.

Ilyen lehetőségek mellett teljesen valószínűtlen, hogy az ember útrakeljen a csillagközi térségbe.

Az a sebesség, amely szóba jöhet ilyen nagy út megtételéhez, 100 000 km/mp. Még ezzel is 12 év az út a legközelebbi csillagig.

Egyetlen kilogramm testet ilyen sebességre felgyorsítani, százmillió kg 10 000 kalóriás üzemanyag szükséges. Ennyi üzemanyag felemeléséhez nyilvánvalóan még több kellene.

Ez a példa mutatja legjobban, hogy a mai üzemanyagfajtákkal a csillagok közötti űrhajózás nem oldható meg. A benzin és alkohol energiataralmát milliószorosan meghaladó üzemanyag szükséges és ezt csak az atomenergia szolgáltathatja.

A fénysebességet megközelítő sebességhez még az említettnél is tízszer nagyobb energia szükséges.

A fényt megközelítő sebesség kétszeresen is lerövidíti az űrhajó utazásának időtartamát. Nagyobb sebességgel klasszikusan számolva is rövidebb idő alatt tehetjük meg az utat, de relativisztikusan számolva még az idő folyása is megváltozik az űrhajó belsejében a földi időhöz képest.

A valóság tehát az, hogy jelenleg elküldhetnénk ugyan műszerekkel felszerelt űrhajókat a csillagközi térbe, mert a klasszikus üzemanyaggal is fel tudjuk gyorsítani annyira, hogy elhagyhassa a Nap környezetét,

de roppant nagy idő alatt érkezének meg a legközelebbi csillag körzetébe is.

Mégsem mondjuk azt, hogy ember soha nem juthat el más csillagrendszerbe, csak ma még kevés az ismeretünk és a képzelőerőnk, hogy a megoldás módját lássuk.

A térben és időben nagyon is korlátozott szemléletünknek kell nagymértékben kitágulni, hogy olyan megoldások is természetesek lehessenek, amelyektől ma idegenkedünk.

Most nyílik meg igazán előttünk a Kozmosz, amikor az ember túljutott a légkör határán. Most kezdjük megismerni azokat a fizikai tényeket, amelyek eddig rejtve voltak előttünk. Az energiafajták közül még jóformán csak azokat ismerjük, amelyeket a Föld kínált fel.

Senki nem hihette, hogy az első szputnyik felbocsátása után négy éven belül ember járja körül a Földet. Bizonyára előbb éri el ember a Holdat, a Marsot és a Vénuszt, mint korábban gondoltuk. A csillagközi utazás problémájának is ma még csak körvonalait látjuk, de a megoldáshoz vezető utat eltakarja előlünk a sok nehézség, amelyekkel még meg kell birkóznunk. Csak a bizakodásunk erős, hogy a jövőben annak is eljön az ideje.

Miért nem keresnek fel bennünket idegen bolygók lakói?

A nálunk fejlettebb lények feltételezésének ellenzői a cimben felvetett kérdést szokták felvetni. Valóban indokoltnak látszik ez a kérdés, de van egy olyan vonatkozása, amelyről a kérdező rendszerint megfeledkezik. Számátalan vonatkozásban hajlandók vagyunk azt elfogadni valóságnak, ami az időben *most* és a térben *itt* van jelen. A kérdést akkor látjuk helyesen, ha nagyobb távlatokban tudunk gondolkodni.

A Világegyetemben az élet megjelenése és az értelmes lények kitermelése nem egy időben zajlik le. Vannak csillagok, amelyeknek bolygóin fejlett élet lehetett már akkor, amikor a Földön még meg sem született az élet és helyileg, térben is nagy távolságok választhatnak el tőlük.

A Föld életéhez képest is nagyon kevés idő a 10 000 vagy 100 000 év, s még inkább kevés az egész Világegyetem életéhez képest. Senki nem cáfolhatja, hogy a múltban, amikor még talán meg sem jelent az ember a Földön, járt-e felénk űrhajó vagy sem. Senki nem jegyezhetette fel azt sem, ha esetleg 10--15 000 évvel ezelőtt jártak nálunk. Azt sem tudhatjuk, nincsenek most útban felénk űrhajók, vagy nem készülnek-e az elkövetkező évszázadban felkeresni bennünket. Talán éppen annak a legkisebb a valószínűsége, hogy éppen ezekben az években látogassanak el hozzánk.

De még ha 50 évvel ezelőtt is kikötött volna egy űrhajó a Holdon és rádióüzenetekkel kerestek bennünket, fel sem foghattuk volna azokat, s választ sem adhattunk volna hívásukra.

Anélkül, hogy fantaszták lennénk el kell ismernünk, hogy csakis ilyen távlatokban szabad ezt a problémát szemlélni. Az a tény tehát, hogy ebben a pillanatban nem kötnek ki nálunk idegen űrhajók, egyáltalában nem bizonyít a nálunk értelmesebb lények léte ellen.

Ha szemléletünkben nagyobb teret engedünk az időnek, sokkal közelebb jutunk a probléma igazi lényegéhez.

Emberi tevékenység a Földön kívül

Az eddigiekben azt tárgyaltuk, hogy milyen problémákat vet fel számunkra a Kozmosz más tájékain megtalálható élet. A címben felvetett témakörbe beleillik még egy másik vonatkozás is.

Ha elhúzódnék a Naprendszeren kívüli élet megismerése, ha belátható időn belül nincs reményünk arra, hogy más lakott világokkal érintkezésbe lépjünk — akkor is tág területe nyílik az ember tevékenységének a Földön kívüli világban. És ha egyszer az ember eljut a Holdra vagy a szomszédos bolygókra, talán az ott létesített kutatóállomások segítik majd elő az eddigi problémák gyorsabb megoldását is. Vizsgáljuk meg tehát azt is, hogy miképpen találja fel majd magát az ember a Földön kívül, hogyan biztosítja fennmaradását és milyen feladatokat végezhet el, ha meg tud telepedni más égitesteken?

Már a Föld légkörén kívül keringő mesterséges holdak is nagyon sok új ismeret szerzésére adnak lehetőséget. Földi megfigyeléseinket sok tekintetben zavarja a légkör. Elnyeli és módosítja azokat a sugárzásokat, amelyek az égitesteken uralkodó fizikai viszonyokról hírt hoznak számunkra. A felénk irányuló sugárzásoknak túlnyomó része le sem érkezik a felszínre, és ami eljut hozzánk, nagyon sok módosító hatással keveredik.

Csillagászati megfigyelésekre ideális környezetnek kínálkozik a Hold. A felszínén épített zárt kupolákban nagyszerű lehetőség nyílik az égitestek megfigyelésére, a Nap állandó tanulmányozására. Észlelni lehetne minden napkitörést, s annak hírét 1,3 mp alatt továbbítani lehetne a földi megfigyelő állomások felé.

A hatszorta kisebb vonzóerő miatt roppant nagyméretű rádiótávcsöveket lehetne ott felállítani. A világűrben érkező elektromágneses sugárzás teljes skáláját észlelni lehetne onnan.

Az ember mindezt jól tudja és ezért szerepel törekvései között minél előbb eljutni a Holdra.

A Hold felszínén a meteorveszély hatványozottan nagyobb, mint a Föld felszínén. A légkör hiánya miatt teljes energiával zúdul felszínére

az ultraibolya-, röntgen- és kozmikus sugárzás. Valószínű tehát, hogy az ember tartózkodási helye nem a felszínen, hanem a sziklák védte üregekben, vagy a kéreg alatt lesz. Mindennapi életének szükségleteihez, a fűtéshez és a hűtéshez, valamint az oxigén és a víz előállításához ideális energiaforrás, maga a Nap áll rendelkezésre. Alkalmas berendezéssel minden négyzetméter felületről egy lóerő teljesítményt lehet hasznosítani. Bizonyos, hogy a Holdon megtelepedett ember sok mindent a helyszínen állít elő a maga számára. Megteheti azt is, hogy zárt üregekben mesterséges nappal helyettesíti a Nap sugárzását, és növénykultúrát hoz létre. Valószínű, hogy a Hold felszínén levő jól szigetelő por- és hamuréteg alatt már néhány méterrel állandó a hőmérséklet s oda sem a nappalok +130 fokos, sem az éjszakák —150 fokos hidege nem ér el.

A földi ember tehát bizonyosan hamar megtalálja annak módját, hogy a földi életet, a maga tevékenységét áttelepítse a Holdra. Valószínűleg minden tudomány és ezáltal az egész emberiség sokat gazdagodik az ott szereshető ismeretekkel.

Talán még nagyobb perspektívákat nyit számunkra két szomszédos bolygónk, a Vénusz és a Mars. Mindkettő beleesik a Naprendszernek abba a zónájába, amit a Nap bioszférájának nevezünk.

A földi kultúra előrelendítője a más világrészek felfedezése volt. Minőségileg más fejlődés útját nyitja meg számunkra a Kozmosz szomszédos világainak felfedezése. A Holdon szerzett technikai tapasztalatok nagy segítségére lesznek a jövő emberének, amikor kutatóintézeteit a Marson és a Vénuszon kívánja felállítani. A bolygók egészen más világot nyitnak meg számunkra, mint a Hold. A Holdon nem reméljük az élet nyomát megtalálni, de például a Marsra már ezzel a határozott szándékkal megyünk. Fel sem lehet mérni ma még, mi minden újat kapunk azáltal, ha csillagászaink, fizikusaink, geológusaink, biológusaink expedíciói szállják meg a szomszédos bolygókat.

Ezek a törekvések és ezeknek eredményei mutatják majd meg kézzelfogható módon, hogy mennyire szervesen függenek össze a térben látszólag elszigetelt világok is. Ekkor válik mindnyájunkban tudattá, hogy a kezdetben látszólag elvontnak tűnő tudományos törekvések is végső soron miként szolgálják magát az embert.

*

A felsorolt témák, az egyes alcímek alatt tárgyalt problémák ma már oly gazdagok, hogy az elmondottak csupán összefoglaló képet nyújtanak mindarról, ami ma már a tudomány törekvései között aktualitást nyert.

RÓKA GEDEÓN:

A VILÁGEGYETEM KÉMIAJA

A modern csillagászat egyik ágának, az asztrofizikának kutatási területét úgy szokták meghatározni, hogy e tudomány a Világegyetem anyaga fizikai állapotát és kémiai összetételét vizsgálja. A csillagászatban tehát nem különböztetik meg az asztrofizikát és az asztrokémiát.

A kémia tudománya valóban igen szoros kapcsolatba került a fizikával, mert a kémiai változások atomfizikai okokra vezethetők vissza. A kémia ennek ellenére egyik külön főcsoportja a természettudománynak, mint olyan mozgásformákhoz tartozó jelenségekkel és folyamatokkal foglalkozó tudomány, amelyek során az atomokból felépült anyag minősége változik meg. A kémia gyakorlati fontossága napjainkban egyre növekszik. Egyre nagyobb méreteket ölt a kemizálás: a kémiai eljárások és folyamatok bevezetése a termelés szinte valamennyi ágába és a vegyipar termékeinek széleskörű felhasználása.

A csillagok fizikája a jelen században már kölcsönhatásba jutott a fizikával. Az asztrofizikai kutatások kiegészítik a laboratóriumi vizsgálatokat és kozmikus méretekre szélesítették a fizika tapasztalati alapját. Hasonlással élve, azt mondhatjuk, hogy a Világegyetem a fizika nagy laboratóriuma.

A Világegyetem anyaga kémiai összetételének vizsgálatáról ez idő szerint még nem állíthatjuk, hogy segítenék a kémikus munkáját és nélkülözhetetlen lenne a kémia tudományának fejlődése szempontjából. Összefüggésében természetesen a kozmikus anyag vegyi összetétele vizsgálatának is megvan ez a jelentősége, az asztrofizikának az atomfizikával kapcsolatos területei pl. a csillagok energiatermelésének kérdése elválaszthatatlan a csillagok belseje kémiai összetételének változásától. Nem kétséges azonban, hogy perspektívában a Világegyetemben végbemenő kémiai jelenségek és folyamatok tanulmányozása is kölcsönhatásba jut a „földi” kémiával, és megoldja a kémiának olyan problémáit, amelyeket a földi tapasztalatok keretében nem lehetne eldönteni.

Jogosulttá teszi ezt a következtetést az a tény, hogy a kémia azzal a modern kutatási módszerekkel ért el nagy sikereket, mely az atomok viselkedését minél szélesebbkörű összefüggésben vizsgálja. A múltban

a kémikus a Földön előforduló kémiai elemek viselkedését természetes környezetükből kiszakítva tanulmányozta. A kémiának a geológiával határos területén kialakult új fontos tudományág, a geokémia pedig azt vizsgálja, hogy milyen az elemek eloszlása és vándorlása a Föld kérgében, melyek azok a törvényszerűségek, melyek a földkéreg bizonyos helyén az egyes elemeket feldúsítják, másutt meg szétszórják őket. A kémia így jutott kapcsolatba a bányászattal, a fontos termelési kérdésekkel.

Az összefüggések láncolata azonban nem szakad meg a földi természet határán. A Föld szerves kapcsolatban van a Világegyetemmel, szüntelen anyagforgalom van a Föld és a Világegyetem anyaga között. Ha a legszélesebbkörű összefüggéseikben kívánjuk tanulmányozni a kémiai elemeket, akkor nem elég figyelmünket csak arra korlátozni, hogyan oszlanak el és viselkednek az elemek a Föld kérgében, hanem számításba kell venni azt is, hogy milyen az elemek eloszlása a Világegyetemben és hogyan viselkednek az elemek a Világegyetemben végbeménő kémiai folyamatokban. Ezen felismerés nyomán máris kezdenek kialakulni a kozmikus kémia körvonalai.

Ezen kibontakozó új tudományágak számára a Világegyetem kémiai összetételére, az elemeknek a Világegyetemben és egyes objektumokban való gyakoriságára, az égítetek vegyi összetételére vonatkozó eddigi ismereteink szolgálnak alapul.

A kémikus elsősorban azt kívánja megállapítani, hogy milyen az általa vizsgált anyag minőségi és mennyiségi kémiai összetétele. A szinképelemzési vizsgálatok eredményeként ezt a kérdést a Világegyetem eddig megismert része anyagával kapcsolatban is feltehetjük és megválaszolhatjuk, hogy milyen a Világegyetem minőségi és mennyiségi kémiai összetétele. Sőt azt mondhatjuk, hogy a Világegyetem kémiai összetételét viszonylag pontosabban meg tudjuk becsülni mint a Földét, melyre vonatkozólag csak a földkéregről vannak tapasztalati adataink.

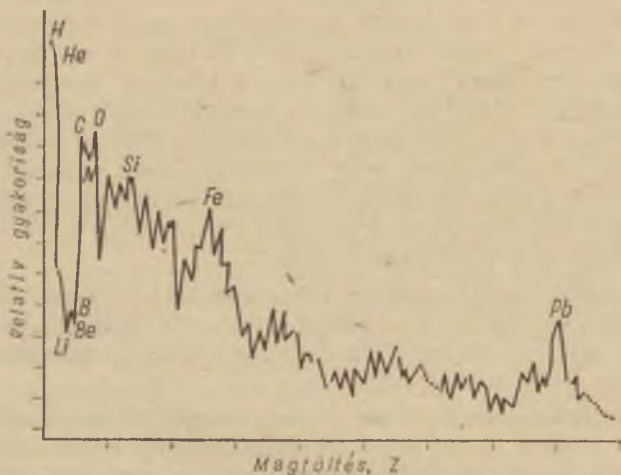
Az elemek előfordulása és viszonylagos gyakorisága a Világegyetemben

A földi természetben előforduló 92 elem megtalálható a Világegyetemben is. A spektroszkópia a földi és a Földön kívüli anyag kémiai homogenitásának kimutatásával egyik fontos adalékát szolgáltatta a világ anyagi egységének. Az egyes elemek mennyisége, csakúgy mint a Földön, a Világegyetemben is rendkívül különböző.

Százalékban kifejezve a Világegyetem eddig megismert része anyagának 54%-a hidrogén, 29%-a hélium, egyenként kb. 4% jut a szénre, nitrogénre és oxigénre, 2,7% a szilíciumra. A többi elem közül egy sem éri el az 1%-ot. Néhány tized százalékkal vannak képviselve a nátrium,

magnézium, alumínium, kalcium, vas, a többi 81 elemre pedig együttesen mindössze 0,48% esik.

Általában minél nagyobb valamely elem rendszáma, vagyis az atommagban levő protonok száma, annál ritkább a Világegyetemben. A legnehezebb elemeknél, a 76-os rendszámú ózmiumon felüli rendszámoknál milliomdnál is kisebb százalékos gyakoriságot találunk, melyek között csupán a 82-es rendszámú ólom viszonylag gyakoribb.



19. ábra. Az elemek viszonylagos gyakorisága a Világegyetemben

A 19. ábra az elemek viszonylagos gyakoriságát tünteti fel a rendszám függvényében. A vízszintes tengelyen az elemek rendszáma van feltüntetve 0—92-ig, a függőleges tengelyen pedig az egyes elemek viszonylagos gyakorisága, a szilíciumét $1 \cdot 10^6$ -nak véve.

Az I. táblázat ugyanezen adatokat tartalmazza pontosabb szám-szerű értékekkel, de a grafikon alapján szemléletesebben nyomon lehet követni a gyakoriság és rendszám összefüggését.

A görbéről először is szembeötlik a legkönnyebb elemek, a hidrogén (1) és hélium (2) feltűnően nagy gyakorisága. A nehezebb elemek felé haladva a gyakoriság eleinte nagyobb, később sokkal kisebb mértékben csökken. A gyakoriság csökkenését szemléltető görbén a hidrogén és hélium után következő legkönnyebb elemeknél (litium (3), berillium (4), bór (5)) törést találunk. Ez a 3 elem sokkal ritkább, mint a velük szomszédos elemek. Az utánuk következő szén (6), nitrogén (7) és oxigén (8) a hidrogén és hélium után a leggyakoribbak. Az élő anyag felépítésé-

ben fontos szerepet játszó szén tehát a Világegyetemben igen elterjedt elem. A szén emellett abból a szempontból is nagy jelentőségű, hogy a Nap és más fősorozatbeli csillagok sugárzását tápláló magreakciók csak a szén jelenlétében mehetnek végbe.

I. táblázat

A fontosabb elemek viszonylagos gyakorisága, a szilíciumét $1 \cdot 10^6$ -nak véve

Rendszám	Vegyjel	Elem	Atomsúly	Gyakoriság	Rendszám	Vegyjel	Elem	Atomsúly	Gyakoriság
1	H	hidrogén	1	$2,5 \cdot 10^{10}$	26	Fe	vas	56	$8,5 \cdot 10^4$
2	He	hélium	4	$3,8 \cdot 10^9$	27	Co	kobalt	59	1800
3	Li	lítium	7	100	28	Ni	nikkel	58	$2,7 \cdot 10^4$
4	Be	berilium	9	20	29	Cu	réz	63	212
5	B	bór	11	24	30	Zu	cink	64	202
6	C	szén	12	$9,3 \cdot 10^6$	35	Br	bróm	79	3,95
7	N	nitrogén	14	$2,4 \cdot 10^6$	36	Kr	Krypton	84	42
8	O	oxigén	16	$2,5 \cdot 10^7$	37	Rb	rubidium	85	6,5
9	F	fluór	19	1600	38	Sr	stroncium	88	61
10	Ne	neon	20	$8 \cdot 10^5$	50	Su	ón	120	1,33
11	Na	nátrium	23	$4,4 \cdot 10^4$	51	Sb	antimon	121	—0,227
12	Mg	magnézium	24	$0,1 \cdot 10^6$	52	Te	tellur	130	—2,91
13	Al	alumínium	27	$9,5 \cdot 10^4$	53	J	jód	127	0,6
14	Si	szilícium	28	$1 \cdot 10^6$	56	Ba	bárium	138	3,66
15	P	foszfor	31	$1 \cdot 10^4$	76	Os	ozmium	192	0,64
16	S	kén	32	$3,8 \cdot 10^5$	77	Ir	iridium	193	0,49
17	Cl	klór	35	2600	78	Pt	platina	195	1,28
18	Ar	argon	40	$1,5 \cdot 10^5$	79	Au	arany	197	0,14
19	K	kálium	39	3160	80	Hg	higany	202	0,41
20	Ca	kalcium	40	$4,9 \cdot 10^4$	81	Tl	tallium	205	0,31
22	Ti	titán	48	1680	82	Pb	ólom	208	21,7
23	V	vanádium	51	220	83	Bi	bizmut	209	0,3
24	Cr	króm	52	7800	90	Th	tórium	232	0,027
25	Mn	mangán	55	6850	92	U	uránium	238	0,0078

A görbén azt is észrevehetjük, hogy növekvő rendszámmal az elemek gyakorisága nem folyamatosan csökken, hanem a görbe cikcakkban halad. Ha ugyanazon grafikonon külön ábrázolnánk a páros rendszámú (megtöltésű) és külön a páratlan rendszámú elemek gyakorisági görbéjét, az utóbbi görbe alatta haladna a páros rendszámú elemek görbéjének. A páros rendszámú elemek tehát gyakoribbak, mint a velük szomszédos páratlan rendszámú elemek. Ez az úgynevezett *Harkinsch-féle szabály*.

A gyakorisági görbén nemcsak a litium—berillium—bórnál mutató törést, hanem egyes helyeken a szomszédos elemekhez képest feltűnően nagyobb gyakoriságot is találunk, amit a görbe kiemelkedő csúcsai jeleznek. A görbén jól látható az úgynevezett vascsúcs, két kisebb csúcsot láthatunk a stroncium és bárium környékén, majd egy ugyancsak kiemelkedőbb csúcsot az ólomnál.

Az elemek viszonylagos gyakorisága és a gyakoriság növekvő rendszámmal való csökkenésének általános szabályától negatív és pozitív irányban mutató eltérések összhangban vannak az elemek keletkezésére vonatkozó elméletekkel.

A kémiai elemek keletkezésének még sok problémája nem nyert megoldást. Egyes elméletcsoportok a Világegyetem általunk ismert része jelenlegi állapota kialakulásának igen rövid ideig tartó fejlődési szakaszában, még a csillagok kialakulása előtt tételezik fel az összes kémiai elemek keletkezését. A megfigyelések azonban sokkal inkább alátámasztják azokat az elméleteket, melyek szerint a hidrogénnél nehezebb elemek a csillagok belsejében végbemenő atommagreakciók során épültek fel és ez a folyamat ma is tart. Távol vagyunk még attól, hogy részleteiben is nyomon tudjuk követni, hogyan, milyen körülmények között jön létre a legegyszerűbb elemből, a hidrogénből kiindulva a közel száz kémiai elem és több mint 300 izotópja. De nagy körvonalai már kezd kirajzolódni a csillagok belseje nagy kohójának kémiai elemeket termelő működése, ami összhangban van az elemek gyakoriságára vonatkozó tapasztalati adatokkal.

A csillagok ma még nem egészen tisztázott folyamatok eredményeként túlnyomórészt hidrogént tartalmazó interstelláris gázból kondenzálódnak. Ha elég nagy tömeg kondenzálódott csillaggá, az összehúzódó gáztömeg hőmérséklete elérheti a $p-p$ ciklus, majd a hőmérséklet további emelkedésével a Bethe—Weizsäcker-féle szén-ciklus láncreakciók beindulásához szükséges hőfokot. A H—R diagram főágához tartozó csillagok energiatermelésének e két láncreakció a főforrása, melyek során hidrogénmagokból héliummagok épülnek fel. A $p-p$ lánc és a szén-ciklus reakció átlagos ideje igen hosszú, a hidrogén héliummá alakulása néhány milliárd évig tart. A héliummag viszont igen stabilis atommag, nehezen alakul tovább nehezebb elemekké.

Ez magyarázza a hélium kiugró gyakoriságát, a nála nehezebb elemekkel szemben. A továbbiakban is azt látjuk, hogy valamely elem annál gyakoribb, minél hosszabb a felépülését eredményező magreakció lefolyásának átlagos ideje és minél nagyobb atommagjának stabilitása.

Ha a csillag centrumának hidrogénkészlete kimerül, a csillag összehúzódik és ennek következtében a centrumban nagyfokú hőmérséklet-emelkedés jön létre. Új magreakció, az úgynevezett Salpeter folyamat indul be, melynek során héliummagokból, többek között berillium

(Be⁸), szén (C¹²), neon (Ne²⁰) és magnézium (Mg²⁴) keletkezik. A hélium átalakulásához mindössze 10 millió év szükséges és a hélium atommagok összeállításából keletkező atommagok stabilitása igen különböző. A két héliummagból előálló berillium a héliummag nagy kötési energiája miatt nem stabilis, könnyen szétesik 2 héliummagra (alfa részecskére). A rövid életű berilliummag nagy hőmérsékleten még elbomlása előtt összeolvadhat egy alfa részecskével C¹² maggá, amely már stabilis atommag. További alfa részecskék beépülésével O¹⁶, Na²⁰ és Mg²⁴ állhatnak elő.

Érthető ezért, hogy a rövid életű, instabilis berilliumból — s ez vonatkozik a vele szomszédos lítiumra és bóra is — igen keveset találhatunk a Világegyetemben. A gyakorisági görbének ezen a helyen minimuma van. A C¹², O¹⁶, Ne²⁰ alfa-magoknak (3, 4, 5, 6, alfa részecskéből felépült magoknak) viszont szomszédaihoz képest nagy a kötési energiája.

A hőmérséklet további emelkedésével egészen a 26-os rendszámú 56 atomsúlyú vasig épülhetnek fel nehezebb elemek. A vasatom magjának kötési energiája a legnagyobb az összes atommagok közül. A hőmérséklet további növelése már nem még nehezebb atommagok képződéséhez, hanem a fordított irányú folyamathoz: nehezebb atommagok könnyebb atommagokra széteséséhez vezet. A vas atommagjának nagyfokú stabilitása miatt ugrik ki élesen a gyakorisági görbén a vascsúcs.

A vasnál nehezebb atommagok felépülését más atommagfolyamatokkal magyarázhatjuk. Itt a neutron-befogás jöhet elsősorban számításba. Az elektromos töltés nélküli neutronok sokkal könnyebben behatolhatnak a nehéz atommagokba is, mint a protonok, vagy más atommagok. A neutronoknak az atommagba beépülésével eleinte az atomsúly nő, de a rendszám változatlan marad, vagyis ugyanannak az elemnek nehezebb izotópja keletkezik. Az olyan atommagok azonban, melyek a mag protonjaihoz képest túlsok neutront tartalmaznak, nem stabilisak. A fölös neutronok β -bomlással protonokká alakulnak át, ami végül is magasabb rendszámú új elem keletkezését eredményezi.

Aszillagok belsejében csak kevés szabad neutron van jelen, minden atommag csak minden néhány ezer évben vehet fel egy neutront. A neutronbefogás általában „lassú” folyamat. Az óriásaszillagok belsejében kb. egymillió év nagyságrendű idő alatt mehet végbe az atommagokban az ilyen lassú neutronfeldúsulás, ami felépíti a nehezebb elemeket a stronciumon, báriumon keresztül egészen az ólomig. A legnehezebb elemek, mint pl. a platina vagy az uránium nem lassú, fokozatos neutron felhalmozódással, hanem a szupernóva kitörések alkalmával végbemenő „gyors” neutronbefogással épülnek fel, amikor ez a folyamat néhány tizedmásodpercen belül lejátsszódik.

Nem minden atommag képes felvenni egyenlő mértékben újabb neutronokat. Az atomfizikai tapasztalatok szerint bizonyos „mágikus számú” neutron tartalmazó atommagokba nehezen épülnek be neutronok. Ezek a „mágikus” számok: 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126. A „mágikus” jelző arra utal, hogy először rejtélyesnek látszott, hogy miért éppen az ilyen számú neutron tartalmazó atommagok bírnak ilyen tulajdonsággal. De megtalálták a magyarázatot is: az atombeli protonok és neutronok a mágikus számok esetén képeznek zárt héjnak megfelelő csoportokat, ami a mag nagymértékű stabilizálásával jár együtt. Az ilyen magok ezért igen ellenállóak újabb neutronfelvétellel szemben.

A lassú neutronbefogás során az 50, 82, 126 mágikus neutronszámú magoknál sokkal hosszabb idő múlva következhet be újabb neutronbefogás mint más magoknál. Ezeknek a stabilis magoknak a viszonylagos gyakorisága nagyobb, és így az 50, 82, 126 neutronszámú, s az ennek megfelelő 90, 139 és 208 atomsúlyú magoknál (stroncium, bárium, ólom) csúcsokat találunk a gyakorisági görbén.

A szupernóva kitörések gazdag neutronforrásának hatására létrejövő gyors neutronbefogás a 80, 130 és 194 atomsúlyú magok keletkezését helyezi előtérbe. A gyakorisági görbén ezért a krypton, a tellur és a platina közül is találunk kisebb csúcsokat.

Általában az elemek gyakoriságának atomfizikai számításokból történt becslése jó egyezést mutat a megfigyelésekből levonható következtetésekkel. Ennek jelentősége nemcsak abban rejlik, hogy atomfizikai alapon meg lehet találni az elemek viszonylagos gyakoriságának okát, hanem abban is, hogy megerősíti azt az elméletet, mely szerint az elemek keletkezése szorosan összefügg a csillagok fejlődésével: a csillag belseje kémiai összetételének megváltozása indítja el a csillag újabb fejlődési szakaszát.

Az elemek viszonylagos gyakorisága a különböző objektumokban

Az elemek gyakorisága a különféle objektumokban, csillagokban, bolygókban, meteorokban és az interstelláris anyagban nagy általánosságban véve összhangban van az elemeknek a Világegyetemben tapasztalható gyakoriságával, de természetesen különféle konkrét esetekben ettől lényeges eltérések is tapasztalhatók.

A Nap kémiai összetétele. Érthető, hogy az összes csillagok közül legalaposabban a legközelebbi csillag, a Nap kémiai összetételét ismerjük. Amióta 1802-ben *Wollaston* felfedezte a Nap néhány színképvonalát és *Fraunhofer* 1914-ben 600 vonalat észlelt, ma már több mint 26 000-re tehető az észlelt *Fraunhofer* vonalak száma. A fényképezés bevezetése szélesítette ki a szinképi vizsgálatokat, lehetővé téve a Nap színképének

felvételét az ultrabolya tartományban is. A színképelemzés útján 66 kémiai elem jelenlétét biztosan kimutatták a Nap légkörében.

A II. sz. táblázat az elemek viszonylagos gyakoriságát tünteti fel a Nap légkörében. Ebből az is látható, hogy valamennyi fontosabb és ismertebb elem megvan a Napon. A közismert elemek közül az aranyat, az arzént, a bizmutot és a klórt eddig még nem találták meg.

Nem jelenti azt, hogy ki nem mutatott elemek valójában hiányoznak a Nap légköréből. A napszínkép eddig észlelt 26 000 Fraunhofer vonalának 30%-a még nincs identifikálva. Emellett a szilícium kivételével az összes

II. táblázat

Az elemek viszonylagos gyakorisága a Nap légkörében

Rend- szám	Vegy- jel	Elem	Gyakoriság log.	Rend- szám	Vegy- jel	Elem	gyakoriság log.
1	H	hidrogén	12,00	40	Zr	cirkónium	2,44
2	He	hélium	1,15	41	Nb	nióbium	0,75
3	Li	litium	1,19	42	Mo	molibdén	1,85
4	Be	berilium	2,33	43	Tc	technécium	?
5	B	bór	4,75	44	Ru	ruténium	1,45
6	C	szén	9,25	45	Rh	rhódium	0,25
7	N	nitrogén	8,84	46	Pd	palládium	0,85
8	O	oxigén	9,00	47	Ag	ezüst	0,75
9	F	fluór	5,75	48	Cd	kadmium	1,95
10	Ne	neon	?	49	In	indium	-0,25
11	Na	nátrium	6,48	50	Sn	ón	+0,95
12	Mg	magnézium	7,72	51	Sb	antimon	2,35
13	Al	alumínium	6,32	56	Ba	bárium	2,53
14	Si	szilícium	7,27	57	La	lanthán	1,35
15	P	foszfor	3,75	58	Ce	cerium	2,15
16	S	kén	6,99	59	Pr	praseodim	0,35
19	K	kálium	5,16	60	Nd	neodimium	1,75
20	Ca	kalcium	6,61	62	Sm	sandrium	1,25
21	Sc	scandium	3,40	63	Eu	europium	1,15
22	Ti	titán	5,92	64	Gd	gadolinium	0,85
23	V	vanádium	4,12	66	Dy	dysprozium	1,35
24	Cr	króm	5,65	68	Er	erbium	-0,15
25	Mn	mangán	5,53	69	Tu	tullium	+0,25
26	Fe	vas	7,77	70	Yb	ytterbium	0,75
27	Co	kobalt	5,10	71	Cp	cassiopium	0,75
28	Ni	nikkel	6,02	72	Hf	hafnium	0,15
29	Cu	réz	4,95	73	Ta	tantál	0,25
30	Zu	cink	4,77	74	W	wolfrám	-0,05
31	Ga	gallium	1,75	76	Os	ozmium	+0,25
32	Ge	germánium	2,75	77	Ir	iridium	-0,45
37	Rb	rubidium	1,45	78	Pt	platina	+1,35
38	Sr	stroncium	3,03	80	Hg	higany	3,12
39	Y	yttrium	3,03	82	Pb	ólom	0,95

nem fémek s néhány fém pl. az arany alapállapotban levő atomjainak abszorpciós vonalai az ultraibolyába esnek és a színeknek ezt a részét a magas légkör ózonnégye elnyeli. A napfelszín hőmérsékletén az ionizált atomokból származó színekvonalak sokkal gyengébbek, mint az alapállapotban levő atomoké, emellett az ionizált atomok vonalai is sokszor az ultraibolyába vagy infravörösbe esnek.

Nagy jelentőségű ezért, hogy 1946-ban megkezdődött a napszínkép ultraibolya részének az elnyelő ózonnégy fölé emelkedő rakétákról történő vizsgálata. A rakéták rövid repülési ideje egyelőre még korlátozza ezeket a vizsgálatokat és nagyobb eredmények várhatók majd a tervezett Nap-megfigyelő mesterséges holdakkal. Az eddigi rakéták segítségével is sok új adatot kaptak azonban a napszínkép ultraibolya tartományáról. Megállapították pl., hogy 1530 angström alatt a folytonos színekép eltűnik és a Fraunhofer vonalak helyett számos intenzív emissziós vonal lép fel, köztük a Ne-VIII rezonancia vonalai. Ez az első konkrét bizonyítéka annak, hogy a Napon neon van jelen. Az emissziós vonalak közül 25-nek az eredete még nem ismeretes, lehetséges, hogy a további vizsgálatok újabb elemek kimutatásával is járnak.

A folytonos színekép, a Fraunhofer-féle vonalak totálisintenzitásának és kontúrájának beható vizsgálatából az egyes elemek atomjainak koncentrációját is meg lehet állapítani, vagyis a spektroszkópia módot nyújt a naplégkör kvantitatív kémiai analízisére is. Nagy vonásokban azt mondhatjuk, hogy a Nap 50%-ban hidrogénből, 40%-ban héliumból áll, az egyéb elemekre 10% esik. A Nap légkörében a hidrogén után a szén és az oxigén a leggyakoribb elem. Úgy látszik, hogy a Nap belsejében lefolyó magreakciók által termelt hélium alig befolyásolja a naplégkör kémiai összetételét.

A Nap főágbeli csillag, energiatermelése néhány kevés és jól ismert magreakcióval magyarázható, s ennek alapján fejlődésére is végezhető számítások. Ezek szerint a Nap hidrogén tartalma a főágba érkezéskor 80% lehetett, amiből a Nap korára 5—6 milliárd év adódik, a Nap közepes korú csillag.

A Nap légkörének mennyiségi kémiai összetételéről, a Nap légkörében az elemek viszonylagos gyakoriságát feltüntető II. táblázat nyújt felvilágosítást. A gyakoriság csökkenése a növekvő rendszámmal itt is érvényesül. Az igen kis mennyiségben jelenlevő nehezebb elemek már jelen lehettek abban az interstelláris gázfelhőben, melyből a Nap kialakult, a Nap nem tisztán hidrogénből álló gázfelhőkből kondenzálódott. A nagy stabilitású vas-atom a Nap légkörében is gyakoribb, mint a vele szomszédos rendszámú elemek. A vasnak több ezer vonala észlelhető. A Nap légkörében is kimutatott technécium azonban nem lehet régi, mert csupán 200 000 év felezési idejű radioaktív elem. A technécium valószínűleg jelenleg is keletkezik a Nap légkörében a mágneses

tér hatására, a földi laboratóriumi atomfizikai gyorsító berendezések működéséhez hasonlóan. A p—p ciklus és a szén ciklus mellett tehát más atommagképződés is végbemegy a Napon, de minthogy a neutronbefogás itt alárendelt szerepű, az „ólom csúcsot” hiába keressük a Nap elemeinek gyakoriságában.

A csillagok kémiai összetétele, mint a III. sz. táblázat is mutatja, nem tér el lényegesen a Napétól. A csillaglégkörök kémiai analízise már sokkal nehezebb mint a Nap esetében. Maga az eljárás is bonyolult és az észlelési eredményeknek a csillaglégkörök elmélete alapján való értelmezése is. Bizonyos esetekben itt is sikerült a színképvonalak összintenzitásának és kontúrájának vizsgálatából a kvantitatív analízis. A csillagok többségének kémiai összetétele főbb vonásokban meg- egyezik. A csillagok légkörében a hidrogén a domináló elem, hidrogén- atomból kb. 10 000-szerre több van, mint az összes többi atomból együttvéve. A hidrogén után következik a hélium, majd a szén, nitrogén és oxigén és végül a különböző fémek.

III. táblázat

Egyes elemek viszonylagos gyakorisága a Nap és a csillagok légkörében*

Rendszám	Vegyjel	Elem	Nap	Csillagok	Rendszám	Vegyjel	Elem	Nap	Csillagok
1	H	hidrogén	12,00	12,9	20	Ca	kalcium	6,61	6,7
2	He	hélium	11,15	10,2	22	Ti	titán	5,92	6,0
3	Li	lítium	1,19	1,9	23	V	vanádium	4,12	4,9
6	C	szén	9,25	6,4	24	Cr	króm	5,65	5,8
8	O	oxigén	9,00	8,0	25	Mn	mangán	5,53	6,5
11	Na	nátrium	6,48	7,1	26	Fe	vas	7,77	6,7
12	Mg	magnézium	7,72	7,5	30	Zu	cink	4,77	6,1
13	Al	alumínium	6,32	6,9	38	Sr	stroncium	3,03	3,5
14	Si	szilícium	7,27	7,5	56	Ba	bárium	2,53	3,0
19	K	kálium	5,16	5,3					

*A számadatokban a gyakoriság logaritmusát szerepel

A csillagoknak a Harvard osztályozás szerinti O, B, A, F, G, K, M színképtípusait — mint ezt Saha elmélete megmagyarázta — nem a kémiai összetétel különbözősége, hanem elsősorban a hőmérséklet különbségei hozzák létre. Az egyes színképtípusok O-tól M-ig a csökkenő hőmérséklet, a csökkenő gerjesztés sorozatát mutatják. Például az O és B típusú csillagok színképében nem azért nem láthatók a fémvonalak, mert ezen csillagok légköre fémeket nem tartalmaz, hanem a magas hőmérséklet következtében a fématomok ionizálódnak és az ionizált

atomok vonalai a színekép megfigyelhetetlen ultraibolya tartományába esnek.

A kémiai összetételben némi eltérés figyelhető meg az I. és II. populációjú csillagok esetében. A csillagoknak Baade által megkülönböztetett kétféle populációját — eltekintve ezúttal az egyéb különbségektől — azzal jellemezhetnénk, hogy a II. populációhoz tartoznak az öregebb csillagok, az I. populációhoz pedig a később keletkezett, második generációt képviselő csillagok. Az I. populációjú csillagokban több a fém, mint a II. populációban. A II. populációhoz tartozó szubtörpékben pl. a hidrogén és a fémek gyakoriságának aránya 10-szer nagyobb, mint az I. populációjú csillagokban. Az öregebb, túlnyomórészt hidrogénből kondenzálódott csillagok korpuszkuláris sugárzásával a csillagközi gáz ugyanis a csillagok belsejében szintetizált nehezebb elemekkel töltődött fel. A későbbi második generációs csillagok már ebből a nehezebb elemekben gazdagabb csillagközi gázból kondenzálódtak és kialakulásuktól kezdve tartalmaztak nehezebb elemeket, fémeket. A közepes korú Napban a fémkoncentráció tízszer nagyobb, mint a tipikus öreg csillagokban. A jellegzetes fiatal csillagokban viszont a fématomok koncentrációja kétszer, háromszor nagyobb mint a Napban.

A Tejútrendszer kémiai fejlődését tehát úgy képzelhetjük el, hogy kezdetben tisztán hidrogéngázból álló anyaga a csillagokká kondenzálódás során nehezebb elemekben egyre gazdagodik.

Az I. és II. populáció kémiai összetételében mutatkozó különbség mellett egyes elemek rendellenes gyakoriságával találkozunk bizonyos különleges csillagfajtáknál. A forró *Wolf—Rayet* csillagok egyik csoportja szénben, másik nitrogénben gazdagabb, egyes ritkább csillagfajták hélium-, lithium-, barium-csillagok elnevezése arra utal, hogy ezekben az illető elemeknek viszonylagos gyakorisága nagyobb, mint általában. Az *R* és *N* különleges színektípusú csillagokat szén-csoportnak is hívják, mert szénvegyületek, főleg CO formájában több szenet tartalmaznak, mint oxigént. Másik különleges, az *S* színektípusba tartozik a nehézfém-csoport, főleg a cirkónium, de más nehéz fémek is: yttrium, niobium, molibdén, bárium nagyobb gyakoriságával. Minden *S* típusú csillagban megtalálták a technécium vonalait is. A mágneses változóknak a ritka földfémek gyakorisága feltűnő. Mindezek a különleges csillagok azonban csak igen kis hányadát alkotják a csillagoknak, a csillagok zömének kémiai összetétele nagyjából egyforma. A két populáció kémiai összetételének különbözősége kozmogóniai szempontból nagyon fontos és lényeges, de a csillagok átlagos kémiai összetételét kevésbé befolyásolja, mert a fémkoncentráció még az I. populáció fiatal csillagaiban is igen csekély mérvű.

A bolygók kémiai összetétele. Ezt a kérdést részletesen tárgyalja az Évkönyv más helyen, Aczél—Bartha: A bolygók belső szerkezete c.

cikke. (L. ugyanezen Évkönyv 212. oldalát.) Itt csak annyit jegyzünk meg, hogy a bolygókat alkotó tömeg javarésze az óriásbolygókban összpontosul, a Jupiter tömege pl. 318-szor akkora mint a Földé. Az óriásbolygók és a földtípusú bolygók tömegeinek aránya 220:1. Az óriásbolygók pedig túlnyomórészt hidrogénből és héliumból állanak, tehát a bolygókat alkotó anyag kémiai összetétele sem különbözik lényegesen a Világegyetem eddig megismert része anyagának átlagos kémiai összetételétől. A Földön és a földtípusú bolygókon a könnyebb elemek hiánya a kialakulás körülményeivel magyarázható.

Közismert, hogy a Földön minden a Világegyetemben előforduló kémiai elem megtalálható. A technécium és a plutónium a földi természetben nem fordul elő, de mesterségesen ezeket is előállították. A Földön azonban az elemek viszonylagos gyakorisága más mint a Napban és a többi csillagokban. Földünk kísérőjének, a Holdnak kémiai összetétele nem különbözhet lényegesen a földtípusú bolygókétól.

A meteoritek összetétele közvetlen laboratóriumi vizsgálattal eldönthető. A meteoritekben az elemek százalékos gyakoriságát szemlélteti a IV. sz. táblázat.

IV. táblázat

Az elemek százalékos gyakorisága a meteoritokban H. Brown alapján

Rendszám	Vegyjel	Elem	Vasmeteoritek (szideritiek) %	Vaskőmeteoritek (sziderolitek) %	Kő-meteoritek (aerolitiek) %
8	O	oxigén	—	—	41,02
11	Na	nátrium	—	—	0,78
12	Mg	magnézium	0,03	—	15,82
13	Al	alumínium	—	—	1,74
14	Si	szilícium	—	—	20,57
15	P	foszfor	0,22	0,31	0,16
16	S	kén	0,04	34,30	1,79
17	Cl	klór	—	—	0,09
19	K	kálium	—	—	0,20
20	Ca	kalcium	0,05	—	1,97
22	Ti	titán	0,01	—	0,09
24	Cr	króm	0,02	0,12	0,35
25	Mn	mangán	0,03	0,05	0,30
26	Fe	vas	90,78	61,10	15,64
27	Co	kobalt	0,63	0,01	0,02
28	Ni	nikkel	8,59	0,10	0,14
29	Cu	réz	0,03	0,42	—
30	Zu	cink	0,01	0,15	—
32	Ce	germánium	0,02	0,06	—
33	As	arzén	0,04	0,10	—
50	Sn	ón	0,01	0,16	—

A vas-meteoritek vagy szideritek kereken 91% vasat, 8,6% nikkelt, 0,6% kobaltot tartalmaznak.

A vas-kő meteoritek (sziderolitek) 61%-a vas, 34%-a kén.

A kőmeteoritekben (aerolitek) 41% oxigént, 20% szilíciumot, 15,8% magnéziumot, 15,6% vasat találtak.

A meteoritek jó része, mintegy 93,5%-a kőmeteorit. Mint az V. sz. táblázatból kitűnik, a kőmeteoritekben egyes elemek, így a berilium, nátrium, magnézium, alumínium, foszfor, kén, kalcium és kálium gyakorisága megfelel ezen elemeknek a világegyetembeli gyakoriságával.

V. táblázat

Egyes elemek viszonylagos gyakorisága különféle objektumokban*

Rend- szám	Vegy- jel	Elem	Kőmete- oritek	Nap	I. populá- ciójú csillagok	Gázködök
1	H	hidrogén		12,00	12	12
2	He	hélium			11,15	—11,24
3	Li	litium	3,5	1,19		
4	Be	berilium	2,8	2,35		
5	B	bór	2,88			
6	C	szén		9,25	8,24	
7	N	nitrogén		8,84	8,28	8,44
8	O	oxigén		9,00	8,78	8,82
9	F	fluór	4,68			
10	Ne	neon			5,5	5,5
11	Na	nátrium	6,15	6,48	8,9	8,12
12	Mg	magnézium	7,34	7,72	8,03	
13	Al	alumínium	6,34	6,31	6,44	
15	P	foszfor	5,26	5,44	5,5	
16	S	kén	6,54	7,17	7,65	7,82
17	Cl	klór	5,2		7,2	6,55
18	Ar	argon			7,0	6,9
19	K	kálium	5,34	5,16		
20	Ca	kalcium	6,26	6,61		

* A számadatokban a gyakoriság logaritmus szerepel

A csillagközi anyag vegyi összetételéről a világitó gázködök és a planetáriás ködök spektroszkópiai vizsgálata ad felvilágosítást. Sokkal nehezebb a nem világitó interstelláris gáz és por összetételét megállapítani. A nem világitó csillagközi hidrogén nyomon követhető a neutrális hidrogén atom 21,2 cm-es rádiófrekvenciás sugárzása útján.

Az interstelláris anyag összetétele az I. populációjú csillagokéhoz hasonló. A becslések szerint minden 10 millió hidrogén atomra jut 1—2

millió hélium, 10 ezer oxigén, 500—2000 nitrogén, szén, neon, 1—10 kalcium és kálium atom. A többi elemre még kevesebb.

Az interstelláris anyag vizsgálatából is kiviláglik, hogy a Földön csak igen kis mennyiségben előforduló neon nemesgáz a Világegyetemben igen elterjedt elem.

Molekulák, vegyületek a Világegyetemben

A molekulaszínképek sokkal bonyolultabbak, mint az egyatomos gázok vonalas színképei. A molekulákat alkotó atomok közös elektronjainak különböző energianívói mellett a molekula különböző energiaállapotba kerülhet az atomok egymáshoz viszonyított rezgése és forgása következtében is. Mivel a forgási és rezgési energianívókülönbségek kicsik, nagyszámú, szorosan egymás mellett lévő színképvonal keletkezik, amelyek az elektronátmenetek szerint különböző sávokba olvadnak össze. A molekulákat a színképben a rájuk jellemző sávokról lehet felismerni.

A színképi vizsgálat azonban elsősorban az izzó anyagok vizsgálatát teszi lehetővé, molekulák tanulmányozására ennél fogva kevésbé alkalmas. A forróbb csillagok légkörében ugyanis az atomok zöme is ionizálódik, a kevésbé forró csillagokban is csak kétatomos, legegyszerűbb molekulák maradhatnak meg. Nem izzó szilárd testek, mint a bolygók, ahol bonyolultabb vegyületekkel találkozhatnánk, közvetlenül színképelemzéssel nem vizsgálhatók. Színképelemzéssel molekulásávokat a hűvösebb csillagokban és az üstökösökben mutattak ki. A csillagok légkörében több atomos molekulák sávjait nem észlelték, hanem csak két-atomosakét, főleg hidridekét és oxidokét és a szén különféle vegyületeit.

A 20 000 C° felszíni hőmérsékletű *O* típusú csillagokban például a szén atom egyszeres vagy kétszeres ionizált állapotban van jelen. A *B*-csillagok 10 000 C° hőmérsékletén már jelen van a neutrális szén atom is. A 8000 C° felszíni hőmérsékletű *A*-csillagok légkörében észlelhetők a szénvegyületek első jelei CH (metin) formájában. A *G*-típustól kezdve erősödnek a molekulásávok. A Nap *G1* színképtípusú csillag. A Napon eddig 10-féle molekula jelenlétét mutatták ki minden kétséget kizáróan, másik 10 molekula előfordulása pedig erősen valószínű.

A Napon kétségtelenül jelen vannak CO, C₂, CH, CN, NH, OH molekulák. A napfoltok színképében találtak SiH, MgH, CaH, TiO molekulákat. Még megerősítésre szorul a BO, AlO, ZrO, BH, MgH, MgO, ScO, YO, SrF, C₃ jelenléte. Igen nagy valószínűséggel hiányzanak a H₂, BeH, NaH, PH, CoH, NiH, CuH, ZnH, CdH, FeO, CP, N₂, BN, SiN, NO, SiO, CuO molekulák.

A Naphál alacsonyabb hőmérsékletű K—M típusú csillagok színképében szénhidrogének (főleg CH), a CN (cián), a titánoxid (TiO) sávjai jelzik ezen molekulák jelenlétét. A már említett különleges R típusú csillagokra a szénmonoxid, az S típusra a cirkóniumoxid (ZrO) jellemző.

Kimutattak molekulákat az üstökösök és a világító gázködök színképében is. Itt már 3—4—5 atomos molekulákkal is találkozunk. Az üstökösök magjának a meteorrészekkel mellett alkotórésze a víz (H₂O), ammóniák (NH₃), metán (CH₄), széndioxid (CO₂) és a dician (C₂N₂), amelyeknek „jege” cementezi össze a meteorrészeket. A Nap közelében a magból kiáramló gázaik a Nap rövidhullámú sugárzásának hatására az üstökösök kómájában egyszerűbb: C₂, C₃, N₂, CN, CH, CH⁺, CH₂, NH, NH₂, CO, CO₂, OH molekulára esnek szét. A csóva színképe kevesebb molekulásávot (CN, CO, CO₂, CH, N₂) tartalmaz mint a kómáé.

Mind a csillaglégkörök, mind az üstökösök színképében több, a Földön ismeretlen molekulafajtát mutattak ki. Különleges fizikai feltehetően mellett a kémiaiilag instabilis gyökök (elektromosan semleges atomsoportok, pl. OH, CH, NH) fizikailag stabilisak lehetnek és mint molekulák egzisztálnak.

A forró csillagoktól távoli csillagközi gáz atomjai már nincsenek ionizált állapotban és ezeken a helyein észlelték a legegyszerűbb szénhidrogénygyökök (CH, CH⁺) képződését. H. Urey szerint a gázpor ködökben a por katalizáló hatására és viszonylag nagy mennyiségben jelenlevő hidrogén miatt az összes szabad gyökök stabilis molekulákká alakulnak át: metán (CH₄) és más bonyolultabb szénhidrogének keletkeznek.

Ha a bolygók anyagának vegyi összetételét is megvizsgálhatnánk, nem kétséges, hogy a legkülönbözőbb bonyolult vegyületekkel találkozunk. A színképelemzés azonban az alább még részletezett kivételektől eltekintve egyelőre csak egyes bolygók légkörében mutatott ki vegyületeket, éspedig szénmonoxidot (CO), széndioxidot (CO₂), vizet (H₂O), nitrogéndioxidot (N₂O₂) a Vénusz, széndioxidot a Mars, metánt (CH₄) és ammóniát (NH₃) a Jupiter és Szaturnusz, metánt az Uránusz és Neptunusz légkörében.

Természetesen ezeken kívül még számos vegyület lehet a bolygók légkörében. H. Urey mutatott rá, hogy az óriásbolygók légkörében a metánból fotokémiai reakciók következtében toltított és telítetlen szénhidrogéneknek (pl. etán (C₂H₆), etilén (C₂H₄), acetilén (C₂H₂)) kell keletkezniük. H. Urey szerint az acetilén polimerizációjakor keletkező nagymolekulású, vörös színű szénhidrogén: a cupren okozza a Jupiter légkörében észlelhető „vörös folt”-ot.

Kivételesen bolygók felszíni alakulatainak vegyi összetételére is rávilágított a színképelemzés. Az infravörös tartományban végzett

észlelés igazolta, hogy a Mars „hósapkái” a víznek valamilyen szilárd halmazállapotából állanak. S ugyancsak a Mars felszínének színes foltjain mutatta ki 1958-ban *W. M. Sinton* infravörös fényben a klorofil elnyelési sávját, ami Sinton megfogalmazása szerint szerves molekulák jelenlétét bizonyítja. A klorofil abiogén eredete nem feltételezhető, a klorofil tartalmú szerves molekulákat ezért a marsbeli növényzet bizonyítékának kell értékelnünk.

A fenti vázlatos felsorolás nem tart arra igényt, hogy a Világegyetemben eddig kimutatott vagy valószínűsíthető molekulát és vegyületet számbavegye. Csupán annak illusztrálására szolgál, hogy az anyag fejlődése a kémiai mozgásformán belül is végbemegy a Világegyetemben, a legegyszerűbb gyököktől kezdve az élő anyagot alkotó bonyolult szerves molekulákig.

Megerősíti ezt a Földre hullott meteoritek laboratóriumi vizsgálata is. A meteoriteken közvetlen kémiai, analitikai és ásványtani vizsgálatok eszközölhetők, és olyan különleges eljárásoknak vethetők alá, mint az infravörös és ultraibolya spektroszkópia, a szervesetlen csepp-analízis, papírkromatográfia, a röntgen-sugárzási fénytörés meghatározása.

A vasmeteoritek főanyaga az úgynevezett vasnikkel, a kőmeteoritek pedig javarészből szilikátokból és különböző fénoxidokból (MgO , Al_2O_3 , CaO , Na_2O) állanak.

Az 1908-ban Új-Zélandban Mokoia-nál hullott 2 fő darabból álló 4,536 kg összsúlyú meteorit egy darabkájának összetételét például *B. C. Ashton* a következőnek találta:

Fe_3O_4	36,95%
FeS	5,64%
NiO	2,20%
MnO	nyomokban
SiO_2	37,55%
Al_2O_3	2,62%
CaO	3,50%
MgO	6,30%
P_2O_5	0,64%
Na_2O	2,86%
C	1,25%
Összesen	99,51%

A meteoritekben sok, a Földön ismeretlen ásványt is fedeztek fel. Gyakori és a meteoritekre jellemző ásvány a kogenit, amely vas-, nikkel- és kobalt-karbidot $(FeNiCo)_3C$ tartalmaz. A szén, maga a természetes szén (amorf szén, grafit, gyémánt) mellett karbidokban és szénhidrogénekben fordul elő. Nagymolekulájú pl. $C_4H_{12}S_5$ és $C_8H_9O_2$ képletű

szénhidrogéneket találtak a kabai meteoritban, a Fokföldön, Cold--Bakkeveldében hullott és más meteoritekben. A *Zavarickij* és *L. Kvasa* a Sztaraja Boriszkinóban lehullt meteoritban 9% kristályvizet mutatott ki. A már említett Mokoia meteoritot *Michael H. Briggs* és munkatársai megvizsgálták abból a szempontból is, hogy vannak-e benne szerves vegyületek. A különleges módszerekkel végzett vizsgálatok eredményeképpen úgy találták, hogy a Mokoia meteorit egy egész sor bonyolult szerves vegyületet tartalmaz.

Ma már megdőlt az a régebbi felfogás, hogy szerves vegyületek természetes viszonyok között csak biogén úton keletkezhetnek. A meteoritekben talált nagymolekulájú, bonyolult szerves vegyületeket nem tekinthetjük arra bizonyítéknak, hogy ezek a vegyületek egykori élőlények bomlástermékeiből származnak. De a meteorok kémiai összetételének vizsgálata is megerősíti, hogy a Világegyetem nagy laboratóriumában is képződnek abiogén úton organikus vegyületek, a Világegyetemben eljut az anyag a kémiai fejlődésnek arra a fokára, ahol már kialakulnak a kémiai előfeltételei a magasabbrendű biológiai mozgásforma létrejöttének. A meteorok nem arra alkalmas égitestek, hogy rajtuk az élet létrejöjjön. De máshol, ahol megvannak az erre szükséges feltételek, ott a biológiai mozgásforma is megjelenik, amint ezt a Mars példája bizonyítja.

Éppen a kozmikus anyag vizsgálata kecsgett azzal a reménnyel, hogy megismerjük az élő anyag, az élő fehérje kémiai előfutárait, az élettelen anyag élő anyaggá fejlődésében még hiányzó láncszemeket. *A. J. Oparin* véleménye szerint azok a nyomok, amelyeket az idő itt a mi Földünkön teljesen eltüntetett, más égitesteken megmaradhattak. Ha megismerhetnénk az anyag mozgásának és szerveződésének elvben azonos, de a földtől bizonyos mértékig eltérő feltételek között létrejött és kifejlődött formáját, milyen nagy jelentőségű volna ez az élet lényegének megismerése szempontjából.

A ma tudománya tanúsága szerint az anyag kémiai mozgásformán belüli fejlődésének kezdeti (elemek keletkezése) és befejező szakaszát (élő anyaggá váló bonyolult szerves vegyületek) a Kozmoszban ismerhetjük meg. A holnap tudománya, az úrhajózás által a Világegyetemi anyagának közvetlen vizsgálata pedig nemcsak az élet keletkezésére vonatkozó tudásunkban jelenthet fordulópontot, hanem többek között a Hold, a bolygók anyagának laboratóriumi vizsgálatával, a Világegyetemben végbemenő kémiai jelenségek és folyamatok közvetlen tanulmányozásával a kémiát is kozmikus tudománnyá fejleszti. Nem kétséges, hogy a kémia legáltalánosabb törvényei is a Világegyetem törvényei, és a jövő kozmikus kémiája még nagyobb szerephez juttatja a kémia tudományát az embernek a természet legyőzéséért vívott harcában.

A MARS HOLDJAINAK PROBLÉMÁJA

Jelenlegi adataink szerint a Naprendszer ma ismert kilenc bolygója körül összesen 31 hold kering. (Föld: 1, Mars: 2, Jupiter: 12, Saturnus: 9, Uranus: 5, Neptunus 2.) Néhány ezek közül igen érdekes sajátosságokat mutat. Így az utóbbi években sok szó esett a Mars holdjairól.

A Mars holdjait *A. Hall* fedezte fel a washingtoni obszervatórium 66 cm-es refraktorával az 1877-es marsoppozíció idején. E holdakat előzőleg többen keresték, de minden eredmény nélkül. Hall a maga korának legnagyobb lencsés távcsövével kutatva, 1877. augusztus 11-én egy halvány objektumot fedezett fel szorosan a Mars mellett. Az augusztus 16-án végzett mérések kétségtelenül igazolták, hogy a bolygó kísérőjéről van szó. A következő napon sikerült felfedezni a Mars második holdját is. Az amerikai csillagász az új holdakat a hadisten gyermekeinek mitológiai neve után *Phobos*nak („Félelem”) és *Deimos*nak („Rémület”) nevezte el.

A Mars holdjainak felfedezése azért késett sokáig, mivel ezek a parányi égitestek igen halványak és nagyon közel keringenek a bolygóhoz. *G. Kuiper* 1956-ban végzett mérései szerint a *Phobos* közepes oppozícióra (Mars-közelségére) redukált fényessége 11,6 magnitúdó (mg), a *Deimos*é 12,8 mg. Mivel fényük a Mars közepes fényességének (—1,5 mg) mindössze 1/630 000-es része, a bolygó fényével elnyomja holdjait.

A Mars holdjainak színindexe (a kék fényben és a vizuálisan mért fényesség különbsége) 0,6, ez arra mutat, hogy e két égitest közel olyan sárga színű mint a Nap, viszont világosabbak a Föld holdjánál. (Az előbbi színindexe 0,62, az utóbbié 0,92.)

Figyelemre méltó, hogy a *Deimos* fényessége a Marstól keletre *naγyobb*, mint amikor nyugatra van a bolygó korongjától. Ebből arra következtethetünk, hogy ez a hold mindig egyik oldalával fordul a bolygó felé.

A Mars holdjainak méretét mindeddig nem sikerült közvetlenül meghatározni. Feltételezve, hogy a holdak fényvisszaverő képessége (albedója) azonos a bolygóéval, a fényességmérésekből a *Phobos*ra 16 km-es, a *Deimos*ra 9 km-es átmérő adódik. Ezeknek az értékeknek a bizonytalansága azonban 200%.

A holdak majdnem a Mars egyenlítőjének síkjában keringenek, igen közel a bolygóhoz. A Phobos távolsága a Mars centrumától mintegy 9400 km, a bolygó felszínétől mindössze kb. 6000 km. A Deimos távolsága hozzávetőleg 23 500 km. Éppen ezért keringési idejük is kicsi. A Phobos 7^h40^m alatt, a Deimos 30^h18^m -es periódusban kerüli meg a bolygót. Mivel a Phobos keringési ideje mindössze $1/3$ része az anyabolygó tengelyforgási idejének (24^h40^m), a hold a bolygó egén nyugaton kel és keleten nyugszik.

A Mars holdjainak fontosabb adatait az alábbiak tüntetik fel, összehasonlítva a Föld holdjával.

Hold	r		Föld			
	km	rel.	P	i	D	H
			nap	fok	km	mg
	384 398	60,27	27,322	5,1	3476	—12,7

Mars						
Phobos	9 360	2,755	0,3189	1,1	~16?	11,6
Deimos	23 490	6,919	1,262	1,8	~ 9?	12,8

r = közepes távolság a bolygótól, kilométerben és a bolygó sugarában (rel.) kifejezve. P = keringési idő, i = pályahajlás a bolygó egyenlítőjéhez, D = átmérő, H = fényesség magnitúdóban.

A Mars holdjainak feltűnő közelsége az anyabolygóhoz, már régebben felkeltette a kutatók figyelmét. Különösen feltűnő azonban a holdak — elsősorban a Phobos — keringésének nagymérvű gyorsulása.

Már *Struve* régebben végzett pulkovói észlelései, később *Burton* mérései azt mutatták, hogy a Phobos keringési ideje állandóan csökken. *B. P. Sharpless* a washingtoni obszervatóriumban táblázatba foglalta a hold gyorsulását. A keringési idő ismeretében kiszámította, hogy adott időpontban a Phobos pályájának mely pontján tartózkodik. Az így nyert értékeket összehasonlította a ténylegesen észlelt helyzetekkel, meghatározva, hogy a hold pályáján hány fokkal tér el a számított pozíciótól. Az így nyert Δl eltérést (fokokban) az alábbi adatok tüntetik fel, különböző időpontokra:

Időpont	Δl	Időpont	Δl
1879	+0,60°	1925	+0,41°
1894	—0,26	1941	+2,24
1909	—0,49	—	—

A pozitív előjel sietést, a negatív késést jelent. A Phobos $\Delta 1$ eltérése adott időpontokra az alábbi egyenlettel fejezhető ki:

$$\Delta 1 = -0,476^\circ - 0,000037^\circ(t - 1900) + 0,001882^\circ(t - 1900)^2$$

ahol t az adott időpont.

Megállapítható, hogy a Phobos 1900 és 1941 között $3,16^\circ$ -al sietett előre, ami annyit jelent, hogy keringési ideje a fenti időszak alatt *4 perccel gyorsult*. Ez viszont egyértelmű azzal, hogy a Phobos egyre közelebb kerül a Marshoz. Ha a gyorsulás állandóan ilyen mértékű lenne, úgy 70 millió év múlva az anyabolygó felszínébe ütközne.

Megjegyzendő, hogy a Deimos is mutat némi változást a keringési idejében, ez azonban rendkívül kicsi. A Phobos gyorsulása ezzel szemben feltűnően nagy és mindenképpen magyarázatra szorul.

Ismeretes, hogy a bolygók *sarki lapultsága* befolyásolja holdjaik mozgását. A Mars kicsiny lapultságával azonban csak a Deimos mozgásának zavarait lehet magyarázni, a Phobosét azonban nem. *H. Jeffreys* angol csillagász azt is kimutatta, hogy a Naprendszer többi égitestének *perturbáló* (pályaháborgást okozó) hatása sem elegendő a tapasztalt gyorsulás indokolására.

Nem vezetett elfogadható eredményre *Kerr* és *Whipple* számítása sem. A két amerikai csillagász megkísérelte a gyorsulást a Mars szilárd kérgében fellépő *árapály* hatással magyarázni. Tekintettel azonban a Mars holdjainak kis tömegére, jelentős árapálykeltő erőre nem számíthatunk.

Ez okból a jelenség magyarázatára *I. M. Sklovskij* egy feltétlenül érdekes, de talán túlzottan merész feltevést közölt. Sklovskij először is megállapította, hogy a Mars esetleges mágneses tere még a legkedvezőbb esetben is $1/10\ 000$ részét teheti annak az erősségnek, mely egy fémből álló hold gyorsulását okozhatja. A szovjet kutató ezután csak egy lehetséges okot lát: a Mars légkörének fékező hatását.

Amennyiben ui. egy keringő égitestre fékező erő hat, úgy az esni fog a keringési centruma felé. Ekkor azonban — *Kepler* harmadik törvényének értelmében — a keringés sebességének *növekednie* kell. Ez az ún. *égimechanikai paradoxon* (mely a Föld mesterséges holdjainál jól megfigyelhető) végső soron azt eredményezi, hogy a fékezés hatására az égitest mozgása gyorsulni kezd.

A Mars légkörének sűrűsége a kisebb gravitációs gyorsulás folytán *lassabban* csökken a földi atmoszféránál. Ennek ellenére 6000 km-re a bolygó felszíne felett a légkör sűrűsége semmiképpen sem elegendő ahhoz, hogy egy tömör, 10 km körüli testre jelentős fékező hatást gyakoroljon. Ezért Sklovskij feltételezi, hogy a Phobos egy *belül üreges test*, melynek tömege a felszínéhez viszonyítva elhanyagolható. Mivel

azonban a természetben ilyen test előfordulása nem valószínű, Sklovszkij arra gondolt, hogy a Mars holdjai, legalábbis a Phobos, *mesterséges hold*, melyet a Mars egykori élőlényei évmilliókkal ezelőtt bocsájítottak fel!

Sklovszkij elgondolása azonban erősen sűrolja a fantasztikum határát. A szovjet asztrofizikus maga is csupán érdekes lehetőségként foglalkozik a „Mars mesterséges holdjainak” gondolatával. Erről hivatalos közleményt sem tett közzé, csupán egy újság számára adott riportban említette e lehetőséget (Komszomolszkaja Pravda). Sajnos a napi sajtó nagyon eltúlozva, kész tényként ismertette ezt a nagyon is ingatag hipotézist. Általában a szakkörök a hipotézis ellen foglaltak állást.

Mindenesetre realisabb megoldást kell keresnünk a Phobos gyorsulásának magyarázatára. Erre úglátszik alkalmat nyújtanak a bolygóközi porfelhőkre vonatkozó újabb eredmények.

W. Schaub már 1953-ban ismertette vizsgálatait, melyek szerint egy *Mars-körüli porfelhő* létrehozhatja a kívánt fékező hatást, így az égimechanikai paradoxonnal a gyorsulást. Utóbb H. Oleak (Berlin—Babelsberg) azt is kiszámította, hogy a gyorsulás már 20 m körüli méretű meteor becsapódásával indokolható. Ilyen nagy méretű meteorok feltételezése azonban nagyon bizonytalan.

Néhány nagyobb meteor fékező hatását azonban nagy számú és sűrű *kozmoszus porszem* is kiválthatja. A rakétákkal és a mesterséges holdakkal végzett mérések tanúsága szerint a Földet is egy nagy (kb. 100 000 km-es) porfelhő övezi. E porfelhő a földfelszín felett 1000 km-rel mintegy *ezerszeresét* teszi a bolygóközi térben mérhető sűrűségnek. F. Whipple úgy véli, hogy a Föld porövezete a Holdról származik. A Hold felületére csapódó nagyobb meteorok nagy mennyiségű anyagot szórnak szét kísérőnk talajából. Mivel a Holdon a szökési sebesség kicsi, egyes porszemek *végleg elhagyhatják kísérőnket* és ezeket a Föld „befoghatja”. Így a porfelhő — melynek folyamatosan ritkulnia kellene — a Holdról állandóan pótlódik. Amint *Kulin György* már egy 1959-ben tartott ismeretterjesztő előadásában kifejtette, ez a folyamat a Mars holdjainál még inkább felléphet. (Whipple 1961-ben tette közzé feltevését.) Ez okból a Mars körül szükségképpen egy porfelhőnek kell kialakulnia, mely fékezi a holdak mozgását és így a tapasztalt gyorsulást okozhatja.

Itt kell megemlítenünk, hogy *Vszehszvicszkij*, megfigyelési adatokból arra következtet, hogy a Jupiter is rendelkezik egy, az egyenlítő síkjában elhelyezkedő, ritka porgyűrűvel.

A Phobos gyorsulását részben azzal is magyarázhatjuk, ha felteszszük, hogy a Mars *egyenlítői keresztmetszete nem kör*, hanem lapult,

ellipszis alakú. A földi egyenlítő ilyen lapultsága — mely egyébként csak néhány száz méteres — a mesterséges holdakkal jól kimutatható. Semmi sem zárja ki azt, hogy a Mars alakjában is hasonló torzulás léphessen fel.

Végeredményben azonban a Phobos erős gyorsulásának problémája ma még megoldatlan. Az újabb vizsgálatokra vár a kérdés végleges tisztázása.

Összeállította:

ifj. Bariha Lajos és Bender Leventéné

WM. MARKOWITZ

U. S. NAVAL OBSERVATORY, WASHINGTON

AZ EFEMERIS-IDŐ MÁSODPERCE³

1. *Bevezetés.* Az International Committee of Weights and Measures (Nemzetközi Súly és Mértékügyi Hivatal) 1956 októberében a következőképpen definiálta a másodpercet, mint az idő egységét:

„A másodperc az 1900. január 0-án 12 óra efemeris-időhöz tartozó trópusi év $1/31\,556\,925,9747$ -ed része.”

Az így definiált másodperc az efemeris-idő (ET; Ephemeris Time) másodperc.

1956 októberéig az idő egysége a közép nap-idő másodperce volt. Ezt mint a közép-nap $1/864\,000$ -ad részét definiálták. Mivel a Föld forgási sebessége változik, a közép-nap másodperce is csekély változást mutat. Éppen ezért helyettesítették az efemeris-idő másodpercével, mivel ez utóbbi állandó időegység.

Az új másodperc definíciója valamivel nehezebben érthető mint a közép nap-idő másodpercének definíciója, és a megfigyelésekből is nehezebben származtatható. E cikkben ismertetjük, hogy az efemeris-idő másodpercét hogyan nyerhetjük és hogy alkalmazhatjuk.

2. *Efemeris-idő.* Az efemeris-idő, definíciója szerint, a t független változó a dinamika törvényeinek matematikai megfogalmazásában és a — természetes vagy mesterséges — bolygók és holdak mozgásának matematikai leírásában. Elvileg bármelyik bolygót vagy holdat kiválaszthatnánk arra a célra, hogy megfigyelésével az efemeris-idő értékét definiáljuk. A csillagászok e célra a Föld Nap körüli mozgását választották. A Föld helyzetének meghatározása legegyszerűbb oly módon, hogy megfigyeljük a Napnak a csillagokhoz viszonyított helyzetét, azonban bolygók, különösen kisbolygók megfigyelése is célravezető.

A napefemerisek *Simon Newcomb* naptáblázatain alapulnak, e táblázatok alapja pedig Newcomb napelmélete. 1895 körül, e táblázatok összeállítása idején a világidőt (UT; Universal Time) tekintették független változónak. Most már felismertük, hogy a táblázatok argu-

³ Eredeti címe: The Second of the Ephemeris Time. Fordította: Barla Katalin.

mentumának az „egyenletesen folyó” időnek, azaz az efemeris-időnek kell lennie.

Régebben a napefemerisek a Nap helyzetét a világidő függvényeként adták meg. És ha valamely megfigyelés során eltérés mutatkozott a táblázatokban feltüntetett és a megfigyelésből adódó pozíció között, ezt úgy tekintették, mint a Nap pályamenti mozgásában fellépő rendellenességet. Ez a vélemény ma már megváltozott. A táblázatok és a megfigyelt pozíciók eltérése egyszerűen az efemeris-idő és a világidő közti különbség mértéke. Newcombnak a Nap valódi hosszúságát megadó kifejezése két részből áll: egy periodikus és egy nem periodikus tagból. A periodikus rész található meg a Nap-táblázatokban. A Nap közepes hosszúságának nem periodikus részét leíró Newcomb-féle kifejezés a következő:

$$L = L_0 + L_1 T + L_2 T^2 \\ = 279^\circ 41' 48'',04 + 129\,602\,768'',13 T + 1'',089 T^2. \quad (1)$$

L_0 -t és L_1 -et abszolút konstansoknak kell tekintenünk, melyek az efemeris-idő kezdetét és mértékét határozzák meg. Ezeket nem változtathatjuk meg. Utolsó számjegyük után akármennyi nullát írhatunk. L_2 már más kategóriába tartozik. A Nap-elmélet jövőbeni esetleges revíziója értékét kissé megváltoztathatja.

T egysége a Julián efemeris század. Ez az efemeris-idő más egységeivel definíció szerint a következőképpen függ össze:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Julián efemeris század} &= 36\,525 \text{ efemeris nap,} \\ 1 \text{ efemeris nap} &= 86\,400 \text{ efemeris másodperc} \quad (2) \\ 1 \text{ Julián efemeris század} &= 3\,155\,760\,000 \text{ efemeris másodperc.} \end{aligned}$$

Az időhöz kétféle adat kell, az epocha és az egység.

Az epocha definícióját efemeris-időben a Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) 1958-ban fogadta el. Az alap-epochát T_0 -lal jelöljük.

A definíció értelmében az alap-epocha az az időpillanat közvetlenül az 1900-as év kezdetén, amikor L L_0 -lal volt egyenlő. Ebben a pillanatban $T = 0$ és az ehhez rendelt efemeris-idő 1900. január 0-án 12 óra (vagy 12 óra 1899. december 31-én). Az időegységet, az efemeris-idő másodpercét a napefemerisek segítségével nyerhetjük, melyek a Nap pozícióit az efemeris-idő függvényeként tartalmazzák. A Nap egy megfigyelése adja a Nap megfigyelt pozícióját. Ebből a napefemerisek felhasználásával az efemeris-idő interpolációval állapítható meg. Történjék két napmegfigyelés különböző epochákra vonatkoztatva. Az efemeris-idők két epochára vonatkozó különbsége meghatározható és e különbséget az efemeris-idő másodperceiben fejezhetjük ki.

3. *Tropikus év.* Az (1) egyenletet differenciálva az

$$n = 0'',041\ 068\ 638\ 974\ 4 + 6'',90174\ 10^{-10}T \quad (3)$$

formulát kapjuk. Itt n L -nek egy efemeris másodpercre vonatkoztatott pillanatnyi megváltozását jelenti. A tropikus évet általában úgy tekintik, mint a Nap ekliptika menti mozgásában egy napéjegyenlőségi ponttól ugyanaddig a napéjegyenlőségig megtett úthoz szükséges időt. A tropikus év, égi, mechanikában használatos matematikai definíciója szerint, az az időtartam, amely a közepes hosszúság 2π -vel való megnövekedéséhez szükséges, L pillanatnyi változási sebessége mellett.

Vagyis a tropikus év efemeris másodpercekben kifejezve:

$$y_t = 1\ 296\ 000''/n = 31\ 556\ 925,9747 - 0,5303\ T. \quad (4)$$

A (4) képlet megadja a tropikus évben levő efemeris másodpercek számát mint T folytonos függvényét. A jobb oldalon álló első tag nem változhat meg a napelmélet semmiféle jövőbeni revíziója során. A második tag azonban esetleg változhat. Hogy konstans időegységet nyerjünk, a Nemzetközi Súly és Mértékügyi Hivatal definiálta az összefüggést a másodperc és az alap-epochához azaz $\Pi = 0$ -hoz tartozó tropikus év között. Az elfogadott definíció a következő:

„A másodperc az 1900. január 0-án 12 órához tartozó tropikus év $1/31\ 556\ 925,9747$ -ed része.”

A másodpercet ezáltal úgy definiáltuk, hogy egyenlő legyen az efemeris másodperccel, bár ezt az utóbbi célkitűzést a definíció nem tartalmazza.

4. *A Hold.* A Nap nem alkalmas az efemeris-idő gyors meghatározására. 1955-ben a Nemzetközi Csillagászati Unió javasolta, hogy az efemeris-időt a Hold-megfigyelésekből folyamatosan határozzák meg. A Hold-pozíciók az efemeris-idő függvényében az Improved Lunar Ephemerisben található, mely *E. W. Brown*-nak a Hold mozgására vonatkozó elméletén alapul. Szükséges követelmény, hogy a hold-efemeris a nap-efemerissel összhangban legyen. Az összhang megteremtésére az IAU 1952-ben azt javasolta, hogy a Brown-féle Hold-elméletet módosítsák a tapasztalati úton nyert tag elhagyásával, az aberráció elméletéből adódó kis korrekció alkalmazásával és a következő korrekcióival a Hold táblázatokba foglalt közepes hosszúságára vonatkozóan:

$$\Delta C = -8'',72 - 26'',74\ T - 11'',22\ T^2 \quad (5)$$

A tapasztalati tagot *Brown*, *Newcomb* példájára, azért vette bele Hold-elméletébe, mert a Hold, látszólag, nem mozgott szigorúan a gravitáció megszabta pályán. Ma már tudjuk, hogy e nehézség oka az volt, hogy a Hold-megfigyelések epocháinak kijelölésére világidőt használtak, ezzel szemben a mozgást az efemeris-idő függvényében

írták le. Vagyis az elmélet és a megfigyelések közötti látszólagos ellentmondás arra mutatott, hogy a Föld forgási sebessége változik.

A Brown elméletben szereplő empirikus tag $10'',71 \sin(140^\circ 0T + 20^\circ,7)$, periódusa 257 év. E tag szigorúan empirikus abban az értelemben, hogy semmiféle fizikai okot nem lehet alapjául venni.

Ezzel szemben az (5)-ben szereplő három mennyiség értéke ismert jelenségeken alapul. Az első kettő a Hold közepes hosszúságát és ennek növekedési ütemét hozza összhangba a Nap-efemerisekkel. A harmadik, a szekuláris tag a Föld és a Hold közötti, az árapály jelenségben megnyilvánuló kölcsönös gravitációs vonzásnak tulajdonítható. A Föld forgási sebességét és a Hold pályamenti mozgását a dagálysúrlódás egyaránt befolyásolja.

Ha a dagálysúrlódás mechanizmusát pontosan ismernők, kiszámíthatnók a szekuláris tagot. A gyakorlatban ezt a Hold és a Nap megfigyeléséből határozzák meg.

1955-ben az IAU javasolta, hogy az efemeris-idő gyakorlati meghatározása a Hold mozgásán alapuljon és hogy az Improved Lunar Ephemerist, amelyet 1960 óta az egyes országok efemerisei is tartalmaznak, használják fel erre a célra. A következőkben leírjuk, hogyan történik ez a Markowitz-féle holdkamerával.

Felvételt készítünk a Holdról és a környező csillagokról. A kimérés és redukálás megadja világidőben a megfigyelés epochájára a geocentrikus látszólagos deklinációt és rektaszceenziót. A Hold-efemerisből a megfigyelt rektaszceenzióknak megfelelő efemeris-időt interpolációval nyerhetjük. Hasonló módon a megfigyelt deklinációból is kapunk egy értéket. Megfelelő súlyozással kombinálva a két értéket, a megfelelő világidőhöz tartozó efemeris-időt kapjuk. A különbséget a következő alakba írhatjuk:

$$\Delta T = E T - U T$$

ΔT lassan változik. Az órák általában a világidőt mutatják, de ΔT ismeretében megkapjuk az efemeris-időt.

Fontos rámutatni arra, hogy bár az efemeris-idő a Hold és a Nap mozgásából egyaránt meghatározható, az efemeris-idő számára csak egyetlenegy alapvető definíció van és ez a Nap mozgásán alapul. Az efemeris-idő gyakorlati meghatározását befolyásolják a megfigyelési hibák és a hold- illetve nap-elmélet hibái is. Az elméletek revíziója az efemeris-idő gyakorlati mérését is meg fogja változtatni.

Az (1) egyenletben csak a harmadik tag változhat, de az (5)-ben mind a három.

5. *A cézium-frekvencia.* 1947. évi kezdettel kísérletek indultak meg konstans frekvenciáknak molekuláris és atomi rezonanciákkal való előállítására. Az első nagy precizitású rezonátor azonban csak 1955

júniusában készült el. Az angliai Teddingtonban *L. Essen* és *J. V. J. Parry*, a National Physical Laboratory munkatársai egy 10^{-10} -edrész pontosságú cézium sugár rezonátort konstruáltak.

1955-ben az IAU megjegyezte, hogy miután egy atomi frekvenciát kellő pontossággal meghatároztak a másodperchez viszonyítva, ez felhasználható lenne a másodperc közvetlen meghatározására.

Washingtonban az US Naval Observatory-ban 1952 óta végeznek megfigyeléseket az efemeris másodperc meghatározására holdkamerával. A National Physical Laboratory és a Naval Observatory 1955-ben közös kísérleti programba kezdett a cézium rezonancia frekvenciájának meghatározására az efemeris-idő másodpercében. Rádió időjeleket használnak arra, hogy a Washingtonban végzett Hold-megfigyeléseket a Teddingtonban működő cézium rezonátorral összeköttesse hozzák. Mindkét állomáson kvarc kristály órákat iktattak közbe. Ezen kívül a Naval Observatory zenit-távcsövével (PZI) meghatározott világidőt is felhasználták mint közbenső adatot. Tisztán kell látnunk, hogy ezeket a közbenső lépéseket azért alkalmaztuk, mert könnyebbéget jelentettek. A cézium frekvenciának az *ET* másodpercében való végső meghatározásában nincs részük. A teddingtoni cézium frekvenciát *UT* 2^4 -re vonatkoztatták és a Hold-kamerával meghatározott *T*-t is az ugyanakkor *PZT*-vel meghatározott *UT* 2-re vonatkoztatták. Amíg ugyanazt az *UT* 2-t használjuk, *UT* 2^2 tényleges értékei lényegtelenek. A ΔT -re vonatkozó megoldások az 1954.25 — 1958.25 időszakból származó Hold-megfigyeléseken alapszanak. A cézium sugárzással nyert eredmények 1955.50—1958.25-ből valók. Megállapították, hogy a cézium (4,0) \leftrightarrow (3,0) átmeneti frekvenciája nulla mágneses télerősség esetén 1957,0-án $9\ 192\ 631\ 770 \pm 20$ ciklus volt (efemeris) másodpercenként.

Az epochát azért kell külön előírni, mert a gravitációs és atomi időskála különböző lehet. Bizonyos elméletek szerint kozmikus okokból felléphet szekuláris változás a frekvenciában, melynek nagyságrendje 10^{-10} -edrész évenként.

A fenti érték valószínű hibája több komponensből tevődik össze. Amelyik ΔT meghatározásánál keletkezhet, mivel nem ismerjük a hold-efemerishez szükséges korrekciókat, $+10$ ciklus/sec. Az időjelekkel történő összehasonlításból $+5$ c/sec hiba adódhat, a cézium rezonátor működéséből pedig ± 2 c/sec. A hold-efemeris pontatlanságából adódó komponenst nehéz megbecsülni. Ezt a problémát a Consultative Committee for the Definition of the Second 1957 júniusában Sèvres-ben megtárgyalta. Úgy találták, hogy a hold-efemerisből az *ET* másodperce

⁴ Az efemeris-idő szigorúan egyenletes. Hogy lehetőleg gyorsan, viszonylag egyenletes időmértéket nyerjünk, 1956 óta a világidő meghatározásánál tekintetbe veszik a meridiánnak a pólusok mozgásából adódó változását, továbbá a Föld forgásában mutatkozó évi változás extrapolált értékét. E korrigált világidőt *UT* 2-vel jelöljük.

10⁻¹⁰-ed rész/5 év pontossággal nyerhető, eltekintve a megfigyelések hibájától. Megjegyezték, hogy az (5) egyenlet harmadik tagjában fellépő 1''-nyi hiba az efemeris másodpercenek Hold-megfigyelésekből nyert értékét 10⁻⁹-ed résszel változtatná meg, de nem tartották valószínűnek, hogy szükség van ilyen nagy korrekcióra.

C. A. Murray 1957-ben régi fogyatkozások tanulmányozásából arra a véleményre jutott, hogy a Hold árapály erőpárja lényegesen megváltozott az utóbbi 20 évszázad folyamán. W. H. Munk és G. J. F. MacDonald azonban kimutatták, hogy nincsenek kellő bizonyítékok ilyen következtetés levonására.

Murray felhívta a figyelmet a Brown által használt konstansok szükséges korrekciójára. Brown például a Föld lapultságára 1/294-et fogadott el, míg a mai geodéziai mérésekből 1/297 adódik. Mint kimutatta, e konstans megváltoztatása az efemeris-időben 0^s, 27 sin Ω nagyságú változást jelent, ahol Ω a Hold csomóhosszúságát jelenti. Az 1954.25—1958.25 időszakaszra T -ben ez 0^s, 13 változást eredményez, ez pedig a cézium frekvenciájában 9 ciklust jelentene másodpercenként.

Az Improved Lunar Ephemerist változtatás nélkül használták. ± 15 c/sec valószínű hibát vettek a hold- és nap-efemerisek bizonytalanságára. A cézium frekvencia valószínű hibájára $+20$ c/sec-et nyertek. A jövőben, ha több megfigyelési anyag áll rendelkezésünkre és ha a hold- és nap-elmélet tökéletesedik, jobb értékeket nyerhetünk.

6. *Atomi idő.* Az atomi idő fizikai időrendszer, amelyet az efemeris másodpercre vonatkoztatunk és amelyet atomi órák szolgálnak.

Az atomi idő (AT; Atomic Time) és az efemeris-idő (ET) között a következő az összefüggés:

$$AT - ET = a + bt + ct^2$$

Az a együttható az atomi idő epocháját az efemeris-idővel kapcsolatban határozza meg. A b értéke az atomi rezonátorra elfogadott frekvencia értékétől függ. A c pedig kozmikus konstans, értéke nulla is lehet, vagy pedig 0^s, 001/év² nagyságrendű.

Atomi órát úgy állíthatunk elő, hogy egy kvarc órát atomi rezonátorral kapcsolunk össze. A kristály frekvenciáját szabályozzák, hogy megegyezzen az atomi rezonátor megfelelően leosztott frekvenciájával. Az ilyen típusú órákban az atomi rezonátor nincs állandó működésben. Washingtonban a Naval Research Laboratory 1956 szeptembere óta működtet ilyen típusú cézium-sugaras atomi órát. A kvarc kristály frekvenciáját naponta ellenőrzik, de igazításra csak havonta egyszer van szükség.

1959. január 1-én az US Naval Observatory A1-gyel jelölt atomi időt vezetett be, melynek definíciója a következő:

(a) Az $A1$ időt mutató óra 1 másodpercet halad előre abban az idő-intervallumban, melyben a nulla erősségű térbe helyezett cézium 9 192 631 770 rezgést végez.

(b) 1958. január 1-én $0^{\text{h}}0^{\text{m}}0^{\text{s}}$ UT 2-kor $A1$ értéke $0^{\text{h}}0^{\text{m}}0^{\text{s}}$ volt.

Az első feltétel azt jelenti, hogy a cézium rezonátor leosztási aránya 9192 631 770.

Hogy az $A1$ másodperce milyen mértékben reprezentálja az ET másodpercét, az attól függ, hogy milyen a cézium frekvenciájának általunk elfogadott értéke. Felmerül az a kérdés, hogy c elhanyagolható-e, vagy jelentős szerepe van.

Az $A1$ rendszer az ET másodpercet rádióadás segítségével könnyen hozzáférhetővé teszi. A standard átviteli frekvenciákhoz tartozó korrekciókat hamarosan közöljük.

Úgy találták, hogy a kis frekvenciájú tartományban 10^{-10} pontosságú frekvencia szabályozás lehetséges, nagy távolságból is néhány órán át, ha az adó és a vevő egyaránt napvilágon vagy sötétben van.

Frekvencia ellenőrzési célra a GBR, Rugby az igen alacsony frekvencia tartományban, 16 kc-on, stabilizált adást sugároz 1956 óta. 1959 decembere óta az US Navy NBA, Canal Zone adója 18 kc-on ugyancsak stabilizált frekvenciát sugároz. Időjeleket is ad. Az US Navy egyéb igen alacsony frekvenciás adói szintén stabilizált frekvenciát fognak sugározni igen széles frekvencia-tartományban. A GBR és az NBA adók működését összehangolták.

Az $A1$ rendszer a Naval Research Laboratory két cézium rezonátorának működésén alapul. Tervezik azonban, hogy hat cézium rezonátort vesznek alapul. Ezek különböző országokban lennének elhelyezve és az összeköttetést igen alacsony frekvenciájú adók biztosítanák.

Ahhoz, hogy az $A1$ rendszer az egyenletes idő gyakorlati rendszerévé válhasson, az szükséges, hogy a cézium-rezonátorok megfelelő stabilitással és reprodukálhatósággal rendelkezzenek. 1956-ban és 1957-ben a Naval Observatoryban összehasonlító vizsgálatokat végeztek az NPL (National Physical Laboratory) rezonátor és néhány, kereskedelmi forgalomban levő, USA gyártmányú, Atomichron elnevezésű rezonátor frekvenciái között. 1957-ben néhány hónap alatt nagy eltéréseket találtak. Az Atomichron és az NPL standard későbbi közvetlen összehasonlítása azt mutatta, hogy a kétféle rezonátor csak $2 \cdot 10^{-10}$ -ed részben tér el egymástól. Ezzel szemben ugyancsak nagy eltéréseket figyelt meg 1957 februárja és 1958 novembera között egymástól függetlenül a Naval Observatoryban idő-impulzus módszerrel és a Cruft Laboratory of Harvard-ban *J. A. Pierce* fáziski egyenlítő módszer alkalmazásával. Az eredményeket *L. Essen* diszkutálta.

1958 márciusában nemzetközi program kezdődött a cézium rezonátorok összehasonlítására. Az NPL -lél való közvetlen összehasonlításról

más cikk már beszámolt. Ezek a vizsgálatok ugyancsak jó egyezést mutattak az Atomichron és az *NPL* rezonátor között. A Naval Observatoryban rádió segítségével is végeztek összehasonlításokat. Ennek eredményei az VI. táblázatban láthatók. A frekvencia eltérések 10^{-10} -ed részekben vannak megadva, M_4 -hez, az Egyesült Államokban működő négy Atomichron középértékéhez képest.

VI. táblázat

	110- M_4	109- M_4	106- M_4	112- M_4	Cs 1- M_4
1958 március	0	0	+1	-2	0
április	-1	+2	-1	0	-3
május	-2	-1	+1	+1	+2
június	0	0	0	0	+7
július	-3	-1	-1	+3	-4
augusztus	-3	0	-2	+6	+1
szeptember	0	+3	-2	-1	-3
október	0	+5	-6	+1	+1
november	-1	+6	-7	+4	+5
december	-3	+5	-3	0	-1
1959 január	0	+6	-5	0	-1
február	-1	+2	-1	+1	+2
március	-1	+2	-3	+1	+2
április	-2	+1	-2	+3	+2
május	-2	+2	+1	0	0
középérték	-1,3	+2,1	-2,0	+1,1	+1,1

A következő rezonátorokat hasonlították össze:

A 110, Naval Research Laboratory, Washington

A 109, Radio Station WWV, Beltsville, Maryland

A 106, National Bureau of Standards, Boulder, Colorado

A 112, Cruft Laboratory, Cambridge, Massachusetts

Cs 1, National Physical Laboratory, Teddington.

A + jel azt jelenti, hogy a rezonátor frekvenciája M_4 -nél nagyobb.

Az összes vizsgálatok eredménye azt mutatja, hogy $\pm 2 \cdot 10^{-10}$ -ed résznyi valószínű hibával az összes rezonátorok frekvenciája megegyezik. Úgy tűnik, hogy több cézium rezonátor alkalmazásával az A1 rendszer frekvenciáját $\pm 1 \cdot 10^{-10}$ -ed résznyi pontossággal állandó szinten lehetne tartani.

A Neuchâtel Observatórium ugyancsak atomi időrendszert fogadott el, ezt *T A1*-gyel jelölik és ammonia maserek működésén alapul. A maser frekvenciáját az MSF rádióadóval való összehasonlítás után állapítják meg és a cézium 9 192 631 770-es frekvenciáján alapul. A kétféle, A1 és *T A1* atomi időrendszer között igen jó az egyezés.

A Naval Observatoryban az A1 rendszer segítségével a Föld forgási sebességének változását tanulmányozták. Ezek évi, kvázi-évi, havonkénti, kvázi-havonkénti és irreguláris változások.

A FÖLD ÉS A BOLYGÓK BELSŐ SZERKEZETE

I. A bolygók általános jellemzői

Geofizika és bolygófizika

Ellentmondásnak látszik ugyan, de mégis igaz, hogy jelenleg a bolygók szerkezetére vonatkozó feltevéseink jóval bizonytalanabbak, mint a csillagok felépítéséről alkotott elméletek. Ennek oka részben a vizsgálati módszerek nehézségeiben, részben az elméleti ismeretek hiányosságaiban keresendő. Amíg a csillagok sugárzása felvilágosítást nyújt a csillaglégkörök állapotára és kémiai összetételére — ez pedig a belső szerkezetre is extrapolálható —, addig a bolygókról visszavert napsugárzás ilyen értelemben kevés hasznosítható adatot ad. Emellett a csillagokat alkotó gázok viselkedése, néhány egyszerűsítő feltevés alkalmazásával jól meghatározható. Kevésbé ismert azonban a szilárd anyag viselkedése nagy nyomáson, tehát a bolygókban uralkodó viszonyok mellett.

Ma még csupán a Föld belsejében uralkodó nyomás- és sűrűségviszonyokról alkothatunk elfogadható képet. E problémák vizsgálatával a *geofizika* foglalkozik. Geofizikai ismereteink kiterjeszthetők a bolygók egy részére is. A bolygók belsejére alkotott *modellek* viszont a Földre vonatkozó elképzeléseinket bővíthetik, így a kapcsolat kölcsönös és a geofizika kutatási köre bolygófizikává szélesedik.

A bolygók belső szerkezetének kérdése rendkívül jelentős a Naprendszer keletkezését és fejlődését tárgyaló ún. planetáris kozmogóniák szempontjából. Ezekre a problémákra csakis a belső felépítés megbízható ismeretében kaphatunk elfogadható választ.

Napjainkban e vizsgálatok rohamos fejlődés előtt állnak. A rakéta-technika már a közeljövőben lehetővé teszi a Hold és a bolygók közvetlen vizsgálatát, így vélhetőleg rövidesen tisztázódnak a ma még megoldhatatlan kérdések.

A bolygók fizikai paramétere

Bár a Nap körül keringő bolygók és azok holdjainak tömege a legszámottevőbb a Naprendszer égitestei közül, a csillagokhoz viszonyítva ez a tömeg mégis elenyésző. A tömeggel definiálhatjuk a bolygók fogalmát is: *bolygónak tekinthetjük a Nap (vagy más csillag) olyan kíséreit, melyeknek tömege nem éri el a termonukleáris fúzió létrejöttéhez szükséges kritikus mennyiséget.* Lényegében tehát a bolygók tömege nem elegendő ahhoz, hogy belsejükben atommagátalakulások induljanak meg és így világitó csillagokká váljanak. Ez a kritikus tömeg *Domenget* szerint 1/100—1/200 naptömeg, azaz néhányszor 10^{31} g körül mozog. A Föld tömege ennek csupán néhány ezredrészét, a Jupiteré pedig tizedrészét éri csak el.

A tömeg mellett további mérhető jellemző lehet a bolygó félátmérője (rádiusza), valamint közepes sűrűsége. A közvetlen mérésekkel megállapítható paraméterekhez tartozik még a tengelyforgási idő — rotáció — és a forgás következtében fellépő sarki lapultság. Ez utóbbit úgy nyerjük, hogy az egyenlítői (a) és a sarki (b) sugár különbségét osztjuk az egyenlítői sugárral: $\varepsilon = \frac{a-b}{a}$. A Föld egyenlítői rádiusza

pl. 22 km-rel nagyobb a sarki rádiusznál, lapultsága az újabb mesterseges hold mérések szerint $\varepsilon = 1/298,32$. (*Jacchia*, 1959.)

Megjegyzendő, hogy a méréseket több-kevesebb hiba terheli. Így a holdakkal nem rendelkező bolygók (Merkúr, Venus, Plutó) tömegének meghatározása meglehetősen bizonytalan, ez természetesen rontja a közepsűrűség értékét is. Ugyancsak bizonytalan a Merkúr, a Venus és a Plutó rádiuszának adata. A hibák 5—10% körül mozognak, ez sajnos a további következtetéseket károsan befolyásolja.

VII. táblázat

A nagybolygók néhány fizikai jellemzője

	Rádiusz		Tömeg	
	km	$\oplus = 1$	g	$\oplus = 1$
Merkúr	2 420	0,38	$3,20 \times 10^{26}$	0,053
Venus	6 073	0,95	$4,87 \times 10^{27}$	0,815
Föld	6 378	1,00	$5,98 \times 10^{27}$	1,000
Mars	3 400	0,53	$6,40 \times 10^{26}$	0,107
Jupiter	71 400	11,20	$1,90 \times 10^{30}$	318,00
Saturnus	60 400	9,47	$5,69 \times 10^{29}$	95,22
Uranus	23 800	3,75	$8,70 \times 10^{28}$	14,55
Neptunus	22 300	3,50	$1,03 \times 10^{29}$	17,23
Plutó	~ 2 900	~ 0,45	~ 5×10^{26}	~ 0,08

	$\bar{\rho}$ g/cm ³	Rotáció	$\frac{\varepsilon}{a-b}$ a	G cm/sec ²
Merkúr	5,3	88 nap	0	3,60
Venus	5,26	?	?	8,55
Föld	5,52	23 ^b 56 ^m	1/298	9,81
Mars	3,95	24 37	1/192	3,76
Jupiter	1,33	9 50	1/16,1	26,0
Saturnus	0,69	10 14	1/10,4	11,2
Uranus	1,56	10 49	1/17	9,4
Neptunus	2,27	15 40	1/50	15,0
Pluto	~ 5	16 (?)	?	~ 3,9

A rádiusz és a tömeg második rovatai a Földhöz (\oplus) viszonyított értéket tüntetik fel. $\bar{\rho}$ = közepes sűrűség, ε = sarki lapultság, G = nehézségi gyorsulás a bolygó felszínén. Megjegyzendő, hogy a Venus tengelyforgási idejét az újabb mérések 22^b 17^m (Krause), ill. 10 nap (Szovjet Tudományos Akadémia) körüli értékre teszik.

A ma ismert kilenc nagybolygó fontosabb fizikai paramétereit a VII. táblázat tünteti fel. Már első áttekintésre feltűnik, hogy a bolygók két nagy csoportra oszthatók. Az egyik csoportba a Naphoz aránylag közel keringő, kis átmérőjű és tömegű, de nagy sűrűségű bolygók tartoznak (Merkúr, Venus, Föld, Mars); a másik csoportot a nagyobb naptávolságban levő, nagy átmérőjű és tömegű, de kis sűrűségű bolygók alkotják (Jupiter, Saturnus, Uranus, Neptunus). Az első csoportot, fő képviselője után, *Föld típusú bolygóknak*, a másodikat *Jupiter típusúknak* szokás nevezni. A Plutó besorolása az adatok nagyfokú bizonytalansága miatt nem lehetséges.

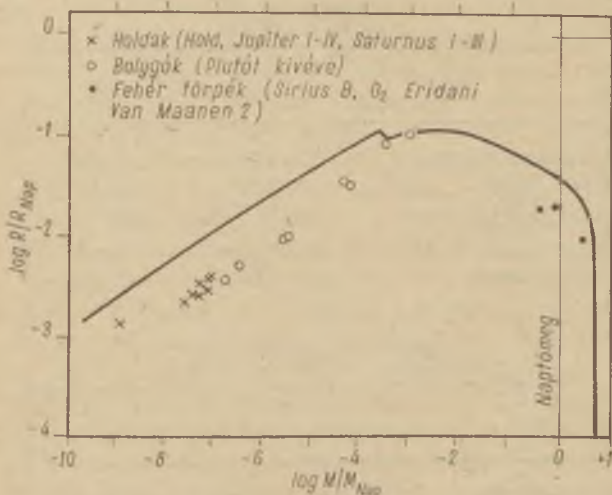
A szilárd anyagok viselkedése nagy nyomáson

Ha a bolygókat és azok nagyobb holdjait növekvő tömegük szerint sorba rendezzük, kitűnik, hogy ezzel együtt általában a rádiusz is nő. Ez tehát annyit jelent, hogy a bolygók tömege és rádiusza összefügg (20. ábra).

A kapcsolat oka nyilvánvalóan a bolygók anyagának viselkedésében keresendő. Sajnos, jelenlegi ismereteink a szilárd anyagok nagy nyomáson tapasztalható állapotváltozásaira eléggé hézagosak. Bár *Bridgman* laboratóriumi kísérletei során 100 000 atmoszféráig megvizsgált számos anyagot, ez az érték — mint látni fogjuk — egy-két nagyságrenddel a bolygók belsejében uralkodó nyomás alatt marad. Ezért csupán elméleti megfontolásokra támaszkodhatunk.

A gyakorlatban a szilárd anyagokat általában összenyomhatatlannak tekintjük. Nagy nyomáson azonban a szilárd anyagok is összenyomhatók. Mivel a nyomás növelésével ugyanazon anyagmennyiség

egyre kisebb térfogatot foglal el, a sűrűség természetesen növekszik. A nyomást ekkor a kristályrács veszi fel. Bizonyos *kritikus* nyomásértékeknél a kristályrács szerkezete megváltozik. A kritikus nyomás elérésekor a sűrűség ugrásszerűen megnő. Így pl. a *magnéziumgermanát* (Mg_2GeO_4) a kritikus nyomáson hexagonális kristályszerkezetből kockarács szerkezetbe megy át, miközben sűrűsége 9%-kal megnő.



20. ábra. Tiszta hidrogén alkotta, Fermi-gázból álló tömegek, tömeg (M) és rádiusz (R) összefüggés, Russel és Kothari szerint. A pontok, körök, valamint a kereszték a fehér törpe csillagok, a bolygók és a halóák tényleges adatait jelentik

További nyomásnövelés már a molekula-, ill. atomszerkezet deformálásával jár, ami újabb, ugrásszerű sűrűségváltozást von maga után. Millió atmoszférás nyomásoknál pedig az anyag *fémes fázisba* jut. Viselkedésük ekkor a fémekéhez válik hasonlóvá: elektromos és hővezető képességük tetemesen megnő. Ehhez az szükséges, hogy elektronok váljanak — legalábbis közel — szabaddá. Ez annyit jelent, hogy millió atmoszférán felüli nyomás már megbontja az atomok elektronhéját. A fémes fázisba való átmenet természetesen további rohamos sűrűség-növekedéssel jár. *Kroenig*, *Boer* és *Korringa*, valamint *Ramsey* számítása szerint a hidrogénnél a fémes fázisba való átmenet 800 000 atmoszféránál áll be, amikor is sűrűsége $0,35 \text{ g/cm}^3$ -ről ugrásszerűen $0,77 \text{ g/cm}^3$ -re nő. A hélium fémes átmenete 18'000 000 atmoszféránál történik, a sűrűség pedig 4,8-ról $5,7 \text{ g/cm}^3$ -re ugrik.

A nyomás növekvésével újabb és újabb elektronhéjak „roppanhatnak össze”, tehát egyre több elektron válik szabaddá, miközben

a sűrűség is növekszik. Végül is bekövetkezik az az állapot, amikor az az anyag már atommagokból és az ezektől független nagyszámú elektronból áll. Ez az állapot azonban eltér a csillagok belsejében uralkodó viszonyoktól. A csillagok belsejében ui. a *nagy nyomás és a magas hőmérséklet*

VIII. táblázat

Bolygók, kistömegű csillagok és fehér törpék adatai

A) Sötét kísérők

	M Nap = 1	t év
Proxima Centuri	0,002	2,5
Lal. 21 185	0,010	1,14
61 Cygni B	0,008	11,1
70 Ophiuchi	0,010	17
O ₂ Eridani A	0,029	3
Cinc. 1244	0,032	26,5

B) Kis tömegű csillagok

	M Nap = 1	R Nap = 1
Krüger 60 A	0,272	0,21
Krüger 60 B	0,164	0,20
O ₂ Eridani C	0,21	0,20
Ross 614 A	0,14	0,20
Ross 614 B	0,08	0,18
Luy. 726—8 A	0,044	0,18
Luy. 726—8 B	0,035	0,17

C) Fehér törpék

	M Nap = 1	R Nap = 1	$\bar{\rho}$ g/cm ³
Sirius B	0,934	0,032	4×10^4
O ₂ Eridani B	0,455	0,019	2×10^6
Van Maanen 2	3~	0,007	6×10^6

Megjegyzés: A sötét kísérők első rovata a központi csillag neve (jele), M a tömege, t = keringési idő.

A Jupiter tömege 0,00095 naptömeg, mérete 0,097 naprádiusz.

mellett az elektrongáz ideális gázként viselkedik; nyomása a hőmérséklet és a sűrűség függvénye. Ezzel szemben, a „hideg úton” csak a nagy nyomás révén létrehozott elfajult anyagban a P nyomás csupán a ρ sűrűséggel változik a

$$P(\text{dyn cm}^{-2}) = K_1[\rho(\text{g cm}^{-3})]^{5/3}$$

összefüggés szerint, ahol $K_1 = 9,913 \cdot 10^{12}$ -el. Ilyen, ún. *Fermi-gáz* alkothatja a fehér törpe csillagok, esetleg az óriásbolygók belsejét.³

Már *Russel* utalt arra, hogy Fermi-gázból álló tömegek feltételezésével meghatározható a bolygók méretének felső hatása. Továbbmenve *Kothari* kiszámította az elfajult hidrogénből álló „hideg” gömbök tömegének és rádiuszának összefüggését. Amint az a 20. ábra kihúzott görbéjén látható, a tömeg növekvésével a rádiusz is nő. Mintegy 0,01 naptömegnél azonban a folyamat megfordul, a további tömegnövekedéssel a méret már ismét csökken; a naptömegezen felüli értékeknél pedig már rohamosan esik a rádiusz. (A grafikonon a tömeg és a rádiusz Naphoz viszonyított értékeit tüntettük fel, logaritmusos skálával.)

Látható a 20. ábrán az is, hogy a bolygók és a nagyobb holdak jól követik a görbe felszálló ágának menetét. Az eltérés nyilván onnan származik, hogy a bolygók nem tiszta hidrogénből állnak és anyaguk nem tekinthető teljes mértékben elfajultnak. A két legnagyobb bolygó, a Jupiter és a Saturnus így is jól megközelítik az elméleti értéket. A görbe leszálló ágának a fehér törpe csillagok felelnek meg — igen jó egyezéssel.

Ezek alapján *Russel* arra a következtetésre jutott, hogy a bolygók méretének felső határa kb. 0,1 naprádiusnál van, ez hozzávetőleg megfelel a Jupiter méretének. A bolygók tömegének felső határát 0,02 naptömegnél jelölhetjük ki. Ez jó összhangban van a megfigyelésekkel. A VIII. táblázatban feltüntettük néhány közeli csillag sötét, bolygó-szerű kísérőjének, továbbá a legkisebb tömegű csillagoknak és fehér törpéknek⁵ adatait. A bolygók mintegy 0,03 naptömeg alatt elkülönülnek a csillagoktól.

II. A Föld belső szerkezete

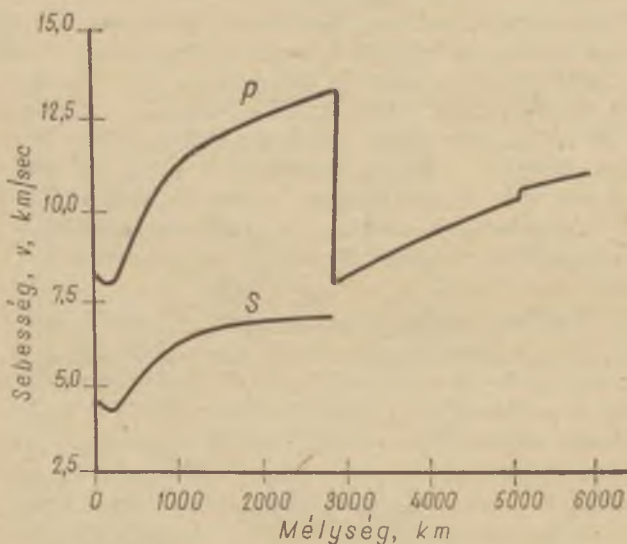
Kutatási módszerek

Az eddigiekben csupán azzal a feltevésével éltünk, hogy a bolygók belsejében a nyomás a centrum felé növekszik. Ha mármost részletesebb adatokat kívánunk nyerni, úgy meg kell vizsgálnunk a nyomás és a

³ Fehér törpéknek a csillagok egy különleges csoportját nevezzük. Ezek az aránylag magas felszíni hőmérsékletű csillagok közel naptömeggel rendelkeznek, de méretük igen kicsi, ezért átlagsűrűségük rendkívül nagy. I. még Csill. Évk. az 1956. évre 191—197. oldal.

sűrűség eloszlását. E vizsgálati lehetőségek jelenleg csupán a Földnél vannak meg; a többi bolygó esetében részben közvetett adatokból, részben a Földre vonatkozó ismeretekből kell kiindulnunk. Célszerű ezért részletesebben tárgyalni a Föld belső felépítésére vonatkozó ismereteinket.

A Föld belső szerkezetének kutatása a geofizika legmagasabbrendű feladatai közé tartozik. A kutatási módszereket illetően elsősorban a



21. ábra. A földrengéshullámok terjedési sebességének (V) változása a Föld belsejében. p = longitudinális, s = tranzverzális hullámok

természetes és a mesterséges földrengéseket kell említeni. Ezek közül is elsősorban a természetes rengések azok, melyek által keltett szeizmikus (földrengési) hullámok tanulmányozása vezetett el bennünket a Föld belsejéről alkotott mai elképzelésekhez.

A Föld rugalmas tulajdonságai teszik lehetővé azt, hogy valamely földrengéshullám bolygónk belsejébe jusson, majd onnan a felszínre visszaérkezve a felszínen elterjedhessen. Egy-egy erős rengés az egész Földön észlelhető, de a földrengés forrásától távolodva egyre gyengül és csupán érzékeny szeizmográfokkal érzékelhető.

A rengéshullámok iránya és sebessége a közvetítő közeg sűrűségétől és állapotától függően változik. A Föld belsejébe hatoló hullámok sebességváltozásából tehát a sűrűség, ill. az anyag állapotának változására

következtetünk. A V_p longitudinális és a V_s tranzverzális hullámok sebessége ui. a

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \text{ és } V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

összefüggéssel írható le. Itt λ és μ az ún. *Lamé-állandók*, melyek lényegében az anyag rugalmas tulajdonságaitól függenek. (A longitudinális, vagy hosszanti hullámok a terjedés irányában fellépő sűrűsödések és ritkulások; ilyen pl. a hang terjedése a levegőben. A tranzverzális vagy keresztrezgések a terjedés síkjára merőleges hullámok, mint pl. a húrok rezgései.)

Amint a 21. ábrából kitűnik, a rengéshullámok sebessége a Föld középpontja felé nő, ami egyértelmű a sűrűség növekedésével. Bizonyos — eléggé éles — határnál a longitudinális hullám sebessége ugrásszerűen csökken, a tranzverzális hullámok eltűnnek. Mivel nem feltételezhető, hogy a sűrűség itt csökkent, nyilvánvaló, hogy az anyag rugalmas tulajdonságai, tehát állapota változott meg. A hosszanti hullámok sebessége, leszámítva még egy kis mértékű esést, innen újra emelkedik.

Újabb érdekes következtetéseket engednek meg a Föld ún. *szabad rezgései* is. Nagyobb földrengéseket követően a Föld — durva hasonlattal élve — egy megkondított haranghoz hasonlóan rezgésbe jön. A földrengések szapora rezgéseivel szemben ez utóbbi rezgésszáma kicsi. A szabad rezgések tanulmányozásából következtethetünk a Föld rugalmas tulajdonságaira és belső felépítésére is.

A Föld öves felépítése

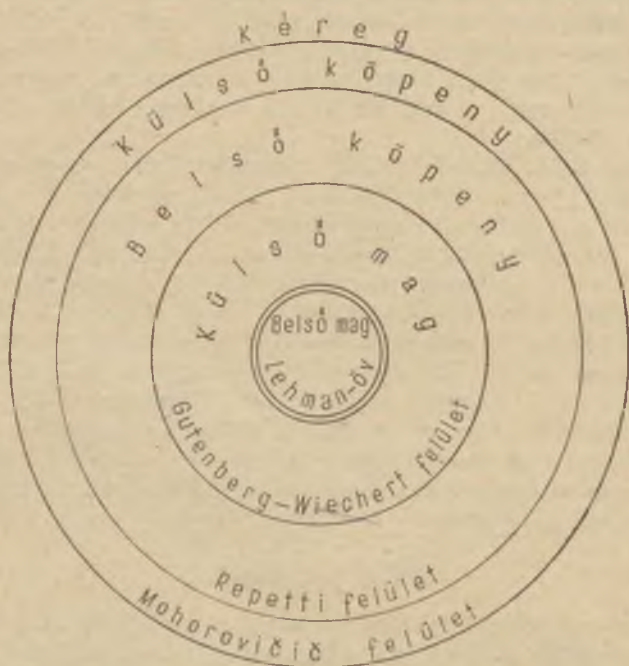
A szeizmológia adatai arra mutatnak, hogy a Föld belső felépítése több, egymástól elválasztható övezetből áll. Legbelül helyezkedik el a *belső mag*, ezt burkolja a *külső mag*, vagy másként a maghéj. Efelett van a *köpeny*, legkívül pedig a szilárd *földkéreg*. A rengéshullámok ugrásszerű sebességcsökkenése — ill. eltűnése — az egyes övek határfelületén történik. Az eddigi adatok alapján megállapítható övezetek és határfelületek, valamint azok mélysége a következő:

Földkéreg		
Külső köpeny	Mohorovičić felület	kb. 30 km
Belső köpeny	Repetti felület	kb. 1000 km
Külső mag	Gutenberg—Wiechert felület	kb. 2900 km
Belső mag	Lehman-öv	kb. 5000 km

Mivel a tranzverzális hullámok a maghéjon (külső magon) elvesznek, ezt az övet folyékonyknak kell tekintenünk. A belső mag ozzal szemben

szilárd anyagként viselkedik. Erre utalnak a szabadrezgések is. A Föld öves szerkezete a 22. ábrán látható.

A rengéshullámokból következtethetünk a sűrűség- és a nyomás-változásra is. Amint a 23. ábrából kitűnik, a sűrűség az egyes övekben folyamatosan nő, míg a határfelületeken ugrásszerűen változik. *Bullen*



22. ábra. A Föld öves felépítése és az elválasztó — törési — felületek

adatai szerint a Gutenberg—Wiechert felületig a sűrűség $5,57 \text{ g/cm}^3$ -re emelkedik, itt viszont (a külső mag határán) $9,74$ -re ugrik, és a belső mag határáig kb. 12 -re nő. A belső magban a sűrűség elérheti a $17,8 \text{ g/cm}^3$ értéket. Amint *Bullen* kimutatta, ennél nagyobb sűrűség kvantummechanikai okokból nem lehetséges.

Gutenberg szerint a belső magban a sűrűség növekedése nem ilyen nagyfokú, csupán kb. 12 g/cm^3 -ig emelkedik. A szabad rezgések arra mutatnak, hogy esetleg ez utóbbi érték a helyes. A 23. ábra két görbéjén látható a sűrűség-növekedés *Bullen*-féle modellje.

A nagyfokú sűrűségemelkedés a nyomás növekedése következtében áll elő. A számítások szerint a külső mag határán a nyomás már $1,3$

millió atmoszféra, a belső magban pedig eléri a 4 millió atmoszférát is. A IX. táblázat mutatja a különböző feltevések alapján számított sűrűség-, valamint nyomásértékeket a Föld középpontja felé.

IX. táblázat

A sűrűség és a nyomás változása a Föld belsejében Bullen, Jeffreys és Gutenberg szerint

Mélység km	A. modell	P	B. modell
	g/cm ³	10 ¹² dyn/cm ²	g/cm ³
33	3,32	0,009	3,32
100	3,38	0,037	3,38
200	3,47	0,065	3,47
600	4,11	0,141	4,13
1000	4,65	0,392	4,68
1400	4,88	0,58	4,91
1800	5,10	0,78	5,13
2200	5,31	0,99	5,34
2600	5,51	1,20	5,53
2898	5,66	1,37	5,68
2898	9,7	1,37	9,43
3000	9,9	1,47	9,57
3500	10,5	2,00	10,23
4000	11,1	2,40	10,76
4500	11,6	2,81	11,19
4982	11,9	3,17	11,54
5121	12,0	3,27	16,80
6371	12,3	3,64	17,20

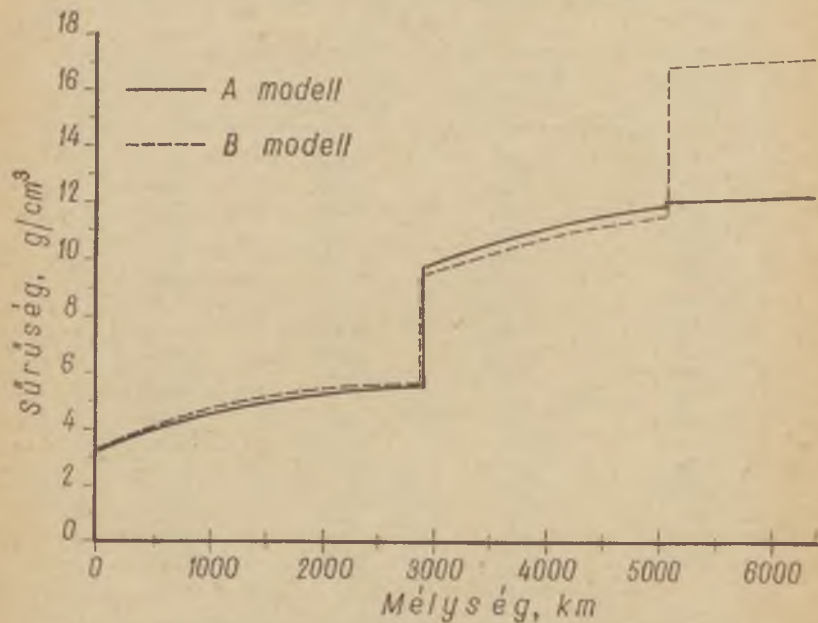
P = nyomás 10^{12} dyn/cm²-ben. Mivel egy légköri nyomás $1,01 \cdot 10^6$ dyn/cm², az atmoszférát jó közelítéssel a dyn 1 000 000-szorosának tekinthetjük, így a nyomás rovat millió atmoszférában kifejezve értendő. A nyomás értékei a két modellnél nem mutatnak jelentősebb eltérést. A táblázat a sűrűség menetének két modelljét (A. és B. modell) adja. A 4982—5121 km-es mélység közt helyezkedik el a *Lehman-öv*.

Elképzelések a Föld belső felépítéséről

Az elmondottak alapján megpróbáljuk röviden vázolni, milyennek képzelhető el a Föld felépítése a geofizikai vizsgálatok szerint, illetőleg a tudomány fejlődése során milyen feltevések — *modellek* — születtek bolygónk belsejéről.

Geokémiai Föld-modell. Azon a feltevésen alapul, hogy a Naprendszer tagjainak azonos felépítésűeknek kell lenniök. Mivel a meteoritekről feltételezhető, hogy egy szétrobbant bolygó töredékei (vagy esetleg

fordítva: a bolygók keletkeztek meteorok összehalmozódásából), anyaguknak tehát a bolygókéval egyezni kell. Ezzel magyarázza a geokémiai Föld-modell a Föld öves felépítését. A vasmeteoritek felelnek meg a Föld magjának, míg a kőmeteoritek építik fel a külső, szilíciumban gazdag öveget (a köpenyt és a kérget). Eszerint a Föld egy vasaggal



23. ábra. A sűrűség növekedése a Föld belsejében Bullen két modellje szerint

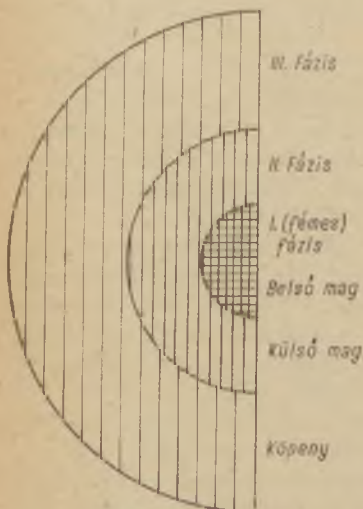
rendelkezik és ez szolgálna magyarázatul a földmag nagy sűrűségére, valamint a földmágnesség eredetére is.

E modell azonban nem tartható. A földmágnesség — mint látni fogjuk — nem magyarázható a feltételezett vasaggal. Ugyanakkor a vas- és kőmeteoritek gyakorisága sem egyezik a Föld feltételezett vasmagjának és a külső szilícium-magnézium rétegeknek egymáshoz viszonyított arányával. Végül felmerül a következő nehézség is: ha a Föld valamikor izzó állapotban volt, úgy a cseppfolyós tömegben fellépő áramlások a vas- és a kőmeteorok anyagát összekeverték, tehát nem jöhetett létre réteges — öves — felépítés, amennyiben viszont bolygónk nem volt ennyire izzó, úgy a különböző fajsúlyú anyagok nem válhattak külön és nem jöhetett létre az öves felépítés. Végző soron a geofizikusok többsége a *vasmagos Föld-modell*t ma már elveti.

Kuhn—Rittman-féle Föld-modell. Feltételezve, hogy a Föld a Naptól származik, az elmélet szerzői megvizsgálták egy izzó, homogén tömeg erős felületi lehűléskor fellépő öves elrendeződését. Természetes, hogy a felszíni tömegek közül először a könnyű elemek válnak ki, amelyek kiterjedésükkel tovább fokozzák a lehűlést. A külső rétegek a lehűlés és a könnyű elemek kiválása következtében nagyobb fajsúlyúvá válnak és a mélybe süllyednek. Helyükbe a mélyben levő, könnyű elemekben

dúsabb tömegek kerülnek, és így folytonos sűrűségátmenet alakul ki a felszíntől a központ felé. Mivel azonban ez az áramlás a nagyobb mélységű rétegekben nem következik be, a Kuhn—Rittman-elmélet szerint a Föld belsejét ma is „napszerű anyag” alkotja, olyan anyagok, melyek kémiai összetétele a Napéval egyező.

Ramsey-féle modell. Ramsey úgy véli, hogy az anyag rétegek szerinti elkülönülése — differenciálódása — nem jön létre. A határfelületek csupán ugyanazon anyag nagy nyomásnál fellépő fázisátmeneteit jelentik. A földmag határát pl. úgy magyarázza, hogy a *magma* anyag kis nyomáson stabil, nemfémes állapotból átnegy nagy nyomáson stabilabb fémes állapotba. Ennek alapján viszont a földmag határán ugrásszerű



24. ábra. Egyed László asztrofizikai Föld-modellje

sűrűség-növekedés lép fel. Ez a modell lényegében azt modja ki, hogy a Föld belsejét mindenütt ugyanazon anyagok alkotják, az egyes övezetek csupán a nyomás hatására fellépő fázisátmenetek eredményei.

Asztrofizikai Föld-modell. Ez a legkorszerűbb modell Egyed László Kossuth-díjas egyetemi tanár földtágulási elmélete alapján értelmezhető. A Föld felépítése az elmélet szerint úgy képzelhető el, mint ugyanazon szilikátos anyag három módosulata (24. ábra). Az első fázisnak a belső mag, a másodiknak a maghó (külső mag), a harmadiknak a köpeny felel meg. A két első fázis nem stabil, csak a harmadik, legkülsőbb módosulat stabilis. Ezért a nemstabil fázisok fokozatosan átmennek egymásba, mégpedig az I. fázis a II-be, majd ez a III-ba. Az átmenet folyamata megfordíthatatlan (irreverzibilis) és a sűrűség állandó esőkenésével jár, ami viszont a Föld anyagának térfogatnövekedését vonja maga után. Ez viszont arra vezet, hogy a Föld állandóan *tágul*.

Ami a különböző fázisok egymásba való átmenetének okát illeti, ezt *Egyed* újabban a *Dirac—Gilbert* elmélettel magyarázza. *Dirac* ui. elméleti megfontolásokból arra a következtetésre jutott, hogy a gravitáció — az ún. gravitációs állandó — időben folyamatosan csökken. Ezt az állítást *Gilbert* más meggondolások alapján igazolni vélte. A gravitációs „állandó” csökkenésének következtében a nyomásnak is állandóan csökkennie kell a Föld belsejében, ez okból a nagy nyomáson stabil fém fázis (a belső mag), kisebb nyomáson stabil, nemfém állapotba megy át. Így a fém fázis egyre csökkenő irányzatot mutat a II. és III. fázisok javára.

A Föld tágulása mellett számos bizonyíték szól: a kontinensek szétesésűsása, a tengerrel borított területek csökkenése, a Föld tengelyforgásának állandó lassulása stb. Ezzel szemben a gravitációs „állandó” csökkenésének kérdése kevésbé bizonyított, sőt *Gilbert* néhány megállapítása ellentétben van egyes csillagászati megfigyelésekkel. Lehetőséges tehát, hogy a földtágulás okát másutt kell keresni.

Végso soron tehát úgy látszik, hogy a Föld belsejében az anyagok fajsúlyszerinti elrendeződése nem áll fenn. Ilyen differenciálódás legfeljebb a kéregben és esetleg a külső köpenyben jöhetett létre. Beljebb a Földet egyazon anyag nyomástól függő módosulatai alkotják. *Birch* szerint a köpeny — és a mag — anyag szilíciumban, magnéziumban és vasban dús *forsterit* (Mg_2SiO_4) és *fayalit* (Fe_2SiO_4).

Mindeddig úgy tekintettük, hogy a Föld belső felépítése koncentrikus gömbhéjakból áll. Újabban *Barta György* több érveléssel is azt bizonyítja, hogy valójában bolygónk *aszimmetrikus felépítésű*, amennyiben a belső mag centruma a Föld geometriai középpontjától mintegy 300 km-re fekszik a Marshall szigetek felé. Ezt az eltolódást láthatjuk a földmágneses tér torzulásából, továbbá a Föld egyenlítői ellipticitásából is. Amint ui. a régebbi geodéziai mérések (*Heiskanen, Hirvonen, Kraszovszkij*), valamint az újabb, mesterséges holdakkal végzett számítások (*Izsák*) mutatják, a Föld egyenlítői keresztmetszete nem kör, hanem kissé elnyúlt ellipszis. A Vanguard II és III pályaháborgásaiból levezetett értékek szerint az Egyenlítő egyik kidomborodása az Atlanti-óceánba, a $-33,15^\circ \pm 0,53^\circ$ nyugati hosszúság táján van, az eltérés a kis- és nagytengely között 205 ± 18 m. A Nap, a Hold és a bolygók árapálykeltő hatására a *belső mag lassú mozgásban van*. Mint a föld-rengéshullámok terjedése, valamint a szabad rezgések is mutatják, a maghéj folyékony, míg a magbelső szilárd anyagként viselkedik, így mozoghat a héjban. Természetesen a belső mag mozgása a földfelszínen gravitációs gyorsulást, valamint az egyenlítői ellipticitás évszázados vándorlását okozná. Erre vonatkozóan bizonyos megfigyelések már rendelkezésre állnak.

Megjegyzendő, hogy *Jacchia* a Vanguard I mozgásának szabály-

talanságaiból arra az eredményre jutott, hogy a Föld déli sarka mintegy 15–20 m-rel lapultabb az északi pólusnál. Úgy látszik tehát, hogy bolygónk nemcsak az Egyenlítő síkjában aszimmetrikus, hanem a tengely irányában is szabálytalan tömegeloszlást mutat.

A földmágnesség

Bolygónk egyik jellemzője, hogy jól mérhető, ún. földmágneses térrel rendelkezik. E mágneses tér nem túlságosan erős, a mágneses pólusokon 0,67 gauss, azaz 67 000 gamma.⁶ (Összehasonlításul: néhány különleges csillag több ezer gaussos mágneses térrel rendelkezik.)

Már a régebbi megfigyelések is azt mutatták, hogy a Föld mágneses tere két részre bontható. A földmágnességnek több mint 90%-a bolygónk belsejéből ered, ez a *belső ható*, míg a maradék a légkör magasabb rétegeinek elektromos áramörvényeiből származik. (*Külső ható*.) A légkör elektromosan vezető rétegeinek — az *ionoszférának* — rovasára írhatjuk a földmágnesség napi, évszakos és 11 éves változását, továbbá a szabálytalan ingadozásokat, a *mágneses háborgásokat*.

A belső ható székhelye minden valószínűség szerint a magbelső. Ezt az újabb, mesterséges holdakkal végzett mérések is igazolják. Mint már láttuk, *Barta György* elmélete szerint a belső mag lassú vándorlásban van. E vándorlással indokolható a földmágneses tér évszázados változása is.

A földmágneses tér zömmel *dipól jellegű*, azaz egy mágnesrúddal helyettesíthető. A mágneses pólusok nagyjából a Föld forgási sarkainak irányába mutatnak, azoktól azonban mintegy 12°-kal eltérnek. Figyelmet érdemel az a tény is, hogy a földi mágneses tér gömbfüggvényekből nyert centruma nem esik egybe a Föld geometriai centrumával, ezzel szemben jól egyeztethető a belső mag feltételezett kb. 300 km-es eltolódásával. Ez további igazolással szolgál arra, hogy a földi mágneses tér nagy része a belső magból származtatható.

III. A bolygók felépítése

Vizsgálati eljárások

Mint látható, a Föld belső felépítésére vonatkozó ismereteink meglehetősen hiányosak. A többi bolygó esetében ez a bizonytalanság még fokozódik, hiszen a legtöbb adatot szolgáltató kutatási eljárás, a

⁶ A mágneses térerőnek a geofizikában használatos mértéke a gauss, ennek százszezred része a gamma.

A gauss gyakorlatilag egyezik az oersted-dol. Dimenziója:

$$\text{cm}^{-1} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{s}^{-1}$$

szeizmikus hullámok méréséről le kell mondanunk. Éppen ezért döntő jelentőségűek lesznek azok a rakétakísérletek, melyek segítségével szeizmométereket juttathatunk a Hold és a bolygók felszínére. Mindaddig azonban meg kell elégednünk más úton elért következtetésekkel és elméleti megfontolásokkal.

Közvetlen mérésekkel módunkban van a bolygók tömegének (M), rádiuszának (R), átlagsűrűségének ($\bar{\rho}$), valamint sarki lapultságának meghatározása. Megállapítható továbbá az ún. *relatív tehetetlenségi nyomaték* értéke is, ebből viszont a bolygók belső tömegeloszlására következtethetünk (a sűrűség növekvésére a központ felé). Egy gömb alakú, folytonos sűrűségváltozást mutató égitest I tehetetlenségi nyomatéka⁷

$$I = \frac{8\pi}{3} \int_0^R \rho r^4 dr$$

ahol r a centrumtól mért távolság. Innen következik, hogy ha a bolygó egész tömege a centrumba volna sűrítve (ami fizikai lehetetlenség), úgy tehetetlenségi nyomatéka 0 lenne, míg egyenletes — homogén — eloszlás esetén $I = \frac{2}{5} MR^2$ adódna.

Innen következik, hogy a relatív tehetetlenségi nyomaték, azaz az I/MR^2 arány a tömegeloszlástól függően 0 és 0,4 közt változhat. Az első esetben minden anyag a centrumban van, míg az utóbbinál az eloszlás homogén. A relatív tehetetlenségi nyomaték tehát becslési lehetőséget ad a sűrűségnek a centrum felé való növekvésére.

A relatív tehetetlenségi nyomaték meghatározható a bolygó lapultságának (e) és tengelyforgásának ismeretében. Amennyiben a bolygó lapultsága közvetlenül nem mérhető, de holdakkal rendelkezik, úgy szintén módunkban áll a relatív tehetetlenségi nyomaték kiszámítása, a holdak pályájának változásából.

A megfigyelések szerint a *Föld* tehetetlenségi nyomatéka 0,3335, a *Holdé* 0,397, a *Marsé* 0,389, a *Jupiteré* 0,26, a *Saturnusé* 0,21 és a *Neptunusé* 0,30. (A Merkúr, Venus és Plutó értékeit nem lehet meghatározni, az Uranusé mintegy 0,22 lehet.) Ebből viszont arra következtethetünk, hogy a *Hold közel homogén, a Mars sűrűsége befelé kevésbé nő mint a Földé, viszont a Jupiter típusú bolygók tömegkoncentrációja a centrumban jóval felülmúlja a földi értéket.*

⁷ Ha egy test több, pontszerűnek tekinthető tömegekből áll, melyek egy adott egyenestől adott távolságra vannak, úgy ennek a testnek erre az egyenesre vonatkozó tehetetlenségi nyomatéka a tömegek és a távolság-négyzetek szorzatalnak összegéből adódik. L. még Csill. Evk. az 1956. évre 183—185. o.

A nyomás, hőmérséklet és sűrűség korlátai

A fentebb elmondottak szigorúan véve akkor érvényesek, ha a bolygókat *hidrosztatikus egyensúlyban levő folyadék gömböknek tekintjük*. Bár a bolygók anyaga szilárd anyagként viselkedik, a belsejükben uralkodó nagy nyomás következtében olyan hatások lépnek fel, melyek e feltevést elfogadhatóvá teszik. Amennyiben azonban ezt a feltételezt érvényesnek tekintjük, úgy még további következtetésre is módunk van. Mechanikai megfontolások alapján ui. megbecsülhető a bolygók középpontjában uralkodó P_c nyomás és T_c hőmérséklet alsó határa, továbbá kiszámítható a bolygó belsejének \bar{P} és \bar{T} átlagos nyomása, illetve hőmérséklete. (Ez utóbbiaknak szintén csak az alsó határa adható meg.) Másrészt lehetőségünk nyílik a ρ_c centrális és ρ_s felszíni sűrűség alsó, az utóbbi esetben felső határának kiszámítására. Ezek az értékek viszont alapot szolgáltatnak a felépítési modellek megalkotására. Naprendszerünk bolygóira ezeket az értékeket *Jeffreys*, ill. *Chandrasekhar* számítottta ki. (X. táblázat.)

X. táblázat

A bolygók centrális nyomásának, hőmérsékletének és sűrűségének, valamint átlagos nyomásának és hőmérsékletének minimális, felszíni sűrűségük maximális értékei

	$P_c >$	$\bar{P} >$	$T_c >$	$\bar{T} >$	$\rho_c >$	$\rho_s <$
	10 ⁸ atmoszféra		K°		g/cm ³	
Merkur	0,3	0,12	650	400	—	—
Venus	1,2	0,48	1 900	1 200	—	—
Föld	1,7	0,68	2 400	1 500	7,3	4,60
Mars	0,16	0,07	1 600	300	—	4,01
Jupiter	10,0	4,10	68 000	42 000	2,7	0,86
Saturnus	1,9	0,77	24 000	16 000	1,7	0,37
Uranus	1,8	0,75	11 000	7 000	2,8	0,80
Neptunus	3,6	0,15	12 000	8 000	4,0	1,85

$P_c >$ = a központi nyomás alsó határa, $\bar{P} >$ = az átlagos nyomás alsó határa.
 $T_c >$ = a központi hőmérséklet alsó határa, $\bar{T} >$ = az átlag hőmérséklet alsó határa.
 $\rho_c >$ = a központi sűrűség alsó határa, $\rho_s <$ = a felszíni sűrűség felső határa

A bolygó belsejében uralkodó nyomásviszonyok alsó határának ismeretében következtethetünk arra, hogy létre jöhet-e fémes fázisú belső mag. Így bizonyos mértékig arról is képet nyerhetünk, hogy a bolygók rendelkeznek-e a Földéhez hasonló öves felépítéssel.

Megjegyzendő, hogy a valóságos értékek az itt felsorolt alsó határokat többszörösen is felülmúlhatják. Így pl. a Föld központjában a nyomás több mint kétszeresen, a sűrűség szintén legalább kétszerte nagyobb a megadott minimális értéknél.

A bolygók kémiai összetétele

Az eddigiekben nem voltunk tekintettel a bolygók felépítésében szereplő elemek gyakoriságára. Nyilvánvaló azonban, hogy a *kémiai összetétel* nem elhanyagolható, annál kevésbé, mivel feltételezhetően ez ad magyarázatot a Föld és Jupiter típusú bolygók eltérő tulajdonságaira.

A bolygók kémiai összetételére azonban — saját sugárzás híján — csupán hozzávetőleges következtetéseket tehetünk. Nagyon valószínűnek látszik, hogy a Föld típusú bolygók összetétele nagyjából a Földével egyező. Ám az elemek gyakoriságát a Föld esetében is csupán a kéreg felső részén ismerjük pontosabban.

A Föld felépítésében legjelentősebb szerepet játszó elemek a százalékos gyakoriság sorrendjében: *oxigén, szilícium, alumínium, vas, kalcium, nátrium, mangán és magnézium*. Ezek teszik ki a kéreg anyagának 97,9%-át. *Birch* szerint a Föld belsejében is az oxigén, a szilícium, a magnézium és a vas uralkodik.

A radioaktív elemek mennyisége elhanyagolható. Amint a 21. ábrán látható, a fölrengéshullámok sebessége a kéreg alsó határáig kis mértékben csökken. Viszont a rengéshullámok sebesség-képletéből (219. oldal) az is kitűnik, hogy a sebesség csökkenése vagy a sűrűség csökkenésére, vagy a Lamé-állandók emelkedésére vezethető vissza. Mivel a sűrűség csökkenése nem feltételezhető, *Gutenberg* úgy véli, hogy a kéreg alján a hőmérséklet növekszik meg erős mértékben, ami viszont a Lamé-állandó növekvésével jár. A hőmérséklet emelkedése a radioaktív elemek feldúsulásával magyarázható. Lehetséges tehát, hogy a kéreg alján a radioaktív elemek mennyisége megnő, de itt sem számottevő mértékben. Mindenesetre ezek az elemek kismértékben megnövelhetik a Föld belső hőmérsékletét.

Végző soron úgy látszik, hogy a Föld típusú bolygók felépítésében a *közepes atomsúlyú elemek játszanak fontos szerepet*.

Ezzel szemben a *Jupiter típusú* bolygók legkülső rétegeinek színképéből ezeknek az elemeknek nagy része *hiányzik*. Itt elsősorban a *hidrogén, nitrogén és szén*, valamint ezek vegyületei vannak túlsúlyban. Kimutatható a szabad hidrogén mellett a *metán* (CH_4) és *ammóniák* (NH_3) jelenléte, továbbá *kis mennyiségben a vízgőz* (H_2O) is. *Feszenkov* és *DeMarcus* feltevése szerint a bolygók belsejében növekszik a *hélium* mennyisége. A könnyű elemek túlsúlya következtében a Jupiter típusú

bolygók átlagsűrűsége is kicsi. Figyelmet érdemel, hogy a Jupiter típusú bolygók összetétele nagy hasonlatosságot mutat az elemeknek a Világ-mindenségben észlelt átlagos eloszlásához.

A kémiai összetétel alapján *Brown* és *Ramsey* a bolygókat a következőképpen osztályozza:

a) *Föld típus* (Merkúr, Venus, Föld, Mars), ezek főként szilikátokból állnak. Belső felépítésük *olivin*: $(Mg, Fe)_2SiO_4$.

b) *Jupiter típus* (Jupiter, Saturnus), nagyobbrészt hidrogén és hélium alkotja ezeket.

c) Az *Uranus* és a *Neptunus* hidrogénon kívül nagy mennyiségben tartalmaz *metánt* (CH_4) és *ammóniákat* (NH_3).

Ez az eloszlás a naptávolsággal magyarázható. Az egyébként is kis tömegű Föld típusba tartozó bolygókról a nagy napközelség folytán előálló magas hőmérséklet következtében a könnyű elemek *elillantak*, míg a külső bolygóknál ez nem következhetett be. Lehetséges, hogy már a bolygók ősanýaga is ilyen, naptávolságtól függő eloszlást mutatott.

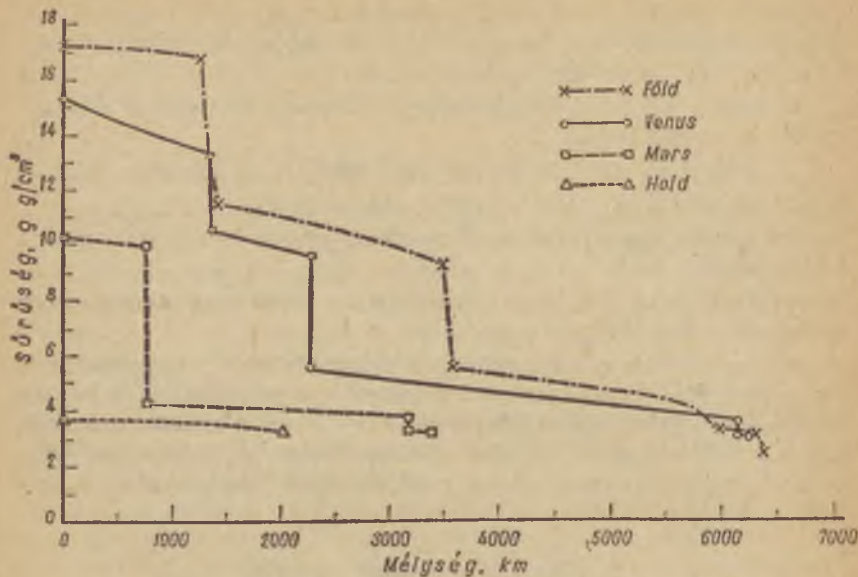
A Föld típusú bolygók modellje

Az előbbieken ismertetett adatok és elvi megfontolások alapot adnak a *bolygómodellek* megkonstruálására. E modellek természetesen nagymértékben bizonytalanok, de kiindulási alapként elfogadhatók. Könnyebbséget jelent, hogy ennél a bolygócsoporthnál támaszkodhatunk a Föld ismert adataira. A következőkben mindenesetre feltételezzük, hogy a Föld típusú bolygók a *Földdel egyező kémiai összetételűek*. Eltekintünk a vasmagos modellektől, mivel ezt a Föld esetében sem tartják elfogadhatónak.

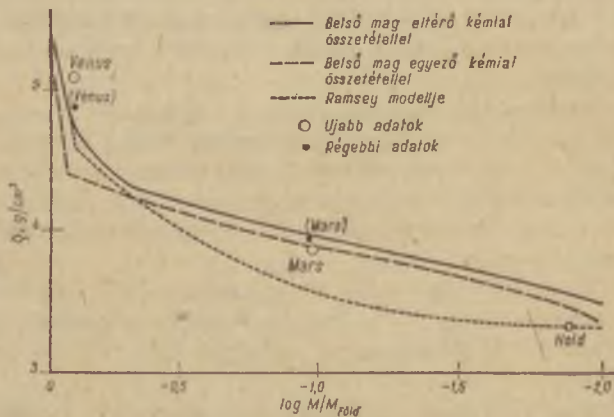
Az utóbbi években különösen *Bullen*, *Jeffreys* és *Ramsey* bolygómodelljei váltak ismertté. Figyelemre méltó *Bullen* feltevése a Föld típusú bolygó belső felépítéséről. A 25. ábra mutatja e sűrűség menetét a Venus, a Mars és a Hold belsejében e modell szerint. A Földhöz hasonlóan az ugrásszerű sűrűség-növekedés itt is az egyes övek határfelületének felelnek meg. Eszerint:

a) A *Venus* felépítése a Földéhez hasonló. Itt is megtalálható a köpeny, valamint a külső és belső mag. A Venus fémés fázisú belső magja azonban *kisebb* a Földénél, mivel a bolygó belsejében a nyomás is alacsonyabb.

b) A *Mars* belsejében a nyomás feltehetőleg nem elegendő a fémés fázisú magbelső létrejöttéhez. Ezért a bolygó belsejében *csupán a köpeny és a külső mag* fázisának megfelelő állapot jöhet létre. *Jeffreys* régebbi modellje ugyan feltételez egy igen elenyésző belső magot a Mars belsejében.



25. ábra. A Föld, a Venus és a Mars, valamint a Hold sűrűségnövekedése a centrum felé, Bullen modellje szerint



26. ábra. A Föld típusú bolygók átlagsűrűség (ρ) és tömege (M) összefüggése Bullen és Low szerint. A pontok és a zárójelbe tett nevek a Mars, valamint a Venus régebbi adatait jelentik, a körök az újabb értékeket mutatják

jében is, ez azonban csak akkor jöhet létre, ha feltesszük az elemek faj-
súly szerinti elrendeződését. Így ez a modell nem látszik reálisnak.

c) A *Merkúr* belsejében a nyomás oly kicsi, hogy a külső magnak megfelelő fázis sem állhat elő. A bolygó belsejének tömegeloszlása majdnem homogén és megfelel a *köpeny fázisának*. Belső és külső mag azonban nincsen. A bolygó feltűnően nagy sűrűsége *Ramsey* szerint onnan ered, hogy a nagy napközelség ($\sim 57\,000\,000$ km) miatt a közepes atomsúlyú elemek egy része is elillant, így csak a nagy faj súlyú anyagok maradhattak meg.

E bolygómodellek alapján *Bullen* és *Low* megkísérelte a Föld típusú bolygók tömegéből a közepes sűrűség levezetését. Mint a 26. ábrán látható, a tömeg csökkenésével a közepes sűrűség először gyorsan esik. Mintegy 0,8 földtömegnél a bolygó centrális nyomása már nem elegendő a fémes fázisú belső mag létrehozásához. Innen kezdve a sűrűség már csak lassan változik a tömegcsökkenéssel. A tényleges értékek eléggé jó egyezést mutatnak az elméletileg meghatározott görbe menetével.

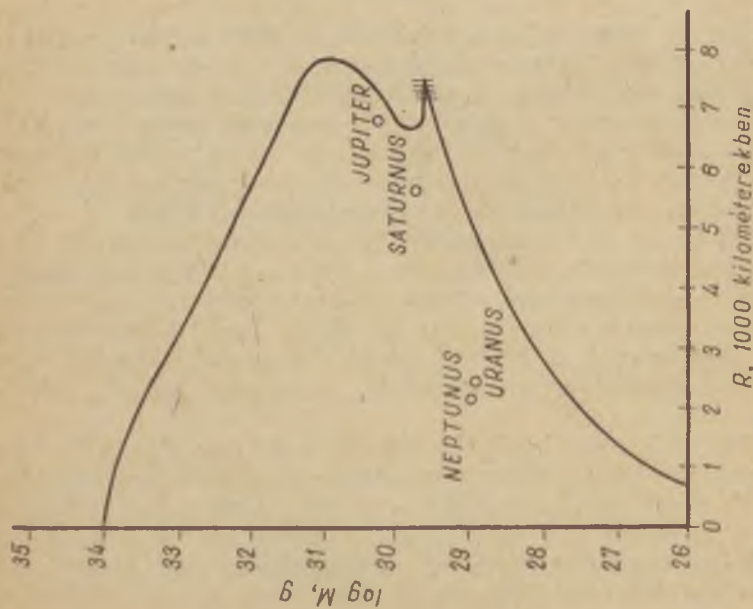
Mindebből úgy látszik, hogy a Föld típusú bolygók két csoportra oszlanak. Ahol a tömeg elegendő, kialakul a *fémes fázisú belső mag* (Venus, Föld), míg a kicsiny tömegűeknél már *nincsen ilyen belső mag* (Merkúr, Mars).

Az óriásbolygók szerkezete

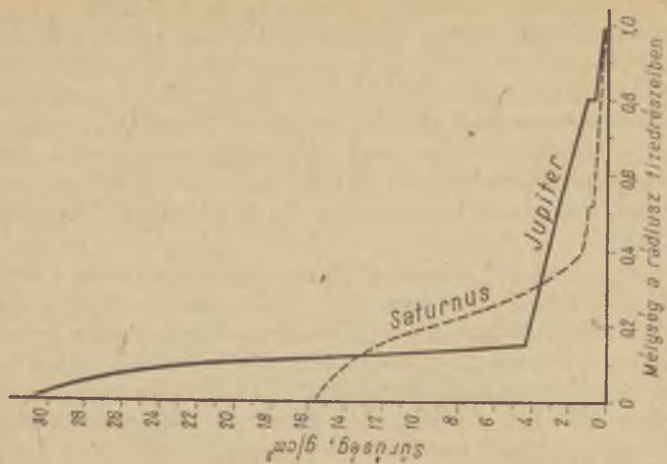
A Jupiter típusú bolygók felépítését, az eltérő kémiai összetétel, valamint a központjukban uralkodó igen nagy nyomás következtében másként kell elképzelnünk. A relatív tehetetlenségi nyomaték értéke mindenesetre arra mutat, hogy a *tömeg koncentrációja e bolygók belsejében jóval felülmúlja a földi értéket*. Ma már nem tekintik elfogadhatónak *Wildt* régebbi modelljét, mely szerint ezek a bolygók egy kisméretű fémes magból, és egy hatalmas kiterjedésű légkörből állnak.

Abrikoszov és *DeMarcus* meghatározták a tiszta hidrogénből álló gömbök tömeg-rádiusz összefüggését. A Jupiter és a Saturnus ténylegesen mért adatai igen közel állanak az elméleti görbéhez, ami szintén a hidrogén jelentős szerepére utal (27. ábra). Joggal feltételezhetjük tehát, hogy ez a két óriásbolygó főként hidrogénből, valamint jóval kevesebb héliumból és elhanyagolható mennyiségű nehezebb elem-ből áll.

E feltételeket figyelembevéve *Ramsey*, majd *Feszenkov* és *Maszjevics*, újabban *DeMarcus* szerkesztette meg a Jupiter és a Saturnus modelljét. A két utóbbi szerző szerint ezek a bolygók három övezetből állnak. Legkívül helyezkedik el egy hidrogén molekulákból, továbbá egyéb hidrogénvegyületekből (ammóniák, metán, vízgőz) álló „*légkör*”, ez mintegy 1000 km vastag. Ezen belül foglal helyet az *atomos hidrogén*



27. ábra. Tiszta hidrogénből álló tömegűnek (M) és sugarának (R) összefüggése, összeasonlítva a Jupiter típusú bolygók tömeges adatával, DeMarcus szerint



28. ábra. A sűrűség növekedése a Jupiter és a Saturnus belsejében, DeMarcus szerint. A mélység a sugár felezésében van megadva. (Centrums = 0, felszín = 1)

alkotta közbülső övezet. Legfeljebb található a fémes fázisú mag, melynek sűrűsége már eléri a $30,84 \text{ g/cm}^3$ -t. A magban a hidrogén mennyisége már csökken a hélium, esetleg más, nehezebb elemek javára. DeMarcus modelljének sűrűség menetét a 28. ábra mutatja. A sűrűség ugrásszerű emelkedése itt is a fázisátmenetek határát jelenti. Lehetséges, hogy ezeknek a bolygónak centrumában az anyag állapota megközelíti a Fermi-gáz állapotát.

Az Uranus és Neptunus belső felépítése lényegileg hasonló lehet, a nehezebb elemek növekvő mennyisége miatt azonban eddig még nem alkottak ezekről modelleket.

A nagyobb holdak

A Föld Holdja, valamint a Jupiter és a Saturnus néhány nagyobb holdja is, méretében és tömegében megközelíti a Naprendszer egyes kisebb bolygóit (Merkúr, Mars). Ezeket a XI. táblázat mutatja. Ezekről a holdakról szintén alkothatunk valamiféle vázlatos képet. A táblázat utolsó rovatát vizsgálva kitűnik, hogy a holdak is két csoportra osztathatók. A mi Holdunk, a négy Jupiter-hold, valamint a Saturnus három holdjának közepes sűrűsége eléri a Föld típusú bolygók közepes sűrűségét. Méreteiket és sűrűségüket tekintve ezek nagyjából beilleszkednek a Bullen—Low-féle tömeg-sűrűség diagramba (26. ábra). A Saturnus három másik nagyobb holdja viszont igen alacsony sűrűségértékkel rendelkezik.

XI. táblázat

A nagyobb holdak adatai

Név	M Föld = 1	R Föld = 1	$\bar{\rho}$ g/cm ³
Hold	0,0123	0,273	3,33
Jupiter I	0,0121	0,255	4,03
Jupiter II.	0,0079	0,226	3,78
Jupiter III.	0,0260	0,394	2,35
Jupiter IV.	0,0161	0,350	2,06
Mimas (Saturnus)	6×10^{-6}	0,04	0,5
Enceladus (Saturnus)	$1,4 \times 10^{-5}$	0,05	0,7
Thetys (Saturnus)	$1,09 \times 10^{-4}$	0,08	1,2
Dione (Saturnus)	$1,76 \times 10^{-4}$	0,07	2,8
Rhea (Saturnus)	$3,80 \times 10^{-4}$	0,102	2,0
Titan (Saturnus)	$2,35 \times 10^{-2}$	0,377	2,42

Ezek alapján úgy vélhető, hogy egyes nagyobb holdak a belső mag (sőt külső mag) nélküli Föld típusú bolygók csoportjának legkisebb

méretű tagjai. A kis sűrűségű holdak viszont inkább a Jupiter típushoz hasonlók. Erre nézve azonban nincsen semmiféle adatunk.

Némi tájékoztatást nyújt a *Hold* tanulmányozása. Mivel relatív tehetetlenségi nyomatéka közel áll a 0,4-hez, a Hold feltehetőleg majdnem teljesen homogén felépítésű. Belső anyag legfeljebb a *köpeny* állapotának felel meg. *Jeffreys* szerint a Hold külső kérgének sűrűsége $3,28 \text{ g/cm}^3$, ez a centrumban legfeljebb $3,41 \text{ g/cm}^3$ -re nő.

Itt említhetjük meg, hogy a *Plutót Kuiper* a Neptunus egy megszőkött holdjának véli. Belső szerkezetéről semmi elképzelésünk nincsen, de nem lehetetlen, hogy ez is a mag nélküli Föld típusú bolygókhoz sorolható.

IV. A bolygók mágneses tere

A bolygó-mágnesség mérése

A bolygók belső szerkezetének problémájával szorosan összefügg a mágneses tér kérdése. Mint láttuk, nagyon valószínű, hogy a földi mágneses tér bolygónk belső magjából ered. Nem alaptalan tehát az a feltevés, hogy minden, *fémes fázisú belső maggal rendelkező bolygóhoz egyúttal mágneses tér is tartozik*. Fordítva: ha sikerül valamely bolygó mágneses terét kimutatnunk, úgy ebből ilyen mag léteére következtethetünk.

Sajnos a jelenlegi módszerekkel nem tudjuk a bolygó-mágnességet közvetlenül kimutatni (leszámítva a Földet). A színképelemzés csupán a saját fénnel rendelkező égitestek (csillagok) mágnességének meghatározására alkalmas. Ezért egyelőre közvetett becslésekre vagyunk utalva, melyek viszont igen bizonytalanok. Végleges eredményt e téren is a rakétáktól várhatunk.

A *Venus* mágneses terét először *Houtgast* mutatta ki a bolygónak a földmágneses háborgásokra gyakorolt hatásából. Eredményét *Narayana* revideálta, szerinte a bolygó nagyjából a Földével egyező nagyságrendű mágneses térrel rendelkezik. (Kb. $0,4 \text{ gauss}$.)⁸

A *Merkúr* ugyanilyen módon vizsgálva *nem mutatott* észlelhető mágneses teret.

Hasonló módszerrel vizsgálva a *Holdat*, $0,01$ — $0,001 \text{ gauss}$ -os mágneses térre lehetett következtetni. Ezzel szemben a *Lunyk-2* szovjet holdrakéta 1959. szeptember 12-én *nem mutatott* ki mérhető mágnes-

⁸ A földmágneses háborgások nagy részét a Napból kilövellt, elektromos töltésű részecskék okozzák. Amikor a Venus a Nap és a Föld közé jut, mágneses terével eltéríti ezeket a részecskéket, ezért a földmágneses háborgások száma és erőssége csökken. A hatásból meghatározható a bolygó mágneses tere.

séget. *Dolginov* szerint, ha van is a Holdnak mágnessége, úgy az kisebb 400 gammánál. *Neugebauer* elméleti megfontolásokból kb. 1—10 gammás térre következtet. Ez a kérdés még eldöntetlen.

A *Mars* légköri változásai és a naptevékenység közti összefüggés esetleg arra enged következtetni, hogy ez a bolygó kb. a Földnél tízszer gyengébb mágneses térrel rendelkezik. A feltevés azonban erősen vitatható.

A *Jupiter* rádiósugárzása aránylag biztos következtetésekre ad alkalmat. *Burke* és *Franklin* a bolygó légköréből eredő rádióhullámok sarkitottságából 4,5 gauss-t kapott. Utóbb *Drake* 5 gaussra, *Roberts* és *Stanley* 7 gaussra emelte ezt az értéket, a *Jupiter* mágneses terében mozgó, elektromos töltésű részecskék sugárzásának észlelése alapján.

A többi bolygó mágneses teréről még becslésünk sincs. Ezt a kérdést további rádió- és radarmegfigyelések, valamint rakétamérések dönt-
hetik el.

A planetáris mágnesség eredete

Bár ezek az adatok nagyon bizonytalanok, mégis jó összhangban állnak a bolygók belső szerkezetéről alkotott elképzelésekkel. A hatalmas, fémes fázisú maggal rendelkező *Jupiter* mágneses tere közel tízszer akkora mint a Földé; ezzel szemben a bolygónkkal egyező méretű *Venus* mágnessége is hasonló. A Hold feltételezett mágneses tere legfeljebb a külső kőzetekben visszamaradt mágnességből származhat. Hasonló a helyzet a *Merkúr*nál is. A *Mars* esetleges mágnessége talán a külső mag kismértékű mágneses nyomatékával indokolható.

Végső soron azonban a bolygó-mágnesség keletkezésének mechaniz-
musa ma még tisztázatlan. Ez mindenesetre eltérő a csillagok mágneses terének eredetétől, ezért *planetáris mágnességnek* nevezhetjük. A jelen-
tősebb erősségű planetáris mágneses térről feltételezhetjük, hogy

a) dipól jellegű; a pólusok nagyjából egybeesnek a forgási ten-
gellyel és

b) nagyjából a bolygó belsejéből, feltételezhetően a belső
magból ered.

Azok az elképzelések, melyek a planetáris mágneses tér forrását a bolygó kérgében folyó áramokban (*Schuster*), a tengelyforgás hatásában (*Blackett*), vagy az elemi részek töltés aszimmetriájában (*Barnóthy*, *Mariani*) vélték, nem bizonyultak elfogadhatónak. Ugyancsak nem
okolható e mágneses tér a Föld és a bolygók régebben feltételezett
vasmagjával sem. Függetlenül attól, hogy a vasmag léte nagyon is
kétséghozonható, magas hőmérsékleten a vas elveszíti mágnesezhető-
ségét.

Újabbán két feltevés keltett nagyobb figyelmet. *Elsasser* a föld-mágnességet a belső szerkezet egyenetlenségeivel és a hőelektromos áramokkal magyarázza. Szerinte a belső mag határán, a maghéjban a hőmérsékletkülönbség következtében ún. konvekciós áramlások lépnek fel. Ezek az anyagáramlások a Föld forgása következtében a forgási tengellyel nagyjából párhuzamos mágneses teret keltenek.

Elsasser elméletét többen kritika tárgyává tették. *Vestine* rámutatott, hogy a feltételezett, kb. 300 km-es méretű örvények szabálytalan eloszlása nem eredményezhet kiemelkedő dipól teret. *Egyed László* arra is felhívja a figyelmet, hogy a külső mag feltételezett fémes vezetőképesége a hőmérséklet kiegyenlítődére vezethet, és ezért a feltételezett örvények nem jöhetnek létre.

Ezzel szemben *Egyed* arra gondol, hogy a mágneses tér a belső magot alkotó elemi részek *mágneses nyomatékára* vezethető vissza. A magbelsőben a nagy nyomás következtében az atommagok olyan közel kerülnek egymáshoz, hogy mágneses terükkel kölcsönhatásba lépnek, így nyomatékuk szerint rendeződnek. A rotáció következtében ez a rendeződés nagyjából párhuzamos a forgástengellyel. Végeredményben a mágneses tér erőssége arányos a belső magba foglalt nukleonok (az atommagot felépítő részek) számával és mágneses nyomatékával. A belső mag mágneses momentuma:

$$M_m = \mu \frac{4\pi}{3r^3} \frac{\rho}{m_0}$$

ahol μ a nukleonok mágneses nyomatéka, m_0 ezek tömege és r a magbelső rádiusza. A bolygó felszínén, a pólusokra átszámított mágneses térerő pedig a $H = \mu_k(2M_m/R^3)$ összefüggésből adódik; itt H a gauss-okban mért mágneses tér, és μ_k a protonok és neutronok együttes mágneses nyomatéka magmagnetonokban kifejezve.

Ilyen módon a földi mágneses térre 1,5 gausst nyerünk. Tekintettel azonban, hogy a magok rendezettsége nem tökéletes, továbbá ha a Föld belső magjának sűrűségéül a 12,2 g/cm³-es értéket vesszük helyesnek, a számított adat jól megközelíti a valódi — 0,67 gauss-os mérési eredményt.

Ha mármost a bolygók belső szerkezetére felállított modellek valamelyikét helyesnek tekintjük, úgy módunkban áll ezek mágneses terét is kiszámítani. A Föld típusú bolygókra *Bullen* modelljét, a Jupiter típusúra pedig *Fesztenkov* és *DeMarcus* elképzelését elfogadva, a megfigyelt értékekhez igen közelálló, nagyságrendileg egyező erősséget kapunk. A megfigyelt és az elméletileg számított értékek összehasonlítását a XII. táblázat tünteti fel.

A bolygók és a Hold mágneses terének számított és megfigyelt erőssége

	H_{sz}	H_m	Észlelő
	gauss		
Merkur	0	0	Houtgast Narayana
Venus	0,6	3,5 0,4	Houtgast Narayana
Föld	1,5	0,67	
Mars	0	0,1	Bartha
Jupiter	5,0	4,5 5,0 7,0	Burke—Franklin Drake Roberts—Stanley
Hold	0	0,01— 0,001 >0,004 >0,0001	Bartha Lunyik-2 Neugebauer

H_{sz} = a számított, H_m = a megfigyelt erősség a bolygó pólusain. A számított adatok Egyed elméletéből, Bullen és Feszenkov ill. DeMarcus bolygómodelljeinek felhasználásából erednek. A számítást Bartha végezte.

Ismételten hangsúlyoznunk kell azonban, hogy a bolygók belső felépítésére vonatkozó elméletek és a planetáris mágneses tér eredetének kérdése ma még sok szempontból tisztázatlan. Ezért a levonható következtetések is nagyon ingatag alapon állnak. E kérdések eldöntését a jövő kutatásaitól várhatjuk.

MARX GYÖRGY:

NEUTRINÓCSILLAGÁSZAT

A Földön túl fekvő világról évezredek óta a fény jelenti az információszerezésnek egyetlen módját. A közvetlen és reflektált napsugárzás, a csillagok saját sugárzása volt az, amit először szabad szemmel, majd egyre sokoldalúbb műszerekkel vett vallatóra a tudomány. Ezáltal sikerült felderíteni az ismert univerzum térbeli szerkezetét, kémiai összetételét, a bolygók és csillagok felületi viszonyait.

A II. világháború során kifejlesztett radartechnika teremtette meg a lehetőséget annak, hogy első pillantást vessünk a világmindenségbe egy másik ablakon, a rádióablakon keresztül. Ma már közhelyszámba menő dolog volna emlegetni a rádiócsillagászatnak az optikai csillagászatét ugyan el nem érő, de azt egyre jobban közelítő fontosságát.

A fény is, a radarjel is elektromágneses hullám. Az elektromágneses tér, a fotonok áramlása verte eddig az egyetlen hidat, amivel csillagászati távolságokat és csillagászati időket át tudott hidalni az ember. Ha rakétával mesterséges megfigyelőállomást dobunk ki a térbe, még annak észlelési anyagát is rádióhullámok hozzák haza a Földre.

Az elektromágneses sugárzás az anyagnak egy nagyon különleges változata. A Földet nemcsak a fotonok tengere képesolja a világmindenség többi részéhez. A lomha, alig változó, ezért gyors információátvitelt nem nyújtó gravitáción kívül szakadatlanul éri bolygónkat meteorok és mikrometeorok pergőtüze. Értékes anyagmintát hoznak a földöntúli térségekből. A Napról és a csillagok felől szakadatlan folyik a töltött atomi részecskéknél, elektronoknál és atommagoknál az árama is a világtérén át. A Napból érkező elektronok, a távoli térrészből kozmikus sugárzásként érkező atommagok napjainkban az érdeklődés homlokterében állnak. Mindezek tanulmányozása azonban csak mérsékelt mennyiségű csillagászati információt nyújthat. A töltött részek sebességét és mozgásirányát ugyanis felismerhetetlenné torzítják a kozmikus mágneses terek. A kozmikus sugárzás anyagának kémiai összetételét is meghamisítja a világtérben végbemenő ütközések folaprózó hatása.

A felsoroltak mellett az anyagnak még számos megjelenési formáját ismerjük. Ezek azonban szinte kivétel nélkül bomlékonyak, szétesnek,

mielőtt a legközelebbi égitestekről Földünkhöz érnek. Egyetlenegy olyan anyag van, amelyet eddig tevőlegesen nem aknázott ki a csillagászat, de amely — elvileg — kiválóan, a fényvel vetekedve alkalmas lehet hű információk átvitelére: ez a neutrínósugárzás.

A neutrínó elemi részecske. Nyugodtan mondhatjuk róla, hogy az anyag „legkisebb”, legprimitívebb darabkája. Létezésére először 1931-ben következtetett a tudomány, de közvetlen kimutatása csak 1956-ban sikerült. Ennek a késedelemnek nem az volt az oka, hogy a neutrínó rövid élettartamú, átmenetileg előforduló képződmény. A neutrínó stabilis, állandó alakulat. Nem az volt az oka, hogy a neutrínó ritka a természetben. A neutrínó a legközönségesebb, leggyakoribb anyagfélések egyike.

A neutrínó azért tudott a legutóbbi évekig szerényen háttérben maradni, mert ő a leginaktívabb, legnehezebben megfogható, minden anyaggal szemben legnagyobbfokú közömbösséget mutató fajta az atomfizika nagy állatseregletében.

Az atommagok, mezonok és más instabil részek uralkodó kölcsönhatása az erős kölcsönhatás. Ennek döbbenetes erejű intenzitását mutatja az egész magfizika, a kozmikus sugárzás színjátéka. Mindennél ezerszerre halványabb az elektromosság, a fotonok és elektronok világa. Távcsővünk nyugodtan összegyűjti és szemünkbe, fényképlemezünkre tereli azt a fényt, amit távoli csillagokban szült az elektronok tánca.

Ismerünk azonban egy kölcsönhatást, ami nem ezerszer, hanem billiószorta halványabb: a gyenge kölcsönhatás. Évezredekre szét-húzva végbemenő radioaktív bomlások szolgáltatják ennek legismertebb példáit. Ez a gyenge kölcsönhatás a neutrínók egyedüli létrehozója. A radioaktív bomlásokban megszületett neutrínók ezután a fényhez hasonlóan sugárzódnak szét a térbe, sebességük is a fényével egyező. Egy nagyon lényeges különbség van: a fényt töltött részecskék elektromos kölcsönhatás révén szórják, elnyelik. A neutrínókisugárzásra azonban csak a gyenge kölcsönhatás hat. Ezért a neutrínósugár milliárdszor áthatoléképesebb, milliárdszor tovább él, milliárdszor messzebbre elhatol — és milliárdszorta nehezebb regisztrálni.

1. A neutrínósugárzás jellege

Laboratóriumi méretekben az atommagok ionizáló, jól abszorbeálódó és könnyen detektálható sugárzásainak (a közismert α -, β - és γ -sugaraknak) van elsődleges jelentősége. Ezzel szemben a neutrínósugárzás a szokásos radioaktív készítmények esetében messze a kimutathatósági határ alatt marad. Vegyünk pl. egy 1 curie erősségű β^+ -bomló radioaktív preparátumot. Ebben a keletkező pozitronok és neutrínók száma

$$N = 3,7 \cdot 10^{10} e^+ \text{ sec}^{-1} = 3,7 \cdot 10^{10} \cdot \nu \text{ sec}^{-1}.$$

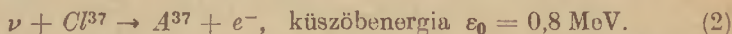
Ez azt jelenti, hogy tőle $R = 1$ m távolságban elhelyezett detektornál az intenzitás

$$I_0 = \frac{W}{4\pi R^2} = 3,3 \cdot 10^5 \nu \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}. \quad (1)$$

Ionizáló sugárzásból ennél nagyságrendekkel kisebb értékek is könnyűszerrel észlelhetők lennének, de a ν -sugárzás ilyen intenzitás mellett messze a kimutathatósági határ alatt marad.

Egészen más a helyzet a nagyméretű, elsősorban csillagászati méretű radioaktív sugárforrások esetében. Ezekből az ionizáló sugárzás nem juthat ki az erős abszorpció miatt, még a földkéreg radioaktivitását is elnyeli néhány méteres talajréteg. A ν sugárzás azonban szinte akadály nélkül kiléphet, így a nagy kiterjedésű, nem is igen koncentrált sugárforrás a fenténél sokkal erősebb intenzitásokat produkálhat. Például (1)-nél egy vastag földréteg alatt rejlő kiterjedt uránlelőhely felszínén észlelhető ν -sugárzás két-három nagyságrenddel, vagy a Naptól Földünket érő ν -sugárzás intenzitása öt nagyságrenddel nagyobb! A példák mutatják, hogy a neutrínótermelő gyenge kölcsönhatás (a még gyengébb gravitációhoz hasonlóan) éppen csillagászati méretekben válhatik fontossá.

A ν (neutrínó) zérus nyugalmi tömegű, fénysebességgel haladó semleges részecske, amely radioaktív β^+ -bomláskor és elektronbefogáskor keletkezik. A $\bar{\nu}$ (antineutrínó) hasonló tulajdonságokat mutat, de β^- -bomlásban jön létre. A két részecske nem azonosítható, különbséget tesz köztük leptontöltésük eltérő előjele. A leptontöltés megmaradási tétele folytán a ν és $\bar{\nu}$ különböző típusú reakciókat váltanak ki, így élesen megkülönböztethetők. A neutrínó kimutatására eddig legelőnyösebbnek a Pontecorvo-reakció tűnik:



A $\bar{\nu}$ detektálása Reines és Cowan nyomán a hidrogén indukált β^+ -bomlással végezhető el:



Első esetben a klórból keletkezett A^{37} argonizotóp radioaktivitása mérhető ki. A második esetben a hidrogénben (pl. vízben) egyidejűleg keletkező neutron és pozitron detektálható. A ν vagy $\bar{\nu}$ befogásának valószínűsége erősen függ az energiától, de értéke elméletileg minden energiára kiszámítható. A radioaktív bomlásoknál termelt ν -k és $\bar{\nu}$ -k energiája MeV nagyságrendű, ezekre a σ átlagos befogási keresztmetszet 10^{-43} cm^2 nagyságrendű, tehát nagyon kicsiny. Kísérletileg eddig csak az atom-

reaktorok $I_0 = 10^{13} \bar{\nu} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ intenzitású sugárzásának detektálása sikerült. Ennél a kimutathatóságot jellemző adat,

$$D = I_0 \sigma = 10^{-30} \bar{\nu} \text{ sec}^{-1}, \quad (4)$$

ami azt jelenti, hogy $D^{-1} = 10^{30}$ besugárzott magon (ez esetben proton) fordul elő másodpercenként egy (3) folyamat, amely regisztrálható. Ez mutatja a detektálás rendkívül nehéz voltát. Reines és Cowan azonban megemlítik, hogy a jelen kísérleti technika mellett lehetőknek látszik a kimutathatósági határ egy-két nagyságrenddel való csökkentése. (Ahhoz azonban, hogy pl. az (1) intenzitást kimutathassuk, $D = 10^{-38} \bar{\nu} \text{ sec}^{-1}$ -et kellene kimutatnunk, ami ma reménytelennek tűnő feladat.)

Vegyük ezután sorra a csillagászatilag számításba jövő neutrínóforrásokat.

2. A Föld

Földünk anyaga tartalmaz radioaktív anyagokat. Ezek közül a β^- -aktívak $\bar{\nu}$ -t sugároznak ki. Tiszta hidrogénből álló földanyagban néhány MeV-es $\bar{\nu}$ szabad úthossza (a cm^3 -ben levő atomok számát n -nel jelölve)

$$\lambda = \frac{1}{n\sigma} = 10^{15} \text{ km} \quad (5)$$

lenne, a tényleges kémiai összetételt figyelembevéve még nagyobb érték adódnék. Látjuk ebből, hogy a Földben bárhol keletkező $\bar{\nu}$ szinte akadály nélkül eléri a felszínt.

Besüljünk meg, mennyi $\bar{\nu}$ -t termel a felső kéregnek kb. 95%-át alkotó savanyú magmás kőzetek egy tonnája. A radioaktív elemek az U^{233} , Th^{232} , U^{235} és a velük egyensúlyban levő bomlástermékek, valamint néhány más, hosszúéletű izotóp. A mellékelt táblázatból leolvasható, hogy 1 tonna kéregkőzet aktivitása átlagosan $w = 1,7 \cdot 10^6 \bar{\nu} \text{ sec}^{-1} \text{ tonna}^{-1}$, ami önmagában elég nagy érték. Mennyi lehet a Föld teljes aktivitása?

A radioaktív anyagok eloszlását a Föld belsejében nem ismerjük, azonban valószínű, hogy azok a kéregben vannak feldúsulva. Ha feltesszük, hogy csak a 15 km vastag felső kéreg tartalmaz radioaktív anyagot, lévén a kéreg alsó részét alkotó bázikus és egyéb kőzetek járuléka, valószínűleg elhanyagolható (ennek tömege — az óceánokra is kiterjesztve! — $M = 2 \cdot 10^{19}$ tonna), akkor az antineutrínóintenzitás a Föld felszínén

$$I_0 = \frac{W}{4\pi R^2} = \frac{wM}{4\pi R^2} = 6,7 \cdot 10^6 \bar{\nu} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}. \quad (6)$$

Ha viszont az egész Földben a XIII. táblázatban megadott radioaktív elemkoncentrációt fogadjuk el (ami biztosan túlzás), M helyébe az egész Föld tömege irandó, így a terrális eredetű felszíni $\bar{\nu}$ -sugárzás

$$I_0 = 1,99 \cdot 10^9 \bar{\nu} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1} \quad (7)$$

lenne. Mindennek 2/3 része a K^{40} és Rb^{87} sugárzástól származik. Nagy geofizikai és geokémiai lehetősége volna, ha a $\bar{\nu}$ -sugárzás direkt mérésével el lehetne dönteni, mennyi a Föld belsejében a radioaktív anyag. Ez a Föld hideg vagy meleg keletkezésének problémájához nyújtana fontos tapasztalati adalékot.

Igen kedvezőtlen képet kapunk, ha detektálhatóság szempontjából vizsgáljuk a sugárzást. A Földön megmaradt radioaktív magok több-

XIII. táblázat

1 tonna kéregkőzet antineutrínóaktivitása

Izotóp	Felezési idő (sec)	Max. ν -energia (MeV)	Koncentráció (g/tonna)	Aktivitás (ν /sec tonna)
U^{238}	$4,41 \cdot 10^{16}$	α -bomló	3,97	—
Th^{234}	$2,08 \cdot 10^6$	0,19	egyensúlyi	$5,0 \cdot 10^4$
Pa^{234m}	$6,96 \cdot 10^1$	2,32	egyensúlyi	$4,9 \cdot 10^4$
Pb^{214}	$1,61 \cdot 10^3$	0,65	egyensúlyi	$4,5 \cdot 10^4$
Bi^{214}	$1,18 \cdot 10^3$	2,03	egyensúlyi	$4,5 \cdot 10^4$
Tl^{210}	$7,92 \cdot 10^1$	1,95	egyensúlyi	10^{-18}
Pb^{210}	$6,93 \cdot 10^8$	0,02	egyensúlyi	$4,5 \cdot 10^{-4}$
Bi^{210}	$4,32 \cdot 10^5$	1,17	egyensúlyi	$4,5 \cdot 10^{-4}$
Tl^{206}	$2,54 \cdot 10^2$	1,65	egyensúlyi	0,05
Th^{232}	$4,38 \cdot 10^{17}$	α -bomló	11,28	—
Ra^{226}	$2,11 \cdot 10^8$	0,05	egyensúlyi	$7,4 \cdot 10^4$
Ac^{228}	$2,21 \cdot 10^4$	1,55	egyensúlyi	$7,4 \cdot 10^4$
Pb^{212}	$3,82 \cdot 10^4$	0,59	egyensúlyi	$7,0 \cdot 10^4$
Bi^{212}	$3,63 \cdot 10^3$	2,5	egyensúlyi	$6,9 \cdot 10^4$
Tl^{208}	$1,86 \cdot 10^2$	1,79	egyensúlyi	$2,3 \cdot 10^4$
U^{235}	$2,24 \cdot 10^{16}$	α -bomló	0,03	—
Th^{231}	$9,18 \cdot 10^4$	0,20	egyensúlyi	$3,7 \cdot 10^4$
Ac^{227}	$6,84 \cdot 10^8$	0,04	egyensúlyi	$3,7 \cdot 10^4$
Fr^{223}	$1,26 \cdot 10^3$	1,2	egyensúlyi	$4,4 \cdot 10^{-1}$
Pb^{211}	$2,17 \cdot 10^3$	1,21	egyensúlyi	$3,4 \cdot 10^1$
Tl^{207}	$2,86 \cdot 10^2$	1,47	egyensúlyi	$3,3 \cdot 10^1$
K^{40}	$4,1 \cdot 10^{16}$	1,33	3,08	$7,8 \cdot 10^5$
Rb^{87}	$1,57 \cdot 10^{18}$	0,27	94,48	$3,0 \cdot 10^6$
La^{138}	$3,15 \cdot 10^{18}$	0,21	0,02	$2,0 \cdot 10^1$
Lu^{176}	$7,6 \cdot 10^{17}$	0,43	0,02	$6,0 \cdot 10^1$

milliárd év felezési idejűek, következésképpen igen kicsiny a bomlási energiájuk. Ezért a keletkező $\tilde{\nu}$ -k mindig a (3) küszöbenergia alatt maradnak. Kivételt csak az U^{238} és Th^{232} -család néhány közbeeső rövid-életű (ezért ritka) izotópja képez: a Pa^{234m} , Bi^{214} , Tl^{210} , Bi^{212} . 1,8 MeV-nél nagyobb energiával az összes $\tilde{\nu}$ -nak kb. 7%-a rendelkezik. Így

$$\text{az } U^{238}\text{-sorra } \sigma = 6,63 \cdot 10^{-46} \text{ cm}^2,$$

$$\text{a } Th^{232}\text{-sorra } \sigma = 1,6 \cdot 10^{-45} \text{ cm}^2,$$

$$\text{sz } U^{235}\text{-sorra } \sigma = 0,$$

$$\text{a többi elemre } \sigma = 0.$$

Ez azt jelenti, hogy

$$D = 2 \cdot 10^{-28} \tilde{\nu} \text{ sec}^{-1}$$

a kimutathatóság a 15 km vastag kéregben eloszlott radioaktivitás,

$$D = 6 \cdot 10^{-37} \tilde{\nu} \text{ sec}^{-1}$$

homogén eloszlás esetén. Ezek még perspektivikusan is alig észlelhető értékek. A nehézséget a terrális $\tilde{\nu}$ -sugárzás igen alacsony energiaspektruma jelenti. Jobb lehetőséget csak az nyújtana, ha sikerülne (3) helyett alacsonyabb energiaküszöb detektálási módot kidolgozni. Ez nagyságrendekkel megjavítaná D értékét. (Ilyen izotópok alkalmazását az nehezíti meg, hogy azok elektronbefogással elbomolhatnak.)

3. A Nap

Egészen más a helyzet a csillagok esetében, ahol a termonukleáris reakciók állandóan termelik a protonfeleslegű, rövid felezési idejű, nagy energia tartalmú β^+ -aktív izotópokat. Ezeknek ν -sugárzása jóval magasabban fekvő energiaspektrummal rendelkezik, így könnyebben detektálható.

Tekintsük a legközelebbi csillagot, a Napot. Ennek belsejében a ν -sugárzás közepes szabad úthossza (5)-nél nagyobb, ezért a centrális részekben termelt ν -sugárzás (a fénysugárzással ellentétben) háborítatlanul kiléphet, hamisítatlan képet hozhat a centrumban uralkodó viszonyokról. Látni fogjuk, hogy a Náp ν -sugárzásának intenzitása és energiaspektruma jellemző a Napban végbemenő fúziós folyamatokra, így végső soron módot nyújthat arra, hogy empirikusan meghatározzuk a Nap centrális hőmérsékletét.

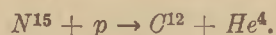
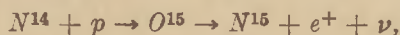
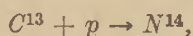
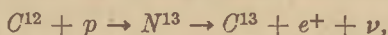
Hogy milyen fúziós lépésekben megy végbe a Napban a $H \rightarrow He$ szintézis, a tekintetben több elképzelés született. (A megvalósuló lehető-

séget elsősorban a napcentrum kémiai összetétele és hőmérséklete határozza meg.) Mindegyik végeredményben a

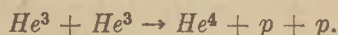
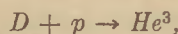
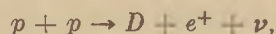


folyamatra vezet, amelynek során 26,7 MeV energia szabadul fel. Ez megoszlik a hőtermelés (mozgási energia, γ -fotonok, $e^- - e^+$ szétsugárzás) és a két ν közt, mégpedig a részfolyamatok jellegétől függő mértékben.

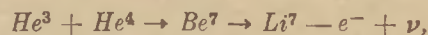
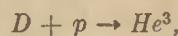
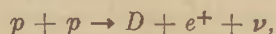
Bethe eredetileg a $C-N$ ciklusra következtetett:



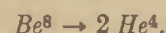
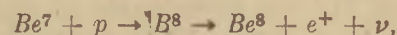
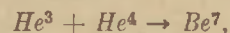
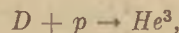
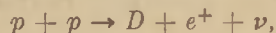
Salpeter a direkt $H-D$ szintézist tekinti dominánsnak:



Fowler a direkt szintézisnek két további lehetőségét engedi meg; egyik a $H-Li$ -ág:



másik lehetőség a $H-B$ -ág:



Az egyes folyamatokban keletkező ν -k sajátosságairól a XIV. táblázat ad áttekintést. Az egyes reakciótípusokhoz tartozó I_0 -t úgy számítottuk ki, hogy a Nap teljes energiateljesítését elosztottuk egy $4p \rightarrow He$ fúzió-

ban felszabaduló hőenergiával, így megkaptuk az időegység alatt keletkező *He* magok számát. Ugyanennyi keletkezik az egyes típusú ν -kból, tehát ez adja a *W*-t. Az eredményt $4\pi R^2$ -tel osztva adódik I_0 . (*R* a Nap—Föld távolság.) Végül $D = I_0 \sigma$ jellemzi a kimutathatóságot.

XIV. táblázat

A Nap neutrínóaktivitása

Folyamat	Bomlás	E_ν max. (Mev)	ν -re jutó %	σ (cm^2)	I_0 ($\nu \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$)	D ($\nu \text{ sec}^{-2}$)
C—N	$\text{N}^{13} \beta^+$ $\text{O}^{15} \beta^+$	1,21 1,7	5	$1,0 \cdot 10^{-43}$	$7 \cdot 10^{10}$	$7 \cdot 10^{-33}$
H—D	$p + p, \beta^+$ $p + p, \beta^+$	0,8 0,8	2	0	$6,6 \cdot 10^{10}$	0
H—Li	$p + p, \beta^+$ Be^7, K	0,8 0,86	4	$0,5 \cdot 10^{-43}$	$7 \cdot 10^{10}$	$3,5 \cdot 10^{-33}$
H—B	$p + p, \beta^+$ B^8, β^+	0,8 13,1	28	$70 \cdot 10^{-43}$	$9 \cdot 10^{10}$	$630 \cdot 10^{-33}$

A táblázatból leolvashatjuk, hogy a *H—D* folyamat ν -sugárzása a (2) folyamattal nem detektálható. A *C—N*-ciklus és *H—Li*-ág esetén a szoláris sugárzás kimutatásához a jelenlegi mérési érzékenység legalább két nagyságrenddel fokozandó, ami reális lehetőség. Különlegesen kedvező helyzetet nyújt a *H—B*-ág 14 MeV-et elérő ν -sugárzása. Ennek detektálása már mai eszközeinkkel is elvégezhető lett volna. *Davis* 1956-ban elvégezte a (2). kísérletet, mérési pontossága elérte a *H—B*-folyamat *D*-értékét, de biztos jeleket nem észlelt. Így ezt a lehetőséget már ma kizárhatjuk a tapasztalatra történő hivatkozással. A *C—N*-folyamat szerepe a Napon elméleti megfontolások szerint alárendelt, a direkt *H*-szintézis lehetőségei közt pedig közvetlen mérés néhány éven belül dönthet. Ez a neutrínó-csillagászat közeli perspektívája. (E téren a Föld $\bar{\nu}$ -sugárzása egyáltalán nem zavar. ν -k származnak a kozmikus sugárzás mezonjainak légköri bomlásából, ezek intenzitása azonban teljesen elhanyagolható. Érdekességből megjegyezzük, hogy egy Napot megközelítő égitest jóval intenzívebb szoláris ν -sugárzást észlelhet. A Nap ν -sugárzása az *Icarus* perihéliumában pl. 30-szor erősebb, mint a Földön, az atomreaktorok kimért $\bar{\nu}$ -sugárzásának nagyságrendjébe esik.)

Látjuk innen a neutrínócsillagászatban rejlő hatalmas lehetőségeket: Míg a fény csak az égitestek felületét mutatja nekünk, addig a

neutrínósugárzás alkalmas arra, hogy vele csillagászati méretű „röntgen”-felvételt készítsünk a Nap belsejéről, mint egy közvetlen hőmérőt dugva be oda.

4. Csillagok

A neutrínó kis befogási keresztmetszete azt eredményezi, hogy az univerzumban egy néhány MeV-es ν közepes szabad úthossza mintegy 10^{30} fényév (az $\bar{\nu}$ -é valamivel kisebb). Ez azt jelenti, hogy a neutrínósugárzás módot nyújthat térben és időben igen távoli események észlelésére (elvileg 10^{30} fényévig, ill. 10^{30} évig terjedően), feltéve természetesen, hogy a detektálás kérdése megoldható lenne.

A Proxima Centauri pl. 8 nagyságrenddel távolabb esik, mint a Nap, tehát ν -intenzitása tizenhat nagyságrenddel gyengébb.

Valamivel kedvezőbb a globális jelenségek észlelése. Így pl. a Földet Naprendszeren kívülről érő neutrínósugárzás jellege nagyon érzékeny arra, miként alakultak ki a kémiai elemek. Ha az univerzum állapota nagyjából stacionárius, és ha az összetett magok hidrogén fúziójából születtek a csillagok belsejében, az átlagos neutrínósűrűségnek egyenlőnek kell lennie a neutronsűrűséggel. Ez $I_0 \sim 10^5 \nu \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ becslésre vezet, az $\bar{\nu}$ -ké e mellett elhanyagolható. A ν -k energiaspektruma viszonylag elég magas: A Napéhoz hasonló, vagy annál még kedvezőbb. Így $D \sim 10^{-38} \bar{\nu} \text{ sec}^{-1}$ körül lehet a kozmikus ν -sugárzás kimutathatósága a (2) folyamatra vonatkoztatva. Ez technikailag kicsiny érték, de eléri egy erősebb β^+ -aktív preparátum közelből észlelhető (1) intenzitását!

Az univerzum expanziója, ha azt az egész megfigyelhető univerzumra extrapolálva általános jelenségnek fogadjuk el, Doppler-jelenség révén lényegesen módosítja a kezdeti energiaspektrumot. Ha egy neutrínó energiáját ϵ , az expandáló univerzum sugarát (vagy valamilyen más karakterisztikus távolságot) R jelöli, akkor az idő múltával

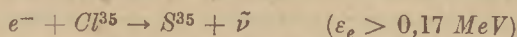
$$\epsilon(t) R(t) = \text{const} \quad (8)$$

marad. Ez azt jelenti, hogyha a neutrínó vagy antineutrínó születése óta történt expanzió mértéke n -szeres, akkor az emittáláskor nyert energia n -edrészre csökkent le. A kezdeti ν -energiaspektrum tehát nagy távolságokból érkező sugárzásnál az észlelési küszöb alá süllyed.

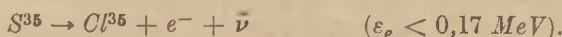
5. Szupernóvák

A természetben normálisan előforduló viszonyok közt neutrínók termelésének egyetlen formája a spontán radioaktív bomlás. Ez a helyzet normális csillagok belsejében is. Gamow mutatott rá elsőként, hogy különösen magas hőmérsékleten és nyomáson a helyzet megvál-

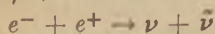
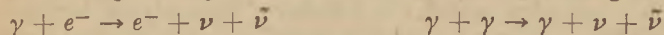
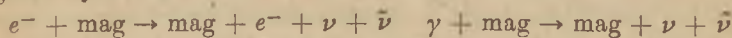
tozik: megnyílik a lehetősége annak, hogy a forró csillaganyag belső energiája a gyenge kölcsönhatás révén átalakuljon neutrínósugárzássá és így akadály nélkül kilépjen a világtérbe. A neutrínókisugárzás által előidézett hatékony hűtés a csillagfejlődés késői szakaszát számottevő módon befolyásolhatja. A magas hőmérsékleten élénk mozgást végző elektronok egy része szert tehet akkora energiára, amellyel előidézni képesek pl. az



elektronbefogást. A keletkezett kén-izotóp radioaktív: β^- -bomlással spontán Cl^{35} -té alakul vissza:



A körfolyamat végeredményeként az elektron energiájának jelentékeny hányada neutrínóvá és antineutrínóvá alakult át. (Gamow ezt a mechanizmust a híres dél-amerikai játékkaszinóról *URCA*-folyamatnak nevezte el.) Egymilliárd fok körül a csillaganyag 10^6 erg/g sec mértékű energiavesztéseget mutathat ezen folyamat révén. Még magasabb hőmérsékleten további reakciók lépnek fel, amelyek energiaátalakító szerepe még erőteljesebb lehet:



Mindezen reakciók már tisztán hűtő jellegűek: a neutrínók termelése nem kapcsolódik többé elemátalakulásokhoz, hanem egyszerűen azt jelenti, hogy a csillag mindaddig jól záró energiatarátlya kilyukad. A sok millió km vastag csillaganyagon át a hőmérséklet növekedtével egyre rohamosabb mértékben szökik meg a csillag belső energiája neutrínósugárzás formájában. Néhány milliárd fokon a neutrínósugárzás 10^{20} erg/g sec értéket is elérhet. (Összehasonlításul: A Nap mai teljes energialeadása átlagosan 2 erg/g sec.) Ekkora energiavesztéseget sem a termionukleáris reakciók, sem a gravitációs kontrakció nem képes pótolni. A csillag sorsa kényszerű módon tragédiába fullad: vagy a fehér törpe állapotba történő kollapszus, vagy a szupernóva-explozió lesz végzete.

Az utóbbi időben szovjet, amerikai és magyar szakemberek foglalkoztak az elméleti asztrofizikának ezzel az érdekes problémájával: a gyenge kölcsönhatások és neutrínók kései csillagfejlődésben játszott szerepével. A számítások azt mutatják, hogy a csillag életének utolsó heteiben a csillag neutrínófényessége erősen felszökik. A csillag a krízis közeledtével másodpercenként 10^{53} neutrínót sugároz ki, egyenként kb. 1 MeV energiával, ami 10^{47} erg sec⁻¹ neutrínóenergiakisugárzást jelent. Ez a hatalmas neutrínófényesség még a mai tökéletlen neutrínódetek-

torokkal is több száz fényév távolságból kimutatható lenne, így technikailag nem lehetetlen szupernóvakitörések előrejelzése. Természetesen elenyésző annak a valószínűsége, hogy néhány évszázadon belül ilyen közeli szupernóvakitörés élményében részesülhessen az emberiség. Nem szabad elfelejteni azonban, hogy a néhány száz fényév hatótávolság ma meglevő eszközök érzékenységre vonatkozik.

A gyakorlati csillagászat számára érdekesebb az a következtetés, hogy a kémiai elemeknek hidrogénből történő kialakulása során több neutrínó és antineutrínó születhetik, mint ahány neutron. Ekkor pedig a kozmikus neutrínósugárzás átlagos intenzitására kapott számérték megemelendő.

6. Antirészecskék

Az anyag egyik érdekes tulajdonsága a töltésszimmetria. Ez azt jelenti, hogy az anyag majd mindegyik típusa két változatban fordul elő, a két változat minden fizikai tulajdonságában megegyezik, csupán töltéseik előjele ellentétes. Egymást egyébként a felismerhetetlenségig hűen helyettesíteni képesek.

Az univerzum bennünket környező részének jellegzetes vonása, hogy itt praktikusán csak az egyik változat fordul elő, az, amelyet éppen ezért közönséges anyagnak mondunk, és amelynek legfőbb képviselői a negatív elektron, a pozitív proton és a neutron. Az ezekhez képest ellentétes töltést mutató antirészecskék, (többek közt) a pozitív pozitront, a negatív antiprotont és az antineutront tartalmazó antianyag hiányzik. *Hoyle* becslése szerint nem érheti el a közönséges anyag koncentrációjának 10^{-8} részét.

Az antianyag tehát fizikai tulajdonságai szempontjából a közönséges anyaggal egyenértékű, de természetes előfordulási gyakoriság szempontjából nem játszik szerepet.

Először is le kell szögeznünk, nincs értelme azon csodálkozni, miért éppen közönséges anyagból álló atomok alkotják a mi világunkat. Közönséges anyag és antianyag 50—50%-ban keveredve nem fordulhat elő, mert akkor az elektronok pozitronokkal, protonok antiprotonokkal, neutronok antineutronokkal egyesülve kioltanák egymás töltését és sugárzássá olvadnának szét. Ha vannak atomok, azok csak az egyiket tartalmazhatják az anyag két változata közül. Nyilván azt fogjuk közönséges anyagnak mondani, amely éppen a Földet, Tejútrendszeret felépítő atomokat alkotja.

De vajon a közönséges anyag túlsúlya jellemző-e az egész univerzumra? Ezen feltevés meglepő volna azon tény mellett, hogy fizikai tulajdonságait tekintve egyenrangú az anyag két változata.

Le kell szögeznünk, hogy semmiféle tapasztalattal nem áll ellenében az a feltevés, hogy távol, az univerzum tőlünk üres térségekkel

elválasztott részein léteznek antianyagból felépült égitestek, csillagok és galaxisok. Talán utóbbiak gyakorisága végső fokon ugyanakkora, mint az általunk közönségesnek mondott anyagi felépítésű égitesteké. Ezek észrevétele azonban nem könnyű feladat. Fizikai szerkezetük (a közönséges anyag és antianyag egyező tulajdonságai miatt) nem különbözik a környező égitestekétől. Az a körülmény, hogy ott távol az atommagoknak lenne negatív és az atomburoknak pozitív töltése, nem volna észrevehető a csillag hozzánk érkező fényén sem. A fény ugyanis szinte az egyetlen valamennyi anyag közt, amely teljesen neutrális és a szóban forgó kettősséget nem mutatja. A közönséges atomok által emittált foton és az antiatomok által emittált antifoton megegyezik, megkülönböztethetetlen. A neutrínósugárzás azonban lehetővé tenne ilyen különbségtevést. A Napon a termonukleáris reakciók során protonból neutronok keletkeznek, ami neutrínókisugárzással jár. Egy megfelelő antinap viszont antineutrínókat sugároz magából. A ν és $\bar{\nu}$ egészen más módon detektálhatók, tehát egy „neutrínótávesőben” a kétfajta égitest egészen más képet mutatna.

Láttuk, hogy egyes Naprendszeren kívüli égitestek neutrínósugárzásának egyedi detektálása (egészen közeli szupernóvák kivételével) a közeljövőben elképzelhetetlen feladat. Ha azonban sikerülne megoldani a kozmikus neutrínó-háttér detektálásának kérdését, és arra az eredményre jutnánk, hogy bizonyos térfélelől az antineutrínók érkeznek túlsúlyban, az fontos érv lehet antianyagból álló világsziget létezése mellett. (*M. Goldhaber* azt vetette fel elméletében, hogy az egész univerzum kozmogóniai okokból két ellentétes viselkedésű világszigetre oszlik.)

Ha elfogadjuk munkahipotézisként az ilyen antianyagból álló világsziget (vagy világszigetek) létezését, akkor a töltésszimmetria az előfordulási gyakoriságban is érvényre jut. Megmagyarázhatatlan marad az a körülmény, hogy miként állt elő közönséges anyagnak és antianyagnak ez a kedvező szétválása, amelynek végső soron az atomok, szilárd anyag, égitestek létét köszönhetjük. Hogy ez spontán fluktuáció eredménye legyen, az túlságosan valószínűtlennek tűnik.

Blohincev gondolata alapján *Pontecorvo* és *Szmorodinszkij* vizsgálták meg elméletileg részletesebben ezt a kérdést.

Tegyük fel, hogy valamely korábbi fejlődési fokon az univerzumot nagyjában egyenletes eloszlásban töltik ki a közönséges részecskék és antirészecskék. Természetesen véletlen sűrűsödések, ingadozások révén elképzelhető, hogy a tér egyik vidékén a közönséges részek, máshol az antirészek jutnak többségbe. Ez a túlsúly azonban nem lehet túlságosan nagy.

Egymás mellett levő közönséges részek és antirészek tengerében szükségszerűen megindul a szétsugárzás, ha a nyomás és hőmérséklet bizonyos kritikus érték alá száll. Ha pl. egy helyen 49% az antirészek és

51% közönséges részek koncentrációja, akkor a 49% antirész és 49% közönséges rész egyesülve szétsugárzódik (elsősorban mezonokká és fotonokká, végső soron hőmérsékleti sugárzássá) és a 2% közönséges rész most már stabilan megmarad.

A felületes szakember most azt mondaná, hogy ezt az esetet kizárhatjuk a reális lehetőségek sorából, mert a mi világunkban a hőmérsékleti sugárzás sűrűsége biztosan nem sokszorosa az atomokból álló közönséges anyag sűrűségének. Szmorodinszkij azonban rámutatott arra, hogy ez elhamarkodott kijelentés. A hőmérsékleti sugárzást alkotó fotonoknak megvan ugyanis a lehetősége, hogy (magas hőfokon gyorsan, alacsony hőfokon lassan) neutrínósugárzássá változzanak át, miként azt az előző fejezetben láttuk. Az anyag átfolyhat intenzív kölcsönhatást mutató változatból a gyenge kölcsönhatást mutató változatba anélkül, hogy figyelemre méltó mértékű visszafolyással számolnunk kellene. Pontecorvo viszont kimutatta, hogy jelenlegi észlelési eredményeink nem állnak ellentétben azzal a feltevessel, hogy az atomos anyag csillagászatilag észlelt sűrűségét (néhányszor 10^{-29} g cm^{-3}) felülmúló sűrűségben létezik a világunkban az a neutrínóanyag, ami egy korábbi közönséges anyag-antianyag szétsugárzódás terméke. Pontecorvo így okoskodott: *Reines* és *Cowan* (2) kísérlete és *Davis* (3) kísérlete olyan pontos volt, hogy a néhány MeV-es neutrínókról a következőket állapította meg: azok áramintenzitása nem nagyobb 10^{13} részecske $\text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$ -nál, a sűrűség tehát nem nagyobb 300 részecske cm^{-3} -nél. Ez pedig az említett energián 10^{-24} g cm^{-3} sűrűséghatárnak felel meg.

Még nehezebben volnának kimutathatók az alacsonyenergiájú neutrínók. Tételezzük fel, hogy a neutrínók és az antineutrínók a világ-mindenségben hőmérsékleti egyensúlyban vannak jelen. Ekkor energia-eloszlásukat egy olyan függvény írja le, amely némileg a Planck-törvényre emlékeztet:

$$I(\varepsilon) d\varepsilon = \frac{4\pi h^{-3} c^{-2} \varepsilon^2 d\varepsilon}{e^{\varepsilon/kT} + 1}.$$

Becsüljük meg, hány neutrínó van, amely T hőmérsékletű sugárzásban az ε_0 kimutatási küszöbenergia felett található.

$$I_{\text{det}} = \int_{\varepsilon_0}^{\infty} I(\varepsilon) d\varepsilon.$$

Neutrínóra (2) szerint $\varepsilon_0 = 0,8$ MeV. Másrészt $I_{\text{det}} < 10^{13} \nu \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$. Ebből leolvasható, hogy a neutrínóhőmérséklet $T < 200$ millió fok. Például 100 millió fokos neutrínósugárzás még összeférne atomfizikai tapasztalainkkal. Ilyen sugárzás tömegsűrűsége viszont nagyobb lenne a víznél! Ha ilyen sűrűségben töltenék ki neutrínók az egész

világot, mellettük a csillagászok által észlelt atomok és égitestek valóban kis fluktuációnak minősülnének.

Zeldovics mutatott rá arra, hogy ilyen abnormisan nagy, közönséges anyagot tízes nagyságrendekkel felülmúló neutrínóanyag jelenléte a világunkban mégsem képzelhető el. Atomfizikai megfigyelésekkel ugyan összefér, de csillagászati-történeti megfigyelésekkel nem. Az ilyen nagy neutrínósűrűség az általános relativitáselmélet szerint ugyanis olyan nagy gravitációs térgörbületet okozna, ami az univerzum expanziójának értelmezésénél vezetne ellentmondásra. De ez már a kozmológia területére esik, ahová nem kívánunk behatolni. Álljunk meg nyomozásunkban e ponton, ahol már szépen elénk táru, miként ölelkezik a legkisebb és legnagyobb: neutrínó és az univerzum.

7. Összefoglalás

Számításaink becslésjellegűek voltak. Célunk nem pontos elméleti értékek megadása, hanem annak felmérése, milyenek a neutrínócsillagászat perspektívái. Látjuk, hogy a neutrínósugárzás igen fontos információkat hoz az égitestekből, a tér és idő mélységeiből a sugárzás nagy áthatolóképessége miatt. De ugyanebből következik, hogy a detektálás alig legyőzhető nehézségeket támaszt.

A mai kísérleti érzékenységek egy-két nagyságrendű fokozásával (amire néhány éven belül reális lehetőség ígérkezik) megindulhat a Nap ν -sugárzásának kutatása, lévén a Nap az ember számára hozzáférhető ν -források közül a legintenzívebb. A sugárzás jellege fontos asztrofizikai felvilágosításokat nyújthat.

A terrális és a kozmikus (Naprendszeren kívüli) sugárzás észlelése a mai mérési pontosság sokmilliószorosát kívánná meg. Ennek reális lehetőségeit ma még nem látjuk, de jövő perspektívaként tagadni nem lehet. Előbbi a Föld, utóbbi az Univerzum történetéhez adna olyan fontos empirikus tényanyagot, amely — éppen a neutrínók különleges adottságai miatt — döntő lehet a jelenleg még ingatag és ködös kozmológiai, kozmogóniai elméletek reális alapokra való helyezése szempontjából. Az esetleges kozmikus méréseknél az erős szoláris ν -sugárzás (és terrális $\bar{\nu}$ -sugárzás) felveti a háttér kiküszöbölésének kérdését. Ez szintén igen súlyos probléma. A szoláris vagy terrális háttér leválasztását azok eltérő irány- és energiaeloszlása teszi csak lehetővé. Az energiaeloszlás különböző energiaküszöbű izotópok felhasználásával, az irányeloszlás pedig a befogási folyamatokban fellépő $\nu - e, \bar{\nu} - e^+$ iránykorreláció regisztrálásával elvileg észlelhető. Ilyen „neutrínó-spektroszkóp” és „neutrínótávcső” azonban az alkalmazandó magasabb küszöbenergiájú reakció folytán D értékét nagymértékben tovább csökkentti.

ALMÁR IVÁN:

KÖNYV- ÉS LAPSZEMLE

Rovatunk az 1961-es Csillagászati Évkönyv megfelelő összeállításának folytatásaként az 1960 május és 1962 április között megjelent csillagászati és asztronautikai irodalmat ismerteti.

CSILLAGÁSZATI KÖNYVEK

Bartha Lajos: *Séta a csillagos égen* (Móra Ferenc Kiadó, 1960). A népszerű stílusban megírt könyvecske elsősorban azoknak szól, akik a csillagászat elemeivel kívánnak megismerkedni, de hasznos a kezdő csillagászatotörnek is, mert a szerző a szabad szemmel és amatőr eszközökkel megfigyelhető jelenségekkel foglalkozik. A csillagképek részletes tárgyalásán kívül, a címen túlmenően megismerteti az időmérés csillagászati vonatkozásaival is: Tanácsokat ad egy egyszerű amatőr-távcső készítéséhez, majd sorra veszi a kis műszerrel az égen megfigyelhető fontosabb jelenségeket.

Horváth Árpád: *Csillagnézők. A csillagászat regénye* (Táncsics, 1961). A mű népszerű csillagászat-történeti munka. Megismerteti a csillagászat kiemelkedő alakjainak életével és ugyanakkor áttekintést ad a csillagászati elképzelések fejlődéséről az ókortól napjainkig. Böven foglalkozik a magyar csillagászat nagyjainak életével, munkásságával is. A könyv stílusa könnyed, anekdotázó, de a regényesség mellett nem szorul háttérbe az ismeretterjesztés feladata sem.

Kulin György: *A kis csillagász távcsöve* (Táncsics, 1961). Amatőr-csillagászok részére leírja a Galilei-, Kepler- és Newton-féle távcső építésének módját, s ezek alkalmazási területeit. A Kis Technikus Könyvtárban megjelent kötet a csillagászati alapismeretek mellett az égbolt megismeréséhez szükséges segédfelszereléseket (pl. csillagtérkép) is ismerteti.

Kulin György—Róka Gedeon: *A nagy Világmindenség* (Kossuth, 1961). A távcső világa c. könyv egy részének átdolgozott kiadása, mely a Pártmunkások Könyvtára sorozatban jelent meg, és a széles olvasóközönség igényeinek megfelelően készült. A csillagászat tudomá-

nyának ismertetésében a legegyszerűbb alapfogalmakból indul ki. Témái: a csillagászat eredete, a Földünket érő sugárzások, a csillagászati eszközök, az égitestek mozgása, az űrhajózás alapvető kérdései, a Naprendszer keletkezésének elméletei, a Tejútrendszer, a csillagok fizikai jellemzői, keletkezésük és a világegyetem szerkezete.

CSILLAGÁSZATI CIKKEK

Természettudományi Közlöny

B. L.—P. S.: *Visszatérő üstökösök 1960-ban.* (1960 április.)

Bartha Lajos: *A Hold túlsó oldaláról készült felvételek értékelése.* (1960 június.)

Bakos József: *Televízió a csillagászatban.* (1960 augusztus.) A különböző televíziós észlelő-eszközök érzékenységének összehasonlítása után az érzékenység növelésének lehetőségeit tárgyalja.

Josef Sadil: *Holdkutatás Csehszlovákiában.* (1960 szeptember.) A holdkutatás csehszlovák hagyományait és jelenlegi eredményeit ismerteti.

Róka Gedeon: *Az élet lehetősége a Naprendszerben.* (1960 november.) Milyen módszerek alkalmasak a növényzet létezésének kimutatására. A probléma részletes tárgyalása a Mars esetében.

—: *A Tejútrendszer alakja.* (1960 december.) A Tejútrendszer szerkezetének vizsgálata a 21 cm-es rádiósugárzás útján és más módszerekkel. A Tejútrendszer fejlődése, a spirálkarok keletkezése.

Ponori Thewrewk Aurél: *Az 1960. november 7-i Merkúr-átvonulás.* (1960 december.)

Róka Gedeon: *Napfogyatkozás lesz 1961. február 15-én.* (1961 január.)

—ó—e—: *Élet a Naprendszeren kívül.* (1961 február.) Részletesen tárgyalja, hogy milyen típusú csillag környezetében alakulhatott ki az élet, majd ismerteti az OZMA tervet.

Gausser Károly: *Amit ma a Vénuszról tudunk.* (1961 március.)

Rudolf Jobst: *Új óriástávcső a Német Demokratikus Köztársaságban.* (1961 március.) A tautenburgi Karl Schwarzschild obszervatórium kétméteres tükroteleszkópjának technikai adatai és kutatási lehetőségei.

Marik Miklós: *A magyar napfogyatkozás-expedíció.* (1961 április.) Az MTA debreceni Napfizikai Obszervatóriumának expedíciója Bulgáriába az 1961. február 15-i napfogyatkozás alkalmából.

Alfred Jensch: *A modern technika szerepe az asztrofizikai kutatásban.* (1961 május.) Az asztrofizika feladatáról, módszereiről, a modern csilla-

gászati obszervatóriumok munkájáról, a radartechnika alkalmazásának előnyeiről és a jövő lehetőségeiről szóló összefoglalás.

Sz. N. Vernov: *A kozmikus sugarak és a világűr.* (1961 április—június.) Egy 1960-ban megjelent cikk fordítása, tartalmazza a kozmikus sugarak kutatása során kapott főbb eredményeket, a kutatás problémáit és módszereit, továbbá különösképpen az űrrakéták műszereivel nyert adatokat, és a Föld sugárzási övezetének létrejöttére vonatkozó hipotéziseket.

R. G.: *A Nap és a kozmikus sugárzás.* (1961 július.) A kozmikus sugárzás eredetével kapcsolatban foglalkozik a Nap korpuszkuláris sugárzásának különböző típusaival, továbbá a kromosferikus flerekkel.

Bartha Lajos: *Csillagászati kutatások a sztratoszférából.* (1961 szeptember).

Róka Gedeon: *A világegyetem harmóniája.* (1961 október.) A világegyetemhez fűződő misztikus vallási elképzelések ismertetése és cáfolata. Rámutat, hogy a világegyetem harmóniája a természet törvényeinek érvényesülése.

Bartha Lajos: *A kisbolygókról.* (1961 október.)

Sinka József: *Csillagászat és csillagjósolás.* (1962 február.)

Fizikai Szemle

C. F. Powel: *A kozmikus sugárzás eredete* (1960 április). A primér kozmikus sugárzás eredetével foglalkozó tanulmány főbb témái: a kozmikus sugárzás jelentősége mikrofizikai és kozmológiai szempontból, természete, töltésspektruma, keletkezése és útja a Föld felé.

M. Zemplén Jolán: *A kopernikanizmus és annak elterjedése Magyarországon* (1960 július—augusztus). Részlet a szerző „A magyarországi fizika története 1711-ig” c. művéből.

Marx György: *Üzenetek a világűrből?* (1960 november.). Az élet kialakulásának csillagászati feltételeiről és idegen bolygórendszereken élő lényekkel való rádióösszeköttetés lehetőségeiről szól.

Pócs Lajos: *Az elemek keletkezése* (1961 január—február—március). Az 1. részben az elemek gyakoriságáról összegyűjtött tapasztalati anyagot, a felismerhető szabályszerűségeket és a csillagfejlődés feltételezhető menetét ismerteti. A 2. rész a csillagokban lejátszódó magreakciókat tárgyalja, a 3. rész pedig a nehéz elemek keletkezésének problémájával foglalkozik. A cikksorozat fontos csillagászati problémák egész sorát állítja a fizikus szemszögéből új, modern megvilágításba.

Somogyi Antal: *Az NGÉ kozmikus sugárzási eredményei* (1961 április—május). Az 1960. évi miskolci vándorgyűlésen elhangzott elő-

adás, melyben a szerző többek között a naptevékenység és a kozmikus sugárzás összefüggéseivel is foglalkozik.

Szalay Sándor—Gyarmati Borbála—Kovács Ádám—Sámsoni Zoltán: *A meteoritek mint a világűr kutatásának eszközei* (1961 augusztus). A dolgozat első része a meteoritek általános jellemzésével, második része anyaguk izotópösszetételére vonatkozó vizsgálataikkal és eredményeikkel foglalkozik.

K. A. Grigorjan: *A csillagok fényének polarizációjáról* (1961 augusztus). A bjurakani Asztrofizikai Observatórium munkatársának rövid tanulmánya.

C. H. van de Hulst: *A Tejútrendszer szerkezete és a 21 centiméteres mikrohullámú spektrumvonal* (1961 szeptember). A neves szerző 1959-ben megjelent cikkében a Tejútrendszer szerkezetére vonatkozó rádiócsillagászati kutatások eredményeiről tudósít. Beszámol a megfigyelés technikájában bekövetkezett fejlődésről és a legújabb tényekről, melyek a Tejútrendszer középpontja közelében végbemenő tágulásról tanúskodnak.

Magyar Fizikai Folyóirat

Enrico Fermi: *A kozmikus sugárzás eredetéről* (VIII. k. 2. f). Az 1949-ben megjelent cikk az interstelláris térből eredő kozmikus sugárzás mágneses gyorsításának elméletét tárgyalja.

Hédervári Péter: *A gravitációs „állandó” időbeli változása és a Hold belső szerkezete* (VIII. k. 4. f). A dolgozat az ún. holdmag létezésének feltételeivel, a gravitáció időbeli csökkenéséből levezetett Hold-tágulási hipotézissel, valamint a táguló Hold belső szerkezetével foglalkozik.

Marx György—Menyhárd Nóra: *A neutrinoszillagászat lehetőségeiről* (VIII. k. 6. f). A Föld neutrinosugárzása geokémiai, a Napé asztrofizikai, a Naprendszeren kívüli kozmogóniai szempontból jelentős.

Hédervári Péter: *A holdkráterek és gyűrűshegyek keletkezéséhez szükséges energiáról* (IX. k. 4. f)

Földrajzi Közlemények

Hédervári Péter: *A Hold túlsó oldalának vizsgálata* (1960. 2.). A 3. lunnyik által a Hold túlsó oldaláról készített felvételek alakzatainak elemzése.

Magyar Tudomány

E. R. Musztel: *A szovjet asztrofizika eredményeiről* (1961. 7. 8. szám). Lásd: Csillagászati Évkönyv 1962.

Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei

Barkász Emil: *Kepler egyenletének iteráció nélküli algebrai megoldása* (XXV. k. 1—4. szám).

Barkász Emil: *Számítási eljárás az excentrumos anomália pontos értékének gyors meghatározására.* (XXVIII. k. 1—4. szám).

Magyar Tudományos Akadémia Matematikai és Fizikai Osztályának Közleményei

Mohácsi Béla: *A holdfelület kialakulásáról* (X. k. 4. szám).

Műszaki Élet

Hédervári Péter: *A radioaktivitás szerepe a Hold életében* (1960. július 7.).

—: *A kozmikus részecskék eredetéről* (1960. július 21.).

Nagy Ernő: *A Hold mágneses tere a szovjet mérések tükrében* (1960. szeptember 1.).

Hédervári Péter: *Rádióhullámok a Napból* (1960. szeptember 15.).

Bartha Lajos: *A modern csillagászat kutatási eszközei* (1961. május 25.).

—: *Mit talál majd az első ember a Holdon?* (1961. június 8.).

Univerzum

J. A. van Allen: *Sugárzási gyűrűk a Föld körül* (1960. 3.). A gyűrűk felfedezésének története és a keletkezésükre vonatkozó néhány elképzelés.

—: *Földünk ikertestvére* (1960. 4.). A Vénuszra vonatkozó vizsgálatok eredményei.

A. A. Mihajlov: *A kettős bolygó* (1960. 5.). A Hold mozgásának sajátosságairól, a Föld—Hold rendszer egyidejű keletkezésének G. Darwin féle elméletéről.

H. C. King: *A csillagos ég földi mása* (1960. 7.). A csillagászati jelenségek bemutatására alkalmas készülékek története a modern Zeiss-planetáriumig.

F. Hoyle: *Miből van a világegyetem?* (1960. 8.). A csillagokban végbemenő folyamatok rövid összefoglalása.

—: *Utazás a megvilágban* (1960. 10.). Meddig terjeszthetők ki Newton illetve Einstein törvényei.

—: *Amit a Vénuszról tudni kell* (1961. 4.).

G. Lacoste: *A Föld lassabban forog* (1961. 7.).

J. N. Parijszkij: *Újabb megállapítások a Galaktika magjáról* (1961. 9.).

J. Sz. Sklovszkij: *Lehetséges-e az összeköttetés más bolygók értelmes lényeivel* (1961. 10.).

Népszerű Technika

Bartha Lajos: *Lassul a Föld forgása* (1960 május).

Bartha Lajos: *Mozaikükrök a csillagászatban* (1960 július).

Flórián Endre: *Honnan érkeznek a kozmikus sugarak?* (1960 augusztus).

Bartha Lajos: *Milyen a Föld alakja?* (1960 szeptember).

Bartha Lajos: *Mágneses csillagok* (1960 október).

B. L.: *Új óriástárcsövek* (1960 november).

Bartha Lajos: *Kozmikus por a Föld életében* (1960 december).

Bartha Lajos: *Napfogyatkozás lesz február 15-én* (1961 február).

Sinka József—Gausser Károly: *A Vénusz ostroma* (1961 március).

Bartha Lajos: *Sugárnyomás a Világmindenségben* (1961 március).

Bartha Lajos: *Víz a Holdon?* (1961 június).

Bartha Lajos: *Mágneses tér a csillagok között* (1961 július).

—: *A Föld porgyűrűje* (1961 július).

Bartha Lajos: *A Naprendszer felmérése* (1961 augusztus).

Bartha Lajos: *Csillagok születése és halála* (1961 szeptember).

Hédervári Péter: *A Mars-kutatás újabb eredményei* (1961 szeptember).

—: *Hány holdja van a Földnek?* (1961 október).

N. A. Kozirjev: *A Vénusz rejtélye* (1961 október).

Bartha Lajos: *Felrobbanó csillagok* (1961 október).

Bartha Lajos: *Kozmológia, a Világmindenség tudománya* (1961 november).

Aczél Etelka—Bartha Lajos: *Csillagsebek a Földön* (1962 január).

Ny. G.: *A tektitek rejtélye* (1962. január).

Hédervári Péter: *Az élet vándorútja a Világmindenségben* (1962 január).

Bartha Lajos: *A Tejútrendszer csillagai* (1962 február).

G. F.: *A Világegyetem geometriája* (1962 március).

Sinka József: *Megjegyzések „Az élet vándorútja a Világmindenségben” c. cikkhez* (1962 március).

Világosság

Róka Gedeon: *A világ „teremtése” és a modern csillagászat* (1960 november).

Egyed László: *A Föld kialakulása és fejlődése* (1961 december).

ASZTRONAUTIKAI KÖNYVEK

Nagy Ernő: *Tűzcsóva a világűrben* (Móra Ferenc Kiadó 1960.). A népszerű ifjúsági sorozatnak a rakétákkal foglalkozó kötete. Áttekinti a rakéta fejlődésének történetét, energiaforrásait, egyes műszaki problémáit stb. Részletesen foglalkozik az űrhajózásban ma alkalmazásra kerülő rakétatípusokkal és a jövő rakétaival.

Sinka József—Simonffy Géza: *A világűr küszöbén* (Móra Ferenc Kiadó 1961.). Népszerű csillagászati-űrhajózási összefoglalás az ifjúság számára. Ismerteti a mesterséges holdak tudományos és gyakorlati alkalmazásait, továbbá a csillagászat azon fejezeteit (pályaszámítás, szomszédos égitestek kutatása stb.), melyeket az asztronautika felhasznál. Külön fejezet foglalkozik az űrhajózás élettani előkészületeivel. A könyvet szórakoztató illusztrációk egészítik ki.

Lothar Hitziger: *Tűzes nyilak a világűrben* (Táncsics 1961.). A világűrbe hatolás problémáit tárgyalja ifjúsági színvonalon. Ismerteti a rakéta elvét és szerkezetét, továbbá, hogy milyen problémák megoldása után vált valósággá az ember űrrepülése. Függeléke: Bottoné Bolics György: *Hol tartunk ma?* és Rajna Béla: *Így jutott el Gagarin a világűrbe.*

ASZTRONAUTIKAI CIKKEK

Természettudományi Közlöny

Almár Iván: *A Hold mesterséges holdja* (1960 május). Először azzal a kérdéssel foglalkozik, hogy milyen feltételek mellett válhat egy a Földről indított rakéta a Hold holdjává, majd a Hold szputnyikjának programját ismerteti.

Nagy Ernő: *A szovjet űrkutatás újabb eredményei* (1960 június). Az első szputnyik-űrhajó felbocsátásáról és a visszatérés problémáiról.

Lukács Sándor—Halm Tibor: *„Defekt” az űrhajó falában* (1960 június). A robbanásszerű légnyomásnövekedés fiziológiai hatásaival és ezek kiküszöbölésének technikai problémáival foglalkozik.

N. E.: *A Discoverer program* (1960 augusztus).

Nagy István György: *A visszatérő szputnyik-űrhajó* (1960 szeptember).

Lukács Sándor: *Az oxigén Belka és Sztrelka űtiműhájában* (1960 szeptember). Az űrhajó kabinjának oxigénellátásával foglalkozik.

Bartha Lajos: *Az újabb amerikai mesterséges hold-kísérletekről* (1960 október).

—: *Ember a világűrben* (1961 május).

Almár Iván—Nagy Ernő: *Korunk tudománya: az asztronautika* (1961 május). Két különálló cikk, az első az asztronautika és csillagászat kapcsolatáról, a második az asztronautika technikai problémáiról szól.

Lukács Sándor: *Az űrhajós élettani előkészítése* (1961 május). A felkészítés különféle módszereiről és eszközeiről szól.

Tamási Zoltán: *Az űrhajózás néhány kémiai problémája* (1961 október—november). Az üzemanyagproblémákkal, a szerkezeti és burkolóanyag kutatással, az űrhajóban való oxigéntermeléssel, az űrhajó fertőtlenítésével és a gépeknek a világűrben elvégzendő kenésével foglalkozik.

Fizikai Szemle

Marx György—Szabó János: *A fotonrakéta lehetősége* (1960 július). A relativisztikus időparadoxon szemléletes bemutatása után a különböző rakétatípusok teljesítőképességének korlátaira tér át, majd sorra veszi a fotonrakéta technikai problémáit (sugárforrás, reflektálás, üzemanyag stb.).

L. I. Szedov: *A holdrakéták pályáiról* (1960 augusztus). Egy 1960-ban megjelent cikk fordítása. Tárgyalja a holdrakéták pályájának kiszámításakor alkalmazott egzakt és közelítő módszereket, különös tekintettel az első szovjet holdrakéták felbocsátásakor figyelembe vett követelményekre. A lunyikok pályáinak bemutatása.

Nagy Ernő: *Az ionrakéta (Elektromos gyorsítóberendezésekkel működő hajtóművek az űrhajózás céljaira.)* (1961 január). A dolgozat részletesen foglalkozik az ionrakéta-hajtóművek alapegyszerleteivel, szerkezeti felépítésükkel, fontosabb jellemzőikkel, majd néhány gyakorlati eredményről számol be.

H. Bondi: *Az űrutazók fiatalosága* (1961 február). Egy 1957-ben megjelent cikk fordítása. Az óraparadoxonnal és magyarázatával foglalkozik.

Sinka József: *Új mesterséges égitestek 1960-ban* (1961 február). Az 1960-ban felbocsátott mesterséges égitestek táblázatos összefoglalása fényképekkel kiegészítve.

Nagy Ernő: *K. E. Ciolkovszkij* (1961 március). A MTESz emlékünnepeken elhangzott előadás nyomán.

Nagy Ernő: *Asztronautikai lexikon* (1961 november). A készülő Természettudományi Lexikon asztronautikai címszavai.

Nagy Ernő: *A mesterséges holdakkal végzett kísérletek fizikai alapjai. I.* (1962 március). Egy szovjet monográfia nyomán az első részben a légkör összetételének, nyomásának, sűrűségének és hőmérsékletének mérésére szolgáló műszerek fizikai elveivel foglalkozik.

Magyar Tudomány

Detre László: *A második szovjet holdrakéta becsapódásának optikai megfigyeléséről* (1960. 7.). A budapesti és bajai megfigyelések, ezek értékelése és összehasonlítása a külföldi megfigyelésekkel.

Detre László: *A világűr meghódításának szovjet sikereihez* (1961. 6.). Gagarin űrutazása kapcsán megemlékezik a már megtett útról és kitér az előttünk álló feladatokra is.

Műszaki Élet

Nagy Ernő: *Pioneer V. az új amerikai űrkísérlet* (1960. március 31.).
—: *A mesterséges holdak belső energiaszükséglete és energiaforrásai* (1960. május 12.).

Nagy Ernő: *Amit a IV. szputnyikról tudni illik* (1960 május 26.).

Nagy Ernő: *Szabadgyökök, mint rakétahajtóanyagok* (1960. június 23.).

Nagy Ernő: *Az űrkitatás napirendjén a bolygóközi tér* (1960. július 21.).

Nagy Ernő: *Találkozás az űrben* (1960. augusztus 4.).

Nagy István György: *A szputnyik-űrhajók néhány műszaki problémája* (1960. szeptember 1.).

Nagy Ernő: *Érdekes rakétakísérlet: ivfűtésű rakétahajtómű* (1960. szeptember 15.).

Nagy Ernő: *Egy érdekes kísérlet margójára. Elnémult a Pioneer V. adója* (1960. szeptember 15.).

Sz. M. Ritov: *Hogyan fest a világegyetem a közel fénysebességű űrhajó ablakából?* (1960. szeptember 15.).

Nagy Ernő: *A stockholmi asztronautikai kongresszus* (1960. október 13.).

Nagy Ernő: *Tárolható rakétahajtóanyagok* (1961. február 16.).

Nagy Ernő: *A szovjet Vénusz-rakéta néhány érdekes műszaki részlete* (1961. március 2.).

Nagy Ernő: *Az ember űrrepülése felé* (1961. március 16.).

Nagy Ernő: *Visszatért az első ember a világűrből* (1961. április 13.).

Nagy Ernő: *Az űrkitatás új fejezete* (1961. április 27.).

—: *Elektromos űrhajók* (1961. április 27.).

Nagy Ernő: *Néhány érdekes részlet a Vosztok repüléséről* (1961. május 17.).

Nagy Ernő: *Az amerikai űrleltani blimpetek* (1961. május 17.).

—: *Műanyaggömb a világűrben* (1961. június 8.).

N. E.: *A Naprendszer kutatásának legközelebbi lehetőségei* (1961. augusztus 3.).

—: *Űrkutatás és mérés-technikai* (1961. augusztus 17.).

Nagy Ernő: *Szovjet rakétakísérletek a Csendes-óceánon* (1961. november 9.).

N. E.: *A Saturn terv* (1961. december 7.).

—: *Hibrid rakétahajtóművek* (1962. január 4.).

Sényi Imre: *Televízió az óceánon keresztül* (1962. február 1.).

Nagy Ernő: *Újabb típusú rakétahajtóművek* (1962. február 1.)

Nagy Ernő: *A Ranger-terv, az amerikai holdkutatási program.* (1962. február 15.).

Nagy Ernő: *Az első amerikai űrrepülő* (1962. március 1.).

Nagy Ernő: *Forgószárnyas visszatérő űrhajó* (1962. március 29.).

N. Varvarov: *Nemzetközi együttműködés az űrkutatásban* (1962. április 12.).

Béke és Szocializmus

G. Pokrovskij: *A mai tudomány és az ember behatolása a világűrbe* (1960. 10.). Az űrkutatásban elért eredményekről és a nemzetközi együttműködés lehetőségeiről.

Technika

Nagy Ernő: *Rádió a világűrben* (1960 május). A mesterséges holdak és űrhajók rádiótechnikai problémái.

—: *A visszatérő űrhajó fülkéje* (1960 június). A légkörbe visszatérő fülke tervezésének főbb szempontjai.

Greguss Pál: *Vitorlával a Vénuszra?* (1960 augusztus). A Nap sugárnyomásának hasznosíthatósága a bolygóközi közlekedésben.

Nagy Ernő: *A világűrből a Földre* (1960 szeptember). Az V. szputnyik visszatérése.

Nagy Ernő: *Három diadalmas esztendő* (1960 október). Az első szputnyik fellövésének évfordulója alkalmából összefoglalja az eddigi űrkísérleteket és eredményeket.

Nagy Ernő: *A titokzatos bolygó felé* (1961 március). A szovjet Vénusz-rakéta fellövése alkalmából foglalkozik a mesterséges bolygók pályáival és az interplanetáris közlekedés feladataival általában (Nap eltalálása, szökés a Naprendszerből), majd ismerteti a Vénusz-rakéta pályáját.

Nagy Ernő: *Hogyan tovább?* (1961 május). Gagarin után, az „űrrandevúról” és az űrállomás létesítésének lehetőségeiről.

Nagy Ernő: *Világűr, ember, technika. Bemutatjuk a szovjet rakéta-indítások központját* (1961 szeptember).

Nagy Ernő: *Atomhajtású rakéták* (1961 október).

Nagy Ernő: *Rádió- és TV szputnyikok a világűrben* (1961 december). A híradástechnikai mesterséges holdak fajtái, felhasználhatóságuk és működésük.

Rádiótechnika

Nagy István György: *A Vénusz-rakéta és a rádióösszeköttetés* (1961 március). Az űrrakétával való rádióösszeköttetés műszaki problémái (zavarelhárítás, adóteljesítmény, jel-zaj viszony).

Ligeti György: *Mesterséges bolygók felhasználása URH kapcsolatok létesítésére* (1961 július).

Halász András: *Mesterséges holdak a híradástechnika szolgálatában* (1962 január, március, április). Részletesen foglalkozik a mesterséges holdak segítségével kiépíthető híradástechnikai rendszerekkel, az aktív és passzív retranzlációs szputnyikok összehasonlításával, zavarproblémákkal stb.

—: *Milyen volt a rádióösszeköttetés a Vosztok 2 és a Föld között?* (1962 február). Az űrhajón elhelyezett rádiótechnikai berendezések leírása.

Univerzum

—: *Bolygóközi útvonalak* (1960. 4.). A Mars illetve a Vénusz felé induló űrhajók pályái.

J. Lederberg: *Az élet keresése a Földön kívül* (1960. 5.). Az 1960-as űrkutató konferencián elhangzott előadás.

—: *Ember a világűrben. Az élet problémái a súlytalanság állapotában* (1960. 6.).

—: *Szputnyik-űrhajók.* (1961. 2., 3., 4.). A Pravda közleményei alapján a szputnyik-űrhajók szerkezetéről, a kabinról, az életfeltételek biztosításáról, a kozmikus sugárzás és a Nap ibolyántúli és röntgen-sugárzásának vizsgálatáról, a visszatérítés problémáiról.

—: *A teljesítmény a döntő* (1961. 5.). A szovjet és amerikai űrkísérletek egybevetése. Táblázatok valamennyi 1961. március 1. előtt indított mesterséges égitestről.

M. H. Briggs: *Az űrhajózás néhány táplálkozási problémája* (1961. 7.). Az űrhajós étrendje, a mikroorganizmusok szerepe stb.

A. Sternfeld: *Űrhajósok a Marson* (1961. 8.). Egy Mars-utazás feltételei.

—: *Kozmikus időjelző állomások* (1962. 2.). A mesterséges holdak a meteorológia szolgálatában.

Népszerű technika

- Papp Bálint: *Az ember a világűr kapujában* (1960 június).
Sinka József: *Távcső a világűrben* (1960 július).
Marx György: *Üzenetek a világürből* (1960 december).
F. E.: *Világűr kutatás radarral* (1960 december).
P. B.: *A világűr meghódítása* (1961 május).
Nagy István György: *Elektromos rakéták* (1961 augusztus).
Sinka József: *A második Vosztok* (1961 szeptember).
Kindzierszky Emil: *A távközlés új útjai* (1961 szeptember).
Szűcs József: *Rakéta helyett űrrepülőgép?* (1961 szeptember).
K. E.: *Az űrhajózás hírközlő rendszere: a fénytelefon* (1962. február).

Világosság

- Egyed László: *A Kozmosz küszöbén* (1961 május).
Róka Gedeon: *Az űrhajózás korában* (1961 november).

SZÓKE ANNA ÉS BÉLA:

GRAFIKUS ÖRÖKNAPTÁR

A szerzők öröknaptára (29. ábra) az évszám vízszintes és a havi dátum függőleges rovatának találkozásánál közvetlenül megadja a keresett napot. Például meg akarjuk tudni, hogy 1961. február 15-e milyen nap volt. Az 1961. év az 1901—2000 időközbe esik, tehát a táblázatnak ezen évszámok alatti részében megkeressük a 61-es számot. Ezután a február hónap táblázatában keressük fel a 15-ös számot. Ahol az említett 61-es évszámnak megfelelő vízszintes és a február 15-i napnak megfelelő függőleges rovat találkozik, a szerdának megfelelő színezést találjuk. 1961. február 15-e tehát szerda volt. Az ismeretes öröknaptáraknál vagy több könyvlapot (1), vagy több számtáblázatot (2), vagy betűtáblázatot (3) kell használni és amellet számon kell tartani, hogy az illető év szökőév-e, vagy sem.

E grafikus naptárnál a megfelelő nap jelölésére tetszés szerint választható a nap neve, vagy valamely betű, vagy szín, vagy különféle vonalkázás stb.

Öröknaptárunk a Gergely-naptár bevezetésének időpontjától 1582. okt. 15-től használható és az évszázadok ciklikus sorrendben való felírása által bővíthető.

A használhatóság felső határa

A grafikus öröknaptár érvényességének a felső határát csak úgy állapíthatjuk meg, ha emlékezetbe idézzük a Gergely-naptár *Silius* csillagász és *Clavius* matematikus által kidolgozott elveit.

A korábbi (Juliánus) naptár hiányosságai főképpen arra vezethetők vissza, hogy hosszú századokon keresztül nem ismerték fel a bolygómozgás egyik egyszerű törvényszerűségét és nem vették eléggé tekintetbe a maradék időket.

A Nap körül keringő bolygó valamely *A* pontjának délkör síkja annyiszor halad át egy nagyon távoli csillagon, ahányszor saját tengelye körül megfordul egy teljes napkörűli keringési pályán. Ugyanezalatt

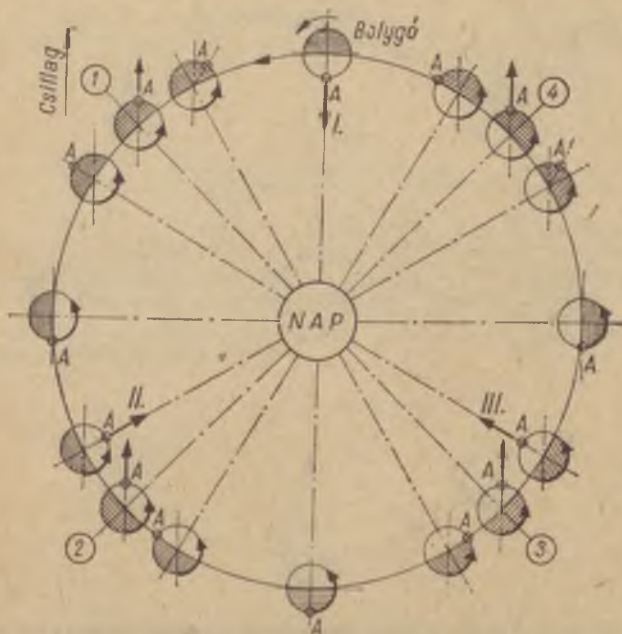
1582—1600		1601—1700		1701—1800	
1801—1900		1901—2000		2001—2100	
2101—2200					
3 53 61 89	1 29 37 83	13 41 69 97	9 37 65 93		
6 34 62 90	2 30 58 86	14 52 70 98	10 38 66 94		
7 35 63 91	3 31 59 87	15 53 71 99	11 39 67 95		
8 36 64 92	4 32 60 88	16 54 72	12 40 68 96		
9 37 65 93	5 33 61 89	17 55 73	13 41 69 97		
10 38 66 94	6 34 62 90	18 56 74	14 42 70 98		
11 39 67 95	7 35 63 91	19 57 75	15 43 71 99		
12 40 68 96	8 36 64 92	20 58 76	16 44 72		
13 41 69 97	9 37 65 93	21 59 77 00	17 45 73		
14 42 70 98	10 38 66 94	22 50 78	18 46 74		
15 43 71 99	11 39 67 95	23 51 79	19 47 75		
16 44 72	12 40 68 96	24 52 80	20 48 76		
17 45 73	13 41 69 97	25 53 81	21 49 77 00		
18 46 74	14 42 70 98	26 54 82	22 50 78		
19 47 75	15 43 71 99	27 55 83	23 51 79		
20 48 76	16 44 72 00	28 56 84	24 52 80		
21 49 77 00	17 45 73	1 29 57 85	25 53 81		
22 50 78	18 46 74	2 30 58 86	26 54 82		
23 51 79	19 47 75	3 31 59 87	27 55 83		
24 52 80	20 48 76	4 32 60 88	28 56 84		
25 53 81	21 49 77	5 33 61 89	1 29 57 85		
26 54 82	22 50 78	6 34 62 90	2 30 58 86		
27 55 83	23 51 79	7 35 63 91	3 31 59 87		
28 56 84	24 52 80	8 36 64 92	4 32 60 88		
1 29 57 85	25 53 81	9 37 65 93	5 33 61 89		
2 30 58 86	26 54 82	10 38 66 94	6 34 62 90		
3 31 59 87	27 55 83	11 39 67 95	7 35 63 91		
4 32 60 88	28 56 84	12 40 68 96	8 36 64 92		

29. ábra. Szécs Anna és Béla GRAFIKUS
 ŐRÖKNAPTÁR 1582, okt. 15-16]. Az évfordó
 vízszintes és a heti dátum függőleges rovta a
 megfelelő napnál található

-  Vasárnap
-  Hétfő
-  Kedd
-  Szerda
-  Csütörtök
-  Péntek
-  Szombat

COPYRIGHT BY A. B. SZÉCS IN HUNGARY

az idő alatt a Nap eggyel kevesebbszer delel A pontban. A 30. ábrán például a feltételezett bolygó A pontjának köre négyszer fordul meg saját tengelye körül egy teljes keringési pályán és így a távoli csillagnak az arab számokkal jelzett négy, de a keringési középpontnak (Napnak) csak a római számokkal jelzett három delelési pontja van. Ha A köre saját tengelye körül csak egyszer fordul meg (31. ábra) egy kerin-



30. ábra. A bolygó pontosan négyszer fordul meg saját tengelye körül a teljes keringési pályán. Ezalatt A pontjának délkörűsíkja négyszer halad át valamely kiválasztott állócsillagon, de csak háromszor, vagyis eggyel kevesebbszer a saját keringési középpontján

gési körben, akkor a tetszőleges A pontnak egyáltalában nincs a közép-pontra nézve delelési pontja vagy ha éppen a delelési síkban levő A pontot tekintjük, akkor az örökké abban is marad.

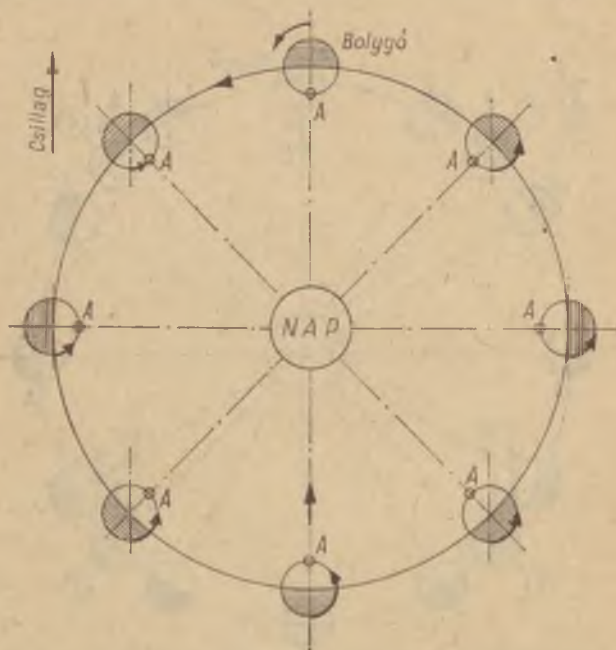
Ha pontosan 365-ször delelne a Nap a Föld A pontjában, akkor pontosan 366 csillagnapot lehetne észlelni.

Egy tropikus év (tavaszponttól tavaszpontig) azonban nem fejezhető ki egész számú napokban, hanem időtartama

365 nap 5 óra 48 perc 46 mp.

A maradék időt 6 órára felkerekítve, 4 évenként kell beiktatni egy szökőnapot, miáltal évenként 11 perc 14 mp lesz az elősietés, ami 100 év alatt 67 400 mp-re úg.

Ezért hagynak el 100 évenként 1 szökőnapot, vagyis 86 400 mp-t. Ezáltal azonban 100 évenként $86\,400 - 67\,400 = 19\,000$ mp visszamaradás adódik.



31. ábra. A bolygó pontosan egyszer fordul meg saját tengelye körül a teljes keringési pályán. Egyetlen pont állandóan, a lóbbi sohasem délel a keringési középpontban. A délkör síkja valamely kiválasztott állócsillagon egy keringés alatt egyszer halad át.

Ez a visszamaradás négy évszázad alatt

$$19\,000 \times 4 = 76\,000 \text{ mp-t}$$

tesz ki, ezért minden 400-zal osztható év szökőév. Ennek a szökőévnek a közbeiktatása azonban

$86\,400 - 76\,000 = 10\,400$ mp elősietést okoz 400 év alatt, tehát annyiszor 400 év múlva kell újra egy szökőnapot elhagyni, ahányszor 86 400-ban a 10 400 foglaltatik. Ez a hányados

$$8,30769, \text{ tehát}$$

$$8,30769 \times 400 = 3323,076$$

és így a 3324. év, vagy még inkább a 3200. év szökőnapja elmaradhat.

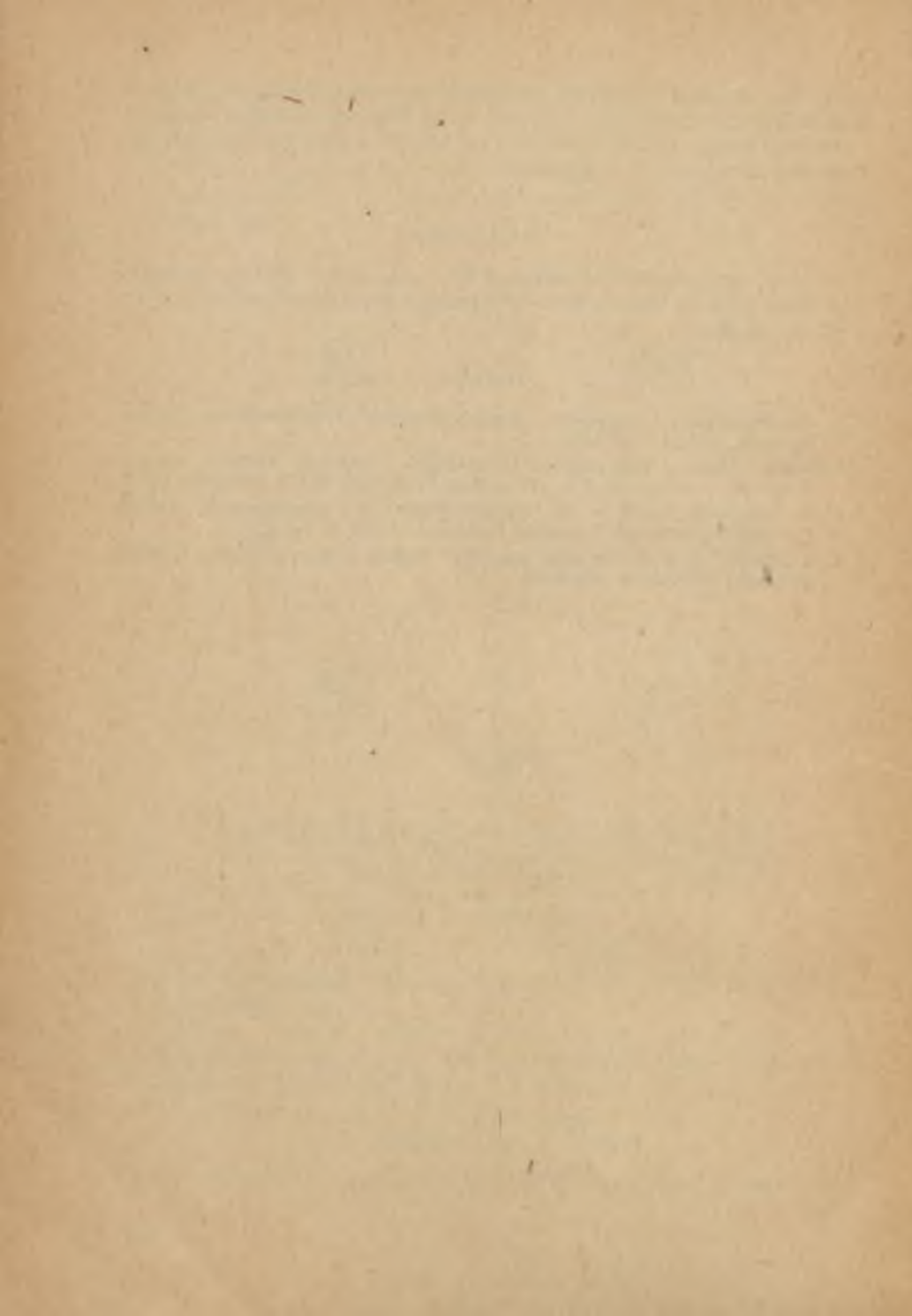
Ezt azonban a grafikus öröknaptárunk nem foglalja magába, és így 3200 év, vagy a későbbi rendelkezéstől függően 3324 év az érvényesség felső határa. Olyan távoli jövő ez, aminek a naptára a mai kor fiát gyakorlatilag nem is érdekelheti.

Összefoglalás

A Gergely-naptárnak olyan 1582. okt. 15-től 3200-ig érvényes grafikus kivitelét mutatják be a szerzők, mely közvetlenül megadja a dátum napját.

Irodalom

1. *Gárdonyi Géza*: Öröknaptár. Csinálta Gárdonyi Géza, Budapest, Magyar Nyomda, 1894. — 80 oldal.
2. *König Dénes*: Matematikai Mulatságok. Második sorozat. Magyar Könyvtár. Lampel R. Kk. (Wodiáner F. és fiai) R. T. Budapest, 1905.
3. *Dr. Aujezsky László és dr. Gombocz Endre*: Új kincseskönyv. Magyar Természettudományi Társulat. Budapest, 1940. I. kötet.
4. A „Pallas” és a „Révai nagy lexikon” Naptár címszava alatt a korábbi irodalom felsorolása található.



TARTALOM

Táblázatok, grafikonok:

A Nap és Hold kelte és fontosabb adatai	4
A Nap forgási tengelyének helyzete és a napkorong középpontjának héliografikus koordinátái	28
Az öt fényes bolygó távolsága (r) és fényessége (m)	29
A szabad szemmel látható bolygók koordinátái és látszólagos sugara 0 ^b világidőkor	30
A Jupiter-holdak helyzetei és jelenségei	34
A Magyarországon látható fényesebb csillagok	40
Jelentősebb kisbolygók	48
Periodikus üstökösök	49
Gömbhalmazok	50
Planetáris ködök	51
Ekvatoriális koordináták átszámítása galaktikai koordinátákra	53
Napfoltrelatívszámok	62
A csillagos ég 1963-ban	65

Beszámolók:

<i>Detre László:</i> A Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intéze- tének működése (1961 június 1—1962 május 31)	81
<i>Róka Gedeon:</i> A TIT csillagászati és űrhajózási szakosztályainak 1961/62. évi működése	89
<i>Kulin György:</i> A TIT Uránia bemutató csillagvizsgálóinak működésé- ről (1961 május 1—1962 április 30-ig)	97

Cikkek:

<i>A. G. Maszjevics:</i> A Nemzetközi Csillagászati Unió XI. közgyűlése ..	114
<i>Nagy Ernő:</i> A mesterséges égitestekkel elért tudományos eredmények	128
<i>Bertrand Russel:</i> A természettudomány születése	148
<i>Kulin György:</i> Élet a kozmoszban — mai szemmel	164
<i>Róka Gedeon:</i> A Világgyetem kémiaja	182
<i>Ifj. Bartha Lajos—Bender Leventéné:</i> A Mars holdjainak problémája	199
<i>Wm. Markowitz:</i> Az efemeris-idő másodperce	204
<i>Aczél Etelka—ifj. Bartha Lajos:</i> A Föld és a bolygók belső szerkezete	212
<i>Marx György:</i> Neutrínócsillagászat	238
<i>Almár Iván:</i> Könyv- és lapszemle	252
<i>Szöke Anna és Bélu:</i> Grafikus öröknaptár	264



Kiadja a Gondolat, a TIT kiadója
Felelős kiadó a Gondolat Kiadó igazgatója

Felelős szerkesztő: Róka Gedeon

Műszaki vezető: Löblin Imre

Műszaki szerkesztő: Földi Miklós

Megjelent 1750 példányban,

17 (A/5) ív + 2 old. melléklet

Ez a könyv az MSZ 5601—59 és 5602—55
szabványok szerint készült

62.1145 Egyetemi Nyomda, Budapest

F. v.: Janka Gyula igazgató

Ára: 25,— Ft