

**CSILLAGÁSZATI
ÉVKÖNYV**

1957

CSILLAGÁSZATI ÉVKÖNYV

AZ 1957. ÉVRE

SZERKESZTETTE:

A TÁRSADALOM- ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI
ISMERETTERJESZTŐ TÁRSULAT CSILLAGÁSZATI
SZAKOSZTÁLYA

Tiszteletpéldány



[Handwritten signature]

BUDAPEST, 1967

ITASZKA
VYVONAT

1957. évi
MOSZ 5601-50Á és 5602-50Á szabványok szerint készült

Felelős kiadó: A „Gondolat” Kiadó igazgatója

Ez a könyv az MNOSZ 5601-50Á és 5602-50Á szabványok szerint készült

57|2570 — Egyetemi Nyomda, Budapest — Felelős vezető: Janka Gyula

CSILLAGÁSZATI ADATOK AZ 1957. ÉVRE

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

Összeállította: Mersits József tudományos munkaező
a Magyar Tudományos Akadémia Csillagvizsgáló Intézeténél

I. JANUÁR

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fényváltózási	
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik		
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	K	1	1	7 32	11 47	16 03	7 26	16 46	☉ 3 13	
2	Sz		2	7 32	11 48	16 04	8 00	17 46		
3	Cs		3	7 32	11 48	16 05	8 30	18 48		
4	P		4	7 32	11 49	16 06	8 56	19 49		
5	Sz		5	7 32	11 49	16 07	9 19	20 51		
6	V		6	7 32	11 50	16 09	9 41	21 52		
7	H	2	7	7 31	11 50	16 10	10 04	22 55		
8	K		8	7 31	11 51	16 11	10 26	23 59		
9	Sz		9	7 31	11 51	16 12	10 52	—	☾ 8 06	
10	Cs		10	7 30	11 51	16 13	11 21	1 04		
11	P		11	7 30	11 52	16 14	11 56	2 12		
12	Sz		12	7 29	11 52	16 16	12 38	3 20		
13	V		13	7 29	11 53	16 17	13 31	4 25		
14	H	3	14	7 28	11 53	16 18	14 34	5 26		
15	K		15	7 28	11 54	16 20	15 47	6 20		
16	Sz		16	7 27	11 54	16 21	17 06	7 06	☉ 7 21	
17	Cs		17	7 26	11 54	16 22	18 27	7 44		
18	P		18	7 26	11 55	16 24	19 47	8 17		
19	Sz		19	7 25	11 55	16 25	21 06	8 47		
20	V		20	7 24	11 55	16 27	22 22	9 16		
21	H	4	21	7 23	11 55	16 28	23 36	9 44		
22	K		22	7 22	11 56	16 30	—	10 13	☾ 22 48	
23	Sz		23	7 21	11 56	16 31	0 47	10 45		
24	Cs		24	7 20	11 56	16 32	1 54	11 22		
25	P		25	7 19	11 56	16 34	2 56	12 03		
26	Sz		26	7 18	11 56	16 35	3 53	12 50		
27	V		27	7 17	11 57	16 37	4 42	13 43		
28	H	5	28	7 16	11 57	16 39	5 25	14 40		
29	K		29	7 15	11 57	16 40	6 02	15 38		
30	Sz		30	7 14	11 58	16 42	6 33	16 39	☉ 22 24	
31	Cs		31	7 13	11 58	16 43	7 00	17 41		

Nap : 3-án 7^h-kor földközlelben.

Hold : 4-én 9^h-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'44'',1

16-án 23^h-kor földközlelben, látszólagos sugara : 16'42'',3

31-én 15^h-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'43'',2

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2435...	Csillagidő* (λ = 0 ^h -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szencziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szencziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	″	h m	° ′
... 839,5	6 41 31,115	18 45	—23 03	16 18	18 39	—19 45
840,5	6 45 27,672	18 49	18 86	16 18	19 30	17 42
841,5	6 49 24,230	18 54	22 52	16 18	20 18	14 54
842,5	6 53 20,787	18 58	22 46	16 18	21 04	11 31
843,5	6 57 17,345	19 02	22 40	16 18	21 50	7 42
844,5	7 01 13,902	19 07	22 33	16 18	22 34	— 3 35
845,5	7 05 10,460	19 11	22 26	16 18	23 19	+ 0 41
846,5	7 09 07,017	19 16	22 18	16 18	0 04	4 59
847,5	7 13 03,574	19 20	22 10	16 18	0 50	9 09
848,5	7 17 00,131	19 24	22 02	16 18	1 39	13 02
849,5	7 20 56,689	19 29	21 53	16 18	2 31	16 25
850,5	7 24 53,246	19 33	21 43	16 18	3 26	19 04
851,5	7 28 49,803	19 37	21 33	16 18	4 24	20 43
852,5	7 32 46,360	19 42	21 23	16 18	5 26	21 06
853,5	7 36 42,916	19 46	21 13	16 18	6 29	20 03
854,5	7 40 39,473	19 50	21 02	16 17	7 32	17 35
855,5	7 44 36,030	19 55	20 50	16 17	8 34	13 53
856,5	7 48 32,587	19 59	20 38	16 17	9 32	9 16
857,5	7 52 29,143	20 03	20 26	16 17	10 29	+ 4 08
858,5	7 56 25,700	20 07	20 13	16 17	11 24	— 1 08
859,5	8 00 22,256	20 12	20 00	16 17	12 18	6 11
860,5	8 04 18,812	20 16	19 47	16 17	13 11	10 46
861,5	8 08 15,368	20 20	19 33	16 17	14 04	14 40
862,5	8 12 11,924	20 24	19 19	16 17	14 57	17 42
863,5	8 16 08,480	20 28	19 05	16 17	15 50	19 48
864,5	8 20 05,036	20 33	18 50	16 16	16 43	20 54
865,5	8 24 01,592	20 37	18 35	16 16	17 35	20 58
866,5	8 27 58,148	20 41	18 19	16 16	18 27	20 04
867,5	8 31 54,704	20 45	18 03	16 16	19 17	18 17
868,5	8 35 51,259	20 49	17 47	16 16	20 05	15 43
869,5	8 39 47,815	20 53	—17 31	16 16	20 52	—12 31

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

I. FEBRUÁR

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

Hold: 14-én 12^h-kor földközélen, látszólagos sugara: 18'46",3
 27-én 16^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'43",6

HÓNAP

0 ^h világidőkor						
Julian dátum 2435...	Csillagidő ($\lambda = 0^{\circ}$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szenziója	dekliná- ciója	látászó- sugara	rekta- szenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
... 870,5	8 43 44,370	20 57	—17 14	16 16	21 38	— 8 50
871,5	8 47 40,925	21 01	16 57	16 16	22 23	4 49
872,5	8 51 37,480	21 05	16 39	16 16	23 07	— 0 37
873,5	8 55 34,035	21 10	16 22	16 15	23 52	+ 3 39
874,5	8 59 30,590	21 14	16 04	16 15	0 38	7 48
875,5	9 03 27,145	21 18	15 46	16 15	1 25	11 43
876,5	9 07 23,700	21 22	15 27	16 15	2 14	15 11
877,5	9 11 20,254	21 26	15 08	16 15	3 07	18 01
878,5	9 15 16,809	21 30	14 49	16 14	4 02	20 00
879,5	9 19 13,363	21 34	14 30	16 14	5 00	20 54
880,5	9 23 09,918	21 38	14 11	16 14	6 01	20 31
881,5	9 27 06,472	21 41	13 51	16 14	7 03	18 47
882,5	9 31 03,026	21 45	13 31	16 14	8 04	15 45
883,5	9 34 59,580	21 49	13 11	16 14	9 04	11 35
884,5	9 38 56,143	21 53	12 50	16 13	10 03	6 39
885,5	9 42 52,688	21 57	12 30	16 13	11 00	+ 1 20
886,5	9 46 49,241	22 01	12 09	16 13	11 56	— 3 58
887,5	9 50 45,795	22 05	11 48	16 13	12 51	8 54
888,5	9 54 42,349	22 09	11 27	16 13	13 46	13 11
889,5	9 58 38,902	22 13	11 05	16 12	14 41	16 37
890,5	10 02 35,456	22 16	10 44	16 12	15 35	19 03
891,5	10 06 32,009	22 20	10 22	16 12	16 29	20 27
892,5	10 10 28,562	22 24	10 00	16 12	17 22	20 49
893,5	10 14 25,115	22 28	9 38	16 11	18 14	20 11
894,5	10 18 21,668	22 32	9 16	16 11	19 04	18 38
895,5	10 22 18,221	22 35	8 54	16 11	19 53	16 18
896,5	10 26 14,774	22 39	8 31	16 11	20 41	13 18
897,5	10 30 11,327	22 43	— 8 09	16 11	21 27	— 9 47

I. MÁRCIUS

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

Tavaszi kezdete: 20-án 22^h 17^m-kor.

Hold: 14-én 23^h-kor földközeli, látszólagos sugara: 16'37'',8
27-én 5^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'45'',0

HÓNAP

0b világlődőkor						
Julián dátum 2435...	Csillagidő (λ = 0°-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	′ ″	h m	° ′
...898,5	10 34 07,880	22 47	— 7 46	16 10	22 12	— 5 53
899,5	10 38 04,433	22 50	7 23	16 10	22 57	1 44
900,5	10 42 00,985	22 54	* 7 00	16 10	23 41	+ 2 30
901,5	10 45 57,538	22 58	6 37	16 10	0 27	6 40
902,5	10 49 54,090	23 02	6 14	16 09	1 14	10 37
903,5	10 53 50,643	23 05	5 51	16 09	2 03	14 10
904,5	10 57 47,195	23 09	5 28	16 09	2 54	17 08
905,5	11 01 43,748	23 13	5 04	16 09	3 47	19 18
906,5	11 05 40,300	23 16	4 41	16 08	4 43	20 29
907,5	11 09 36,852	23 20	4 17	16 08	5 41	20 32
908,5	11 13 33,405	23 24	3 51	16 08	6 40	19 21
909,5	11 17 29,957	23 28	3 30	16 08	7 39	16 55
910,5	11 21 26,509	23 31	3 07	16 07	8 38	13 22
911,5	11 25 23,061	23 35	2 43	16 07	9 37	8 54
912,5	11 29 19,614	23 39	2 20	16 07	10 34	+ 3 50
913,5	11 33 16,166	23 42	1 56	16 06	11 30	— 1 27
914,5	11 37 12,718	23 46	1 32	16 06	12 27	6 36
915,5	11 41 09,270	23 49	1 08	16 06	13 23	11 16
916,5	11 45 05,822	23 53	0 45	16 06	14 19	15 08
917,5	11 49 02,374	23 57	— 0 21	16 05	15 15	18 02
918,5	11 52 58,926	0 00	+ 0 03	16 05	16 11	19 51
919,5	11 56 55,478	0 04	0 26	16 05	17 05	20 34
920,5	12 00 52,030	0 08	0 50	16 05	17 59	20 13
921,5	12 04 48,582	0 11	1 14	16 04	18 50	18 56
922,5	12 08 45,134	0 15	1 37	16 04	19 40	16 49
923,5	12 12 41,687	0 19	2 01	16 04	20 28	14 01
924,5	12 16 38,239	0 22	2 24	16 03	21 14	10 40
925,5	12 20 34,791	0 26	2 48	16 03	21 59	6 53
926,5	12 24 31,343	0 30	3 11	16 03	22 44	— 2 50
927,5	12 28 27,895	0 33	3 35	16 03	23 29	+ 1 22
928,5	12 32 24,447	0 37	+ * 3 58	16 02	0 15	+ 5 34

I. ÁPRILIS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fény-változásai	
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyug-szík	kel	nyug-szík		
			h m	h m	h m	h m	h m	h m		
1	H	14	91	5 24	11 49	18 13	5 33	19 40		
2	K		92	5 22	11 48	18 14	6 02	20 45		
3	Sz		93	5 20	11 48	18 16	6 36	21 49		
4	Cs		94	5 18	11 48	18 17	7 16	22 51		
5	P		95	5 16	11 48	18 19	8 03	23 48		
6	Sz		96	5 14	11 47	18 20	8 59	—		
7	V		97	5 12	11 47	18 21	10 02	0 39	☉ 21 32	
8	H	15	98	5 10	11 47	18 23	11 13	1 23		
9	K		99	5 08	11 46	18 24	12 26	2 02		
10	Sz		100	5 06	11 46	18 26	13 42	2 36		
11	Cs		101	5 04	11 46	18 27	14 59	3 07		
12	P		102	5 02	11 46	18 29	16 17	3 36		
13	Sz		103	5 00	11 45	18 30	17 35	4 06		
14	V		104	4 58	11 45	18 31	18 51	4 32	☽ 13 09	
15	H	16	105	4 56	11 45	18 33	20 04	5 11		
16	K		106	4 54	11 44	18 34	21 13	5 50		
17	Sz		107	4 52	11 44	18 36	22 15	6 33		
18	Cs		108	4 51	11 44	18 37	23 09	7 22		
19	P		109	4 49	11 44	18 39	23 55	8 16		
20	Sz		110	4 47	11 44	18 40	—	9 14		
21	V		111	4 45	11 44	18 42	0 33	10 14	☾ 24 00	
22	H	17	112	4 43	11 43	18 43	1 05	11 14		
23	K		113	4 41	11 43	18 44	1 34	12 16		
24	Sz		114	4 40	11 43	18 45	1 59	13 16		
25	Cs		115	4 38	11 43	18 47	2 23	14 18		
26	P		116	4 36	11 42	18 48	2 46	15 20		
27	Sz		117	4 34	11 42	18 50	3 10	16 23		
28	V		118	4 33	11 42	18 51	3 35	17 28		
29	H	18	119	4 31	11 42	18 53	4 03	18 34	☀ 0 54	
30	K		120	4 30	11 42	18 54	4 35	19 39		

Hold : 12-én 2^h-kor földközelen, látszólagos sugara : 16'26'',7
 23-án 22^h-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'48'',3

HÓNAP

0 ^b világidőkor						
Julian dátum 2435...	Csillagidő ($\lambda = 0$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	° ′	h m	° ′
... 929,5	12 36 21,000	0 40	+ 4 21	16 02	1 02	+ 9 35
930,5	12 40 17,552	0 44	4 44	16 02	1 51	13 15
931,5	12 44 14,104	0 48	5 07	16 02	2 42	16 22
932,5	12 48 10,657	0 51	5 30	16 01	3 35	18 43
933,5	12 52 07,209	0 55	5 53	16 01	4 30	20 08
934,5	12 56 03,761	0 59	6 16	16 01	5 27	20 26
935,5	13 00 00,314	1 02	6 39	16 00	6 25	19 34
936,5	13 03 56,866	1 06	7 01	16 00	7 23	17 32
937,5	13 07 53,419	1 10	7 24	16 00	8 20	14 25
938,5	13 11 49,972	1 13	7 46	16 00	9 17	10 23
939,5	13 15 46,524	1 17	8 08	15 59	10 12	5 41
940,5	13 19 43,077	1 21	8 30	15 59	11 07	+ 0 38
941,5	13 23 39,630	1 24	8 52	15 59	12 03	- 4 28
942,5	13 27 36,183	1 28	9 14	15 59	12 59	9 17
943,5	13 31 32,736	1 32	9 36	15 58	13 54	13 30
944,5	13 35 29,289	1 35	9 57	15 58	14 51	16 50
945,5	13 39 25,842	1 39	10 18	15 58	15 48	19 07
946,5	13 43 22,395	1 43	10 39	15 57	16 44	20 16
947,5	13 47 18,948	1 47	11 00	15 57	17 40	20 18
948,5	13 51 15,502	1 50	11 21	15 57	18 33	19 19
949,5	13 55 12,055	1 54	11 42	15 57	19 24	17 26
950,5	13 59 08,608	1 58	12 02	15 56	20 13	14 49
951,5	14 03 05,162	2 02	12 22	15 56	21 00	11 37
952,5	14 07 01,716	2 05	12 42	15 56	21 45	7 59
953,5	14 10 58,269	2 09	13 02	15 56	22 30	- 4 01
954,5	14 14 54,823	2 13	13 21	15 55	23 15	+ 0 08
955,5	14 18 51,377	2 17	13 41	15 55	0 01	4 19
956,5	14 22 47,931	2 20	14 00	15 55	0 47	8 24
957,5	14 26 44,485	2 24	14 19	15 55	1 36	12 13
958,5	14 30 41,039	2 28	+ 14 37	15 54	2 27	+15 32

I. MÁJUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaldőben					A HOLD fény-változásai	
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik		
				h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Sz	(18)	121	4 28	11 42	18 56	5 14	20 43		
2	Cs		122	4 26	11 42	18 57	6 00	21 43		
3	P		123	4 25	11 42	18 58	6 54	22 36		
4	Sz		124	4 23	11 42	19 00	7 55	23 23		
5	V		125	4 22	11 42	19 01	9 04	—		
6	H	19	126	4 20	11 42	19 03	10 16	0 03		
7	K		127	4 19	11 42	19 04	11 30	0 48	☉ 3 29	
8	Sz		128	4 17	11 41	19 05	12 45	1 09		
9	Cs		129	4 16	11 41	19 06	14 00	1 38		
10	P		130	4 15	11 41	19 07	15 15	2 06		
11	Sz		131	4 13	11 41	19 09	16 30	2 36		
12	V		132	4 12	11 41	19 10	17 43	3 07		
13	H	20	133	4 10	11 41	19 12	18 54	3 43	☽ 23 34	
14	K		134	4 09	11 41	19 13	19 59	4 24		
15	Sz		135	4 08	11 41	19 14	20 57	5 10		
16	Cs		136	4 06	11 41	19 16	21 47	6 03		
17	P		137	4 05	11 41	19 17	22 29	7 00		
18	Sz		138	4 04	11 41	19 18	23 04	8 00		
19	V		139	4 03	11 41	19 19	23 35	9 01		
20	H	21	140	4 02	11 41	19 20	—	10 02		
21	K		141	4 01	11 41	19 21	0 01	11 04	☾ 18 03	
22	Sz		142	3 59	11 41	19 23	0 26	12 05		
23	Cs		143	3 58	11 41	19 24	0 48	13 06		
24	P		144	3 57	11 41	19 25	1 12	14 09		
25	Sz		145	3 57	11 42	19 26	1 36	15 13		
26	V		146	3 56	11 42	19 27	2 03	16 18		
27	H	22	147	3 55	11 42	19 28	2 33	17 24		
28	K		148	3 54	11 42	19 29	3 09	18 29		
29	Sz		149	3 53	11 42	19 30	3 52	19 32	☽ 12 39	
30	Cs		150	3 52	11 42	19 31	4 44	20 30		
31	P		151	3 52	11 42	19 32	5 45	21 20		

Hold : 9-én 4^b-kor földközélen, látszólagos sugara : 16'13'',5
 21-én 17^b-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'49'',0

HÓNAP

0 ^b világidőkor						
Julián dátum 2435...	Csillagidő ($\lambda = 0^{\circ}$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látzó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ' "	° ' "	h m	° ' "
959,5	14 34 37,593	2 32	+14 56	15 54	3 20	+18 08
960,5	14 38 34,148	2 36	15 14	15 54	4 16	19 49
961,5	14 42 30,702	2 39	15 32	15 54	5 14	20 24
962,5	14 46 27,256	2 43	15 49	15 53	6 12	19 48
963,5	14 50 23,811	2 47	16 07	15 53	7 10	18 00
964,5	14 54 20,366	2 51	16 24	15 53	8 07	15 08
965,5	14 58 16,920	2 55	16 41	15 53	9 03	11 22
966,5	15 02 13,475	2 59	16 57	15 53	9 57	6 55
967,5	15 06 10,030	3 03	17 14	15 52	10 51	+ 2 05
968,5	15 10 06,585	3 06	17 30	15 52	11 45	- 2 53
969,5	15 14 03,140	3 10	17 45	15 52	12 39	7 41
970,5	15 17 59,695	3 14	18 01	15 52	13 33	12 02
971,5	15 21 56,250	3 18	18 16	15 51	14 29	15 39
972,5	15 25 52,806	3 22	18 31	15 51	15 26	18 20
973,5	15 29 49,361	3 26	18 45	15 51	16 22	19 56
974,5	15 33 45,916	3 30	18 59	15 51	17 18	20 24
975,5	15 37 42,472	3 34	19 13	15 51	18 13	19 47
976,5	15 41 39,028	3 38	19 26	15 50	19 06	18 11
977,5	15 45 35,583	3 42	19 40	15 50	19 56	15 47
978,5	15 49 32,139	3 46	19 53	15 50	20 44	12 44
979,5	15 53 28,695	3 50	20 05	15 50	21 30	9 13
980,5	15 57 25,251	3 54	20 17	15 50	22 15	5 21
981,5	16 01 21,807	3 58	20 29	15 50	23 00	- 1 16
982,5	16 05 18,363	4 02	20 41	15 49	23 45	+ 2 54
983,5	16 09 14,919	4 06	20 52	15 49	0 31	7 01
984,5	16 13 11,475	4 10	21 02	15 49	1 19	10 55
985,5	16 17 08,031	4 14	21 13	15 49	2 09	14 26
986,5	16 21 04,588	4 18	21 23	15 49	3 02	17 20
987,5	16 25 01,144	4 22	21 32	15 49	3 57	19 23
988,5	16 28 57,701	4 26	21 42	15 48	4 55	20 22
989,5	16 32 54,257	4 30	+21 51	15 48	5 55	+20 07

I. JÚNIUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaldőben					A HOLD fényváltozásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
h m		h m		h m		h m		h m	
1	Sz	(22)	152	3 51	11 42	19 33	6 53	22 04	
2	V		153	3 50	11 42	19 34	8 05	22 40	
3	H	23	154	3 50	11 43	19 35	9 20	23 13	
4	K		155	3 49	11 43	19 36	10 35	23 42	
5	Sz		156	3 49	11 43	19 37	11 49	—	☉ 8 10
6	Cs		157	3 48	11 43	19 38	13 03	0 11	
7	P		158	3 48	11 43	19 38	14 16	0 39	
8	Sz		159	3 48	11 44	19 39	15 29	1 09	
9	V		160	3 47	11 44	19 40	16 39	1 42	
10	H	24	161	3 47	11 44	19 40	17 45	2 20	
11	K		162	3 47	11 44	19 41	18 46	3 03	
12	Sz		163	3 47	11 44	19 41	19 39	3 52	☽ 11 02
13	Cs		164	3 46	11 44	19 42	20 24	4 47	
14	P		165	3 46	11 44	19 42	21 03	5 46	
15	Sz		166	3 46	11 45	19 43	21 35	6 48	
16	V		167	3 46	11 45	19 43	22 04	7 49	
17	H	25	168	3 46	11 45	19 43	22 29	8 51	
18	K		169	3 46	11 45	19 44	22 52	9 52	
19	Sz		170	3 46	11 45	19 44	23 15	10 53	
20	Cs		171	3 46	11 45	19 44	23 38	11 54	☽ 11 22
21	P		172	3 46	11 46	19 45	—	12 57	
22	Sz		173	3 47	11 46	19 45	0 04	14 01	
23	V		174	3 47	11 46	19 45	0 32	15 05	
24	H	26	175	3 47	11 47	19 45	1 04	16 12	
25	K		176	3 48	11 47	19 45	1 44	17 16	
26	Sz		177	3 48	11 47	19 45	2 32	18 16	
27	Cs		178	3 49	11 47	19 45	3 28	19 11	☽ 21 53
28	P		179	3 49	11 47	19 45	4 34	19 59	
29	Sz		180	3 49	11 47	19 45	5 47	20 39	
30	V		181	3 50	11 48	19 45	7 03	21 14	

Nyár kezdete : 21-én 17^h21^m-kor.

Hold : 3-án 5^h-kor földközélen, látszólagos sugara : 16'13'',9

18-án 12^h-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'47'',9

30-án 9^h-kor földközélen, látszólagos sugara : 16'26'',4

H Ó N A P

0 ^b viláigidőkor						
Julián dátum 2435...	Csillagidő ($\lambda = 0^{\circ}$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szenciója	dekliná- ciója	látászó- sugara	rekta- szenciója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ' "	° ' "	h m	° ' "
... 990,5	16 36 50,814	4 34	+21 59	15 48	6 54	+18 38
991,5	16 40 47,370	4 39	22 07	15 48	7 53	15 58
992,5	16 44 43,927	4 43	22 15	15 48	8 50	12 21
993,5	16 48 40,484	4 47	22 23	15 48	9 45	8 00
994,5	16 52 37,040	4 51	22 30	15 48	10 40	+ 3 14
995,5	16 56 33,597	4 55	22 36	15 47	11 32	— 1 41
996,5	17 00 30,154	4 59	22 42	15 47	12 25	6 28
997,5	17 04 26,711	5 03	22 48	15 47	13 18	10 52
998,5	17 08 23,268	5 07	22 53	15 47	14 13	14 39
999,5	17 12 19,825	5 11	22 58	15 47	15 08	17 35
... 000,5	17 16 16,382	5 16	23 03	15 47	16 03	19 32
001,5	17 20 12,939	5 20	23 07	15 47	16 59	20 23
002,5	17 24 09,496	5 24	23 11	15 47	17 54	20 09
003,5	17 28 06,053	5 28	23 14	15 47	18 48	18 54
004,5	17 32 02,610	5 32	23 17	15 47	19 39	16 46
005,5	17 35 59,167	5 36	23 20	15 46	20 28	13 55
006,5	17 39 55,724	5 41	23 22	15 46	21 15	10 31
007,5	17 43 52,281	5 45	23 24	15 46	22 01	6 45
008,5	17 47 48,838	5 49	23 25	15 46	22 45	— 2 44
009,5	17 51 45,396	5 53	23 26	15 46	23 30	+ 1 23
010,5	17 55 41,953	5 57	23 26	15 46	0 15	5 30
011,5	17 59 38,510	6 01	23 27	15 46	1 01	9 28
012,5	18 03 35,067	6 05	23 26	15 46	1 50	13 06
013,5	18 07 31,624	6 10	23 25	15 46	2 41	16 14
014,5	18 11 28,181	6 14	23 24	15 46	3 36	18 39
015,5	18 15 24,738	6 18	23 23	15 46	4 33	20 05
016,5	18 19 21,295	6 22	23 21	15 46	5 32	20 22
017,5	18 23 17,853	6 26	23 18	15 46	6 33	19 21
018,5	18 27 14,410	6 30	23 16	15 46	7 33	17 04
019,5	18 31 10,967	6 35	+23 12	15 46	8 33	+13 30

I. JÚLIUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fény-változásai	
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delel	nyug-szik	kei	nyug-szik	h m	
1	H	27	182	3 50	11 48	19 45	8 21	21 46	☾ 13 09	
2	K		183	3 51	11 48	19 45	9 37	22 15		
3	Sz		184	3 52	11 48	19 44	10 53	22 44		
4	Cs		185	3 52	11 48	19 44	12 07	23 13		
5	P		186	3 53	11 49	19 44	13 19	23 45		
6	Sz	28	187	3 54	11 49	19 43	14 30	—	☽ 23 50	
7	V		188	3 55	11 49	19 43	15 37	0 20		
8	H		189	3 55	11 49	19 43	16 38	1 01		
9	K		190	3 56	11 49	19 42	17 33	1 47		
10	Sz		191	3 57	11 49	19 41	18 21	2 39		
11	Cs	29	192	3 58	11 49	19 40	19 02	3 36	☽ 3 17	
12	P		193	3 59	11 50	19 40	19 37	4 36		
13	Sz		194	4 00	11 50	19 39	20 07	5 38		
14	V		195	4 01	11 50	19 38	20 33	6 39		
15	H		196	4 02	11 50	19 38	20 57	7 41		
16	K	30	197	4 03	11 50	19 37	21 20	8 42	☽ 5 28	
17	Sz		198	4 04	11 50	19 36	21 43	9 40		
18	Cs		199	4 05	11 50	19 35	22 07	10 44		
19	P		200	4 06	11 50	19 34	22 33	11 46		
20	Sz		201	4 07	11 50	19 33	23 03	12 49		
21	V	31	202	4 08	11 50	19 32	23 38	13 53	☽ 5 28	
22	H		203	4 09	11 50	19 31	—	14 57		
23	K		204	4 11	11 51	19 30	0 20	15 59		
24	Sz		205	4 12	11 51	19 29	1 12	16 56		
25	Cs		206	4 13	11 51	19 28	2 13	17 48		
26	P	31	207	4 14	11 51	19 27	3 23	18 33	☽ 5 28	
27	Sz		208	4 15	11 51	19 26	4 38	19 11		
28	V		209	4 17	11 51	19 24	5 58	19 45		
29	H		210	4 18	11 51	19 23	7 17	20 17		
30	K		211	4 19	11 51	19 22	8 36	20 46		
31	Sz		212	4 20	11 50	19 20	9 53	21 16		

Nap: 3-án 2^h-kor földtávolban.

Hold: 16-án 4^h-kor földtávolban, látszólagos sugara: 14'45'',7
28-án 11^h-kor földközelen, látszólagos sugara: 16'38'',2

H Ó N A P

0 ^h világidőkor						
Julián dátum 2436...	Csillagidő ($\lambda = 0^{\circ}$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szencziója	dekliná- ciója	látzó- sugara	rekta- szencziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	″	h m	° ′
...020,5	18 35 07,524	6 39	+23 09	15 46	9 30	+ 9 24
021,5	18 39 04,081	6 43	23 05	15 46	10 26	4 37
022,5	18 43 00,638	6 47	23 00	15 46	11 20	— 0 22
023,5	18 46 57,195	6 51	22 55	15 46	12 13	5 16
024,5	18 50 53,751	6 55	22 50	15 46	13 07	9 47
025,5	18 54 50,308	6 59	22 45	15 46	14 00	13 43
026,5	18 58 46,865	7 03	22 39	15 46	14 54	16 51
027,5	19 02 43,422	7 08	22 32	15 46	15 50	19 03
028,5	19 06 39,979	7 12	22 25	15 46	16 44	20 12
029,5	19 10 36,535	7 16	22 18	15 46	17 39	20 18
030,5	19 14 33,092	7 20	22 11	15 46	18 32	19 23
031,5	19 18 29,649	7 24	22 03	15 46	19 24	17 32
032,5	19 22 26,205	7 28	21 54	15 46	20 13	14 56
033,5	19 26 22,762	7 32	21 46	15 46	21 01	11 43
034,5	19 30 19,318	7 36	21 36	15 46	21 47	8 04
035,5	19 34 15,875	7 40	21 27	15 46	22 32	4 08
036,5	19 38 12,431	7 44	21 17	15 46	23 17	— 0 03
037,5	19 42 08,987	7 48	21 07	15 46	0 01	+ 4 02
038,5	19 46 05,543	7 52	20 56	15 46	0 47	8 00
039,5	19 50 02,099	7 56	20 46	15 46	1 33	11 43
040,5	19 53 58,655	8 00	20 34	15 46	2 23	15 00
041,5	19 57 55,211	8 04	20 23	15 46	3 15	17 40
042,5	20 01 51,767	8 08	20 11	15 46	4 10	19 30
043,5	20 05 48,323	8 12	19 59	15 47	5 07	20 17
044,5	20 09 44,879	8 16	19 46	15 47	6 07	19 52
045,5	20 13 41,435	8 20	19 33	15 47	7 08	18 09
046,5	20 17 37,990	8 24	19 20	15 47	8 09	15 12
047,5	20 21 34,546	8 28	19 06	15 47	9 08	11 12
048,5	20 25 31,101	8 32	18 52	15 47	10 06	6 30
049,5	20 29 27,657	8 36	18 38	15 47	11 02	+ 1 25
050,5	20 33 24,212	8 40	+18 24	15 47	11 58	— 3 40

I. AUGUSZTUS

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fényváltozásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyug-szik	kel	nyug-szik	
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	Cs	(31)	213	4 22	11 50	19 18	11 08	21 48	
2	P		214	4 23	11 50	19 17	12 20	22 23	☉ 19 55
3	Sz		215	4 24	11 50	19 16	13 29	23 02	
4	V		216	4 26	11 50	19 14	14 32	23 47	
5	H	32	217	4 27	11 50	19 12	15 29	—	
6	K		218	4 28	11 50	19 11	16 19	0 36	
7	Sz		219	4 30	11 50	19 09	17 01	1 31	
8	Cs		220	4 31	11 50	19 08	17 38	2 29	
9	P		221	4 32	11 49	19 06	18 09	3 29	
10	Sz		222	4 33	11 49	19 05	18 37	4 31	☽ 14 08
11	V		223	4 35	11 49	19 03	19 02	5 32	
12	H	33	224	4 36	11 49	19 01	19 25	6 33	
13	K		225	4 37	11 49	19 00	19 48	7 34	
14	Sz		226	4 38	11 48	18 58	20 12	8 35	
15	Cs		227	4 40	11 48	18 56	20 37	9 36	
16	P		228	4 41	11 48	18 55	21 05	10 38	
17	Sz		229	4 42	11 48	18 53	21 37	11 40	
18	V		230	4 44	11 48	18 51	22 16	12 43	☽ 17 16
19	H	34	231	4 45	11 47	18 49	23 01	13 44	
20	K		232	4 46	11 47	18 48	23 56	14 42	
21	Sz		233	4 48	11 47	18 46	—	15 35	
22	Cs		234	4 49	11 47	18 44	1 00	16 22	
23	P		235	4 50	11 46	18 42	2 11	17 03	
24	Sz		236	4 51	11 46	18 40	3 28	17 40	
25	V		237	4 53	11 46	18 38	4 48	18 13	● 12 32
26	H	35	238	4 54	11 45	18 36	6 09	18 45	
27	K		239	4 56	11 45	18 34	7 29	19 16	
28	Sz		240	4 57	11 45	18 33	8 48	19 48	
29	Cs		241	4 58	11 45	18 31	10 04	20 23	
30	P		242	5 00	11 45	18 29	11 15	21 02	
31	Sz		243	5 01	11 44	18 27	12 22	21 45	

Hold : 12 én 15^h-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'44",2
 25-én 19^h-kor földközelen, látszólagos sugara : 16'43",5

H Ó N A P

0 ^b viláigidőkor						
Julián dátum 2436...	Csillagidő (λ = 0 ^o -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szenziója	dekliná- ciója	látzó- sugara	rekta- szenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ' "	' "	h m	° ' "
... 051,5	20 37 20,767	8 44	+ 18 09	15 47	12 53	- 8 25
052,5	20 41 17,322	8 47	17 54	15 47	13 47	12 36
053,5	20 45 13,877	8 51	17 38	15 48	14 42	15 59
054,5	20 49 10,432	8 55	17 23	15 48	15 37	18 26
055,5	20 53 06,987	8 59	17 07	15 48	16 32	19 51
056,5	20 57 03,542	9 03	16 50	15 48	17 26	20 14
057,5	21 01 00,097	9 07	16 34	15 48	18 19	19 35
058,5	21 04 56,651	9 11	16 17	15 48	19 11	18 02
059,5	21 08 53,206	9 14	16 00	15 48	20 00	15 40
060,5	21 12 49,760	9 18	15 43	15 49	20 48	12 40
061,5	21 16 46,315	9 22	15 25	15 49	21 35	9 10
062,5	21 20 42,869	9 26	15 08	15 49	22 20	5 20
063,5	21 24 39,423	9 30	14 50	15 49	23 05	- 1 19
064,5	21 28 35,977	9 33	14 31	15 49	23 49	+ 2 45
065,5	21 32 32,531	9 37	14 13	15 49	0 34	6 43
066,5	21 36 29,085	9 41	13 54	15 50	1 20	10 28
067,5	21 40 25,639	9 45	13 35	15 50	2 08	13 49
068,5	21 44 22,193	9 48	13 16	15 50	2 58	16 38
069,5	21 48 18,746	9 52	12 57	15 50	3 50	18 44
070,5	21 52 15,300	9 56	12 37	15 50	4 46	19 54
071,5	21 56 11,854	9 59	12 17	15 50	5 43	20 00
072,5	22 00 08,407	10 03	11 57	15 51	6 43	18 53
073,5	22 04 04,960	10 07	11 37	15 51	7 42	16 32
074,5	22 08 01,514	10 10	11 17	15 51	8 42	13 03
075,5	22 11 58,067	10 14	10 56	15 51	9 41	8 39
076,5	22 15 54,620	10 18	10 35	15 51	10 40	+ 3 40
077,5	22 19 51,173	10 21	10 15	15 52	11 36	- 1 31
078,5	22 23 47,726	10 25	9 53	15 52	12 33	6 33
079,5	22 27 44,279	10 29	9 32	15 52	13 29	11 04
080,5	22 31 40,832	10 32	9 11	15 52	14 26	14 49
081,5	22 35 37,385	10 36	+ 8 49	15 53	15 22	-17 37

I. SZEPTEMBER

Dátum	A hét napja	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fényváltásai
				Budapesten					
				A NAP			A HOLD		
				kel	delel	nyugszik	kel	nyugszik	
			h m	h m	h m	h m	h m	h m	
1	V	(35)	244	5 02	11 44	18 25	13 23	22 34	☽ 5 34
2	H	36	245	5 04	11 44	18 23	14 15	23 27	
3	K		246	5 05	11 43	18 21	15 00	—	
4	Sz		247	5 07	11 43	18 19	15 39	0 24	
5	Cs		248	5 08	11 43	18 17	16 11	1 23	
6	P		249	5 09	11 42	18 15	16 40	2 24	
7	Sz		250	5 11	11 42	18 13	17 07	3 25	
8	V		251	5 12	11 42	18 11	17 30	4 26	
9	H	37	252	5 13	11 41	18 09	17 54	5 26	☽ 5 55
10	K		253	5 15	11 41	18 07	18 17	6 27	
11	Sz		254	5 16	11 41	18 05	18 42	7 28	
12	Cs		255	5 17	11 40	18 03	19 10	8 30	
13	P		256	5 18	11 40	18 01	19 40	9 32	
14	Sz		257	5 20	11 40	17 59	20 16	10 33	
15	V		258	5 21	11 39	17 57	20 57	11 34	
16	H	38	259	5 22	11 39	17 55	21 48	12 32	
17	K		260	5 24	11 38	17 52	22 46	13 25	☾ 5 02
18	Sz		261	5 25	11 38	17 51	23 51	14 13	
19	Cs		262	5 26	11 37	17 48	—	14 55	
20	P		263	5 28	11 37	17 46	1 03	15 34	
21	Sz		264	5 29	11 37	17 44	2 19	16 08	
22	V		265	5 30	11 36	17 42	3 38	16 40	
23	H	39	266	5 32	11 36	17 40	4 58	17 11	☽ 20 18
24	K		267	5 33	11 36	17 38	5 19	17 44	
25	Sz		268	5 34	11 35	17 36	7 38	18 18	
26	Cs		269	5 36	11 35	17 34	8 54	18 57	
27	P		270	5 37	11 35	17 32	10 05	19 39	
28	Sz		271	5 39	11 35	17 30	11 10	20 28	
29	V		272	5 40	11 34	17 28	12 07	21 20	
30	H	40	273	5 41	11 34	17 26	12 56	22 17	☽ 18 49

Ősz kezdete : 23-án 8^h 27^m-kor.

Hold : 8-án 18^h-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'44",0
 23-án 6^h-kor földközélen, látszólagos sugara : 16'43",5

HÓNAP

0h világitidőkor

Julián dátum 2436...	Csillagidő ($\lambda = 0$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szenciója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szenciója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° '	' "	h m	° '
..082,5	22 39 33,937	10 40	+ 8 28	15 53	16 18	—19 21
083,5	22 43 30,490	10 43	8 06	15 53	17 13	20 00
084,5	22 47 27,043	10 47	7 44	15 53	18 06	19 37
085,5	22 51 23,595	10 51	7 22	15 54	18 58	18 18
086,5	22 55 20,148	10 54	7 00	15 54	19 48	16 10
087,5	22 59 16,700	10 58	6 38	15 54	20 37	13 22
088,5	23 03 13,253	11 01	6 15	15 54	21 23	10 02
089,5	23 07 09,805	11 05	5 53	15 54	22 09	6 19
090,5	23 11 06,357	11 09	5 30	15 54	22 54	— 2 23
091,5	23 15 02,910	11 12	5 08	15 55	23 38	+ 1 39
092,5	23 18 59,462	11 16	4 45	15 55	0 23	5 38
093,5	23 22 56,014	11 19	4 22	15 55	1 09	9 25
094,5	23 26 52,566	11 23	3 59	15 56	1 56	12 51
095,5	23 30 49,118	11 27	3 36	15 56	2 45	15 47
096,5	23 34 45,670	11 30	3 13	15 56	3 36	18 02
097,5	23 38 42,222	11 34	2 50	15 56	4 30	19 26
098,5	23 42 38,774	11 37	2 27	15 57	5 25	19 52
099,5	23 46 35,326	11 41	2 04	15 57	6 22	19 12
100,5	23 50 31,878	11 45	1 41	15 57	7 20	17 23
101,5	23 54 28,430	11 48	1 17	15 58	8 18	14 27
102,5	23 58 24,982	11 52	0 54	15 58	9 15	10 34
103,5	0 02 21,534	11 55	0 31	15 58	10 13	5 55
104,5	0 06 18,086	11 59	+ 0 07	15 58	11 10	+ 0 51
105,5	0 10 14,638	12 02	— 0 16	15 59	12 08	— 4 17
106,5	0 14 11,190	12 06	0 40	15 59	13 05	9 06
107,5	0 18 07,742	12 09	1 03	15 59	14 03	13 16
108,5	0 22 04,294	12 13	1 26	15 59	15 01	16 30
109,5	0 26 00,846	12 17	1 50	16 00	15 59	18 40
110,5	0 29 57,398	12 20	2 13	16 00	16 56	19 42
111,5	0 33 53,950	12 24	— 2 36	16 00	17 51	— 19 38

I. OKTÓBER

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

Hold : 5-én 23^h-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14'45",4
 21-én 14^h-kor földközelen, látszólagos sugara : 16'33",5

HÓNAP

0 ^h viláigidőkor						
Julián dátum 2436...	Csillagidő (λ = 0°-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szcenziója	dekliná- ciója	látászó- sugara	rekta- szcenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ′	″	h m	° ′
...112,5	0 37 50,502	12 28	— 3 00	16 00	18 44	—18 33
113,5	0 41 47,054	12 31	3 23	16 00	19 35	16 37
114,5	0 45 43,606	12 35	3 46	16 00	20 24	13 59
115,5	0 49 40,158	12 39	4 09	16 00	21 11	10 48
116,5	0 53 36,710	12 42	4 33	16 01	21 57	7 13
117,5	0 57 33,263	12 46	4 56	16 01	22 42	— 2 22
118,5	1 01 29,815	12 50	5 19	16 01	23 27	+ 0 38
119,5	1 05 26,367	12 53	5 42	16 01	0 12	4 37
120,5	1 09 22,919	12 57	6 05	16 02	0 57	8 28
121,5	1 13 19,472	13 01	6 27	16 02	1 45	12 00
122,5	1 17 16,024	13 04	6 50	16 02	2 34	15 03
123,5	1 21 12,576	13 08	7 13	16 03	3 24	17 28
124,5	1 25 09,129	13 12	7 35	16 03	4 17	19 04
125,5	1 29 05,682	13 15	7 58	16 03	5 12	19 43
126,5	1 33 02,234	13 19	8 20	16 03	6 07	19 20
127,5	1 36 58,787	13 23	8 42	16 04	7 03	17 52
128,5	1 40 55,340	13 26	9 04	16 04	8 00	15 20
129,5	1 44 51,892	13 30	9 26	16 04	8 56	11 53
130,5	1 48 48,445	13 34	9 48	16 04	9 51	7 39
131,5	1 52 44,998	13 38	10 10	16 05	10 47	+ 2 54
132,5	1 56 41,551	13 41	10 31	16 05	11 43	— 2 06
133,5	2 00 38,104	13 45	10 53	16 05	12 39	7 00
134,5	2 04 34,657	13 49	11 14	16 05	13 37	11 27
135,5	2 08 31,211	13 53	11 35	16 06	14 35	15 09
136,5	2 12 27,764	13 57	11 56	16 06	15 34	17 49
137,5	2 16 24,317	14 00	12 17	16 06	16 33	19 20
138,5	2 20 20,871	14 04	12 37	16 07	17 30	19 41
139,5	2 24 17,425	14 08	12 57	16 07	18 26	18 56
140,5	2 28 13,978	14 12	13 17	16 07	19 19	17 15
141,5	2 32 10,532	14 16	13 37	16 07	20 09	14 47
142,5	2 36 07,086	14 20	—13 57	16 08	20 57	—11 44

I. NOVEMBER

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

Hold : 2-án 13^hkor földtávolban, látszólagos sugara : 14'46'',8
 18-án 12^hkor földközelen, látszólagos sugara : 16'19'',4
 30-án 8^hkor földtávolban, látszólagos sugara : 14'48'',1

HÓNAP

0 ^b világidőkor						
Julián dátum 2436...	Csillagidő ($\lambda = 0^{\text{h}}$ -nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szenciója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szenciója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ' "	° ' "	h m	° ' "
... 143,5	2 40 03,640	14 24	-14 17	16 08	21 44	- 8 14
144,5	2 44 00,194	14 28	14 36	16 08	22 59	4 27
145,5	2 47 56,748	14 32	14 55	16 08	23 13	- 0 30
146,5	2 51 53,303	14 36	15 14	16 09	23 58	+ 3 30
147,5	2 55 49,857	14 39	15 32	16 09	0 44	7 23
148,5	2 59 46,411	14 43	15 50	16 09	1 31	11 02
149,5	3 03 42,966	14 47	16 08	16 09	2 20	14 15
150,5	3 07 39,521	14 51	16 26	16 10	3 11	16 53
151,5	3 11 36,075	14 55	16 43	16 10	4 04	18 44
152,5	3 15 32,630	14 59	17 01	16 10	4 59	19 38
153,5	3 19 29,185	15 03	17 17	16 10	5 54	19 30
154,5	3 23 25,740	15 08	17 34	16 11	6 51	18 16
155,5	3 27 22,295	15 12	17 50	16 11	7 47	16 00
156,5	3 31 18,851	15 16	18 06	16 11	8 42	12 48
157,5	3 35 15,406	15 20	18 22	16 11	9 36	8 50
158,5	3 39 11,961	15 24	18 37	16 11	10 30	+ 4 21
159,5	3 43 08,517	15 28	18 52	16 12	11 24	- 0 27
160,5	3 47 05,073	15 32	19 07	16 12	12 19	5 15
161,5	3 51 01,628	15 36	19 21	16 12	13 14	9 47
162,5	3 54 58,184	15 40	19 35	16 12	14 11	13 44
163,5	3 58 54,740	15 45	19 49	16 12	15 09	16 49
164,5	4 02 51,296	15 49	20 02	16 13	16 08	18 51
165,5	4 06 47,852	15 53	20 15	16 13	17 06	19 42
166,5	4 10 44,408	15 57	20 27	16 13	18 04	19 24
167,5	4 14 40,965	16 02	20 39	16 13	18 59	18 02
168,5	4 18 37,521	16 06	20 51	16 13	19 51	15 49
169,5	4 22 34,077	16 10	21 02	16 13	20 41	12 54
170,5	4 26 30,634	16 14	21 13	16 14	21 28	9 30
171,5	4 30 27,190	16 19	21 24	16 14	22 14	5 47
172,5	4 34 23,747	16 23	-21 34	16 14	22 59	- 1 51

I. DECEMBER

Dátum	A hét napjai	Az év hányadik hete	Az év hányadik napja	Közép-európai zónaidőben					A HOLD fényváltozásai	
				Budapesten						
				A NAP			A HOLD			
				kel	delei	nyug-szik	kel	nyug-szik		
			h m	h m	h m	h m	h m	h m		
1	V	(48)	335	7 11	11 33	15 55	12 52	0 58		
2	H	49	336	7 12	11 34	15 55	13 17	1 59		
3	K		337	7 13	11 34	15 54	13 45	3 01		
4	Sz		338	7 14	11 34	15 54	14 15	4 03		
5	Cs		339	7 15	11 35	15 54	14 52	5 07		
6	P		340	7 17	11 35	15 53	15 34	6 08		
7	Sz		341	7 18	11 36	15 53	16 25	7 08	☉ 7 16	
8	V		342	7 19	11 36	15 53	17 24	8 02		
9	H	50	343	7 20	11 37	15 53	18 29	8 51		
10	K		344	7 21	11 37	15 53	19 40	9 32		
11	Sz		345	7 22	11 38	15 53	20 52	10 10		
12	Cs		346	7 22	11 38	15 53	22 05	10 42		
13	P		347	7 23	11 38	15 53	23 19	11 12		
14	Sz		348	7 24	11 39	15 53	—	11 41	☾ 6 45	
15	V		349	7 25	11 39	15 53	0 33	12 11		
16	H	51	350	7 26	11 40	15 53	1 46	12 42		
17	K		351	7 27	11 41	15 54	2 59	13 17		
18	Sz		352	7 27	11 41	15 54	4 11	13 56		
19	Cs		353	7 28	11 41	15 54	5 19	14 42		
20	P		354	7 28	11 42	15 55	6 20	15 34		
21	Sz		355	7 29	11 42	15 55	7 15	16 32	☉ 7 12	
22	V		356	7 29	11 42	15 55	8 01	17 33		
23	H	52	357	7 30	11 43	15 56	8 40	18 36		
24	K		358	7 30	11 44	15 57	9 13	19 40		
25	Sz		359	7 31	11 44	15 57	9 42	20 42		
26	Cs		360	7 31	11 45	15 58	10 08	21 43		
27	P		361	7 31	11 45	15 59	10 32	22 44		
28	Sz		362	7 32	11 46	16 00	10 55	23 45		
29	V		363	7 32	11 46	16 00	11 19	—	☾ 5 52	
30	H	53	364	7 32	11 47	16 01	11 46	0 45		
31	K		365	7 32	11 47	16 02	12 14	1 47		

Tél kezdete : 22-én 3^h 49^m-kor.

Hold : 14-én 6^h-kor földközélen, látszólagos sugara : 16°09',5

28-án 5^h-kor földtávolban, látszólagos sugara : 14°47',9

HÓNAP

0 ^b világidőkor						
Julián dátum 2436...	Csillagidő (λ = 0'-nál)	A NAP			A HOLD	
		rekta- szenziója	dekliná- ciója	látszó- sugara	rekta- szenziója	dekliná- ciója
	h m s	h m	° ' "	° ' "	h m	° ' "
... 173,5	4 38 20,304	16 27	—21 44	16 14	23 44	+ 2 08
174,5	4 42 16,861	16 32	21 53	16 14	0 29	6 03
175,5	4 46 13,417	16 36	22 02	16 14	1 15	9 48
176,5	4 50 09,974	16 40	22 11	16 15	2 03	13 11
177,5	4 54 06,531	16 45	22 19	16 15	2 53	16 04
178,5	4 58 03,088	16 49	22 26	16 15	3 46	18 14
179,5	5 01 59,645	16 53	22 33	16 15	4 41	19 29
180,5	5 05 56,203	16 58	22 40	16 15	5 38	19 42
181,5	5 09 52,760	17 02	22 46	16 15	6 35	18 47
182,5	5 13 49,317	17 06	22 52	16 15	7 33	16 45
183,5	5 17 45,874	17 11	22 58	16 16	8 29	13 43
184,5	5 21 42,432	17 15	23 03	16 16	9 24	9 54
185,5	5 25 38,989	17 20	23 07	16 16	10 18	5 30
186,5	5 29 35,546	17 24	23 11	16 16	11 12	+ 0 48
187,5	5 33 32,104	17 28	23 15	16 16	12 05	— 3 57
188,5	5 37 28,661	17 33	23 18	16 16	12 59	8 28
189,5	5 41 25,219	17 37	23 20	16 16	13 54	12 31
190,5	5 45 21,776	17 42	23 23	16 16	14 50	15 50
191,5	5 49 18,334	17 46	23 24	16 16	15 47	18 13
192,5	5 53 14,891	17 51	23 25	16 16	16 45	19 31
193,5	5 57 11,449	17 55	23 26	16 16	17 42	19 41
194,5	6 01 08,006	17 59	23 27	16 16	18 38	18 45
195,5	6 05 04,564	18 04	23 26	16 17	19 31	16 52
196,5	6 09 01,121	18 08	23 26	16 17	20 23	14 11
197,5	6 12 57,679	18 13	23 25	16 17	21 12	10 56
198,5	6 16 54,237	18 17	23 23	16 17	21 58	7 17
199,5	6 20 50,794	18 22	23 21	16 17	22 44	— 3 24
200,5	6 24 47,352	18 26	23 18	16 17	23 29	+ 0 35
201,5	6 28 43,909	18 31	23 15	16 17	0 13	4 32
202,5	6 32 40,466	18 35	23 12	16 17	0 59	8 20
203,5	6 36 37,024	18 39	—23 08	16 17	1 45	+11 50

II. A szabadszemmel látható bolygók koordinátái

Dátum	MERKUR			VÉNUSZ			MARS			
	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látzó- sugara	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látzó- sugara	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látzó- sugara	
	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	
1957										
Jan.	1	19 58	-20 35	4 08	16 56	-21 39	5 68	0 50	+ 5 39	4 42
	6	19 49	19 24	4 68	17 23	22 23	5 60	1 00	6 51	4 24
	11	19 23	19 02	4 99	17 50	22 52	5 52	1 11	8 03	4 07
	16	18 58	19 20	4 82	18 17	23 02	5 46	1 22	9 15	3 91
	21	18 48	19 58	4 36	18 44	22 56	5 39	1 33	10 26	3 77
	26	18 53	20 41	3 91	19 11	22 32	5 33	1 45	11 35	3 63
31	19 08	21 13	3 53	19 38	21 50	5 28	1 56	12 43	3 50	
Febr.	5	19 29	21 24	3 24	20 05	20 52	5 22	2 08	13 50	3 38
	10	19 55	21 08	3 02	20 31	19 39	5 17	2 20	14 54	3 27
	15	20 23	20 22	2 85	20 57	18 11	5 13	2 32	15 56	3 17
	20	20 53	19 04	2 71	21 22	16 30	5 08	2 44	16 56	3 07
	25	21 24	17 15	2 61	21 47	14 38	5 06	2 57	17 53	2 98
Márc.	1	21 49	15 23	2 55	22 06	13 01	5 03	3 07	18 37	2 91
	6	22 21	12 35	2 49	22 30	10 52	5 00	3 19	19 29	2 83
	11	22 54	9 15	2 46	22 53	8 35	4 97	3 32	20 17	2 75
	16	23 28	4 34	2 45	23 17	6 13	4 94	3 45	21 02	2 68
	21	0 03	- 1 05	2 48	23 40	3 46	4 92	3 58	21 43	2 62
	26	0 39	+ 3 33	2 55	0 03	- 1 17	4 90	4 14	22 20	2 55
31	1 15	8 16	2 71	0 25	+ 1 13	4 89	4 25	22 54	2 49	
Ápr.	5	1 50	12 38	2 96	0 48	3 43	4 88	4 39	23 23	2 44
	10	2 20	16 14	3 32	1 11	6 11	4 87	4 52	23 47	2 38
	15	2 44	18 44	3 80	1 34	8 36	4 86	5 06	24 08	2 33
	20	2 59	20 03	4 38	1 57	10 56	4 86	5 20	24 24	2 29
	25	3 05	20 08	5 01	2 21	13 09	4 87	5 33	24 35	2 24
	30	3 02	19 04	5 57	2 45	15 15	4 87	5 47	24 42	2 21
Máj.	5	2 53	17 07	5 93	3 09	17 11	4 89	6 01	24 44	2 17
	10	2 43	14 50	5 99	2 34	18 56	4 90	6 15	24 41	2 13
	15	2 36	12 56	5 75	3 59	20 58	4 92	6 29	24 34	2 10
	20	2 34	11 53	5 32	4 25	21 46	4 95	6 42	24 23	2 07
	25	2 40	11 49	4 84	4 51	22 50	4 98	6 56	24 07	2 04
	30	2 52	12 38	4 35	5 18	23 37	5 01	7 10	23 46	2 01
Jún.	5	3 14	14 33	3 82	5 50	24 10	5 06	7 26	23 16	1 98
	10	3 39	16 39	3 45	6 17	24 19	5 09	7 39	22 46	1 95
	15	4 09	18 58	3 13	6 44	24 10	5 15	7 53	22 12	1 93
	20	4 45	21 14	2 87	7 10	23 43	5 20	8 06	21 35	1 91
	25	5 26	23 07	2 68	7 37	22 58	5 26	8 19	20 53	1 89
	30	6 12	+24 11	2 56	8 03	+21 57	5 32	8 32	+20 08	1 87

és látszólagos sugara 0h világidőkor

Dátum	JUPITER			SZATURNUSZ			URÁNUSZ			
	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	
1957	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	
Jan.	1	12 07	+ 0 37	17 69	16 32	-20 11	6 88	8 34	+19 24	1 94
	6	12 08	0 35	17 96	16 34	20 16	6 91	8 33	19 27	1 95
	11	12 09	0 32	18 24	16 36	20 20	6 94	8 32	19 30	1 95
	16	12 09	0 32	18 51	16 38	20 24	6 98	8 31	19 33	1 95
	21	12 09	0 34	18 78	16 40	20 28	7 02	8 31	19 36	1 95
	26	12 08	0 38	19 05	16 42	20 31	7 06	8 30	19 40	1 95
31	12 08	0 44	19 31	16 44	20 33	7 11	8 29	19 43	1 95	
Febr.	5	12 07	0 52	19 55	16 45	20 36	7 16	8 28	19 46	1 95
	10	12 05	1 01	19 78	16 47	20 38	7 21	8 27	19 49	1 95
	15	12 04	1 12	19 99	16 48	20 40	7 27	8 26	19 52	1 95
	20	12 02	1 24	20 18	16 49	20 41	7 33	8 25	19 54	1 94
	25	12 00	1 37	20 34	16 50	20 43	7 39	8 25	19 57	1 94
Márc.	1	11 59	1 49	20 44	16 51	20 43	7 44	8 24	19 59	1 93
	6	11 57	2 04	20 55	16 52	20 44	7 50	8 23	20 01	1 93
	11	11 54	2 19	20 62	16 52	20 44	7 56	8 23	20 03	1 92
	16	11 52	2 35	20 65	16 53	20 44	7 63	8 22	20 04	1 92
	21	11 49	2 50	20 65	16 53	20 44	7 69	8 22	20 05	1 91
	26	11 47	3 05	20 60	16 53	20 43	7 75	8 22	20 06	1 90
31	11 45	3 20	20 54	16 53	20 43	7 81	8 21	20 07	1 89	
Ápr.	5	11 43	3 34	20 44	16 52	20 41	7 88	8 21	20 07	1 88
	10	11 41	3 47	20 30	16 52	20 40	7 93	8 21	20 07	1 88
	15	11 39	3 58	20 13	16 51	20 38	7 99	8 21	20 07	1 87
	20	11 37	4 08	19 94	16 50	20 37	8 04	8 21	20 07	1 86
	25	11 36	4 17	19 73	16 49	20 35	8 09	8 22	20 06	1 85
	30	11 34	4 23	19 51	16 48	20 32	8 13	8 22	20 05	1 84
Máj.	5	11 33	4 28	19 26	16 47	20 30	8 17	8 22	20 03	1 83
	10	11 33	4 31	19 01	16 46	20 28	8 20	8 23	20 01	1 83
	15	11 32	4 33	18 75	16 44	20 25	8 23	8 23	19 59	1 82
	20	11 32	4 32	18 48	16 43	20 22	8 25	8 24	19 57	1 81
	25	11 32	4 30	18 21	16 41	20 20	8 27	8 25	19 54	1 80
	30	11 33	4 26	17 95	16 40	20 17	8 27	8 26	19 51	1 80
Jún.	5	11 34	4 19	17 63	16 38	20 14	8 27	8 27	19 48	1 79
	10	11 35	4 11	17 37	16 36	20 11	8 27	8 28	19 44	1 78
	15	11 36	4 02	17 12	16 35	20 08	8 25	8 29	19 41	1 78
	20	11 38	3 51	16 87	16 33	20 06	8 23	8 30	19 37	1 77
	25	11 39	3 39	16 63	16 32	20 04	8 20	8 31	19 33	1 77
	30	11 41	+ 3 25	16 41	16 31	-20 01	8 17	8 32	+19 29	1 77

II. A szabadszemmel látható bolygók koordinátái

Dátum	MERKUR			VÉNUSZ			MARS			
	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látászó- sugara	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látászó- sugara	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látászó- sugara	
1957	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	
Júl.	6	7 09	+24 01	2 51	8 33	+20 23	5 42	8 47	+19 10	1 86
	11	7 55	22 40	2 54	8 58	18 50	5 50	9 00	18 17	1 84
	16	8 36	20 58	2 62	9 23	17 03	5 58	9 13	17 22	1 83
	21	9 13	17 42	2 73	9 47	15 06	5 68	9 25	16 24	1 81
	26	9 46	14 37	2 88	10 10	12 58	5 77	9 38	15 23	1 80
	31	10 14	11 23	3 05	10 33	10 43	5 89	9 50	14 20	1 80
Aug.	5	10 39	8 11	3 26	10 55	8 20	6 00	10 02	13 14	1 79
	10	11 00	5 08	3 50	11 18	5 52	6 14	10 14	12 06	1 78
	15	11 17	2 22	3 79	11 39	3 21	6 27	10 26	10 57	1 77
	20	11 29	+ 0 05	4 13	12 01	+ 0 47	6 41	10 38	9 45	1 77
	25	11 36	- 1 27	4 52	12 23	- 1 48	6 58	10 50	8 32	1 77
	30	11 34	1 56	4 91	12 44	4 23	6 75	11 02	7 18	1 76
Szept.	5	11 22	- 0 36	5 25	13 10	7 26	6 97	11 16	5 47	1 76
	10	11 06	+ 2 00	5 22	13 32	9 55	7 17	11 28	4 30	1 76
	15	10 52	4 58	4 81	13 54	12 18	7 38	11 40	3 13	1 76
	20	10 50	6 57	4 19	14 16	14 35	7 61	11 52	1 54	1 76
	25	11 02	7 08	3 58	14 39	16 45	7 86	12 03	+ 0 36	1 77
	30	11 25	5 34	3 12	15 02	18 45	8 13	12 15	- 0 43	1 77
Okt.	5	11 54	+ 2 45	2 80	15 25	20 34	8 42	12 27	2 02	1 77
	10	12 25	- 0 45	2 59	15 49	22 11	8 74	12 39	3 21	1 78
	15	12 57	4 27	2 46	16 13	23 35	9 09	12 51	4 39	1 79
	20	13 29	8 08	2 38	16 37	24 44	9 46	13 03	5 57	1 79
	25	14 00	11 37	2 34	17 02	25 37	9 88	13 15	7 14	1 80
	30	14 31	14 51	2 32	17 26	26 15	10 33	13 28	8 30	1 81
Nov.	5	15 08	18 17	2 33	17 55	26 38	10 94	13 43	10 00	1 83
	10	15 39	20 44	2 37	18 19	26 39	11 51	13 55	11 13	1 84
	15	16 11	22 46	2 43	18 42	26 24	12 11	14 08	12 24	1 86
	20	16 43	24 19	2 52	19 05	25 54	12 83	14 21	13 33	1 87
	25	17 14	25 21	2 66	19 26	25 09	13 62	14 34	14 40	1 89
	30	17 45	25 50	2 84	19 46	24 12	14 50	14 47	15 44	1 91
Dec.	5	18 14	25 43	3 10	20 05	23 04	15 48	15 01	16 45	1 93
	10	18 37	25 02	3 47	20 22	21 47	16 60	15 15	17 43	1 95
	15	18 50	23 54	3 97	20 38	20 24	17 86	15 29	18 38	1 97
	20	18 45	22 34	4 55	20 50	18 57	19 29	15 43	19 30	1 99
	25	18 21	21 16	4 93	21 01	17 28	20 87	15 57	20 17	2 02
	30	17 54	-20 22	4 80	21 08	-16 01	22 63	16 11	-21 00	2 04

és látszólagos sugara 0h világidőkor

Dátum	JUPITER			SZATURNUSZ			URÁNUSZ			
	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	Rekta- szencziója	Dekliná- ciója	Látszó- sugara	
1957	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	h m	° ' "	"	
Júl.	6	11 44	+ 3 07	16 15	16 29	-19 59	8 12	8 33	+ 19 24	1 76
	11	11 46	2 50	15 94	16 28	19 58	8 08	8 34	19 19	1 76
	16	11 49	2 33	15 73	16 27	19 57	8 03	8 36	19 15	1 76
	21	11 51	2 14	15 57	16 26	19 56	7 98	8 37	19 10	1 76
	26	11 54	1 55	15 40	16 26	19 58	7 93	8 38	19 53	1 76
	31	11 57	1 34	15 24	16 25	19 56	7 88	8 39	19 53	1 76
Aug.	5	12 00	1 13	15 09	16 25	19 56	7 80	8 41	18 56	1 76
	10	12 04	0 51	14 95	16 25	19 57	7 74	8 42	18 52	1 76
	15	12 07	0 29	14 83	16 25	19 58	7 68	8 43	18 47	1 76
	20	12 11	+ 0 05	14 72	16 25	19 59	7 62	8 44	18 42	1 76
	25	12 14	- 0 18	14 62	16 25	20 01	7 55	8 46	18 38	1 76
	30	12 18	0 43	14 53	16 26	20 04	7 49	8 47	18 33	1 77
Szept.	5	12 22	1 12	14 44	16 27	20 07	7 42	8 48	18 28	1 77
	10	12 26	1 37	14 38	16 27	20 10	7 36	8 49	18 24	1 78
	15	12 30	2 02	14 32	16 29	20 13	7 30	8 50	18 20	1 78
	20	12 34	2 27	14 28	16 30	20 17	7 24	8 51	18 16	1 79
	25	12 38	2 53	14 26	16 31	20 21	7 19	8 52	18 13	1 79
	30	12 42	3 18	14 24	16 32	20 25	7 13	8 53	18 10	1 80
Okt.	5	12 46	3 44	14 24	16 34	20 29	7 09	8 54	18 06	1 81
	10	12 50	4 09	14 24	16 36	20 33	7 04	8 55	18 04	1 81
	15	12 54	4 34	14 26	16 38	20 38	7 00	8 55	18 02	1 82
	20	12 58	4 59	14 29	16 40	20 42	6 96	8 56	17 59	1 83
	25	13 02	5 23	14 34	16 42	20 47	6 92	8 56	17 57	1 84
	30	13 06	5 47	14 39	16 44	20 52	6 89	8 57	17 56	1 85
Nov.	5	13 10	6 16	14 48	16 46	20 57	6 85	8 57	17 55	1 86
	10	13 14	6 39	14 56	16 49	21 02	6 83	8 57	17 54	1 87
	15	13 18	7 01	14 65	16 51	21 07	6 81	8 57	17 54	1 87
	20	13 22	7 23	14 76	16 54	21 11	6 79	8 57	17 54	1 88
	25	13 25	7 44	14 88	16 56	21 15	6 78	8 57	17 55	1 89
	30	13 29	8 04	15 01	16 58	21 19	6 77	8 57	17 56	1 90
Dec.	5	13 32	8 23	15 16	17 01	21 23	6 76	8 57	17 57	1 91
	10	13 36	8 41	15 32	17 04	21 27	6 76	8 56	17 59	1 92
	15	13 39	8 59	15 49	17 06	21 31	6 76	8 56	18 01	1 92
	20	13 42	9 15	15 67	17 09	21 34	6 77	8 55	18 03	1 93
	25	13 44	9 30	15 87	17 11	21 37	6 78	8 55	18 06	1 94
	30	13 47	- 9 44	16 07	17 14	-21 40	6 80	8 54	+ 18 09	1 94

III/a. A Jupiter holdak helyzetei

Hónap	Január		Február	
	A holdak a bolygó		A holdak a bolygó	
Dátum	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán
	4h 15m		2h 45m	
1	4. .3	.1	1. 4.	.2 3.
2	4. .2 1.	.3	4.	.13.
3	.4	.2.1 .3	4. .2 1.3.	
4	.4 .1	2. 3.	4. 3.	.21.
5	.4 2.	1.	4. .3 .1	2.
6	3.4.2.1		.4 2..3	1.
7	.3	.4 .2	.4 .2	.3
8	.3 2.	.1 .4	.4 1.	.2 .3
9	.2 1.	.3 .4	2.	.4 .1 3.
10		.2 .1 .3 .4	.2 1. 3.	.4
11	.1	2. 3. 4.	3.	.2 1. .4
12	2. 3.	1. 4.	.3 .1	2. .4
13	3..2 .1	4.	2..3	1. .4
14	.3 1.	.24.	.2	.3 4.
15	.3 4.	12.		.2.3 4.
16	2.4. 1.	.3		2..1 3.4.
17	4.	.1 .3	2.1. 3.	4.
18	4. 1.	2 .3.	3. 4.	.1
19	4. 2.	3.1.	4..3 .1	2.
20	.4 3..2.1		4. .32.	1.
21	.4 3.	1. .2	4. .2 .1	.3
22	.4 .3	2.	.4	.2 .3
23	2..41.	.3	.4	.12. 3.
24		.1.4 .3	.4 2. 1. 3.	
25	1.	2. 3..4	3..4	.1
26	2.	3..1 .4	.3 1.	.4 2.
27	.2 3..1		.3 2.	1. .4
28	3.	1..2 4.	.2 .1	.3 .4
29	.3	.1 2. 4.		
30	2.	4.		
31	.2	.1 4..3		

III/a. A Jupiter holdak helyzetei

Hónap	Március		Április	
	A holdak a bolygó		A holdak a bolygó	
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán
Dátum	1 ^h 15 ^m		0 ^h 15 ^m	
1		1..2 .3 4	3.	.2 .4
2		2. 3. .4	.3	.1 2. .4
3	2. 1.	3. 4.	2.1..3	.4
4	3. .2	.1 4.	.2	.1 .3 4.
5	3. 1.	.2 4.	1.	.2 .3 4.
6	.3 4.	.1		1. 3. 4.
7	4..2.1	.3	.2 .1	4.
8	4 .	1..2 .3	3. 4.	1..2
9	4. .1	2. 3.	1.3	2.
10	4. 2.	3.	4. 2..3 1.	
11	.4 3..2	.1	4. .2	.1.3
12	.4 3. 1.	.2	.4 1.	.2 .3
13	.4 .3 2.	.1	.4	1. 3.
14	.2.1.4		.4 .2.1 3	
15		.2.41. .3	3..4	1..2
16	.1	2. 3. 4	.3	.1 2.
17	2. 1.	3. .4	.3 2. 1.	.4
18	3..2	.4	.2	.1.3 .4
19	3. 1.	.2 4.	1.	.2 .3 .4
20	.3	2..1 4.		2..1 3 3. 4.
21	2. 1.	3 4.	2..1	3. 4.
22		1. 4..3	3.	1. 4.
23	.14.	2. 3.	3. .1	2.4.
24	4. 2.	1. 3.	.3 2.	
25	4. .2 3.		4. .2	.1
26	4. 3. 1.	.2	4. 1.	.2 .3
27	.4 .3	2..1	4.	2..1 3.
28	.4 2.1..3		4. 2. 1.	3.
29	.4	.2 .1 .3	.4 3.	1.
30	.4 .1	2. .3	.4 3. .1	2.
31	2.	.4 1. 3.		

III/a. A Jupiter holdak helyzetei

Hónap	Május		Június		
	A holdak a bolygó		A holdak a bolygó		
	nyugati oldalán	keleti oldalán	nyugati oldalán	keleti oldalán	
Dátum	23 ^h 30 ^m		22 ^h 45 ^m		
1	.4.3	2.	1.	.4 .1	2. .3
2	.2 .4			.4 .2	3.
3		1.	.4.2 .3	.4 .2	3..1
4			2..1 3..4	3..4 1.	.2
5	2. 1.		3. .4	3.	.4 2..1
6		3..2	1. .4	.32. .1	.4
7	3. .1		.2 4.	.2	1. .4
8	.3 2.		1. 4.	-1	.2 3 .4
9	.2		.1.3 4.	2. 1.	3. 4.
10			.24..3	.2	3. 4.
11		4.	.1 2. 3.	3. 1.	.2 4.
12	4. 2. 1.		3.	3.	.1 2. 4.
13	4. 3..2		.1	.3 2.1. 4.	
14	.4. 3. .1		.2	4. .2	1.
15	.4 .3		1.	4. .1	.2 .3
16	.4 .2 .3 .1			4.	1. 3.
17	.4 1.		.2 .3	4. .2	.1 3.
18	.4		2. .3	.4 3. 1.	.2
19	2.1.		.4 3.	.4 3.	.1 2.
20	.2 3.		.1 .4	.4.3 2.1.	
21	3. 1.		.2 .4	.2.4 .3	.1
22	.3		2. 1. .4	.1	.4 .2.3
23	2..3.1				2.1. .43.
24			1. .3 4.	2. .1	3. .4
25			2. .3 4.	3.	.4
26	2. 1.		3.4.	3.	2. 4.
27	.2 3.		4..1	.3 2. 1.	4.
28	3. 4. 1.		.2	.2 .3	.1 4.
29	4..3		2. 1.	1.	4..2.3
30	4. 2..3.1			4.	2.1. .3
31	4.		1..3		

III/a. A Jupiter holdak helyzetei

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

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

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

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

III/b. A Jupiter holdak jelenségei

Hónap	Január				Hónap	Január			
Dátum	h	m	HOLD	JELENSÉG	Dátum	h	m	HOLD	JELENSÉG
1	2 37	k	2	e á	24	0 21	v	1	m
	2 53	v	2	e		2 49	k	2	f
	5 12	v	2	e	26	1 44	v	2	e
5	0 26	v	3	e á	29	4 29	k	1	f
	2 14	k	3	e	30	1 49	k	1	á
	5 08	v	3	e		2 08	v	3	f
6	4 22	k	1	f		2 47	k	1	e
7	1 41	k	1	e á		3 01	k	3	m
	2 52	k	1	e á		4 04	v	1	e á
	3 55	v	1	e		5 00	v	1	e
	5 05	v	1	e		5 51	v	3	m
8	2 15	v	1	m		22 58	k	1	f
	2 45	k	2	e á	31	2 08	v	1	m
	5 07	k	2	e á		5 24	k	2	f
	5 25	v	2	e á		23 27	v	1	e
12	1 14	k	3	e á	Február				
	4 24	v	3	e á	Hónap				
	6 02	k	3	e	Dátum	h	m	HOLD	JELENSÉG
14	3 34	k	1	e á	1	23 46	k	2	á
	4 43	k	1	e á	2	1 33	k	2	e
	5 49	v	1	e á		2 21	v	2	e á
15	0 43	k	1	f		4 06	v	2	e
	4 05	v	1	m	3	23 10	v	2	m
	5 18	k	2	e á	6	3 00	k	3	f
16	1 23	v	1	e		3 43	k	1	e á
17	5 10	v	2	m		4 34	k	1	e á
19	5 12	k	3	e á		5 57	v	1	e á
21	5 27	k	1	e á	7	0 51	k	1	f
22	2 36	k	1	f		3 55	v	1	m
	5 54	v	1	m	8	0 26	v	1	e á
23	0 59	k	1	e á		1 14	v	1	e
	2 10	v	1	e á		23 24	k	4	f
	2 17	v	3	m	9	1 57	v	4	f
	3 12	v	1	e		2 14	k	2	e á
	5 21	k	4	f		3 53	k	2	e
						4 54	v	2	e á
						23 14	v	3	e

III/b. A Jupiter holdak jelenségei

Hónap		Február			Hónap		Március		
Dátum	h m		HOLD	JELENSÉG	Dátum	h m		HOLD	JELENSÉG
11	1 30	v	2	m	2	0 59	k	1	f
13	5 36	k	1	á		3 36	v	1	m
14	2 44	k	1	f		22 20	k	1	á
	5 41	v	1	m		22 42	k	1	e
15	0 04	k	1	á	3	0 35	v	1	á
	0 47	k	1	e		0 55	v	1	e
	2 19	v	1	á		22 02	v	1	m
	3 00	v	1	e	5	23 13	k	2	á
16	0 07	v	1	m		23 50	k	2	e
	4 48	k	2	á	6	1 25	k	4	á
	23 50	k	3	e		1 53	v	2	á
17	0 09	v	3	á		2 24	v	2	e
	2 38	v	3	e		3 39	v	4	á
	23 53	k	2	f		22 50	v	3	m
18	3 48	v	2	m	7	21 28	v	2	m
21	4 37	k	1	f	9	2 53	k	1	f
22	1 58	k	1	á	10	0 14	k	1	á
	2 32	k	1	e		0 26	k	1	e
	4 13	v	1	á		2 29	v	1	á
	4 45	v	1	e		2 39	v	1	e
	23 06	k	1	f		21 22	k	1	f
23	1 52	v	1	m		23 46	v	1	m
	22 41	v	1	á	11	20 57	v	1	á
	23 11	v	1	e		21 05	v	1	e
24	1 00	k	3	á	13	1 48	k	2	á
	3 12	k	3	e		2 04	k	2	e
	4 06	v	3	á		4 28	v	2	á
25	2 28	k	2	f		4 39	v	2	e
26	21 35	k	2	e	14	22 46	k	3	f
	23 19	v	2	á		2 06	v	3	m
27	0 09	v	2	e		20 56	k	2	f
						23 42	v	2	m
					17	2 08	k	1	á
						2 10	k	1	e
						4 23	v	1	á
						4 23	v	1	e
						23 16	k	1	f
					18	1 31	v	1	f
						20 36	k	1	e
						20 37	k	1	á
						22 49	v	1	e
						22 51	v	1	á

III/b. A Jupiter holdak jelenségei

Hónap		Március			Hónap		Április			
Dátum	h m		HOLD	JELENSÉG	Dátum	h m		HOLD	JELENSÉG	
19	19 59	v	1	f	2	0 04	k	1	e	
20	4 18	k	2	e á	2	0 25	k	1	á	
	4 23	k	2			2 17	v	1	e	
21	2 30	k	3	m m		2 39	v	1	á	
	23 21	k	2			21 10	k	1	m	
							23 47	v	1	f
22	2 11	v	2	f	3	20 43	v	1	e	
	21 27	v	4	á		21 08	v	1	á	
23	20 01	v	2	e á	6	21 56	k	2	e	
	20 21	v	2			22 52	k	2	á	
24	3 53	k	1	e á á	7	0 33	v	2	e	
	4 02	k	1			1 31	v	2	á	
	19 57	v	3			22 53	k	3	e	
25	1 00	k	1	m f e á	8	0 51	k	3	á	
	3 25	v	1			1 48	v	3	e	
	22 19	k	1			20 38	v	2	f	
	22 31	k	1							
26	0 33	v	1	e á	9	1 48	k	1	e	
	0 45	v	1			2 19	k	1	á	
	21 53	v	1			22 55	k	1	m	
29	1 35	k	2	m	10	1 42	v	1	f	
						20 15	k	1	e	
						20 48	k	1	á	
30	20 16	k	2	e á	10	22 28	v	1	e	
		v	2			23 02	v	1	á	
		v	2							
31	19 35	k	3	e á e á	11	20 11	v	1	f	
	20 53	k	3			14	0 13	k	2	e
	22 28	v	3				1 28	k	2	á
	23 55	v	3				2 51	v	2	e
15	2 14	k	3	e	15	2 14	k	3	e	
		v	2			23 13	v	2	f	
16	23 47	k	4	f	16	23 47	k	4	f	
17	0 40	k	1	m	17	0 40	k	1	m	
		v	4			1 14	v	4	f	
		k	1			22 01	k	1	e	
		k	1			22 42	k	1	á	

Hónap		Április		
Dátum	h m		HOLD	JELENSÉG
1	2 44	k	1	m

III/b. A Jupiter holdak jelenségei

Április					Május							
Hónap				HOLD	JELENSÉG	Hónap				HOLD	JELENSÉG	
Dátum	h	m				Dátum	h	m				
18	0	14	v	1	e á f f	10	0	31	k	1	m	
	0	56	v	1			21	51	k	1	e	
	21	42	v	3			22	55	k	1	á	
	22	05	v	1		11	0	05	v	1	e	
21	2	32	k	2	1		08	v	1	á		
	22	19	v	1	f		13	23	43	v	3	á
22	21	34	k	2	m	15		22	56	k	2	e
23	1	47	v	2	f		16	1	13	k	2	á
	24	2	27	k	1	1		35	v	2	e	
		23	46	k	4	m e e	17	22	48	v	2	f
23	47	k	1	23	42			k	1	e		
25	0	37	k	1	á e e m f f	18	0	49	k	1	á	
	1	20	v	4			19	0	14	v	1	f
	2	01	v	1		21		31	v	1	á	
	22	14	v	3		20		0	17	k	4	m
	22	40	k	3			23	02	v	3	e	
24	00	v	1	f	21	0	45	k	3	á		
26	1	40	v	3		25	22	41	k	1	m	
	21	19	v	1	á		26	21	13	k	1	á
29	23	54	k	2	m	22		14	v	1	e	
						23		25	v	1	á	
						27	23	45	k	3	e	
					31		21	33	v	3	f	
						22	52	k	2	m		
Május					Június							
Hónap				HOLD	JELENSÉG	Hónap				HOLD	JELENSÉG	
Dátum	h	m				Dátum	h	m				
1	22	37	v	2	á	2	21	54	k	1	e	
2	1	35	k	1	e m m		22	23	v	2	á	
	22	42	k	1			23	07	k	1	á	
	22	44	k	3		3	22	33	v	1	f	
3	1	45	v	3	m f á e á		2	21	54	k	1	e
	1	55	v	1				22	23	v	2	á
	21	00	k	1				23	07	k	1	á
	22	16	v	1		8		22	36	k	2	á
23	13	v	1	23	08		v	2	e			
8	22	36	k	2	á	9	1	13	v	2	á	
	23	08	v	2	e							

III/b. A Jupiter holdak jelenségei

Hónap		Június				Hónap		December			
Dátum	h m		HOLD	JELENSÉG	Dátum	h m		HOLD	JELENSÉG		
7	22 37	k	3	f	8	4 48	k	2	á		
9	22 25	k	2	á	10	5 20	k	1	f		
	22 29	v	2	e							
11	21 43	v	1	á	11	4 41	v	1	á		
						5 39				v	1	e
14	21 21	k	3	m	18	4 23	k	1	á		
						5 26				k	1	e
16	22 25	k	2	e	19	4 56	v	1	m		
17	22 52	k	1	m							
18	21 25	k	1	á	22	4 33	k	3	e		
	22 23	v	2	f							
	22 24	v	1	e							
25	22 06	k	1	e	24	4 12	k	2	f		
30	21 57	v	4	e						3 34	k	1	f
					3 45	v	2	e			
					27	4 03	v	1	e		
					29	4 03	k	3	á		

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

Dátum	P	B _s	L _o	Dátum	P	B _s	L _o
Jan. 1	+ 2,1	— 3,1	295,1	Júl. 5	— 1,0	+ 3,4	13,3
6	— 0,3	3,7	229,2	10	+ 1,3	3,9	307,1
11	2,7	4,2	163,4	15	3,5	4,4	241,0
16	5,1	4,7	97,5	20	5,7	4,9	174,8
21	7,4	5,2	31,7	25	7,9	5,3	108,7
26	9,6	5,6	325,9	30	10,0	5,7	42,5
31	11,8	6,0	260,0	Aug. 4	12,0	6,0	336,4
Febr. 5	13,8	6,3	194,2	9	13,9	6,4	270,3
10	15,7	6,6	128,4	14	15,6	6,6	204,2
15	17,4	6,9	62,5	19	17,3	6,8	138,1
20	19,1	7,0	356,7	24	18,9	7,0	72,0
25	20,5	7,2	290,8	29	20,3	7,2	6,0
Márc. 2	21,8	7,2	225,0	Szept. 3	21,6	7,2	299,9
7	23,0	7,3	159,1	8	22,8	7,3	233,9
12	24,0	7,2	93,2	13	23,8	7,2	167,9
17	24,8	7,1	27,3	18	24,6	7,1	101,8
22	25,5	7,0	321,4	23	25,3	7,0	35,8
27	26,0	6,8	255,5	28	25,8	6,8	329,9
Ápr. 1	26,3	6,5	189,5	Okt. 3	26,2	6,6	263,9
6	26,4	6,2	123,5	8	26,4	6,3	197,9
11	26,3	5,9	57,5	13	26,4	6,0	132,0
16	26,1	5,5	351,5	18	26,2	5,6	66,0
21	25,7	5,1	285,5	23	25,8	5,2	0,1
26	25,1	4,6	219,4	28	25,2	4,7	294,1
Máj. 1	24,3	4,1	153,4	Nov. 2	24,5	4,2	228,2
6	23,3	3,6	87,3	7	23,5	3,7	162,3
11	22,2	3,1	21,2	12	22,3	3,1	96,3
16	20,8	2,5	315,0	17	21,0	2,5	30,4
21	19,4	1,9	248,9	22	19,4	1,9	324,5
26	17,7	1,3	182,7	27	17,7	1,3	258,6
31	15,9	0,7	116,6	Dec. 2	15,8	0,7	192,7
Jún. 5	14,0	— 0,1	50,4	7	13,8	+ 0,0	126,8
10	12,0	+ 0,5	344,2	12	11,7	— 0,6	61,0
15	9,9	1,1	278,0	17	9,4	1,2	355,1
20	7,8	1,7	211,9	22	7,1	1,9	289,2
25	5,5	2,3	145,7	27	4,7	2,5	223,4
30	— 3,3	+ 2,8	79,5	Jan. 1	+ 2,2	— 3,1	157,5

A Nap forgási tengelyének irányát megadó P szöglet a napkorong észak-pontjától számítjuk; keletre pozitív, nyugatra negatív előjellel. B_s és L_o a napkorong középpontjának heliografikus szélességét, illetve hosszúságát jelenti.

V/1. Refrakció és Extinckió

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

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

Nyári időszámítás Magyarországon

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

V/2. Az évi precesszió

Deklinációban :

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

Rektaszceenziában :

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

VI. Normál idők

F I rész m gnevezése	I őszám tá i atárvonolak k zelebbi m g el lé.e	I. -zóna	Eltérés a K E I-től
			h m
Alaszka		15	— 9 0
Alaszka		14	—10 0
Alaszka	162° W	13—14	—11 0
Alaszka	162° W	13	—12 0
Antillák		20	— 5 0
Afganisztán		4	+ 3 0
Albánia		1	0 0
Anglia		0	— 1 0
Arábia		3—4	+ 1 0
Argentína		20	— 5 0
Ausztria		1	0 0
Azori-szigetek		22	— 3 0
Áden		3	+ 2 0
Andorra		0	— 1 0
Angola		1	0 0
Argelia		0	— 1 0
Belga-Kongó	kelet	2	+ 1 0
Belga-Kongó	nyugat	1	0 0
Belgium		0	— 1 0
Bulgária		2	+ 1 0
Bolívia		20	— 5 0
Brazília	kelet	21	— 4 0
Brazília	közép	20	— 5 0
Brazília	nyugat	19	— 6 0
Birmania		6—7	+ 5 30
Bahamas		19	— 6 0
Bermudák		20	— 5 0
Ceylon		5	+ 4 30
Costa-Rica		18	— 7 0
Cuba		19	— 6 0
Chile		20	— 5 0
Cyprus		2	+ 1 0
Csehszlovákia		1	0 0
Dánia		1	0 0
Délfrika Unió		1—2	+ 1 0
Egyiptom		2	+ 1 0
Ekvádor		19	— 6 0
Eritrea		3	+ 2 0
Etiópia		3	+ 2 0

VI. Normál idők

Fülrész megnevezése	Időszám tási határvonalak közlebbi megjelölése	Idő-zóna	Eltérés a K E T-től	
			h	m
Finnország	2	+	1 0
Franciaország	0	-	1 0
Guatemala	18	-	7 0
Görögország	2	+	1 0
Haiti	8	+	7 0
Hollandia	0	-	1 0
Hong-kong	8	+	7 0
India	5—6	+	4 30
Irak	3	+	2 0
Irán	3—4	+	2 30
Írország	0	-	1 0
Izland	23	-	2 0
Jamaica	19	-	6 0
Japán	9	+	8 0
Jáva	8	+	7 0
Jugoszlávia	1	0	0 0
Kanárszigetek	23	-	2 0
Kenya	3	+	2 0
Kolumbia	19	-	6 0
Korea	9	+	8 0
Lengyelország	1	0	0 0
Luxemburg	0	-	1 0
Madagaszkár	3	+	2 0
Magyarország	1	0	0 0
Málta	1	0	0 0
Monakó	0	-	1 0
Németország	1	0	0 0
Norvégia	1	0	0 0
Olaszország	1	0	0 0
Pakisztán	5	+	4 30
Palesztina	2	+	1 0
Panama	19	-	6 0
Paraguay	20	-	5 0

VI. Normál idők

Földrész megnevezése	Időszám tási határ vonalak közlebbi megjelölése	Idő-zóna	Eltérés a K E I-től
			h m
Peru .....	.....	19	— 6 0
Porto-Rico .....	.....	20	— 5 0
Portugália .....	.....	0	— 1 0
Románia .....	.....	2	+ 1 0
Rodézia .....	.....	2	+ 1 0
 Spanyolország .....	.....	style="text-align: center;">0	 style="text-align: center;">— 1 0
Svájc .....	.....	1	0 0
Svédország .....	.....	1	0 0
 Sziám .....	.....	style="text-align: center;">7	 style="text-align: center;">+ 6 0
Szíria .....	.....	2	+ 1 0
Szomália .....	.....	3	+ 2 0
 Tanganyika .....	.....	style="text-align: center;">3	 style="text-align: center;">+ 2 0
Transzjordánia ..	.....	2	+ 1 0
Tripolisz .....	.....	1	0 0
Törökország .....	.....	2	+ 1 0
Tunisz .....	.....	1	0 0
 Uganda .....	.....	style="text-align: center;">2—3	 style="text-align: center;">+ 2 0
Uruguay .....	.....	20	— 4 30
 Vatikán .....	.....	style="text-align: center;">1	 style="text-align: center;">0 0
Vietnam .....	.....	7	+ 7 0
 Zanzibar .....	.....	style="text-align: center;">3	 style="text-align: center;">+ 2 0
 Kanada	 68° W	 style="text-align: center;">20	 style="text-align: center;">— 5 0
Kanada	68° W-től 85° W-ig, ill. 90° W-ig	19	— 6 0
Kanada	85° W-től 90°-ig	18	— 7 0
Kanada	120° W-ig	17	— 8 0
Kanada	120° W-től	16	— 9 0
 USA	 Észak-Karolina, Dél-Karolina, Connecticut, Delaware, Florida, Georgia, Maine, Maryland, Ohio, Massachusetts, New-Hampshire, New-Jersey, New-York, Pensyl- vánia, Rhode Island, Vermont, Virgínia, Washington	 19	 — 6 0

VI. Normál idők

Földrész megnevezése	Időszám tási határvonalak közlelebl megjelése	Idő-zóna	Eltérés a K E 1-től
			h m
	Alamba, Atkansas, Észak-Dakota, Dél-Dakota, Illionis, India, Iowa, Kansas, Kentucky, Luisiana, Michigam, Minnesota, Mississipp, Misuri, Nebraska, Oklahoma, Tennessee, Texas y Wisconsinia	18	— 7 0
	Arizona, Colorado, Idaho, Montana, Nueva, Mexikó, Utah, Wyoming	17	— 8 0
	Kalifornia, Nevada, Oregon, Washington	16	— 9 0
Grönland	Dél Scoresby	22	— 3 0
	Angmagssalik en et district cote Ouest	21	— 4 0
	Saint-Perre et Miquelon	20	— 5 0
	Terre-Neuve et Labrador	20—21	— 4 30
Szojjetunió (Ázsia)	67°30'E	4	+ 4 0
	67°30'E-től 82°30'E-ig	5	+ 5 0
	82°30'E-től 97°30'E-ig	6	+ 6 0
	97°30'E-től 112°30'E-ig	7	+ 7 0
	112°30'E-től 127°30'E-ig	8	+ 8 0
	127°30'E-től 142°30'E-ig	9	+ 9 0
	142°30'E-től 157°30'E-ig	10	+ 10 0
	157°30'E-től 172°30'E-ig	11	+ 11 0
	172°30'E	12	— 12 0
Szojjetunió (Európa)	40°E-től 52°30'E-ig	3	+ 3 0
	52°30'E	4	+ 4 0
	40°E	2	+ 2 0
Kína	Hainan y Pak-kol Tchoung-King, Soul-Fou, Tchoung-King, Zona costera y Yan-Tse-Kiang hasta Shasi	7	+ 6 0
	Mandzsuria	8	+ 7 0
	Taivan	9	+ 8 0
		8	+ 8 0

VII. A földrajzi meridiánok és paralel körök mentén 1° földrajzi koordináta külön-ségnek megfelelő távolságok a Föld felületén

φ	$\Delta = 1'$ Km	$\sim \Delta = 1'$ Km	φ	$\Delta = 1'$ Km	$\Delta = 1'$ Km
0°	110,569	111,322	45°	111,132	78,850
1	110,569	111,305	46	111,152	77,467
2	110,570	111,255	47	111,172	76,059
3	110,572	111,170	48	111,191	74,629
4	110,574	111,053	49	111,211	73,175
5	110,577	110,901	50	111,231	71,699
6	110,581	110,716	51	111,250	70,201
7	110,585	110,498	52	111,269	68,681
8	110,590	110,246	53	111,288	67,140
9	110,596	109,960	54	111,307	65,579
10	110,602	109,642	55	111,326	63,997
11	110,609	109,290	56	111,345	62,396
12	110,617	108,905	57	111,363	60,775
13	110,625	108,487	58	111,381	59,136
14	110,634	108,037	59	111,398	57,478
15	110,644	107,553	60	111,416	55,803
16	110,654	107,037	61	111,433	54,110
17	110,665	106,489	62	111,449	52,401
18	110,676	105,908	63	111,466	50,675
19	110,688	105,295	64	111,482	48,934
20	110,700	104,650	65	111,497	47,178
21	110,713	103,973	66	111,512	45,407
22	110,726	103,265	67	111,527	43,622
23	110,740	102,525	68	111,541	41,824
24	110,754	101,755	69	111,554	40,012
25	110,769	100,953	70	111,567	38,189
26	110,785	100,121	71	111,580	36,353
27	110,800	99,258	72	111,592	34,506
28	110,816	98,365	73	111,603	32,649
29	110,833	97,442	74	111,614	30,781
30	110,850	96,489	75	111,624	28,904
31	110,867	95,507	76	111,634	27,017
32	110,884	94,496	77	111,643	25,123
33	110,902	93,456	78	111,651	23,220
34	110,920	92,388	79	111,659	21,311
35	110,939	91,291	80	111,666	19,395
36	110,957	90,167	81	111,673	17,472
37	110,976	89,015	82	111,679	15,545
38	110,995	87,836	83	111,684	13,612
39	111,015	86,630	84	111,688	11,676
40	111,034	85,397	85	111,692	9,735
41	111,053	84,138	86	111,695	7,792
42	111,073	82,854	87	111,697	5,846
43	111,093	81,544	88	111,699	3,898
44	111,112	80,209	89	111,700	1,949
45	111,132	78,850	90	111,701	0,000

(φ = földrajzi szélesség.) (λ = földrajzi hosszúság.)

VIII/1. A nagybolygók adatai

Bolygó	Felfedezés éve	Közpítávolság km-ben	Közpítávolság csillagászati egységben	Keringési idő évben	A pálya excentricitása	Pályahajlás	Egyenlítői átmérő km-ben	Lapultság	Lászólagos átmérő	Maximális fényesség	Tomog. Föld = 1	Szökési sebesség km/sec-ban	Forgási idő	Lagokörben
Merkur		57,865 000	0,387 000	0,240 85	0,205 63	7° 00' 14''	5 000	0,0	4,5—12,9	— 1,9	0,056	4,2	88d?	—
Vénusz		108,107 000	0,723 332	0,615 21	0,000 79	3° 23' 39''	12 400	0,0	9,6—66,0	— 4,4	0,82	10,3	10d-30d?	CO ₂
Föld		149,457 000	1,000 000	1,000 04	0,016 73	0°	12 756	0,0034	—	—	1,00	11,2	23h56m	N ₂ , O ₂ , CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, H ₂ O
Mars		227,726 000	1,523 691	1,880 89	0,093 36	1° 51' 00''	6 760	0,0052	3,5—25,7	— 2,8	0,11	5,0	24h37m	CO ₂
Jupiter		777,595 000	5,202 803	11,862 23	0,048 43	1° 18' 20''	143 000	0,062	30,4—50,1	— 2,5	318,35	59,7	9h50m	CH ₄ , NH ₃
Szaturnusz		1425,647 000	9,538 843	29,457 72	0,055 70	2° 29' 24''	121 000	0,096	15,0—20,9	— 0,4	95,2	35,4	10h14m	CH ₄ , NH ₃
Uranusz	1781	2866,880 000	19,181 962	84,013 20	0,047 20	0° 46' 23''	46 700	0,06	3,1—3,7	+ 5,6	14,6	22,4	10h50m	CH ₄ , H ₂ ?
Neptunusz	1846	4482,340 000	30,057 731	164,793 75	0,008 57	1° 46' 27''	45 000	0,02	2,0—2,2	+ 7,9	17,3	24,8	16h50m	CH ₄ , H ₂ ?
Pluto	1930	5906,100 000	39,517 74	248,430 2	0,248 64	17° 08' 38''	5 800?	?	0,2—0,3?	+ 14,9	?	—	6d 9h	—

VIII/2. A nagybolygók holdjai

	Felfedezés és feltedezés éve	A hold távolsága a bolygótól km-ben	Seléditkies keringési idő	Fényesség oppozícióban	Átmérő km-ben	Törésmutató	Sűrűség viz = 1
FÖLD Hold		384 000	27 ^d 07 ^h 43 ^m	—12 ^m 7	3476	1,00	3,33
MARS Phobos	A. Hall 1877	9 370	7 39	+12	87		
Delmos	A. Hall 1877	23 460	1 06 18	13	57		
JUPITER							
V	Barnard 1892	180 000	11 57	13	110?		
I Io	Gallei 1610	421 500	1 18 28	5 5	3250	1,2	4,9
II Europa	Gallei 1610	670 000	3 13 14	5 7	2880	0,7	4,1
III Ganymedes	Gallei 1610	1 069 500	7 03 43	5 1	5020	2,1	2,3
IV Callisto	Gallei 1610	1 881 000	16 16 32	6 3	4460	1,2	2,9
VI	Perrine 1904	11 474 000	250,6	13 7	80?		
X	Nicholson 1938	11 587 000	254	19 4	87		
VII	Perrine 1905	11 732 000	259,7	18 1	13?		
XII	Nicholson 1951	20 900 000	625	19 6	6?		
XI	Nicholson 1938	23 000 000	714	18 9	10?		
VIII	Melotte 1908	23 500 000	735	18 0	15?		
IX	Nicholson 1914	23 700 000	758	19 1	10?		

	Pelétróni és féltudrás ÉV	A hold távolsága a bolygóval km-ben	Szélesség keresztmetsz jében	Fényesség magnitudo	Átmérő km-ben	Tömeg Höld = 1	Sűrűség víz = 1
SZATURNUSZ							
Mimas	1789	185 400	0°22'37 ^m	12 ^m 1	600?	0,0005	
Enceladus	1789	237 700	1 08 53	11 6	800?	0,0010	
Tethys	1684	291 300	1 21 18	10 5	1000	0,0088	1,2
Dione	1684	377 000	2 17 41	10 7	890?	0,014	2,8?
Rhea	1672	526 400	4 12 25	9 7	1300	0,03	1,9?
Titan	1655	1 221 000	15 22 41	8 2	4800	1,87	2,3
Hyperion	1848	1 478 500	21 06 38	13 0	400?	0,002?	
Iapetus	1671	3 557 000	79 07 55	10-12		0,02?	
Phoebe	1898	12 940 000	550 09	15 5	160?		
URÁNUSZ							
Miranda	1948	130 000	1 09 56	17	320?		
Ariel	1851	191 700	2 12 29	14 8	720?		
Umbriel	1851	267 000	4 03 28	15 4	560?		
Titania	1787	437 900	8 16 56	13 9	1100?		
Oberon	1787	585 000	13 11 07	14 3	1000?		
NEPTUNUSZ							
Triton	1846	353 000	5 21 03	13 8	3200?		
Nereida	1949	5 570 000	359,4	19	320?		

VIII. Néhány 1957-ben jól megfigyelhető, fényes kisbolygó útjemeire

Dátum	Rektascen- zió	Deklínáció	Fényes- ség	Dátum	Rektascen- zió	Deklínáció	Fényes- ség	Dátum	Rektascen- zió	Deklínáció	Fényes- ség				
2 Pallas (Oppozíció: XI. 5.)															
X. 9.	3 02,3	-17 54	7,9	VII. 31.	22 33,5	-10 59	7,7	VIII. 20.	0 06,5	+16 14	8,9				
19.	2 56,9	-20 53	7,8	VIII. 10.	22 29,7	-13 17	7,5	30.	0 02,9	+16 08	8,8				
29.	2 49,6	-23 30	7,8	20.	22 23,8	-15 51	7,4	IX. 9.	23 56,2	+15 21	8,8				
XI. 8.	2 41,4	-25 32	7,8	30.	22 16,8	-18 27	7,4	19.	23 48,1	+14 02	8,7				
18.	2 33,3	-26 53	7,9	IX. 9.	22 09,9	-20 49	7,4	29.	23 40,2	+12 19	8,8				
28.	2 26,3	-27 30	8,0	19.	22 04,6	-22 42	7,5	X. 9.	23 33,9	+10 27	8,9				
				29.	22 02,1	-24 02	7,7	19.	23 30,1	+ 8 41	9,1				
3 Juno (Oppozíció: XII. 7.)															
XI. 8.	5 15,3	- 0 33	7,3	V. 2.	16 38,8	-24 41	9,6	X. 29.	5 01,9	+ 3 48	8,4				
18.	5 10,8	- 0 54	7,2	12.	16 30,7	-24 15	9,5	XI. 8.	4 57,7	+ 2 42	8,3				
28.	5 04,0	- 1 55	7,1	22.	16 20,9	-23 41	9,4	18.	4 50,1	+ 1 55	8,3				
XII. 8.	4 55,8	- 2 24	7,1	VI. 1.	16 10,6	-23 00	9,4	28.	4 40,5	+ 1 34	8,3				
18.	4 48,0	- 2 16	7,3	11.	16 00,7	-22 16	9,4	XII. 8.	4 30,5	+ 1 45	8,3				
28.	4 41,8	- 1 33	7,4	21.	15 52,2	-21 34	9,5	18.	4 21,9	+ 2 26	8,5				
				VII. 1.	15 45,9	-20 56	9,6	28.	4 15,9	+ 3 32	8,7				
4 Vesta (Oppozíció: X. 11.)															
IX. 19.	1 24,7	- 3 41	6,8									20 Massalia (Oppozíció: XI. 14.)			
29.	1 16,6	- 4 48	6,7									X. 19.	3 39,8	+19 13	8,9
X. 9.	1 07,3	- 5 48	6,8									29.	3 32,2	+18 45	8,7
19.	0 58,0	- 6 33	6,9									XI. 8.	3 24,2	+18 08	8,5
29.	0 49,9	- 6 58	7,0									18.	3 14,2	+17 20	8,5
XI. 8.	0 43,7	- 7 01	7,1									28.	3 04,6	+16 44	8,5
												XII. 8.	2 56,9	+16 09	8,7
													2 52,2	+15 48	8,9
5 Hebe (Oppozíció: VIII. 26.)															
6 Hebe (Oppozíció: VIII. 26.)															
7 Iris (Oppozíció: V. 27.)															
8 Flora (Oppozíció: V. 19.)															
9 Flora (Oppozíció: V. 19.)															
10 Massalia (Oppozíció: XI. 14.)															
11 Massalia (Oppozíció: XI. 14.)															
12 Victoria (Oppozíció: IX. 19.)															
13 Melampus (Oppozíció: XII. 2.)															

A CSILLAGOS ÉG 1957-BEN

(Az időpontok közép-európai időben vannak megadva)

Január

Bolygók

Napnyugtakor az égbolton csak a Merkúr (a hónap első napjaiban) és a Mars látható. A *Merkúr* a hónap első napjaiban még látható, közvetlenül napnyugta után a délnyugati ég olton. 1-től 20-ig hátráló, utána előretartó mozgást végez a Nyilas csillagképben. 10-én alsó együttállásba kerül a Nappal. Fázisa és fényessége 1-én +0,3, illetve +0,4 magnitúdó. A *Mars* napnyugtakor a déli égbolton látható. Éjfélkor nyugszik. A Halak csillagképében előretartó mozgást végez. Fényessége és átmérője csökkenő; 15-én előbbi +0,6 magnitúdó, utóbbi 7,9. — Az *Uránusz* napnyugtakor kel és az egész éjszaka folyamán látható a Rák csillagképben a Castor és Polluxtól délkeletre, hátráló mozgást végezve. 25-én szembenállásban a Nappal. (L. a térképet a 64. oldalon.) — A *Jupiter* az esti órákban kel és az egész éjszaka folyamán látható, 17-ig előretartó, utána hátráló mozgást végezve a Szűz csillagképben. Fényessége —1,7 magnitúdó. A *Nep-tunusz* éjfélkor kel és csak az éjszaka második felében figyelhető meg a Spicától keletre, előretartó mozgást végezve. (L. a térképet a 65. oldalon.) — A hajnali égbolton a Szaturnusz és a Vénusz látható. A *Szaturnusz* a Nap előtt $2\frac{1}{2}$ órával kel, és a délkeleti égbolton előretartó mozgást végez a Skorpió csillagképben, az Antaresztől északra. 25-én 23 órakor igen szoros együttállásban a Holddal, ettől $0,94$ -kal északra. Fényessége +0,7 magnitúdó. A *Vénusz* napkelte előtt látható a délnyugati égbolton a Skorpió, majd a Nyilas csillagképben előretartó mozgást végezve. Fázisa növekedő, fényessége csökkenő. 15-én előbbi 0,9, utóbbi —3,3 magnitúdó. A hó utolsó napjaiban a *Merkúr* megint látható, mint hajnaleszillag, közvetlen napkelte előtt a Nyilas csillagképben, előretartó mozgást végezve.

Hullócsillagok

2-án és 3-án a Bootidák és 17-én a lassú mozgású Cygnidák figyelhetők meg.

Bolygók

Napnyugtakor az égbolton csak a delelő *Mars* látható. Éjfélkor nyugszik és az éjszaka első felében figyelhető meg a *Kos* csillagképben, előretartó mozgást végezve. 6-án 23 óraker együttállásban a *Hold*dal, ettől 1°-kal délre. Fényessége és átmérője csökkenő; 15 -én előbbi +1,0 magnitudo, utóbbi 6,74. — Az *Uránusz* napnyugtakor már kelőben van, úgyhogy a kora esti óráktól kezdve az egész éj folyamán megfigyelhető, a *Rák* csillagképben hátráló mozgást végezve. (L. a térképet a 61. oldalon.) A *Jupiter* az esti órákban kel és az egész éjszaka folyamán látható a *Szüz* csillagképben, hátráló mozgást végezve. Fényessége —2,0 magnitudo. A *Neptunusz* az éjszaka második felében látható 3-tól hátráló mozgást végezve a *Szüz* csillagképben. (L. a térképet a 65. oldalon.) A *Szaturunusz* a hajnali órákban kel és a délkeleti égbolton a *Skorpió* csillagképben látható, előretartó mozgást végezve. 22-én 9 óraker igen szoros együttállásban a *Hold*dal. Fényessége +0,7 magnitudo. — A *Merkur* a hónap első felében közvetlenül napkelte előtt figyelhető meg, a délkeleti égbolton, előretartó mozgást végezve a *Nyilas* csillagképtől a *Bak* csillagkép felé. 2-án legnagyobb nyugati kitérésben 25° távolságra a *Naptól*. Ekkor egy órával kel a *Nap* előtt. Fényessége és fázisa növekedő. Előbbi 2-án 0,7, utóbbi +0,1 magnitudo. A *Vénusz* lassan közeledik a *Nap* felé. A hó első napjaiban felkeresése megkísérélhető napkeltekor a délkeleti égbolton. A *Bak* csillagképben látható előretartó mozgást végezve. Fényessége —3,3 magnitudo.

Hullócsillagok

5-e és 10-e közt a nagyon lassú mozgású és erősebb fényű *Aurigidák* láthatók.

Március

Bolygók

Napnyugtakor az égbolton a *Merkur* (csak a hó utolsó napjaiban) *Mars* és *Uránusz* látható. A *Merkur* 20-án kerül felső együttállásba a *Nappal*, és utána gyors előretartó mozgást végezve, a *Halak* csillagképben tűnik elő a nyugati égbolton. A hó utolsó napján már másfél órával nyugszik a *Nap* után. Fázisa ekkor 0,9 fényessége —1,5 magnitudo. A *Mars* az éjszaka első felében látható a nyugati égbolton. Előretartó mozgást végezve a hó folyamán a *Kos* csillagképből a *Bika* csillagképbe lép át. A hó végén a *Plejádok* és *Aldebaran* közt látható. 7-én 13 óraker együttállásban a *Hold*dal, utóbbitól 1°-kal északra. Fényessége 15-én +1,4 magnitudo. Az *Uránusz* az esti órákban delel és a *Rák* csillagképben látható, hátráló mozgást végezve. (L. a térképet a 64. oldalon.) — A *Jupiter* napnyugtakor kel és az egész éj folyamán

látható a Szűz csillagképben, hátráló mozgást végezve. 17-én szembenállásban a Nappal. Fényessége $-2,0$ magnitúdó. — A Neptunusz az éjféli előtti órákban, a Szaturnusz éjfélkor kel, úgy, hogy a két bolygó már csak az éjszaka második felében figyelhető meg. A Neptunusz továbbra is látható mozgást végez, a Szűz csillagképben. (L. a térképet a 65. oldalon.) A Szaturnusz az Antaresztől északkeletre látható, 24-ig előretartó, utána hátráló mozgást végezve. 21-én 18 órakor igen szoros együttállásban a Holddal. Fényessége $+0,6$ magnitúdó. — A Vénusz a Nap közelsége miatt e hó folyamán nem figyelhető meg.

Hullócsillagok

10-től 12-ig a gyors mozgású és nyomot hagyó Bootidák láthatók.

Április

29—30-án gyűrűs napfogyatkozás. Csak az Északi Jegestenger környékén figyelhető meg.

Bolygók

Napnyugtakor nyugaton a Merkúr és a Mars, a delelő Uránusz és keleten a Jupiter látható. A Merkúr a hó elején másfél, közepén két és a végén pedig egy órával nyugszik a Nap után. Így az egész hónap folyamán megfigyelhető a nyugati égbolton napnyugta után. Ez év folyamán e hó közepén van megfigyelésre legalkalmasabb helyzetben. 25-ig előretartó, utána hátráló mozgást végez a Kos csillagképben. 14-én legnagyobb keleti kitérésben 19° távolságra a Naptól. Fázisa és fényessége e hó folyamán csökkenő. 11-én előbbi $0,5$, utóbbi $-1,2$ magnitúdó. A Mars a kora esti órákban látható, előretartó mozgást végezve a Bika csillagképben. Fényessége $+1,4$ magnitúdó. Az Uránusz az éjszaka első felében a Rák csillagképben figyelhető meg, 10-ig hátráló, utána előretartó mozgást végezve. (L. a térképet a 64. oldalon.) A Jupiter a hajnali órákig látható a Szűz csillagképben, hátráló mozgást végezve. Fényessége $-1,4$ magnitúdó. — A Neptunusz napnyugtakor kel és az egész éjszaka folyamán látható a Szűz csillagképben, hátráló mozgást végezve. 21-én kerül szembenállásba a Nappal. (L. a térképet a 65. oldalon.) A Szaturnusz az esti órákban kel és a Skorpió csillagképben látható, hátráló mozgást végezve. Fényessége $+0,4$ magnitúdó. — A Vénusz 14-én felső együttállásban a Nappal. A hó folyamán nem figyelhető meg.

Hullócsillagok

19-től 23-ig a gyors mozgású és nyomot hagyó Lyridák figyelhetők meg.

13—14-én *teljes holdfogyatkozás*, nálunk is megfigyelhető. A jelenségek időpontjai: A Hold belépése a félárnyékba 13-án 20 óra 41,9 perckor; belépés a teljes árnyékba 21 óra 44,8 perckor; a teljes fogyatkozás kezdete 22 óra 51,6 perckor; a fogyatkozás közepe 23 óra 30,9 perckor; teljes fogyatkozás vége 14-én 0 óra 10,2 perckor; kilépés a teljes árnyékból 1 óra 17,0 perckor; kilépés a félárnyékból 2 óra 20 perckor. A fogyatkozás nagysága holdátmérőben kifejezve 1,3.

Bolygók

Napnyugtakor a nyugati égholton a horizont közelében a *Merkur* (csak a hó első napjaiban) és a *Vénusz* (csak a hó második felében), valamivel magasabban pedig a *Mars* és az *Uránusz*, továbbá a delelés előtt álló *Jupiter* és keleten a kelő *Neptunusz* figyelhető meg. A *Merkur* a hó első felében hátráló, majd 18-tól előretartó mozgást végez a Kos csillagképben. E hónap első napján egy órával nyugszik a Nap után — ekkor még megkísérelhető felkeresése —, utána azonban gyorsan közeledik a Nap felé, mellyel 6-án kerül alsó együttállásba. Ez alkalommal a napkorong előtt is átvonul, de az átvonulás időpontja nálunk éjjelre esik, úgy, hogy ez a jelenség csak Ázsia, a Csendes-óceán, Ausztrália és Észak-Amerika északnyugati vidékeiről figyelhető meg. A *Vénusz* a Nappal való együttállása után a hó második felében tűnik elő a nyugati égholton. A hónap végén már másfél órával nyugszik a Nap után. A *Bika* csillagképben látható előretartó mozgást végezve, az Aldebarantól északra. Fázisa 0,98, fényessége $-3,4$ magnitúdó. A *Mars* a kora esti órákban látható. A hónap folyamán előretartó mozgást végezve, a *Bika* csillagképből az *Ikrek* csillagképébe lép át. Fényessége csökkenő, a hó közepén $+1,4$ magnitúdó. Az *Uránusz* a *Rák* csillagképben látható, előretartó mozgást végezve. (L. a térképet a 64. oldalon.) A *Jupiter* az éjszaka első felében látható a *Szűz* csillagképben 19-ig hátráló, utána előretartó mozgást végezve. Fényessége $-1,8$ magnitúdó. A *Neptunusz* az éjszaka első felében figyelhető meg a *Szűz* csillagképben, hátráló mozgást végezve. (L. a térképet a 65. oldalon.) A *Szaturunusz* a kora esti órákban kel és az egész éjszaka folyamán látható a *Skorpió* csillagképben, hátráló mozgást végezve. 15-én 9 órakor igen szoros együttállásban a *Holddal*, ettől $0,2^\circ$ -kal délre. Fényessége $+0,4$ magnitúdó.

Hullócsillagok

6-án a gyors mozgású és hosszú pályájú *Aquaridák*, 11-e és 14-e között a szintén gyors mozgású *Herculidák* és 30-án a gyors és nyomot hagyó *Pegazidák* láthatók.

Június

Bolygók

Napnyugta után a nyugati égbolton alacsonyan a Vénusz, Mars és Uránusz, valamivel magasabban pedig a Jupiter, továbbá a delelő Neptunusz és keleten a kelő Szaturnusz látható. A Vénusz a hó elején egy, végén két órával kel a Nap után. A Bika, utána pedig az Ikrek csillagképben látható gyors előretartó mozgást végezve. Fázisa 0,95, lassan csökkenő, fényessége $-3,3$ magnitúdó. A Mars az Ikrek csillagképéből a Rák csillagképébe lép át, előretartó mozgást végezve. Fényessége $+2,0$ magnitúdó. Az Uránusz a Rák csillagképben látható, előretartó mozgást végezve. (L. a térképet a 64. oldalon.) A Jupiter éjfélkor nyugszik és az éjszaka első felében látható, előretartó mozgást végezve a Szűz csillagképben. Fényessége $-1,6$ magnitúdó. A Neptunusz a Szűz csillagképben látható, hátráló mozgást végezve. (L. a térképet a 65. oldalon.) A Szaturnusz az egész éjszaka folyamán látható a Skorpió csillagképben, hátráló mozgást végezve. 11-én 14 óraker igen szoros együttállásban a Holddal. 1-én szembenállásban a Nappal. Fényessége $+0,2$ magnitúdó. — A Merkúr a hó folyamán mint hajnalcsillag látható a keleti égbolton. Előretartó mozgást végezve a Kos csillagképből kiindulva, a Bika csillagképen áthaladva a hó végén az Ikrek csillagképbe jut. Legnagyobb nyugati kitérésben a Naptól (24°) 1-én. Felkeresése 20-ig megkísérélhető, de e hónap folyamán nincs az észlelésre előnyös helyzetben, mivel a legkedvezőbb esetben is csak $\frac{3}{4}$ órával kel a Nap előtt. Fázisa és fényessége gyorsan növekedő; előbbi 5-től 20-ig 0,4-ről 0,8-ra, utóbbi $+0,5$ magnitúdóról $-0,7$ magnitúdóra növekszik.

Hullócsillagok

2-től 17-ig a lassú és fényes Scorpionidák, 23-a és 30-a közt pedig a nagyon lassú Draconidák láthatók.

Július

Bolygók

Napnyugtakor az Uránuszt kivéve az összes bolygó látható az égbolton. Nyugaton alacsonyan a Merkúr (csak a hó második felében), Vénusz és Mars, felettük a Jupiter, délnyugaton pedig a delelés után álló Neptunusz és délkeleten a delelés előtt álló Szaturnusz. A Merkúr 4-én kerül a Nappal felső együttállásba, utána pedig gyors előretartó mozgást végezve az Ikrek, majd a Rák és végül az Oroszlán csillagképben a hó második felében már megfigyelhető. A hó közepén egy órával, végén $1\frac{1}{2}$ órával nyugszik a Nap után. 23-án 23 óraker szoros együttállásban a Marssal, ettől $0^\circ,1$ -kal északra, 29-én 1 óraker pedig a Regulusszal, utóbbtól $0^\circ,2$ -kal északra. Fázisa és fényessége csökkenőben van; előbbi 15-én 0,9 és 30-án 0,7, utóbbi ugyanazon időpontokban $-0,9$, illetve $+0,1$ magnitúdó. A Vénusz másfél órával nyugszik a Nap után és a Rák, majd az Oroszlán csillagai közt látható,

előretartó mozgást végezve. 11-én 19 órakor együttállásban a Marssal, ettől 0°,4-kal északra. Fázisa 0,9, csökkenő, fényessége —3,3 magnitúdó. A *Mars* a hó elején két, a végén egy órával nyugszik a Nap után. A *Bak*, majd az *Oroszlán* csillagképben látható, előretartó mozgást végezve. Fényessége +2,0 magnitúdó. A *Jupiter* a kora esti órákban látható a *Szűz* csillagképben, előretartó mozgást végezve. Fényessége —1,4 magnitúdó. A *Neptunusz* a *Szűz* csillagképben látható, hátráló mozgást végezve. (L. a térképet a 65. oldalon.) A *Szaturnusz* éjfél után nyugszik és az éjszaka első felében látható a *Skorpió* csillagképben, az *Antaresz* felett, hátráló mozgást végezve. 8-án 17 órakor szoros együttállásban a *Hold*dal. Fényessége +0,4 magnitúdó. — Az *Uránusz* e hó folyamán a Nap közelsége miatt — mellyel 30-án kerül együttállásba — nem figyelhető meg.

Hullócsillagok

8-tól kezdve már láthatók a *Perseidák*, a raj legsűrűbb részén azonban a *Föld* csak a következő hónap elején halad át. Közben 25-től 30-ig a lassú mozgású *Aquaridák* is megfigyelhetők.

Augusztus

Bolygók

Napnyugtakor a nyugati égbolton alacsonyan a *Merkur* (csak a hónap első felében) és a *Vénusz*, valamivel magasabban a *Jupiter*, efelett délkeleten a *Neptunusz*, végül délen a delelő *Szaturnusz* látható. A *Merkur* a hó elején 1 óra 20 perccel, a közepén 1 órával nyugszik a Nap után. A hó első felében figyelhető meg az *Oroszlán* csillagképben, 26-ig előretartó, utána hátráló mozgást végezve. 12-én a legnagyobb keleti kitérésben: 27° távolságra a *Naptól*. 27-én 1 órakor szoros együttállásban a *Hold*dal, ettől 0,3°-kal délre. Fázisa és fényessége csökkenő; 9-én előbbi 0,6, utóbbi +0,4 magnitúdó. A *Vénusz* másfél órával nyugszik a Nap után. Az *Oroszlán*, majd a *Szűz* csillagképben látható előretartó mozgást végezve. 22-én 16 órakor együttállásban a *Jupiter*rel, utóbbitól ½°-kal délre. Fázisa lassan csökkenő, fényessége lassan növekedő. 15-én előbbi 0,8, utóbbi —3,4 magnitúdó. A *Jupiter* a hó elején két, a végén egy órával nyugszik a Nap után. A *Szűz* csillagképben figyelhető meg, előretartó mozgást végezve. Fényessége —1,3 magnitúdó. A *Neptunusz* előretartó mozgást végez a *Szűz* csillagképben (L. a térképet a 65. oldalon) és csak az egész kora esti órákban látható. A *Szaturnusz* a hó elején éjfélkor, végén már éjfél előtt két órával nyugszik, és az esti órákban figyelhető meg, a *Skorpió* csillagképben, 12-ig hátráló, utána előretartó mozgást végezve. Fényessége +0,7 magnitúdó. Az *Uránusz* és a *Mars* a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Hullócsillagok

10-én megy át a *Föld* a *Perseida* raj legsűrűbb részén, melyek 20-ig láthatók.

Bolygók

Napnyugtakor a nyugati égbolton alacsonyan a Jupiter (csak a hó első felében), a Vénusz és a Neptunusz, valamivel magasabban pedig a Szaturnusz látható. A Jupiter a hó elején napnyugta előtt egy órával nyugszik, azonban mindjobban közeledik a Nap felé és így csak a hónap első felében figyelhető meg a Szűz csillagképben, előretartó mozgást végezve. Fényessége —1,2 magnitúdó. A Vénusz másfél órával nyugszik a Nap után és a hó elején a Szűz csillagképben látható, a Spicától északra, majd később a Mérleg csillagképbe lép át, előretartó mozgást végezve. 28-án 19 órakor együttállásban a Holddal, ettől 2°-kal északra. Fázisa csökkenő, fényessége növekedő. 15-én előbbi 0,7, utóbbi —3,5 magnitúdó. A Neptunusz már csak nehezen figyelhető meg. Felkeresése megkísérélhető napnyugtakor a 65. oldalon között térkép segítségével. A Szűz csillagképben látható előretartó mozgást végezve. A Szaturnusz a kora esti órákban látható a Skorpió csillagképben, előretartó mozgást végezve. 1-én 4 órakor és 28-án 15 órakor, szoros együttállásban a Holddal. A második alkalommal tőlünk is megfigyelhető, amint a Hold a Szaturnuszt elfedi. A fedés adatai Budapestre (Magyarország más részein ezen adatokból néhány perccel eltérés adódhat): eltűnés a holdkorong mögött 28-án 14 óra 2,2 perccor, előtűnés a holdkorong mögöl 15 óra 12,4 perccor. Ámbár a fenti időpontok nappalra esnek, e jelenség mégis már kisebb távcsövel is megfigyelhető lesz. Fényessége +0,8 magnitúdó. — Az Uránusz a hajnali órákban figyelhető meg a keleti égbolton, a Rák csillagképben, előretartó mozgást végezve. (L. a térképet a 64. oldalon.) A Merkúr 20-tól kezdve figyelhető meg a keleti égbolton. A hó utolsó napjaiban 1 óra 20 perccel kel a Nap előtt. Az Oroszlán csillagképben látható, 18-ig hátráló, utána előretartó mozgást végezve. 9-én alsó együttállásban a Nappal. Legnagyobb nyugati kitérését a Naptól (18°) 25-én éri el. 25-én fázisa 0,4, fényessége 0,0 magnitúdó, mindkettő növekedő. — A Mars 21-én kerül együttállásba a Nappal, ezért e hó folyamán nem figyelhető meg.

Hullócsillagok

7-től 15-ig a Perseidák figyelhetők meg.

Október

23-án teljes napfogyatkozás. Csak a Déli Jegestenger vidékeiről látható.

Bolygók

Napnyugtakor alacsonyan a nyugati égbolton a Vénusz és a Szaturnusz látható. A Vénusz másfél órával nyugszik a Nap után és a Mérleg, majd a Skorpió csillagképben látható, előretartó mozgást végezve. A hó második felében az Antaresztől északra figyelhető meg.

Felette a *Szturnusz* látható, szintén a Skorpió csillagképben, előretartó mozgást végezve. A *Vénusz* fázisa 0,6, fényessége $-3,8$; előbbi csökkenő, utóbbi növekedő. A *Szturnusz* fényessége $+0,8$ magnitúdó. — Az *Uránusz* a hó elején éjfélkor, a hó végén pedig éjfél előtt másfél órával kel és a Rák csillagképben látható előretartó mozgást végezve. (L. a térképet a 64. oldalon.) — A hó első napjaiban még megkísérelhető a *Merkur* felkeresése, közvetlen napkelte előtt, a keleti horizont közelében, a Szűz csillagképben. Előretartó mozgást végezve 24-én kerül felső együttállásba a Nappal. 1-én fázisa 0,8, fényessége $-0,8$ magnitúdó, mindkettő növekedő. — A *Mars*, *Jupiter* és *Neptunusz* a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. A *Jupiter* 5-én, a *Neptunusz* 26-án kerül együttállásba a Nappal.

Hullócsillagok

E hó folyamán Földünk több meteorraj pályáját keresztezi. 2-án a Quadrantidák, 9-én a Draconidák, 12-től 23-ig pedig a nagyon lassú és fényes Arietidák, 18-tól 20-ig a gyors és nyomothagyó Orionidák és végül 30-án a Tauridák láthatók.

November

7-én teljes holdfogyatkozás. Tőlünk már nem látható, mivel a fogyatkozás nálunk éppen holdkeltekor ér véget.

Bolygók

Napnyugtakor délnyugaton a horizont közelében a *Merkur* (csak a hó utolsó napjaiban) és a *Szturnusz* (csak a hónap első felében), valamivel magasabban pedig a *Vénusz* látható. A *Merkur* a hó utolsó napjaiban egy órával nyugszik a Nap után, ekkor megfigyelhető napnyugtakor a délkeleti égbolton, a Skorpió és Nyilas csillagképek között, előretartó mozgást végezve. 27-én fázisa 0,8, fényessége $-0,3$ magnitúdó, mindkettő csökkenő. A *Szturnusz* a hó elején két órával, végén már csak fél órával nyugszik a Nap után. A hó első felében figyelhető meg, előretartó mozgást végezve a Skorpió csillagképben. Fényessége $+0,7$ magnitúdó. A *Vénusz* a hó elején két, végén három órával nyugszik a Nap után. Legnagyobb keleti kitérését a Naptól (47°) 18-án éri el. A Skorpió, majd a Nyilas csillagképben látható, előretartó mozgást végezve. Fázisa csökkenő, fényessége növekedő. Előbbi 0,5, utóbbi $-4,0$ magnitúdó. — Az *Uránusz* a későesti órákban kel és az éjszaka második felében látható a Rák csillagképben, 17-ig előretartó, utána hátráló mozgást végezve. (L. a térképet a 64. oldalon.) — Napkelte előtt a délkeleti égbolton a *Jupiter* és lejjebb a *Mars* látható. A *Jupiter* a hó elején másfél, a végén négy órával kel a Nap előtt. A Szűz csillagképben látható előretartó mozgást végezve. Fényessége $-1,3$ magnitúdó. A *Mars* másfél órával kel a Nap előtt. A Szűz, majd a Mérleg

csillagképben látható, előretartó mozgást végezve. 20-án 5 órakor együttállásban a Holddal, ettől $0,8^\circ$ -kal északra. A *Neptunusz* a Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Hullócsillagok

3-tól 15-ig a nagyon gyors Leonidák, 17-től 27-ig pedig a nagyon lassú Andromedidák figyelhetők meg.

December

Bolygók

Napnyugtakor délnyugaton a horizont közelében a *Merkur* (csak 20-ig) és magasabban a *Vénusz* látható. A *Merkur* 10-én 1 óra 20 perccel, 20-án egy órával nyugszik a Nap után. A hó végén már nem figyelhető meg, mivel 25-én már alsó együttállásba kerül a Nappal. A *Nyilas* csillagképben látható, 16-ig előretartó, utána hátráló mozgást végezve. Legnagyobb keleti kitérésben a Naptól (21°) 8-án. Fázisa és fényessége 12-én 0,5, illetve 0,0 magnitúdó, mindkettő gyorsan csökkenő. A *Vénusz* három órával nyugszik a Nap után. A *Bak* csillagképben látható, előretartó mozgást végezve. 24-én 20 órakor együttállásban a Holddal, ettől 6° -kal délre. Fázisa gyorsan csökkenő: a hó elején 0,4, a végén 0,2. Legnagyobb fényességét ($-4,4$ magnitúdó) 24-én éri el. — Az *Uránusz* a koraesti órákban kel és a *Rák* csillagképben látható, hátráló mozgást végezve. (L. a térképet a 64. oldalon.) — A hajnali égbolton a *Jupiter*, *Neptunusz* és a *Mars* látható. A *Jupiter* a hó elején $3\frac{1}{2}$ órával, a végén 2 órával kel éjfél után. A *Szűz* csillagképben látható, előretartó mozgást végezve. Fényessége $-1,4$ magnitúdó. A *Neptunusz* felkeresése — a nappal való együttállása után — a hajnali órákban a 65. oldalon közölt térkép alapján újból megkísérélhető. A *Szűz* csillagképben látható, előretartó mozgást végezve. A *Mars* két órával kel a Nap előtt. A *Mérleg*, majd a *Skorpió* csillagképben látható, előretartó mozgást végezve. — A *Szaturnusz* 9-én kerül a Nappal együttállásba. E hó folyamán nem figyelhető meg.

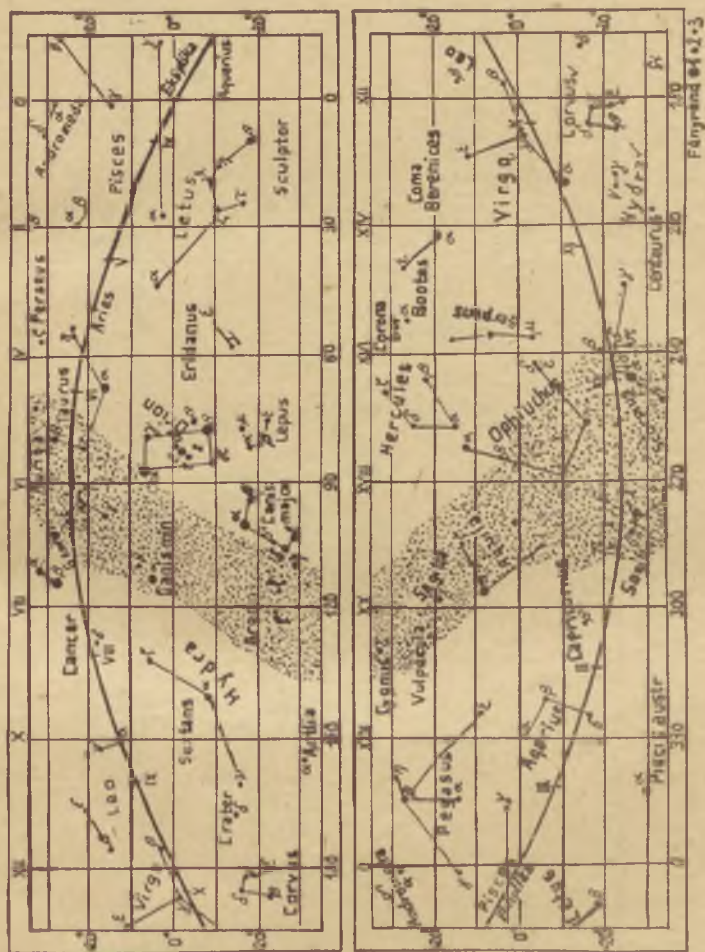
Hullócsillagok

10-e és 12-e között a Geminidák figyelhetők meg.

Guman István



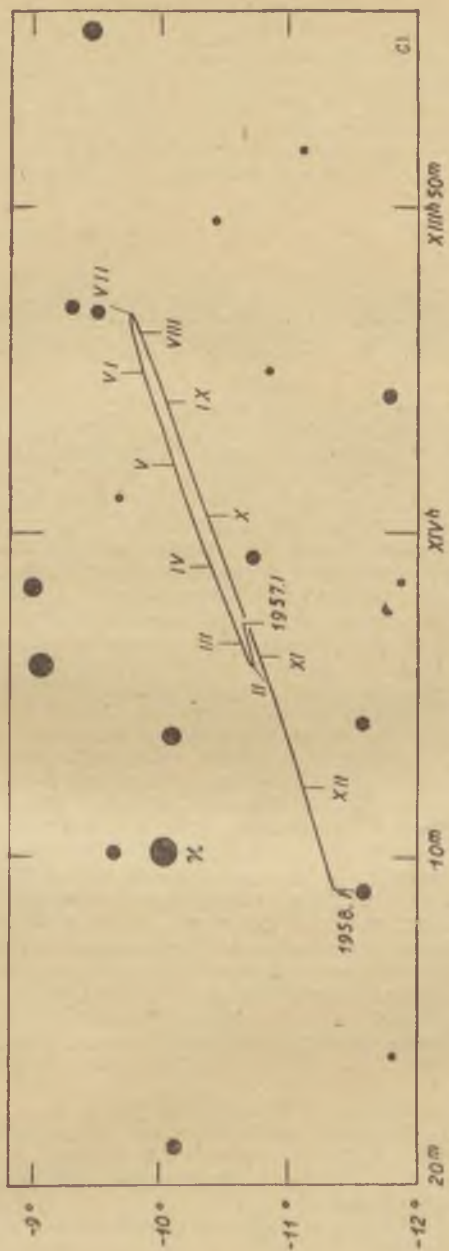
1. ábra. Az északi ég csillagképeinek térképe a 20. egyenlítői szélességtől az északi pólusig



4. ábra. Az ekliptika körüli csillagképek térképe



3. ábra. Az Uránusz látszó mozgásának térképe 1957-re



4. ábra. A Neptunusz látszó mozgásának térképe 1957-re

DETRE LÁSZLÓ:

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA CSILLAGVIZSGÁLÓ INTÉZETÉNEK MŰKÖDÉSE AZ 1955. ÉVBEN

Az Intézet internacionális kapcsolatai az 1955. év folyamán tovább fejlődtek. Az Akadémia lehetővé tette, hogy hivatalosan részt vehessünk a Nemzetközi Csillagászati Unió dublini közgyűlésén és a képviselőre alulírottat delegálta. Ezen a közgyűlésen a Változócsillag Bizottság több olyan határozatot hozott, amelyek lehetővé tették számunkra, hogy változócsillag kutatásainkat a legszélesebb nemzetközi kooperáció keretében folytathassuk. Ennek a kooperációnak a kifejlesztésében igen sokat jelentett, hogy alkalmas volt több napot tölteni az Unió központjában, a leydeni csillagvizsgálóban is.

A dublini konferencián hozott határozatok alapján az *RR Lyrae*-csillagokra vonatkozó vizsgálatainkat összhangba kell hozni a leydeni, johannesburgi, tokiói, az ausztráliai stromlóhegyi és több amerikai csillagdán folyó vizsgálatokkal. A gömbhalmazokban levő változócsillagok vizsgálatára külön albizottságot állítottak fel, és ennek keretében különösen a torontói és az asiagói obszervatóriumokkal fogunk majd együttműködni. A leydeni csillagda feldolgozásra átengedte az *RW Draconis* rövidperiodusú Cefeidára vonatkozó 1933–1938 évi felvételi anyagát, kb. 1800 felvételt és segítségünkre volt a fotoelektromos fotometriában szükséges, hazánkban nehezen beszerezhető alkatrészek átengedésével berendezésünk lényeges tökéletesítésében.

A dublini közgyűlés a 27. sz. Változócsillag Bizottság tagjává választotta BALÁZS JÚLIA tudományos munkatársat, úgyhogy jelenleg az Uniónak 2 magyar tagja van. A Szovjet Akadémia Krími Astrofizikai Obszervatóriumának ünnepélyes megnyitásán intézetünket DEZSŐ LORÁNT osztályvezető képviselte és ez a kiküldetés lehetővé tette, hogy részletesen megbeszélhessük a szovjet megfigyelési hálózathoz való csatlakozásunkat.

Októberben meglátogatta az Intézetet A. K. DAS, a kodaikanáli obszervatórium igazgatója, akivel behatóan megtárgyaltuk napfizikai kutatásainkat.

Májusban intézetünkben volt tanulmányúton A. D. BONOVSZKI holgár csillagász, a Szófia Egyetem asszisztense. Az intézet hazautazása alkalmával rendelkezésére bocsátott egy 15 cm nyílású, 1:5 fényerősségű Zeiss-kamarát, hogy a Szófia Csillagvizsgáló mielőbb megkezdhesse változócsillag megfigyeléseit.

Amennyire örvendetes nemzetközi kapcsolataink fejlődése, annyira elszomorító a SCHMIDT-teleszkóp és a mátrai fiókinézet ügyének el-

húzódása. Jelenleg az a helyzet, hogy 1961-ig a hazai csillagászat nem várhat fejlesztést. Minthogy Intézetünk 1926 óta semmi lényeges műszerfejlesztést sem kapott, a hazai csillagászati kutatások ma már csupa elavult műszerrel folynak. A műszerek elavultságán kívül egyenesen katasztrofálissá teszi helyzetünket, hogy az Intézet számára régebben biztosított védőövezetet az utóbbi időben semmibe se vették és a környék nagyfokú beépülése következtében még az elavult műszerállomány kihasználása is erősen korlátozva van.

Az Intézet személyzete

A nyáron megejtett racionalizálás csökkentette a gazdasági részleg létszámát, ezzel szemben az őszi folyamán sikerült visszakapjunk az 1954. évi racionalizálással elvesztett tudományos állásokat. Az év végére a személyzet így alakult:

Igazgató: dr. DETRE LÁSZLÓ.

I. Sztellársztronómiai osztály: Vezető: DETRE LÁSZLÓ, tudományos munkatársak: BALÁZS JÚLIA, GUMAN ISTVÁN, HERCZEG TIBOR, IZSÁK IMRE (novembertől), OZSVÁTH ISTVÁN (novembertől), tudományos munkaerők: BÁNYAI ZSOLT (novembertől), ELTER DEZSŐ (novemberig), GEFERT KÁROLY, LOVAS MIKLÓS.

II. Napfizikai osztály: Vezető: DEZSŐ LORÁNT, tudományos munkatárs: CSADA IMRE, tudományos segédmunkatárs: GERLEI OTTÓ, tudományos munkaerő: MERSITS JÓZSEF, laboráns: NAGY LÁSZLÓ.

Mechanikai műhely: ELTER JÁNOS műhelyvezető, KÁLMÁN BÉLA és VIDÉKI ISTVÁN mechanikusok.

Gazdasági részleg: KÁLDOR ERNŐNÉ főkönyvelő, NAGY G. KOVÁCS TIBOR könyvtáros (szeptember 1-ig), ÁCSNÉ KOMORÓCZI JÚLIA gépirónő (május 1-ig), TAMÁS JÁNOS gépkocsivezető, IVÁNCSIK MIKLÓS betanított munkás, IVÁNCSIKNÉ GUBA BORBÁLA hivatalsegéd, MELEGH IMRE kertész (félévig).

Az Intézetben két aspiráns nyer kiképzést, ALMÁR IVÁN változócsillag, és BALOGH KÁROLY asztrofizikai témakörrel.

Az Akadémia lehetővé tette négy ösztöndíjas foglalkoztatását, akik közül FALVAI VALÉRIA középiskolai tanár az I. osztályon, MAGYAR JÁNOS a TTIT Bácskiskun megyei szervezetének titkára, LOVAS BERNADETT középiskolai tanár és RÓKA GEDEON, a TTIT központi csillagászati szakosztályának titkára a II. osztályon dolgozott.

Tudományos munka és eredmények

I. osztály. Az 1955. évben a megfigyelési anyag erősebben növekedett, mint bármely megelőző évben. A megfigyelések részben a 16 cm-es asztrográfon, részben a 60 cm-es reflektoron történtek. Az asztrográfon készült felvételekről az alábbi táblázat nyújt áttekintést, míg az ezt

követő táblázat a reflektorra szerelt fotoelektromos berendezéssel végzett megfigyelések összeállítását alkalmazza. Ezek szerint 1955-ben 45 *RR Lyrae*-csillagról 3523 felvételt és 5868 fotoelektromos megfigyelést kaptunk Ezenkívül a *M3*, *M5*, *M15* és *M56* gömbhalmazokról ALMÁR 5, BALOGH 5, LOVÁS 159 és OSVÁTH 16 felvételt készített. Az *Epszi- lon Aurigae* fogyatkozási kettőscsillagról 86 megfigyelést kaptunk.

Az év folyamán az *RR Lyrae*-csillagokról a következő eredményeket kaptuk:

1. A *VZ Cancri* ultrarövidperiódusú *RR Lyrae*-csillag BLASKO-effektusában mutatózó amplitudóváltozások periódusát most már pontosan sikerült megállapítani. Az időközben megjelent amerikai megfigyelési anyagból is sikerült ezt a változást kimutatni és így lényegesen túlhaladtunk a külföldi eredményeken, ahol ezeket a változásokat nem vették észre. (GUMAN.)

2. Az eddigi megfigyelési anyagban hat olyan *RR Lyrae*-csillagot találtunk, amelyek kettős *Blasko*-effektust mutatnak, és pedig a két *Blasko*-effektus periódusának aránya igen közel 1:3. Megállapítható, hogy a második *Blasko*-effektussal járó fénygörbeváltozások amplitudója a periódusok kompenzurabilitásától függ: minél nagyobb a kompenzurabilitás, annál kisebbek a fénygörbeváltozások. (BALÁZS.)

3. Az ultrarövidperiódusú *RR Lyrae*-csillagok főperiódusában eddig nem találtak változásokat. A 20 évre kiterjedő budapesti anyag alapján most az *XX Cyg-re* ($P = 0^d 12$) és a *CY Aqu-ra* ($P = 0^d 06$) kimutattuk, hogy az előbbi periódusa igen lassú növekedést, az utóbbié pedig igen kis amplitudójú periódusos változást mutat. (DETRE.)

4. Az *SW Bootis* periódusváltozását bolgár vendégünk A. D. BONOV diszkutálta.

5. OSVÁTH kimérte az *M3*-ról felgyűlt felvételayagunkat és az év végére elkészült kb. 50 000 mérés kiértékelésével is. Fotoelektromosan a halmazból 132 *RR Lyrae*-csillag volt kimérhető. A felvett összehasonlító csillagok nagy számával (30) igen nagy pontosságot sikerült elérni. Ennek megfelelően a periódusváltozások analíziséhez feldolgozta az eddig közzétett külföldi anyagot is: BAILEY, LARINK, MÜLLER, SLAVENAS, BELSERENE és ILETT megfigyeléseit.

IZSÁK feldolgozta az *M15*-ről készített 350 felvételünk alapján FALVAY mérései útján nyert anyagot. A nemzetközi irodalomban ez a legnagyobb anyag, amelyet valaha egy gömbhalmazról készítettek. Ennek megfelelően a periódusváltozások olyan részleteiben voltak diszkutálhatók, amilyen részletesen eddig még a „szabad” *RR Lyrae*-csillagok esetében is igen ritkán lehet. Kiderült, hogy a BAILEY által levezetett periódusok túlnyomó része téves. 39 *RR Lyrae*-csillag provizórikus periódusanálíziséből a következő eredmény adódott:

18 csillag periódusa nő

3 csillag periódusa csökken

6 csillag periódusa hosszúperiódusú változást mutat

5 csillag periódusa rövidperiódusú változása 4 esetben szekuláris növekedést, 1 esetben szekuláris csökkenést mutat

7 csillag periódusa nem mutatott változást.

Kimutatás a 16 cm-es asztrográfon készült felvételekről

Változó

<i>RV Ari</i>	4 ^m	47	—	—	—	—	—	253	—	300
<i>SW Boo</i>	6—8	—	4	—	—	28	12	148	—	192
<i>UU Boo</i>	6—8	—	—	—	—	—	—	43	—	43
<i>RW Cno</i>	4	—	—	—	—	—	—	62	—	62
<i>SS Cno</i>	6—8	—	5	—	—	—	—	140	—	145
<i>TT Cno</i>	4	—	—	—	18	—	—	33	—	51
<i>Z CVn</i>	5	—	—	—	—	—	—	68	—	68
<i>RU CVn</i>	6—8	—	—	—	—	—	27	80	—	107
<i>RX CVn</i>	8—10	—	—	—	—	—	44	52	—	96
<i>SS CVn</i>	8	—	—	—	—	—	4	—	—	4
<i>ST CVn</i>	4	—	—	—	—	—	—	22	—	22
<i>HU Cas</i>	6	—	—	—	16	—	—	32	—	48
<i>UY Cyg</i>	4	—	—	—	—	—	6	—	—	6
<i>XX Cyg</i>	3—4	—	—	—	—	—	—	35	—	35
<i>DM Cyg</i>	4	20	50	—	50	—	13	297	—	420
<i>RW Dra</i>	3—4	—	—	—	151	—	49	588	50	838
<i>XZ Dra</i>	4	—	—	—	—	—	—	82	—	82
<i>SZ Gem</i>	5	—	6	—	—	—	—	46	—	52
<i>TW Her</i>	4	—	6	—	—	—	—	—	—	6
<i>VZ Her</i>	3	—	24	—	—	—	—	—	—	24
<i>AF Her</i>	6	—	—	22	—	—	32	128	—	182
<i>AR Her</i>	3—4	—	—	—	—	—	18	127	—	145
<i>DL Her</i>	4—5	—	—	—	—	—	—	65	—	65
<i>RR Leo</i>	3	—	—	—	—	—	—	29	—	29
<i>Y LMi</i>	8—10	—	—	—	—	—	—	55	14	69
<i>AQ Lyr</i>	10	—	9	—	—	—	—	61	—	70
<i>RW Mon</i>	4	—	7	—	—	—	—	—	—	7
<i>AV Peg</i>	3—4	—	—	—	74	—	—	34	—	108
<i>BF Peg</i>	10	4	13	—	—	—	—	4	—	21
<i>SS Tau</i>	8—10	—	—	—	18	—	—	118	—	136
<i>U Tri</i>	10	—	—	—	17	—	—	57	—	74
<i>SX UMa</i>	4	—	—	—	—	—	—	16	—	16
<i>Összesen :</i>		71	124	22	344	28	205	2676	64	3523

Kimutatás a fotoelektromos megfigyelésekről

Csillag	BALÁZS LOVAS	DETRE LOVAS	GUMAN LOVAS	HERCZEG ELTER D.	Összesen
<i>SW And</i>	189	246	—	—	435
<i>AC And</i>	—	—	1083	—	1083
<i>ST Boo</i>	—	240	—	—	240
<i>VZ Cnc</i>	—	—	735	—	735
<i>V CVn</i>	98	124	—	—	222
<i>XX Cyg</i>	—	180	—	—	180
<i>UY Cyg</i>	421	235	—	—	656
<i>RW Dra</i>	—	96	—	—	96
<i>SU Dra</i>	—	120	—	—	120
<i>SW Dra</i>	100	222	—	—	322
<i>RR Gem</i>	—	633	—	—	633
<i>RR Leo</i>	177	—	—	—	177
<i>EH Lib</i>	—	—	360	—	360
<i>RR Lyr</i>	135	170	—	—	305
<i>RW UMa</i>	84	380	—	—	464
<i>E Aur</i>	—	—	—	86	86
Összesen :	1204	2646	2178	86	6114

A növekvő periódusok túlsúlya a csökkenőkkel szemben (arány 22 : 4) ebben a halmazban olyan méretű, mint amilyent a „szabad” *RR Lyrae*-csillagok esetében találtunk. Ez a megállapítás kozmogóniai szempontból igen fontos.

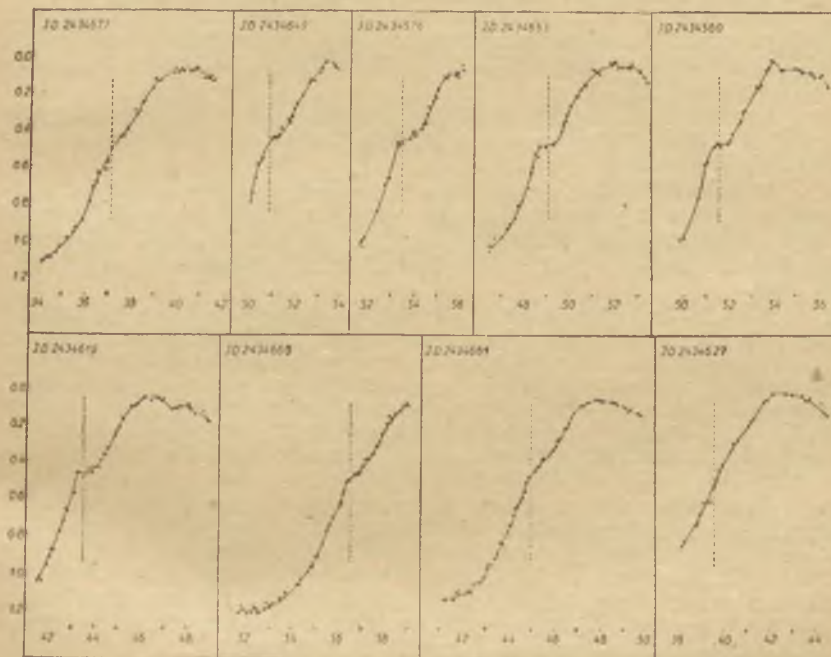
6. A gömbhalmazokban levő változócsillagok statisztikai sajátosságainak összehasonlítása a legújabban Amerikából publikált RUSSELL-diagramokkal arra az érdekes észrevételre vezetett, hogy a RUSSELL-diagramokban mutatkozó különbségek szigorúan összefüggnek a változócsillagok statisztikai sajátágaiban mutatkozó különbségekkel. (DETRE).

CSADA folytatta a forgó mágneses csillagok szerkezetére vonatkozó vizsgálatait. Eredményei szerint a Nap mágneses tere nem lehet dipólus, hanem oktopól típusú. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a pólusokon a tér polaritásának 30° szélesség körül meg kell fordulnia. A wilsonhegyi legújabb magnetografikus felvételek ezt a következtetést megerősítik.

Az elmélet módot adott a Nap elektromos vezetőképességének numerikus meghatározására. Az eredmény hat nagyságrenddel kisebb, mint az ionizáció fokából számított molekuláris vezetőképesség.

HERCZEG kiszámította az ADS 10 229 ; 12 096 ; 14 238 ; 15 300 ; 16 138 és az *Epsilon Hydrae* C kettőscsillagok pályáját. A 30 cm-es refraktoron próbamegfigyeléseket végzett kettőscsillagok fotografikus megfigyelésére. Megkezdte a vizuális kettőscsillagokra vonatkozó anyag összegyűjtését statisztikai vizsgálatok céljára.

BALOGH aspiráns a spektroszkópiai kettősök és a fedési változócsillagok egyesített vizsgálatát kezdte meg, elsősorban az ezeknél fellépő periódusváltozások kérdésének tisztázására.



5. ábra. Az SW And felszálló ágán levő „nyugalmi rész” kiemelése és eltűnése a 37 napos periódus során, a budapesti fotoelektrikus megfigyelések alapján. A szaggatott vonal a főperiódusnak mindig ugyanazon fázisához tartozik

Az osztály az év folyamán a következő tudományos dolgozatokat készítette el:

BALÁZS: Über die sekundären Perioden von *Y Leonis Minoris*. (Budapest Mtt. 39.)

DETRE: A rövidperiódusú Cefeidák periódusváltozásáról. (MTA. III. osztály értesítője.)

GUMAN: Beobachtungen von *AI* und *BE Andromedae*. (Budapest Mtt. 39.)

BONOV: Sur la variabilité de la période de *SW Bootis*. (Budapest Mtt. 38.)

II. osztály. Az 1955-ös évben 268 napon sikerült fotografikusan észlelnünk a Napot. Az észlelési napok számának megoszlását az egyes naptári hónapokra az alábbi kis táblázat mutatja:

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
12	22	17	27	27	28	29	30	28	22	19	15

A fotehéliográfval, GG 11 színszűrővel (14 · 14 cm-es lemezekre) 626 fotografiai felvétel készült a teljes (műszerünknel kb. 10 cm-es) napkorongról és (5 · 5 cm-es lemezekre) 546 felvétel foltokkal és fáklyákkal borított napkorong részletekről. Így a fotoszférikus napkorongról, ill. napkorong részletekről gyűjtött lemezeink száma az év végére 3470-re növekedett.

Az észlelések mellett az Osztály dolgozóinak 1955. évi munkáját csaknem teljes egészében a napfoltokra vonatkozó statisztikai vizsgálataink töltötték ki.

Meggyőződhetünk arról, hogy a penumbra/umbra területek arányára kapott törvényszerűségeink valóban általában fennállnak és ezen „területhányadost”, különösen akkor, ha a foltokat, ill. foltcsoportokat fejlődésükben vizsgáljuk, azok fontos jellemzőjének kell tekintenünk.

Még az év elején észrevettük azt is, hogy a foltokra vonatkozó ún. E.W. (Kelet – Nyugat) aszimmetria más lesz, ha kifejlődésében és más, ha visszafejlődésében levő foltokat, vagy foltcsoportokat tekintünk, és az E többlet voltaképpen csupán a kifejlődésben levő objektumoktól származik. Ha mindössze az ilyen esetekre vonatkozó észleléseket vettük figyelembe, akkor elegendő sok adat először is kivétel nélkül mindig „-többletet” mutatott, másodsor a jelentkezett E többlet általában az eddig találtak többszörösére rúgott.

Egyszerűen azzal sikerült felismernünk és kimutatnunk mindezen törvényszerűségeknél látszó szabályosságokat, hogy minden egyes felhasznált folt és foltcsoport észleléséről előzőleg megállapítottuk, hogy az a foltterületek változásait feltüntető görbe menete szerint milyen fejlődési fázisra, tehát hogy fejlődő, vagy visszafejlődő, maximumban vagy minimumban levő objektumra vonatkozik-e és ezen négy fejlődési fázisra elkülönítve tanulmányoztuk a megfigyelési anyagot.

Eredményeink alapján az eddigi legelfogadhatóbb értelmezés szerint az E többletet a foltoknak a napotáció irányába (tehát W-re) történő szisztematikus elhajlása okozná, aligha tartható fenn. Ezzel szemben az a tény, hogy a kifejlődő foltok határozott és elég tekintélyes E többletet mutatnak, míg a visszafejlődők nem, nyilvánvalóan egyértelműen bizonyítják az effektus valóban szoláris eredetét.

Az eddig említett kutatásokhoz az 1922-től az 1934 évig terjedő „greenwichi” megfigyelési anyagot használtuk fel, így vizsgálataink 11 ezernél több foltcsoportra és közel 6 ezer egyes foltra vonatkozó észlelési adaton alapszanak.

A penumbrális foltoknak a napkorongon való eloszlását az 1900-tól az 1915. évig terjedő „greenwichi” megfigyelési anyag alapján vizsgáltuk. Így kb. 16 ezer olyan egyes foltra vonatkozó adatot használtunk fel, amelyeknél az umbra területét zérusnak adták meg, más szóval umbrát egyáltalán nem észleltek. Ezek a foltok általában foltcsoportok részletei. Az eloszlásokból általában két lényeges következtetést tehetünk.

I. Figyelembe véve a penumbra/umbra területekre megállapított gyakoriságot, nagyon valószínű, hogy ilyen penumbrális foltok húzamosabb ideig valóban nem is létezhetnek és így a legtöbb „penumbrális” folt esetében pusztán arról volna szó, hogy az umbra oly kicsiny, hogy a mérhetőségi határ alatt van.

II. Vagy az umbrák mélyebben fekszenek, mint a penumbrák, vagy a foltokat gyűrűszerűen körülvevő fáklya van sokkal magasabban, mint a folt.

Az osztály napfoltkutatózásairól DEZSŐ beszámolt a Krimi Napfizikai Konferencián.

Egyéb munkák OZSVÁTH a heidelbergi Astronomisches Recheninstitut kérdésére az 1937 YD kisbolygóra 6 pontos pozíciót számított KULIN régebbi felvételei alapján. Az eredményeket a Cincinnati Observatórium Minor Planet Cirkular-jának 1246. számában közzölték.

HERCZEG, LOVAS felvételeiről a MRKOS-üstökösről 3, a BAKHAREV-üstökösről 4, a HONDA-üstökösről 3 pontos pozíciót számított ki.

Ebben az évben sikerült az országos hosszúsági alappontunkat (az Intézet passage-házának pillérét) a nemzetközi hálózatba bekapcsolni, és pedig Potsdamon keresztül. A szimultán méréseket magyar részről az Állami Földmérési és Térképészeti Intézet, német részről a NDK potsdami Geofizikai Intézete hajtotta végre. A magyar megfigyelők, BYFF IMRE és BÁRDY ANDOR augusztus 1–27-e között, míg a német megfigyelők, HEMLEB és POERZEL geodéták augusztus 30. és szeptember 18. között végezték a szükséges méréseket Intézetünkben. A mérési anyag feldolgozása még folyamatban van.

Az Intézet ellátja az Országos Meteorológiai Intézetnek a területünkön levő I. osztályú állomásának munkakörét és a leolvasásokat havonta beküldjük. (IVÁNCSIK.)

A naptevékenység alakulásáról II. osztályunk szükség szerint tájékoztatta az Országos Meteorológiai Intézet Távprognózis Osztályát.

RÓKA GEDEON:

A TTIT CSILLAGÁSZATI ÉS MATEMATIKAI SZAKOSZTÁLYAINAK MUNKÁJÁRÓL

A TTIT központi csillagászati és matematika szakosztálya az 1956. évben új munkabizottsággal bővült. Május 26-án megalakult az Asztronautikai Munkabizottság, amelynek feladata az űrhajózási propaganda-munka irányítása és ellenőrzése, valamint az űrhajózási vonatkozású dokumentációs anyag beszerzése, a tudományos eredményekről való tájékoztatás megszervezése.

Az asztronautikai munkabizottság elnöke: dr. KULIN GYÖRGY
titkárai: ALMÁR IVÁN, SINKA JÓZSEF
tagjai: BARSÍ ÖDÖN író, AUJESZKY LÁSZLÓ meteorológus
kandidátus, DALA LÁSZLÓ, a TTIT központi fizikai-kémiai szakosztályának titkára, ÉRDI-KRAUSZ GYÖRGY egyetemi előadó, FLÓRIÁN ÉNDRE ionoszféra-kutató, FÜLÖP ZOLTÁN repülőmérnök, GALLA EMIL repülőorvos, a Magyar Népköztársaság kiváló orvosa, HALM TIBOR repülőorvos, kandidátus, HERCZEG TIBOR csillagász, tudományos kutató, HORVÁTH TIBOR főenergetikus, KOCZKÁR ERNŐ szakíró, MAGYARI ÉNDRE híradástechnikai mérnök, NAGY ERNŐ gépészmérnök, NAGY ISTVÁN GYÖRGY hadmérnök, PÁTER JÁNOS MÁV főorvos, RÁCZ ELEMÉR egyetemi tanár; SOMOGYI ANTAL fizikus, KFKI osztályvezető helyettes, TARDOS BÉLA meteorológus, TURCSÁNYI GYÖRGY biofizikus.

A központi szakosztály elnöksége és tagsága ennek megfelelően az 1956. évben:

Elnök: dr. DETRE LÁSZLÓ akadémiai levelező tag, a matematikai tudományok doktora, az MTA Csillagvizsgáló Intézet igazgatója.

Elnökkhelyettesek: dr. DEZSŐ LORÁNT kandidátus, osztályvezető, dr. VINCZE ISTVÁN kandidátus, h. igazgató.

Munkabizottság vezetők:

Asztronautikai munkabizottság vezetője: dr. KULIN GYÖRGY.

Általános népszerűsítő munkabizottság vezetője: dr. FÖLDES ISTVÁN kandidátus, egyetemi docens.

Kozmogóniai és tudománytörténeti munkabizottság vezetője: HERCZEG TIBOR tudományos munkatárs.

Matematikai munkabizottság vezetője: dr. VINCZE ISTVÁN kandidátus, h. igazgató.

A központi szakosztály tagjai :

ALMÁR IVÁN aspiráns, dr. AUJESZKY LÁSZLÓ kandidátus, osztályvezető, dr. BALÁZS JÚLIA tudományos munkatárs, BALOGH KÁROLY aspiráns, BARSÍ ÖDÖN író, dr. BERKES ZOLTÁN osztályvezető, CSADA IMRE tudományos munkatárs, DALA LÁSZLÓ szakosztályi titkár, ERDŐSI JÓZSEF műszaki egyetemi adjunktus, ÉRDI-KRAUSZ GYÖRGY egyetemi előadó, dr. FLÓRIÁN ENDRE ionoszféra-kutató, FÜLÖP ZOLTÁN repülőmérnök, GALLA EMIL repülő orvos, a Magyar Népköztársaság kiváló orvosa, GUMAN ISTVÁN tudományos munkatárs, HALM TIBOR kandidátus, repülőorvos, HORVÁTH TIBOR főenergetikus, IZSÁK IMRE tudományos munkatárs, KOCZKÁR ERNŐ szakíró, LIGETI BÉLA tanszékvezető, MAGYARI ENDRE híradástechnikus, MARX GYÖRGY Kossuth-díjas, a fizikai tudományok doktora, NAGY ERNŐ gépészmérnök, NAGY ISTVÁN GYÖRGY hadmérnök, OZSVÁTH ISTVÁN tudományos munkatárs, PÁTER JÁNOS főorvos, RÁCZ ELEMÉR egyetemi tanár, RÉNYI ALFRÉD Kossuth-díjas, akadémiai levelező tag, egyetemi tanár, SOMOGYI ANTAL osztályvezető h., TARDOS BÉLA meteorológus, TURCSÁNYI GYÖRGY biofizikus.

Szakosztályi titkár: RÓKA GEDEON, munkatárs: SINKA JÓZSEF, adminisztrátor: RÁCZ GUSZTÁVNÉ.

A központi szakosztály a Társulat Országos Elnökség határozatainak megfelelően irányító tevékenységét az ismeretterjesztő munka kiszélesítésére igyekezett összpontosítani. Fő célkitűzése volt, hogy érdekesebb, változatosabb témák által a munkások és a parasztság, a fiatalság nagyobb tömegeivel a csillagászat, a városi lakosság körében pedig a matematikai előadásokat megkedveltessük. Ahhoz, hogy ezen a téren értünk el bizonyos eredményeket, nagymértékben hozzájárult a megyei szakosztályok közdeményezése, megnövekedett aktivitása.

Nem számítva ide a budapesti Uránia Bemutató Csillagvizsgálóban tartott előadásokat és a központi előadásorozatotak az 1956. évben a szakosztályok mintegy 35 csillagászati és 15 matematikai témáról tartottak előadásokat. A legnépszerűbb témák voltak (100-on felelő előadással): A Világmindenség szerkezete, a Mars bolygó, A Naprendszer kialakulása, Az űrhajózás. Ezen fő témák mellett számos előadást tartottak speciálisabb témákról is, mint a: Csillagászat és babona, Csillagászat és a gyakorlati élet, A magyar csillagászat története, Rádiocsillagászat, Az égitestek kora, A Tejútrendszer, Hogyan tájékozódunk a hajók és repülőgépek, Nap és holdfogyatkozások, Óriások és törpék a csillagok világában stb. A tematika változatosabbá tételében különösen jó eredményt érték el a Borsod, Bács és Békés megyei szervezetek, ahol az egyes előadások mellett sikeresen tartottak csillagászati előadásorozatotak is. Változatos és tervszerű munka jellemzi a bajai Uránia előadásprogramját is. Komoly fejlődést mutatott a beszámolási időszakban Pest megye.

Néhány megye kivételével megindultak a matematikai előadások is. A megyék ezen a téren Budapest előtt járnak, mert a központi szakosztály által rendezett később ismertető előadásorozaton kívül Budapesten még matematikai előadások nem voltak. A megyei szakosztályok ezzel szemben 1956 szeptemberéig 45 matematikai előadást szerveztek. Néhány fontosabb téma: A matematika története, BOLYAI és LOBÁCSEVSKIJ, A geometria és a gyakorlati élet, Matematika a mezőgazdaságban, Valószínűségszámítás, Differenciálszámítás.

Értünk el eredményeket a hallgatóság körének kibővítésében is. Növekedett az üzemi munkásság és a falusi lakosság számaránya, de az elért eredményekkel még nem lehetünk elégedettek. A munkások számaránya kb. 25%, a falusi előadások száma pedig még nem éri el az előirányzott $\frac{1}{3}$ -ot. Az előző évhez képest azonban figyelemre méltó eredmény, hogy szeptember végéig 120 falusi előadás hangzott el. A falusi ismeretterjesztő munkában a Bács megyei szervezet járt az élen.

Az előadások hatását illetően a csillagászati előadások főleg a megfigyelhető jelenségekkel kapcsolatos helytelen nézetek elosztatásában érték el eredményeket. Még ma is sokan vannak, akik hisznek az égitestekről jövő különleges hatásokban és ilyeneknek tulajdonítják a szokatlan időjárást, az árvizet, földrengéseket, vagy betegségeket. Kevésbé foglalkoztak az előadások a helytelen, áltudományos elméletek cáfolásával. A matematikai előadások segítették a termelő munkát is, pl. a Terület és térfogatszámítás a mezőgazdaságban c. előadások (Békés, Szabolcs, Vas megyei szervezetek). Sikeresek voltak a matematika történetéből vett témák, melyek közül kiemelkedtek ERDŐSI JÓZSEF központi szakosztályi tagnak Szombathelyen LOBACSEVSZKIJ-ról és OBLÁTH RICHÁRD-nak Zalaegerszegen a görög matematikáról tartott előadásai.

Szerkesztési munkák

A központi szakosztályból alakult szerkesztőbizottság szerkesztette az újonnan megindult Csillagok Világa c. ismeretterjesztő folyóiratot. A szerkesztőbizottság tagjai: ALMÁR IVÁN, DETRE LÁSZLÓ, DEZSŐ LORÁNT, HERCZEG TIBOR, KULIN GYÖRGY, RÓKA GEDEON, SINKA JÓZSEF, ZERINVÁRY SZILÁRD. Felelős szerkesztő: GUMAN ISTVÁN.

A csillagászati ismeretterjesztés régóta fennálló hlányosságát sikerült felszámolni a nyomtatásban megjelenő csillagászati lap kiadásával. A szerkesztő bizottság igyekezett a megjelent cikkek kiválogatásánál arra is törekedni, hogy egyes cikksorozatok a nagyközönség tájékoztatása mellett előadási anyagul is szolgáljanak. Ilyenek voltak a rádiócsillagászatról, a Mars bolygóról és a XX. század csillagászatáról szóló cikkek. Számos cikk foglalkozott az amatőr távcsövek szerelésével, számításával, ezüstözésével, ami által az amatőr csillagászok olyan irodalomhoz jutottak, mely eddig nálunk nem volt hozzáférhető.

A központi szakosztály szerkeszti az évről évre megjelenő Csillagászati Évkönyvet, melynek táblázatos részét az év folyamán megnyilvánuló igényeknek megfelelően fejlesztli, cikkei pedig olyan általános vonatkozású témáknak ad helyet, amely a legszélesebb körű érdeklődésre tarthat számot.

Ezen nagyobbigényű szerkesztési munkák mellett a központi szakosztály sokszorosított útmutatókat juttatott a megyei szervezetek klubestjei és előadásai részére.

A központi szakosztály előadássorozatai

Az előző Évkönyvben közölt beszámoló óta rendezte meg a szakosztály az 1955. évi és 1956. évi Csillagászati Hetet, amikor Budapesten és nagyobb vidéki városainkban a hét napjain ismeretterjesztő csillagászati előadásokat és távcsöves bemutatókat tartottak a nagyközönség részére.

Az 1955. évi budapesti Csillagászati Hét előadásait két helyen párhuzamosan tartották, az I. kerületi ERKEL színpadon és az újpesti KÖNYVES KÁLMÁN Gimnázium dísztermében az alábbi programmal:

BERKES ZOLTÁN:	Csillagászat és meteorológia
PONORI AURÉL:	A Föld mint óra
HORVÁTH ÁRPÁD:	Herschel
KULIN GYÖRGY:	A korszerű üstökös kutatás legújabb eredményei
ZERINVÁRY SZILÁRD:	Az éghajlatváltozások (jégkorszakok) csillagászati okai
GUMAN ISTVÁN:	Rádió és csillagászat
HERCZEG TIBOR:	A XX. század csillagászata

Az 1955. évi Csillagászati Hétnek kevesebb látogatója volt a szokásosnál, mert az esős időre tekintettel nem az Uránia csillagvizsgáló melletti megszokott helyen rendeztük. Az 1956. évi Csillagászati Hétet ezért az Uránia mellett tartottuk, amikor a hét néhány hűvös napján a közönség inkább az Uránia szűk előadótermében szorongott, de részt kívánt venni az Uránia távcsöves bemutatásán. Az 1956. évi Csillagászati Hétnek igen nagy sikere volt, mintegy háromezren hallgatták meg az előadásokat, amikor hozzájárult az is, hogy Mars bolygó szeptemberi földközelsége nagymértékben felkeltette az érdeklődést a csillagászat iránt.

Az 1956. évi Csillagászati Hét előadásai:

KULIN GYÖRGY:	Merre halad a csillagászat
ZERINVÁRY SZILÁRD:	A Mars bolygó szeptemberi nagy földközelsége
HERCZEG TIBOR:	A bolygó kutatás legújabb eredményei
HORVÁTH ÁRPÁD:	Hell Miksa, egy elfelejtett magyar csillagász
DETRE LÁSZLÓ:	Kozmikus hatások a Földön
ALMÁR IVÁN:	Mesterséges holdak a láthatáron
DEZSŐ LORÁNT:	Fokozódik a naptevékenység

A vidéki városokban rendezett Csillagászati hetek alkalmával a központi szakosztály részéről ALMÁR IVÁN, DEZSŐ LORÁNT, GUMAN ISTVÁN, HERCZEG TIBOR, KULIN GYÖRGY, SINKA JÓZSEF és ZERINVÁRY SZILÁRD tartottak előadásokat.

A központi szakosztály rendezte az Uránia Bemutató Csillagvizsgáló őszi és tavaszi ismeretterjesztő előadássorozatát, amelyekről az Urániákról szóló beszámolóknak történelem említés. A JÓZSEF ATTILA Szabadegyetem csillagászati előadásait DETRE LÁSZLÓ, DEZSŐ LORÁNT, GUMAN ISTVÁN, HERCZEG TIBOR, IZSÁK IMRE, KULIN GYÖRGY és OZSVÁTH ISTVÁN központi szakosztályi tagok tartották.

A szakosztály matematikai munkabizottsága a Bolyai János Matematikai Társulat közös rendezésben 1956 tavaszán először szervezett matematikai tárgyú ismeretterjesztő előadássorozatot. A „Matematika világa” című sorozat 6 előadásában a legkiválóbb magyar matematikusok

a modern matematikai kutatások főbb területeiről tájékoztatták a nagy számban megjelent hallgatóságot. A sorozat egyes előadásai a következők voltak :

RÉNYI ALFRÉD akadémiai levelező tag, kétszeres Kossuth-díjas egyetemi tanár :

HAJÓS GYÖRGY akadémikus, Kossuth-díjas egyetemi tanár :

ALEXITS GYÖRGY akadémikus, Kossuth-díjas egyetemi tanár :

CSÁSZÁR ÁKOS, a matematikai tudományok doktora, egyetemi tanszékvezető docens :

RÉNYI ALFRÉD :

TURÁN PÁL akadémikus, kétszeres Kossuth-díjas egyetemi tanár :

Milyen irányban fejlődik a matematika

Mi az a negyedik dimenzió?

Bolyai János, a tudomány nagy forradalmára

Geometria mérés nélkül

A véletlen birodalma

Híres megoldott és megoldatlan problémák az egész számok elméletében

Klubestek

A TTIT klubjaiban a központi szakosztály rendezésében 1956-ban megtartott klubestek :

KULIN GYÖRGY :

A XX. század csillagászata (Kossuth Klub)

FÖLDES ISTVÁN :

Csillagászati dokumentfilmek (Eötvös Klub)

RÉNYI ALFRÉD :

Beszámoló az angliai tanulmányiból (Kossuth Klub)

RÓKA GEDEON :

Legenda és valóság a csillagos égről (Eötvös Klub)

ALMÁR IVÁN — AUJESZKY LÁSZLÓ — FÜLÖP ZOLTÁN — dr. GALLA EMIL — SINKA JÓZSEF :

A kínai tűzijáték rakétától az űrhajózásig (Kossuth Klub)

ZERINVÁRY SZILÁRD :

A modern űstörökutatások legújabb eredményei (Kossuth Klub)

Levelező csillagászati tanfolyam

A központi szakosztály feladatának tekinti a csillagászati előadók rendszeres továbbképzését. Ezáltal biztosítja, hogy a megyei szervezeteknél, ahol nem szakcsillagászok, hanem a rokontudományokkal foglalkozó szakemberek tartják az előadásokat, az előadók lépést tudjanak tartani az újabb eredményekkel és előadásaikban cleget tudjanak tenni a szakszerűség követelményeinek. Ennek érdekében szervezett a központi szakosztály egy éves levelező tanfolyamot, amelynek vizsgáját sikeresen letették és erről oklevelet kaptak : BALANYI LÁSZLÓ (Baja), BARTHA LAJOS (Budapest), BÉRES ISTVÁN (Gyula), BOTTLIK IVÁN (Szeged), CSONGÓR EDÉNÉ (Kecskemét), DEZSŐ ETEKA (Budapest), EDELÉNYI ELEMÉR (Budapest), KISS ISTVÁN (Eger),

MAGONY BÉLA (Szeged), MAGYAR JÁNOS (Kecskemét), PERS LAJOS (Zalaegerszeg), PIRET ENDRE (Budapest), POMEISL IMRE (Szombathely), PÓSA LÁSZLÓ (Zagyvaróna), SÚBA ISTVÁN (Miskolc), SZABÓ GYULA (Miskolc), TAKÁCS FERENC (Nyíregyháza), TÓTH GYÖRGY (Budapest), TÓTH LÁSZLÓ (Pécs), TÖRÖK ERVIN (Budapest), VARGA RÓBERT ÁGOSTON (Budapest), VLADÁR ERVINNÉ (Győr).

A tanfolyam befejezése után új levelező-tanfolyam és magasabb-fokú továbbképző tanfolyam is indult. A csillagászati szakosztályi tagok lelkes, önzetlen, az ügy érdekében folytatott önképzése így lehetővé teszi, hogy az ismeretterjesztő munka egyre nagyobb számú komoly szakmai felkészültségű előadóra támaszkodjék.

KULIN GYÖRGY:

A TÁRSADALOM ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI ISMERETTERJESZTŐ TÁRSULAT URÁNIA BEMUTATÓ CSILLAGVIZSGÁLÓI

Az Uránia Bemutató Csillagvizsgáló elnevezés azokat a budapesti és vidéki intézményeket illeti, amelyek a csillagászat népszerűsítését szervezett formában végzik s az üzemek dolgozói, az iskolák és az érdeklődő nagyközönség számára tartandó bemutatókhoz megfelelő méretű távcsővel rendelkeznek.

Budapest

A Budapesti Uránia Csillagvizsgáló az év minden napján nyitva áll az érdeklődő közönség számára. Hétköznapokon az előre bejelentett üzemi és iskolai csoportok számára előadást tartunk diaposzítív vetítés kíséretében, utána módot adunk a feltett kérdések megválaszolására, amit csillagászati hangosfilm vetítése követ. Ezután felvezetjük a csoportot a tetőtérzszra, ahol az Uránia a 20 cm átmérőjű HEYDE refraktorával (nagy forgalmak idején az ugyancsak 20 cm-es PLÖSSL dialit távcsővel is) bemutatjuk az égitesteket.

a) *Ismeretterjesztő előadást* abban az esetben tartunk, ha a látogató csoport létszáma eléri a 30-at, illetve, ha 30-nál kevesebben vannak is, a minimális díjat fizetik be.

Az egyéni látogatók a csoportokhoz csatlakozva hallgatják meg az előadást. Forgalmasabb időszakokban 3—4 csoportot is felvesszünk egy estére s ezekhez járulnak még az egyéni érdeklődők.

Az előadások rendszerint általános jellegűek, minthogy a résztvevők legtöbbször elsősorban hallgatják az előadást.

Néhány ilyen általánosabb jellegű téma: A Naprendszer, A Világmindenség szerkezete, A világ, amelyben élünk, A Nap, A Hold, A bolygók fizikai tulajdonságai, Meteorok és üstökösök, Lehetséges e élet más égitesteken, A Naprendszer kialakulása, A csillagászat gyakorlati vonatkozásai, A bolygómozgás törvényei, az Űrhajózás stb.

A mindennapi előadásokban arra is törekszünk, hogy bármiről szóljon is az előadás, az előadó mondjon valamit azokról az égitestekről, amelyek bemutatásra kerülnek. Ez előkészítésnek számít, mert a tétőn a távcsövek mellett is olyan munkatársak állnak, akik a feltett kérdésekre kielégítő választ tudnak adni.

Előadógárdánk tagjai képzett emberek, főként egyetemi hallgatók. Az előadások anyagát szakszempontból s a megtartott előadásokat módszertani szempontból állandóan ellenőrizzük. Ebben a munkában az idén sok segítséget kaptam a TTIT csillagászati szakosztályától.

b) Az előadást kísérő diavetítés. Az Uránia munkatársai az évek folyamán egy kis pozitív gyűjteményt állítottak össze. A soros előadó előadása előtt kiválogatja ebből azokat a diákat, amelyekkel az előadását illusztrálni kívánja. A diagyűjteményt állandóan fejlesztjük az újabb csillagászati felvételekkel.

c) Kiegészítő kérdések. Az előadás befejeztével az érdeklődők feltehetik kérdéseiket. E kérdések jórészt az előadáshoz csatlakoznak, de helyt adunk olyan kérdéseknek is, amelyek nem tartoznak az előadás tárgyköréhez. A speciálisabb, több magyarázatot igénylő kérdéseket a szombati szabadtémájú klubest keretébe utaljuk.

Sok esetben az egymásután pergő kérdések és válaszok igen elevenné teszik a megbeszélést.

d) Filmvetítés. A naponként ismétlődő előadásokat igen vonzóvá és színessé teszi a csillagászati hangosfilm vetítése. Az év elején még több film állott rendelkezésünkre s azokat az előadás tárgvához képest variálhattuk. Volt filmünk a bolygók mozgásáról, az északi fényről, a meteorokról, az anyag belső szerkezetéről. Sajnos ezek a filmek elhasználódtak és újakat nem lehet beszerezni. A Föld mozgásai c. filmünk eléggé összefoglaló, mert benne a bolygómozgásokat és az évszakok változását is be tudjuk mutatni.

A csillagászati hangosfilm rendkívüli nevelőértéke miatt fontos lenne új, modern kisfilmek készítése. A Híradó és Dokumentumfilmgyár tervbe is vette ilyen filmek készítését, de a megvalósulás nagyon lassan halad előre.

e) Bemutató. A budapesti Uránia tetőtéraszán egyetlen állandó bemutató műszerünk, a már említett 20 cm-es HEYDE-refraktor. Kiegészítésül ugyan rendelkezésre áll egy hordozható binokuláris távcső, ez azonban 10-szeres nagyítása miatt csak arra jó, hogy egyes csillagcsoportokat, nyílt halmazokat szemléljünk vele.

Megesik, hogy üzembe kell állítani a PLÖSSL refraktort és a 8 cm-es MERZ refraktort, ezek azonban nem állandó felállításúak, mert nincsen védőbódéjuk.

Az állandó felállítású HEYDE-távcső fölött letolható, fából készült bódé van. Kellemetlen, hogy az amúgyis kiesiny tetőn ez a bódé nagy kihasználhatatlan helyet foglal el. 50–60 ember már szűfoltta teszi a tetőt s mégis előfordul, hogy 100 embert kell felpréselnünk egyszerre a tetőre.

E kellemetlenséget csak részben tudjuk csökkenteni azáltal, hogy szervezett sorokban engedjük a közönséget a távcsőhöz.

A KOVÁTS BÉLA által tervezett észlelőlétra nagyban megkönnyíti a bemutatást, minthogy kétoldali feljárata van.

Általában mindig két bemutató van a nagy távcsőnél a távcső és az órágép ellenőrzése érdekében s azért is, hogy a közönség kérdéseit megválaszolják.

Az Uránia Budapest egyik legszebb helyén áll, ahonnan szép kilátás nyílik a Dunára, Pestre és a budai hegyekre. Ebben a szép környezetben az igazi munkát akkor végezhetjük, amikor kevesen vannak a terraszon. Ilyenkor lehetőség nyílik arra, hogy az érdeklődők minden magukkal

hozott kérdéseit megválaszoljuk és a csillagos eget is végig lehet böngészni. Itt szerezzük a legtöbb barátot a csillagászat számára és a legtöbb amatőrt.

Az előbbieken ismertetett általános ismeretterjesztő munkánk az Uránia munkájának csak egy részét képviseli. Itt is arra törekszünk, hogy munkánknak ez az ága se váljon sablonossá. Ha valaki kedvet kap arra, hogy többször is felkeresse az Urániát, mindig hall és lát valami újat.

A közönség érdeklődése általában spontán nyilvánul meg. Az eddig végzett munka nyomán sokan tudják, hogy létezőnk, de ezzel nem elégedhetünk meg. Az iskolák programjában általában kötelező tanulmányi kirándulás formájában szerepel az Uránia meglátogatása és az üzemek kultúrfelelősei is gondot fordítanak a dolgozók továbbképzésére. A spontán megnyilvánuló érdeklődésen túlmenően feladatunk az is, hogy az érdeklődést felkeltsük olyanokban, akikben ez nem jelentkezik önmagától. Országos Elnökségünk határozata értelmében pl. a jelen beszámolási időszakra feladatunk volt fokozott gondot fordítani az üzemi munkásokra és a fiatalságra. Ilyenirányú propagandánk eredményeként a munkások és a dolgozó fiatalság százalékos aránya megnövekedett.

Örvedetes tény, hogy ma már egyre többen tudnak az Uránia létezéséről. Ennek bizonyítéka, hogy volt olyan vasárnap, amikor csupán egyéni látogatókból több mint százán keresték fel az Urániát.

Az egyre növekvő érdeklődés miatt feltétlenül szükséges lenne az előadóterem és a terraszbővítése. Elengedhetetlenül szükséges lenne, ha állandóan legalább két távcsővel műtathatnánk be, és a sorra következők szórakoztatására kisebb műszereket bocsáthatnánk rendelkezésre. Mindezt azonban egyelőre a helyszűke miatt nem tudjuk megvalósítani.

Csütörtöki sorozat

Az Uránia ismeretterjesztő munkájában immár hagyományossá vált, hogy minden év tavaszán és őszén 10–14 előadásból álló sorozatot rendezzünk csütörtökönként, 18 órai kezdettel.

Ezeknek az előadásoknak az a rendeltetése, hogy a csillagászat újabb eredményeit és a kutatás modern módszereit valamivel alaposabban és magasabb szinten ismertessük azokkal, akik az elemi dolgokkal már tisztában vannak. Törekvésünk azonban az, hogy a magasabb név ellenére is megőrizzük a népszerű formát és így itt is kerüljük a speciális szaknyelvet s az előadások fizikája és matematikája ne legyen magasabb a középiskolai szintnél.

Az előadások gazdag támaanyagát legjobban úgy szemléltethetjük, ha közöljük a beszámolási időszakban elhangzott előadások címét. Ezzel egyben az is célunk, hogy a megyei szakosztályok számára ötleteket adjunk: milyen témák érdekelhetik a csillagászat barátait. 1955 évi őszi csütörtöki sorozat két részből állott. Nyolc előadás tárgyalt a csillagászat gyakorlati problémáit és újabb eredményeit és 6 előadás pedig kozmogóniai tárgyú volt. Íme a címek: *Az égimechanika gyakorlati problémái*: KULIN GYÖRGY, *Árapályjelenségek*: PONORI T. AURÉL, *A Gellérthegyi Csillagvizsgáló története alapításának 150. évfordulójára*: BARTHA LAJOS, *A sarki fény és rokonjelenségek*: BERKES ZOLTÁN, *A bolygók légköre*: ZERINVÁRY SZILÁRD, *Kepler*

élete : HORVÁTH ÁRPÁD, Beszámoló a Nemzetközi Csillagász Szövetség dublini kongresszusáról : DETRE LÁSZLÓ, Az űrhajózás mai állása : SINKA JÓZSEF.

A kozmogóniai sorozatban : A kozmogónia tárgya, módszere, jelentősége : RÓKA GEDEON, A Naprendszer kialakulására vonatkozó régebbi elméletek kritikája : FÖLDES ISTVÁN, Legújabb elméletek a Naprendszer kialakulásáról : FÖLDES ISTVÁN, Mit tudunk a meteorok, üstökösök, kisbolygók eredetéről : HERCEG TIBOR, A csillagok kialakulása és fejlődése : DETRE LÁSZLÓ, Csillagthalmazok, csillagrendszerek fejlődése : DETRE LÁSZLÓ.

1956 telén még egy külön sorozatot iktattunk a szokásos tavaszi sorozat elé. Az 1956. évi téli sorozat gyakorlati problémákkal foglalkozott.

Összetett távcsőoptikák számítása. Fókusznyújtás : KULIN GYÖRGY, Parabolikus jelület kialakítása. Üvegjelületek ezüstözése bemutatással : KULIN GYÖRGY, A napórák különböző típusai : BARTHA LAJOS, Napóra készítése bemutatással : PNORITHEWWEKAURÉL, Az amatőrcsillagász munkalehetőségei : BARTHA LAJOS, A földrajzi helymeghatározás egyszerű módszerei : PONORI THEWREWKAURÉL.

Az 1956-os tavaszi sorozat előadásai :

Változócsillagok : ALMÁR IVÁN, Konkoly Thege Miklós : BARTHA LAJOS, A meteorhullás fizikája : KULIN GYÖRGY, Óriásmeteorok a Föld történetében : TOKODY LÁSZLÓ, Újabb elméletek a Földről : ZERINVÁRY SZILÁRD, Modern rakétatípusok : SINKA JÓZSEF, Csillagászat és történelemtudomány : PONORI THEWREWKAURÉL, Kozmikus hatások a légkörben : AUJESZKY LÁSZLÓ, Pierre Simon Laplace : HORVÁTH ÁRPÁD, Sugárzásmérés a csillagászatban : SZIMÁN OSZKÁR, Óriás és törpe csillagok : HERCZEG TIBOR, Az élet fizikai feltételei és lehetőségei a Marson : GUMAN ISTVÁN, Ankét a csillagászati ismeretterjesztés néhány problémájáról : RÓKA GEDEON.

Szombati klubesték

A budapesti Urániában immár rendszeressé vált formája az ismeretterjesztésnek ez az újfajta alkalom. Ezek az összejöveteleken általában este 6—8-ig vagyunk együtt. A jelenlévők kötetlen formában szabadon vetik fel kérdéseiket s azokra az Uránia munkatársai válaszolnak. A klubesték vezetője dr. KULIN GYÖRGY, de aktívan vesznek részt benne a munkatársak is. A klubestéket vonzóvá teszi azok közvetlen hangulata. Itt jönnek elő azok a kérdések, amelyeket egyéb alkalmakkor nem beszélhetünk meg. A kérdések sok esetben csatlakoznak a korábban elhangzott csütörtöki előadások anyagához, de előkerülnek itt más problémák is.

Klubestét rendezünk azokban az időszakokban, amikor a csütörtöki sorozat előadásai is futnak.

A klubesték lefolyása általában a következő : a vezető felteszi a kérdést, kinek van megbeszélendő problémája, s rendszerint többen is akadnak kérdezők. A specialisabb kérdésekre mindig az a munkatárs válaszol, aki éppen többet foglalkozott a kérdéssel. Ha éppen nincs kérdés, a jelenlévők beszámolnak arról, hogy milyen újabb érdekes híradásokat olvastak. Ilyenformán ezek az alkalmak tájékoztató jellegűek is.

Klubestéink lehetőségeinek teljes kibontakoztatása előtt akadályt jelent helyiségeink szűk volta. A mindennapi bemutatás és előadás szombaton is folyik, ezért a klubestét a társalgó és könyvtár céljaira szánt helyiségben tartjuk, ahol 30 ember is már csak nehezen helyezhető el.

Szakkörök

Szakköreink közül említésre érdemes az *ionoszféra, a napfizikai és a kozmikus sugárzási szakkör* munkája.

Az *ionoszféra* szakkör térérzékeléssel foglalkozott. Ma már hosszú időre terjedő mérési sorozat áll rendelkezésre. A szakkör munkáját aktuálissá teszi a fokozódó naptevékenység.

A szakkör munkájának eredményeit, a mérésekből levonható következtetéseket a szakkör vezetője alkalomadtán a Társulat folyóiratában ismerteti majd.

A *napfizikai szakkör* BARTHA LAJOS vezetésével napfoltmegfigyelésekkel foglalkozott. A megfigyelés eredményeinek egy részét a Csillagok Világa 2. számában közölte.

A *kozmosz sugárzási szakkör* két részből áll: egy fizikai és egy biológiai csoportból. A fizikai csoport TÖRÖK ERVIN vezetésével egy mérőberendezés összeállításán fáradozik. Kérésünkre ehhez a Központi Fizikai Kutató Intézet 2 db. nagyobb méretű GEIGER – MÜLLER számlálócsövet bocsátott rendelkezésre.

A biológiai csoport hónapokon át tartott referátumokból megismerkedett a kozmikus sugárzás természetével és biológiai hatásával, illetve az erre vonatkozó eddigi kísérletekkel. A fizikai referátumokat főként TÖRÖK ERVIN, a biológiaiakat MATOS LAJOS és KULIN SÁNDOR tartották. A biológiai csoport vezetője PONORI THEWREWK AURÉL. 1956 elején a csoport egy kísérletet indított el, amelynek célja az ólomlapok alatt keltett kaszkádzápórok biológiai hatásának kutatása fehér egereken. A kísérleteket a csoport orvostanhallgató tagjai végezték. BARTHA LAJOS a Gödöllői Főiskola támogatásával borerjesztési kísérletet végzett s az eddigi eredmények azt mutatták, hogy az ólom alatt tartott, tehát a másodlagos kozmikus sugárzászápórnak kitett must hamarabb erjedt és szesztartalma a hibahatáron túl csekély százalékkal magasabb volt a közönséges körülmények között lefolyt erjesztéshez viszonyítva. A csoport a kísérleteket más irányban is folytatni kívánja.

A *változócsillag szakkör* RÁKOSI MIKLÓS vezetésével az eddigi adatok rendszerezésén és a szervezési munkákon túl mindössze néhány alkalommal végzett megfigyeléseket.

Műhely

Mechanikai rész. Hosszú időn át a műhely teljes kapacitását a bajai távcső készítése kötötte le. 1955 végén fejeződött be ez a munka s utána nyomban a típus távcső összeállítása következett. Ez a típus távcső még 20 cm átmérőre volt tervezve. Az összeállítás közben szerzett tapasztalatok alapján módosítások váltak szükségessé s elhatároztuk, hogy az újabb prototípust 30 em-es tükörrel készítjük. Ekkor kapcsolódott bele TOKODY LAJOS mérnök közvetítésével a Szolnoki Cukorgyár, majd a Vegyiművek, a Papírgyár és a Járműjavító. E négy üzem együtt

2 db 30 cm-es távcső mechanikáját vállalta, a műhelyünkre csak az összeszerelés és az optika elkészítése vár.

BOZSIDÁR GÉZA 1956 júniusában megvált az Urániától, azóta nincs az Uránia műhelye élén teljes állású vezető. ORGOVÁNYI JÁNOS felállásra kapott kinevezést, HERNÁDI KÁROLY pedig tiszteletdíjas felállást tölt be.

A szolnoki üzemek részére HERNÁDI KÁROLY elkészítette a szükséges módosítások műhelyrajzait s a gyártás már folyamatban van.

ORGOVÁNYI JÁNOS egy ugyancsak 30 cm-es távcső teljes műhelyrajzát készítette el s ennek alapján a győri Wilhelm Pieck Waggongyárral hasonló megállapodást kötöttünk, mint a szolnokiakkal. Itt is két távcső készül, amelyek közül az egyik fölött a TTIT rendelkezik majd.

ORGOVÁNYI és HERNÁDI vezetésével az Uránia munkatársaiból alakult brigád felújította a 20 cm-es HEYDE refraktort. Ez a felújítás a nyárra várható forgalom miatt már halaszthatatlan volt.

Június végén a központi szakosztály vezetősége a műhely elsőrendű feladatául jelölte ki a szerkezeti hibák miatt használhatatlannak bizonyult bajai távcső újjáalakítását. Ezt a munkát a műhely a szeptemberi Csillagászati Hétig el is végezte.

Befejezte a műhely a BOZSIDÁR GÉZA által tervezett két 10 cm-es reflektor szerelését. Ezek izléses kivitelben már el is készültek. Bizonyoságot ezek a távcsövek annak, hogy az Uránia műhelye alkalmas nem túlságosan munkaigényes távcsövek készítésére, akár sorozatgyártásra is. A harmadik távcső 15 cm-es tükröt kap s ez Várpalotára kerül. A két előbb említett 10 cm-es távcső egyikét Csongrád, másikat pedig Pest megye kapta. Az év végéig még több ilyen 10 cm-es távcső készül el.

Helyreállította a műhely a ceglédi reflektort. Felújította a PLÖSSL dialit távcsövet és megjavította a 8 cm-es MERZ távcsövet.

ORGOVÁNYI JÁNOS megtervezte és jórészt el is készítette az Uránia új ikertávcsövet, melynek főműszere egy STEINHEIL gyártmányú 17 cm-es CASSEGRAIN-távcső, segédműszere egy 90 cm-es fókuszú fényképezőkamara lesz.

Elkészített ORGOVÁNYI az esztergapadunkhoz egy gömbesztergályozó szuportot, amivel a lencsekészítés fém sablonait lehet gömbre esztergálni. Az optikák gyártásához több csiszolótárcsára esztergályozott előírt rádiust.

A 10 és 15 cm-es távcsövek készítésében tevékeny részt vállalt HERNÁDI Károly, akinek főmunkája a szolnoki Coudé-távcső részlet-rajzainak elkészítése volt. Ezenkívül igen sok javítási munkán kívül a tükröcsiszolás előmunkálataiban, a kiszűrőszerszámok készítésében és az üvegek kivágásában volt tevékeny.

Az *optikai részleg* mintegy 200 db csillagászati távcsőtükröt készített az elmúlt beszámolási időszakban. Ezek között a legkisebb 6 cm-es, a legnagyobb 50 cm-es volt. Az elkészült tükrök jórésztével törlesztettük a műhely több, mint 100 000 forintos felszerelését, s a külső munkákat. Kereskedelmi forgalomba eddig még csak kevés kerülhetett. 1956 első felében az Uránia műhelye elvállalta az *Iffy Technikus* folyóiratban kezdeményezett amatőr tanfolyam érdeklődői számára a távcsőoptika elkészítését. A 10 cm-es alumíniumozott tükröt és segédtükröt egy db okulárlencsével együtt 285 Ft-ért kapta meg a 45 rendelő.

Az akció kiszélesítését tervezzük, de előbb megfelelő számú optikát kívánunk legyártani.

Az akció tükrök nagyiramú munkát követeltek s ebben fő segítő-társam JÁGER TAMÁS volt. Rajta kívül több amatőr dolgozik a műhelyben, akik munkájuk ellenértékéért távcsőtükörhöz jutnak.

Az 1956-os Mars oppozíció

Külön meg kell emlékeznünk az 1956 szeptemberi Mars földközelségről. A magyar közönség figyelmét már jóelőre felhívták erre a jelenségre a külföldi sajtóközlemények és a hazai híradások. A napi sajtóban, folyóiratokban és a Rádióban elhangzott nyilatkozatok alapján a közönség hihetetlen érdeklődéssel fordult az Uránia felé. Augusztus 20-tól már jelentősen megnövekedett az Uránia forgalma s a látogatók napi átlagos száma 500 fölé emelkedett. A napnyugtakor már meginduló forgalmat csak az összes munkatársak teljes energiájának bevetésével sikerült úgy-ahogy lebonyolítani. Igen gyakoriak voltak az olyan esték, amikor a jelenlevőknek 3 órát is kellett várakozniuk, hogy a távcsőhöz kerüljenek. Több éjjelen 2 órára fejeztük be a bemutatót. A csúcsforgalom idején kezdődött a Csillagászati Hét, amely szintén nagyszámú érdeklődőt vonzott. Az Uránia munkanaplójában egy hónappal előre mintegy 100 látogatócsoportot jegyeztünk elő. Az eddig lebonyolított forgalom (aug. 20-tól szept. 16-ig) nem egészen egy hónap alatt mintegy 10 000 fő volt. Az előjegyzett látogatók száma október 15-ig meghaladja a napi 100-as átlagot.

Statisztika

Az Uránia forgalmában csak azokat tartjuk nyilván, akik belépőjegyhez kötött előadásokon és bemutatókon vesznek részt. Az Uránia teljes forgalma ennél nyilván sokkal nagyobb, minthogy számosan fordulnak meg nálunk anélkül, hogy az előadásokon vagy bemutatókon részt vennének.

1955 májustól 1956 szeptember 15-ig.

Előadások száma	Bemutatók száma	Forgalom
351	801	31 555

A bemutatók között naponta több bemutató és a vasárnapi ügyeletek is szerepelnek.

Személyi ügyek

Az Uránia vezetője dr. KULIN GYÖRGY, aki 1956 decemberében megvált a Műszaki Egyetemtől, mert az Urániához teljes állással nevezték ki.

A műhely vezetője félállásban ORGOVÁNYI JÁNOS, tiszteletdíjas munkatárs HERNÁDI KÁROLY. Pénztáros: KOVÁTS ERZSÉBET, hivatalsegéd: NAGY FERENC.

A munkatársak esetenként díjazott munkakörben végzik az előadásokat, filmvetítést és a bemutatókat.

Az Uránia állandó munkatársai: BARTHA LAJOS, EDELÉNYI ELEMÉR, FEKETE PÁL, GAUSER KÁROLY, JÁGER TAMÁS, KOVÁTS BÉLA, PIRET ENDRE, PONORI THEWREWK AURÉL, SZÁNTAY LORÁNT, TÓTH GYÖRGY, TÖRÖK ERVIN, VARGA RÓBERT.

Az Uránia munkatársai számos ismeretterjesztő cikket írtak és üzemekben is előadásokat tartottak a Pest és Pest megyei szervezet megbízásából.

Szabadságom és egyéb okból távollétem idején SINKA JÓZSEF egy ízben, KOVÁTS BÉLA két alkalommal volt helyettesem.

Vidéki Uránlák

Baja

Bemutató műszerünk a Tóth Kálmán u. 19. sz. alatti Csillagvizsgáló udvarán levő 6 méter átmérőjű kupolában van elhelyezve, a mettlachlappal kirakott padlózatától számított 2,1 méter magas vasbeton tartópilléren. Az erős tengelykeresztben áll a 265 mm átmérőjű, 1888 mm gyújtótávolságú, NEWTON szerelésű reflektor és vele párhuzamos szerelésben egy 78 mm átmérőjű 1006 mm gyújtótávolságú HEYDE-refraktor. A főtávcső okulár-kihuzatának közelében egy kiszélesítő ZEISS-fotokamra is fel van szerelve.

Az összetett műszert súllyal működő óragép hajtja. A bemutatás és a megfigyelést két forgólépcső könnyíti meg. A nagyobbikat főleg a reflektorhoz használjuk, padlózata 30 cm-t fel s le mozgatható. Ennek korlátján van a távkapcsoló, amivel megfigyelés közben a kupola tovább fordítható. A kisebbik lépcsőt a refraktorhoz használjuk.

Bemutatóinkat a Csillagvizsgáló megnyitása óta (1955 dec. 18.) folytatjuk. Hetenként rendszeresen kétszer van bemutatás. 1956 első felében diákok (540), üzemi dolgozók (410) s egyéni látogatók (1280), összesen tehát 2230-an vettek részt a bemutatásokon.

Évi programunk szerint havonta kétszer tartottunk előadásokat, egy óra – másfél óra időtartammal, néhány esetben filmvetítéssel egybekötve.

Ezen kívül külső előadásokat is tartottunk, klubok, iskolák, honvédség számára.

1955 II. félévében és 1956 I. félévében összesen 18 belső és 11 külső előadást tartottunk.

A hetenként kétszer tartott bemutatások előtt kiselőadásokat tartottunk 1956 márciusától kezdve. Ezek az előadások általános jellegűek, főleg a Napról, a bolygókról és a Tejútról szólnak.

A keddi klubnapokon csaknem minden esetben néma és hangos filmet vetítettünk.

1956 júniusában felszállítottuk főműszerünket a budapesti Uránia műhelyébe, hogy a szükséges átalakításokat végrehajtásák. A műszer szeptemberben került vissza. Nyomban megkezdjük a napfolt megfigyelést a Szabadsághegyi Csillagvizsgáló Napfizikai Osztálya, valamint a Meteorológiai Intézet Ionoszféra kutató Csoportja és a saját részünkre.

1957 januárjától olyan berendezést állítottunk munkába, amellyel a rádióállomások fadingjaiból a naptevékenység által befolyásolt ionoszféra adataira lehet következtetni.

Kilátás van arra, hogy 1957-ben egy földmágnesség regisztráló berendezés is felállításra kerül.

Csillagvizsgálónk évi előadássorozatával — mely egymásbafűződő témakörből állott — a dolgozók széles rétegeiben érdeklődést kívántunk felkelteni a csillagászat iránt. Propagandánkat szolgálja a főút egyik kirakatában elhelyezett tablónk, melynek anyagát kéthetenként cseréljük. Munkánk propagandájának szolgálatában állnak filmvetítéseink és klubdelutánjaink is.

Múlt évi munkánk mérlegét felállítva megállapíthatjuk, hogy Baján (és majd 1957-ben vidéken is) sikerült a dolgozók érdeklődését felkelteni a csillagászat iránt. Elértük hogy városunk életében olyan tényező a Csillagvizsgáló, amelynek létezéséről mindenki tud, életét figyelemmel kísérik és munkájába bele is kapcsolódnak. Ezt a kapcsolatot igyekszünk még jobban elmélyíteni a haladó tudomány iránt érdeklődő dolgozókkal.

*Borbás Mihály,
a bajai Uránia vezetője beszámolójából*

Békéscsaba és Gyula

Békéscsabán a Fiúgimnázium tulajdonát képező 10 cm átmérőjű REINFELDER-műszerrel, Gyulán a Járási Kultúrházban elhelyezett műszerrel végeztünk bemutatásokat.

1955. aug. 1—1956. aug. 1. időközben a Békéscsabán tartott 19 bemutatáson 1548 érdeklődő, Gyulán 21 bemutatáson 865 érdeklődő vett részt.

A bemutatások alkalmával mindkét helyen csaknem minden esetben általános jellegű csillagászati előadást is tartottunk.

Előadássorozatot mindkét helyen csak a Csillagászati Hét alkalmával rendeztünk.

Központi előadóval 3 nagyelőadást rendeztünk Békéscsabán. Az éghajlatváltozások (jégkorszakok) csillagászati okairól és A Nap múltja és jövője címen ZERINVÁRY SZILÁRD, Az Űrhajózásról pedig ALMÁR IVÁN tartott előadást. A résztvevők nagy érdeklődése kísérte ezeket az előadásokat, amit legjobban a hallgatóság részéről elhangzott számos kérdés igazol.

Békéscsabán kívül Orosházán is előadássorozatot rendeztünk a Csillagászati Héttel kapcsolatban.

(Thury Sándor elnök, Kaszai Pál szaktitkár és Iványi Gergely megyei titkár jelentése nyomán.)

Debrecen

Két távcsövet használunk bemutatásra : 1. az Egyetem tulajdonát képező refraktor ; átmérője 15 cm ; gyújtótávolsága 150 cm. Ez a MERZ-gyártmányú refraktor nincs ellátva óragéppel. A Tudományegyetem botanikus kertjében épült 5 méter átmérőjű forgatható kupolában van elhelyezve. A műszer rezgésmentes alapon áll. A kupolához észlelő szoba csatlakozik s az alagsorban kis műhelyszobánk van.

2. A Társulat tulajdonát képező MERZ-gyártmányú kisebb refraktor 10 cm átmérőjű, gyújtótávolsága 160 cm. E hordozható távcső nem állandó felállítású, állandóan vándoroltatjuk s ha nincs üzemben a Társulat Titkárságán helyezük el.

Az Egyetemi Csillagvizsgálóban rendszeresen tartunk előre meghirdetett bemutatókat, amelyeken az elmúlt egy év alatt mintegy 600 érdeklődő vett részt.

A hordozható távcsővel vidéken tartottunk bemutatókat. E távcső szállítása sok nehézséget okoz, mivel alkalmas járművel nem rendelkezünk. E vidéki bemutatókon ugyancsak kb. 600 érdeklődő vett részt az elmúlt évben.

A kupolában elhelyezett távcsövet az Egyetem oktatási célra használja, a TTIT, az iskolák, üzemek csoportjai és egyéni érdeklődők számára a megrendezett előadások és „csillagos esték” alkalmával veszi igénybe bemutatókra.

*Pozsonyi Tibor
szakmai titkár jelentéséből*

Kecskemét

Bemutató Csillagdánk egy 15 cm átmérőjű, 160 cm fókuszu, NEWTON-szerelésű villás reflektorral rendelkezik. A használt 150-szeres nagyítás mellett jó fényerős képet kapunk.

Műszerünk a modern stílusban épült SZTK-palota lapos tetején nyert elhelyezést, igen alkalmas helyen, mert a tetőn tágas hely áll rendelkezésre s a környező épületek csaknem teljesen szabadon hagyják az égboltot.

Főként a nyári hónapokban rendszeresen tartunk előadásokkal egybekötött bemutatókat. Az elmúlt évben (1955. aug. 1–1956 július 31-ig) 20 alkalommal rendeztünk bemutatót 904 érdeklődő számára.

Az 1955. évi Csillagászati Hét 4 előadását 250 érdeklődő hallgatta meg. Az előadások témái voltak: A Föld mint óra, A Világegyetem elképzelése régen és ma, Az új csillagászat megteremtői, A Nap és földi hatásai.

Városunkon kívül a vidék dolgozói is nagy érdeklődést tanúsítanak a csillagászat iránt s különösen érdekelné őket a távcsöves bemutató. Az érdeklődés kielégítésének egyetlen akadálya, hogy műszerünk szállítása nehezen oldható meg.

*Magyar János
szaktitkár jelentéséből*

Miskolc

A Diósgyőri KILIÁN Gimnázium udvarán épült forgatható kupolában nyert elhelyezést főműszerünk, egy 2,2 méter fókusztávolságú, 22,5 cm átmérőjű NEWTON-szerelésű reflektor.

A kupola előterében van felállítva egy napfényképezésre is alkalmas refraktor. E helyiség teteje szétnyitható.

Az 1956 július végével záruló egy év alatt 63 nagyobbrészt előadás-sal egybekötött bemutatót tartottunk. Hasonló számban tartottunk napfoltbemutatót a jelentkező érdeklődők számára.

Ezekben a munkákban főként SZABÓ GYULA és VARGA PÁL tevékenységét kell megemlítenünk.

Főműszerünkkel belső munkatársaink és az üzemek együttműködése segítségével sikerült felszerelni s ezáltal a bemutató sokkal zavartalanabbul folyhat.

A csillagászati szakosztály 1955-ben igen aktív volt. Munkásságának köszönhető, hogy felépült a Csillagvizsgáló és elkészült a főműszer. Az aktivitás 1956-ban sem csökkent, csak más irányban tolódott el, minthogy a munka alapfeltételeit már megteremtettük.

1956 januárjában dr. KULIN GYÖRGY irányításával tükör-csiszoló tanfolyamot rendeztünk, melynek keretében 22 diák és felnőtt készítette el 10 cm-es távcsőtükrét, sőt a tanfolyam harmadik napján a tükröket be is ezüstöztük.

Szabó Gyula
szakosztályi titkár beszámolójából

Nyiregyháza

A bemutatásokhoz egy 80 mm átmérőjű, 100 cm fókusz távolságú refraktor áll rendelkezésére. A műszer beállítása a meglehetősen nagy holtjáték miatt nehézkes.

A július végéig terjedő egy év alatt 560 fő részére tartottunk bemutatásokat.

Főként a bemutatásokkal kapcsolatban tartott előadások általános jellegűek voltak, témájuk a Csillagos ég, a Naprendszer, a Hold voltak.

Lásos Menyhért
megyei titkár jelentéséből

Szombathely

A szombathelyi Csillagvizsgáló főműszere egy BROWNING—KONKOLY—GOTTHARD-rendszerű 25 cm átmérőjű, 160 cm fókuszú német szerelésű reflektor. Kereső távcsöve 11 cm átmérőjű.

A műszer a NAGY LAJOS Gimnáziumban épült kupolában van felállítva.

1955 aug.—1956 júliusig terjedő időszakban 6 alkalommal tartottak előadással egybekötött bemutatást, összesen 150 főt kitevő iskoláscsoportok számára.

A megfigyelési programban az elmúlt időszakban csupán addig juthattak el az Uránia munkatársai, hogy próbafelvételeket készítettek.

Az ország eme legjobban felszerelt, rengeteg segédműszerrel rendelkező bemutató Csillagvizsgálója nagy jelentőségű ismeretterjesztő és tudományos értékű munkát végezhetne, ha a Csillagvizsgáló megfelelő szakemberrel rendelkezne.

ANTONIE PANEKOEK :

A CSILLAGÁSZAT EREDETE*

A csillagászat eredete, mint a többi tudományé is, messze a történelemelőtti időkbe nyúlik vissza. A primitív ember az életért folytatott küzdelemben nem lehetett meg a környező természeti jelenségekre vonatkozó bizonyos ismeretek nélkül; minél jobban ismerős volt a környező jelenségekkel, annál inkább biztonságban volt élete. Amikor elérte azt a kulturális fokot, amelyet a néprajz a barbárság felsőbb fokának nevez, technikában, földművelő- és állattenyésztő tevékenységében már megvoltak egyes, bár csupán praktikus ismeretek a fizika, a kémia és a biológia köréből. Ebben a korban már kellett lennie az égi jelenségekre vonatkozó bizonyos ismereteknek is, mint ahogy megtaláljuk azokat ma is a primitív törzseknél. Honnan eredtek ezek az ismeretek? Néha azt a véleményt halljuk, hogy a csillagos ég szépsége, fényeinek titokzatos, csendes pályafutása és ál'andóan változó elrendeződése vonta magára az ember figyelmét és ébresztette fel benne a vágyat, hogy okaik után kutasson. Ebben a vélemény nyilvánvalóan a modern viszonyok visszatükröződése; ma a fizika és kémia szoros kapcsolatban van a gazdasági élettel, míg a csillagászat kívül áll a közvetlen életszükségleteken és önmagáért művelik, tárgyának szépsége és problémáinak széles köre kedvéért. Ezzel szemben SCHIAPARELLI helyesen fejtette ki, hogy a csillagászat tanulmányozására az embert az a követelmény készítette, hogy kielégítse életszükségletét és biztosítsa kényelmét. Valóban csillagászati ismereteink gyökereit bizonyos gazdasági szükségserőségek jelentették, csakúgy, mint a fizikai és kémiai ismereteket is. Az ember feje felett az égbolt lényeges részét jelentette annak a környező világnak, amelyet meg kellett ismernie.

Így, ha a csillagászat keletkezését meg akarjuk érteni, azt kell megvizsgálnunk, hogy milyen gyakorlati szükségletek irányították az égi jelenségek felé a primitív ember figyelmét. Legelsősorban is a tájé-

* ANTONIE PANEKOEK : *The Origin of Astronomy*. GEORGE DARWIN Lecture, 1951 April 13. (Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 111, p. 347—356.) Fordította : HERCZEG TIBOR; az irodalmi utalásokat elhagytuk.

kozódás követelménye. Amikor a nomád állattenyésztésből, vagy a partmenti halászatból kifejlődött a kereskedelem, a karavánoknak a sivatagban és a hajóknak a tengeren egyaránt szükségük volt az égi fényekre, hogy segítségükkel tájékozódjanak. Nappal a Nap, éjszaka a csillagok irányították útjukat. Az arabok már ősidők óta ismerősek voltak egyes csillagokkal, különösen azzal a 27 csoporttal, amelyek mellett a Hold sorban elhalad, havi pályája során. HOMEROS Odisszeájában pedig Kalypso arra tanítja Odysseust, hogy hazafelé hajózva a Medve csillagképnek bal keze irányában kell lennie. A polinéziai szigetlakók a Csendes-óceánon jól ismerték a csillagokat, még mielőtt az európaiakkal kapcsolatba kerültek volna; mint gyakorlott tengerészek, hajóikat különböző csillagok felkeltének és lenyugvásának pontjai szerint irányozták, tehát mintegy égi iránytűt használták. Voltak navigációs iskoláik, ahol a fiatalságot éggömbök segítségével tanították a csillagászatra.

A térben való tájékozódásnál még fontosabb és általánosabb volt az égitestek felhasználása az időben való tájékozódásra: az időszámítás, a naptár. Mindenfajta emberi munka, legalábbis az ipari forradalom előtt, az évszakok váltakozásához volt kötve. Azokat a természeti jelenségeket, amelyekről az ember tevékenysége függött, a szoláris év periódusa szabályozta. Északon és a mérsékelt égöv vidékén az emberi tevékenység az étellel teljes nyár és a kietlen tél váltakozásával függött össze, délen és a trópusi területeken főleg a száraz és esős évszakok váltakozásával. Mint vadászok vagy halászok az állatok vándorlását követték; mint állattenyésztők vagy földművelők, munkájukat az állatok és növények évszakok szerinti életperiódusaihoz szabták. Munkájának megtervezése során tehát az ember — hacsak nem akarta, hogy az időjárás szabálytalanságai félrevezessék — kénytelen volt a napok számontartására, a vetés és aratás helyes idejének megállapítására valamilyen független módot találni; ilyen módot nyújtott maga a Nap és az ég más jelenségei.

Azok a jelenségek, amelyek összefüggenek a Nap deklinációjának évi változásával, *eo ipso* az évszakok pontos jelzői; ezt a tényt felismerték és fel is használták. Sok ma élő primitív nép is alkalmazza a szoláris jelenségeket az év időpontjainak jelzésére. Dajak törzsek, ha meg akarták tudni a hónapot, kivújtott kezükben tartott függőleges rúd árnyékát mérik meg. Az eszkimók és a zuni-indiánok, az útleírások tanúsága szerint a napfordulót úgy állapítják meg, hogy megfigyelik a nap keltének és nyugatának szélső pontjait a horizonton, melyeket kövekkel jelölnek meg; ezek az időpontok igen fontosak és megfelelő szertartásokkal ünneplik meg őket.

Az évszakkak egy másik fontos jellemzőjét a csillagok nyújtják, leginkább héliakus, reggel közvetlenül napkelte előtt történő felkelésükkel. A Torres-szoros ausztráliai bennszülöttei a vetés megkezdésével egy fényes csillag megjelenéséig várnak; a csillagot Kek-nek nevezik, valószínűleg ez a Canopus vagy Achernar, melynek első megpillantására nagy gondtal ügyelnek. Hasonló gyakorlatról számolnak be más primitív népek esetében is. Ez lehetett a helyzet a történelem előtti

embernél is, amint azt a legrégebb történelmi emlékek töredékei mutatják. Mindenki tudja, hogy a régi Egyiptomban a Sziriusz heliakus felkeltét, június hónapban, a Nilus-áradás előhírnökének tekintették. Az antik Görögországból pedig HESIODOS költeménye, a „Munkák és napok” sorolja fel, hogy milyen csillagászati jelenségek kapcsolódnak a különböző mezei munkákhoz ; így például : „Pléaisok, Atlas lányai, hogy föltűnnek az égen, kezdj el aratni, s amint eltűnnek, kezd el a szántást.” (TRENCSÉNYI-WALDAPFEL IMRE fordítása.)

De nem a Nap és nem a csillagok, hanem a Hold foglalta el a fő helyet az időszámításban. Szabályos fényváltozásai a legjobb gyakorlati periódust nyújtották a napok számontartására. Mindenütt, minden népnél — még azoknál is, amelyek később elfogadták a tiszta szoláris időszámítást — a Hold 29½ napos szinódikus periódusa volt eredetileg a naptár alapja. A hónap akkor kezdődött, mikor az újhold sarlója, mint keskeny ív megjelent este a nyugati égbolton és ennek következtében a nap estével kezdődött. A Hold fokozatos növekedése és fogyása az embert valamely élőlény élete történetére emlékeztette ; még az újjászületés is megfigyelhető volt. Számos nép szentkönyveiben olvashatjuk azt, hogy a Holdat az idő mérésének kedvéért teremtették. A Hold volt a legősibb és leginkább tiszteletreméltó isten ; első megjelenését nagy gonddal figyelték és ünnepelték ; még inkább ünnepelték a holdtöltét, amikor a Hold elúzi az éjszaka sötétségét.

Igy hát az égi jelenségek bizonyos ismerete, mint a környező világról való ismeretek egy része, meg volt már a történelem előtti embernél is, az életfenntartás gyakorlati tevékenysége által megkövetelt más technikai ismeretekkel egyetemben. Gyakran specializálódott az öregek és a papok kezén, akik ezeknek a közösségeknek szellemi vezetői voltak. Tulajdonképpen nem nevezhetjük ezt csillagászati tudománynak, mint ahogy az eszközkészítés és az élelmiszerek előállításának akkori technikáját sem nevezhetjük fizikai vagy kémiai tudománynak. A tudomány a szó valódi értelmében csak akkor jöhetett létre, amikor az ember fejlődésének magasabb fokára, a civilizáció fokára jutott.

A barbárság történet előtti kulturfokáról a civilizációba való átmenetet az írás felfedezése jelzi. Nemcsak azt jelenti ez, hogy ettől kezdve a szójhagyományt az írott történelem pótolta. Az írás fontossága abban áll, hogy látható formát ad azoknak a fogalmaknak, melyek azelőtt csak spirituálisan léteztek az elmében. A beszélt nyelv szavai, amelyek ezeket a fogalmakat kifejezték, megszámlálhatatlan generáció óta használathatn voltak, mint a kölcsönös megértés és a tetteire való felszólítás eszközei, de csupán az ösztönös gyakorlati élet részét képezték ; ha egyszer a hang elröppent, semmi fogható nem maradt vissza. Az írás azonban a fogalmaknak önálló, látható és maradandó létet ad ; bánni lehet velük és el lehet raktározni őket, összehasonlítani és összekapcsolni egymással. Ekkor vált lehetővé a tudomány, mint az általánosított ismeretek rendszere, mint az általános fogalmak és az absztrakciók közötti kapcsolatok rendszere. A tudomány — elmélet ; a dolgokkal általában foglalkozik, az absztrakciókkal foglalkozik,

amelyeket elménk alakít ki a jelenségekből. Így a tudománynak mint elméleti ismeretnek létrejötté egy hosszabb történeti folyamatnak, a civilizáció kialakulásának része.

A civilizáció kialakulását a szociális fejlődés területén kell keresnünk. „A háború és az osztályok”, írja ARNOLD TOYNBEE angol történész, „a civilizációnak két, egy töről fakadó betegségét jelenti”. A háború megvolt a megelőző korszakokban is, a vadság és barbárság korában. De osztályok, azaz egy uralkodó osztálynak a dolgozó tömegektől való elkülönülése csupán a civilizációnak szociális jellemzője, mindenféle formájában. A következőkben felvázoljuk szerepét a csilágászatnak, mint tudománynak kialakulásában. Azok az országok, melyek ezzel kapcsolatban magukra vonják figyelmünket, Babilónia és Görögország.

Az első civilizációk mintegy 5000 évvel ezelőtt bontakoztak ki Egyiptom, Mezopotámia, India és Kína termékeny síkságain. Ezek a területeken a nagy folyóknak, a Nilusnak, Euphratesnek, Hoang-Honak iszaplerakódásai csodálatos termékenységu talajt hoztak létre, mely sűrű népesség eltartására volt képes, de folytonos gonddal kellett ügyelniük a vízszolgáltatásra, gátak és csatornák segítségével. Szabályos vagy szabálytalan időközökben a folyók áttörték a gátakat, elöntötték a vidéket és új iszaprétegeket raktak le. Az ezzel kapcsolatos teendőket nem lehetett átengedni a különböző helységeknek és tartományoknak, amelyeknek érdekei gyakran ütközök voltak, így felmerült egy erős központi hatalom szükségessége, amelyik gondoskodott a közös érdekekről. A sok kis közösség mind saját vezetőivel és istenségeivel, nagy monarchiákká kovácsolódott össze. Mindez csak azáltal vált lehetővé, hogy a talaj termékenysége következtében volt elegendő fölös termés, a vezető hivatalnokok elkülönült osztályának eltartására.

Még inkább szükség volt erős államhatalomra azért, hogy védekezzenek a harcias törzsek ellen, amelyek a szomszédos hegyekben és pusztákban csak sovány életlehetőséget találtak. Ezeknek szokásává lett az, hogy megrohanják és kifosszák gazdag szomszédaikat. Ilyen módon a feladatok megosztása vált szükségessé. A hadsereg védelmezte a gazdákat, időnként pedig maga vált az uralkodó csoporttá, parancsnokuk királlyá, kezébe ragadva az igazságszolgáltatás és az adminisztráció hatalmát. Néha a fosztogató törzsek hódítókká lettek és mint kormányzó arisztokrácia, telepedtek meg a leigázott mezőgazdasági lakosság között; az ő feladatukká vált most az újabb agresszorok távoltartása. Az eredmény mindkét esetben ugyanaz volt. A katonai hatalom mellett létrejöttek a civil hivatalnokok. Amint a különálló városkák hatalmas birodalommá szerveződtek, helyi istenségeikből is egy panteon alakult, helyi papjaik pedig hatalmas hierarchiává, a társadalom szellemi vezetőivé szerveződtek.

Ezeknek az uralkodó osztályoknak megjelenésével új szükségletek léptek fel. Nagyobb gazdasági erejük fényezésben jutott kifejezésre, kifinomult művészet kialakulásában, spirituális kultúrában. Megvoltak már a feltételei annak is, hogy bevezessék és elterjessék az írást.

Az uralkodók meg akarták örökíteni tetteiket, győzelmeiket a háborúban, templomépítő tevékenységüket a béke idején. A király és tisztviselői üzeneteket váltottak, ezek tudósításokat, illetve utasításokat tartalmaztak, rendeleteiket pedig mint írott törvényeket rögzítették. Az írás, mint a papok és írástudók speciális tudománya, szerepet játszott a magánemberek szolgálatában is, üzleti szerződéseiknél. Az ilyen szerződések ezrei kerültek napvilágra, egyéb dokumentumokkal együtt, a babiloni templomok romjaiból, agyagra vésve, az ékirás betűivel; ma múzeumainkban őrzik őket.

Mi volt az új körülményeknek hatása a csillagászat kialakulására? A tisztviselőknek egy külön csoportja ettől kezdve az égi jelenségeket figyelte meg. Az idő számítása a papság egyik fő feladata volt; emeltes tornyaikból figyelték az újhold sarlóját, hogy hírül adhassák az új hónapot. Majd a Hold megfigyelését az évszakokhoz alkalmazták. Minthogy 12 holdperiódus 11 nappal rövidebb, mint a szoláris év, két-három évenként egy tizenharmadik hónapot iktattak be, nem valamilyen elméleti vagy tudományos megfontolásból, hanem csupán azért, hogy az isteneknek bemutatott első gabonaáldozat a megszabott időben történjék Nisannu évkezdő hónapjának holdtölte-ünnepségein. Ezekben a primitív társadalmakban a legfontosabb mezőgazdasági munkák egyszersmind vallásos ünnepeket is jelentettek; gazdaság és vallás, politika és vallás szétbonthatatlan egységet alkotott. Az istenek szolgálatát szigorú rítus kötötte meg; a naptár, a vallásos tevékenységek időbeli szabályozása a papok megszentelt kötelessége volt, tekintélyüknek és spirituális hatalmuknak forrása. Eredetileg a tizenharmadik hónap beiktatása összhangban volt a gyakorlat szükségességeivel: ha a 12. hónap végén úgy látszott, hogy a gabona beérése és az aratás megkezdése nem várható két héten belül, ezt a hónapot megismételték. A felírások, mintegy 2000 évvel időszámításunk előtt, azt mutatják, hogy e beiktatások szabálytalan időközökben történtek és valószínűleg a gyakorlat szabta meg őket.

Mindez sok bosszúságot okozhatott, de egy jobb lehetőség is mutatkozott. Az újhold után kutató papok észrevették, hogy a hónapok múlásával a környező csillagképek megváltoznak, fokozatosan nyugat felé mozdognak, míg csak el nem tűnnek és helyüket keletebbre fekvő csillagképek pótolják. Ugyanakkor a reggeli szürkületben új csillagok tűnnek fel. Így a csillagokkal kapcsolatos jelenségek jelezték az évszakot és a pótlólagos hónap beiktatásának szabályosabb és pontosabb módját szolgáltatták. Számos szöveg maradt fenn, ahol a csillagképek nevei a hónapok neveivel vannak kapcsolatban, jelezve, hogy felhasználták őket a naptár céljaira. Az egyik ilyen szabályt GEORGE SMITH tette közzé: „Ha Nisannu hónap első napján a Hold és a Mulmul csillag (a Plejádok) együttállnak, az év közönséges ha Nisannu hónap harmadik napján áll együtt a Hold és a Mulmul csillag, az év teljes lesz.” Az utóbbi eset azt jelenti, hogy az első hónap oly korán van a szezonális évben, hogy 13. hónap beiktatása szükségessé válik. Mint következményt azt találjuk, hogy már jóval i. e. 1000 előtt, a babiloniaiak tekintélyes számú csillagképet ismertek, megtaláljuk

nevüket a felírásokban és képüket a határköveken. Nagyrészt azonosak a mai csillagképekkel, melyek nyilván görögök közvetítésével jutottak hozzánk. Azt pedig, hogy ezekben az évszázadokban észrevették már a legfényesebb holygókat is és váltakozó feltűnésüket esti, vagy reggeli csillag gyanánt, mutatja a nevezetes Nindar-anna tábla, mely i. e. 1600 körül keletkezett és melyen ezek a jelenségek szerepelnek, jelentőségükkel együtt.

Az idők folyamán ugyanis már nemcsak a naptár, vagy nem főképpen a naptár szabta meg az ember érdeklődését a csillagok iránt. Egyre inkább az asztrológia, az égi jelenségeknek a földiek szempontjából való jelentőségének tana töltötte be az elméket. Ettől kezdve mindazt, ami az égbolton történt, még nagyobb figyelemmel kísérték, mint a népek és államok számára elrendelt végzet jeleit. A primitív ember bizalma a jelekben és a jövendölésekben éppoly általános, mint hite a láthatatlan szellemi erőkben, amelyek körülveszik őt és életét és munkáját befolyásolják. Mindennapi tevékenységének fontos részét teszik azok a bájolások és mágikus szertartások, amelyeknek célja, hogy megnyerje e hatalmak kegyét, kitalálja szándékaikat és elterelje ellenséges indulatukat. A legtöbb ilyen szellem az egekben lakozik; a csillagok pedig különösen feltűnnek ragyogásukkal ezeknek a mezopotámiai síkságoknak gyönyörű égboltján. Így merült fel már igen korán a babiloni papok elméjében annak a szoros kapcsolatnak gondolata, amely a csillagok és az emberi szerencse között fennállna. A régi sumir felírások a templomépítés számára „kedvező csillag”-ról emlékeznek meg. Ez a hiédelem megvolt a babiloni évszázadokon keresztül, amikor egy gazdag kereskedőváros, egy nagy birodalom fővárosa az egész környező világ kulturális középpontja lett. De megerősödött és mindent átjáró meggyőződésé vált az i. e. 1000 utáni évszázadokban, mikor Asszíria felemelkedett és a Közel-Kelet leghatalmasabb államává lett, kiterjesztve uralmát nemcsak Babilóniára és az egész Mezopotámiaira, hanem Szíriára, Palesztinára, sőt még Egyiptomra is. A világpolitika viszontagságai és a változó hadiszerencse erősen éreztették annak szükségét, hogy valami segítséget kapjanak a jövendő előrelátása formájában. Az asztrológusoknak kellett tehát a király közvetlen szolgálatában megfejteni az ómeneket a nagyobb vállalkozások előtt, és a vallás nagyobb központjaiból a papok rendszeresen küldték beszámolóikat, hogy mit láttak az égbolton és mi annak a jelentése. ASSURBANIPAL király könyvtárának romjai közül tizezernyi többekévé sérült ékírásos táblát ástak ki, melyek közül sok asztrológiai feljegyzéseket tartalmaz. Ez teszi lehetővé számunkra, hogy a csillagászati megfigyelések jellegéről és céljáról tisztázzuk a képet nyerjünk.

A legfőbb megfigyelt égi objektumokat a Hold és a bolygók jelentették, minthogy változó megjelenésük, szabálytalan vándorlásuk az asztrológiai értelmezés után kívánczó jelenségeknek legnagyobb változatosságát nyújtotta. A Holdat ettől kezdve valamennyi fázisában gondosan megfigyelték; különösen figyelték felkelését és lenyugvását a hónap közepe táján, holdtölte körül. Ha a Hold a hónap 14. éjszakáján telt meg, tehát normális időben, jó

jelnek tekintették; ha a holdtölte a 13., 15. vagy 16. éjszaka következett be, abnormális volt és így rossz jelnek tekintették. Az asztrológia és a naptár összeolvadtak itt; a kalendáriumtól való eltérést baljós jelnek tekintették és az eltérést a hónap végén helyre kellett állítani. A fogyatkozások, természetesen, igen fontosak és többnyire kedvezőtlenek voltak; aszerint, hogy a Hold mely részei kerültek egymás után az árnyékba és az éjszaka különböző órái szerint, más volt a jelentésük az egyes országok számára, más Akkad, más a déli Babilónia, a keleti Elam, a nyugati Amurru számára. A részleteket ennek kapcsán olyan pontossággal adták meg, hogy kilenc évszázaddal később PTOLEMAIOS fel tudta használni őket holdelméletének kidolgozása során.

Az asztrológia legfontosabb eredménye mégis az volt, hogy ettől kezdve nemcsak a Hold, hanem a bolygók is erősen magukra vonták az ember figyelmét. Látták őket bonyolult és előre nem látható módon a csillagok között vándorolni, mintha élőlények helyongyanának a csillagokkal ékes tájon. Azoknak a főbb isteneknek voltak ezek a bolygók a csillagai, akik a világ felett uralkodnak és szándékukat éppen a fények által nyilvánítják ki. Megjelenésük és eltűnésük, mozgásuk az állatöv csillagképei között, megállásaik, retrográd mozgásaik, találkozásaik egymással és a fényesebb csillagokkal — mindezek a jelenségeknek csaknem végtelen változatosságát nyújtották. Ámbár már régebbi időből van egy szövegünk, amelyik Vénusz-ómeneket tartalmaz, mégis az asszír hatalomnak ezekből az évszázadaiból kapjuk az asztrológiai feljegyzések zömét; ezek ómeneket tartalmaznak mind az öt bolygóval kapcsolatban. Ilyeneket olvashatunk: „a Merkúr visszament egészen a Plejádokig”; „a Jupiter belépett a Rák csillagképbe”; „Vénusz megjelent a keleti égen”; „a Mars nagyon fényes”; „Jupiter megjelenik az Orion vidékén”; „a Mars a Skorpió csillagképben áll, megfordul és visszafelé halad, fényessége csökken”; „Szaturnusz megjelent az Oroszlán csillagképben”; „a Mars megközelítette a Jupitert” és így tovább. Tudományos érdeklődésnek nyoma sincs ezekben a szövegekben, a feljegyzések készítőinek gondolatait kizárólag az előjelek foglalták le: Ma ez vagy az történik, „kedvező az én uram, a király számára”, vagy: „bőséges áradás fog következni”; „pusztulás lesz”; „a gabona megfogyatkozik”; „a királyt legyőzik”; „az elleneséget elpusztítják”; „oroszlánok és farkasok fognak garázdálkodni”; „az istenek Akkadnak boldogságot szánnak”; és így tovább. Mindazonáltal ezek a megfigyelések tekintélyes csillagászati tevékenységet is jeleznek: a történelem során először gyűjtöttek össze nagyszámú adatot a bolygókról, tehát mozgásaikra vonatkozó részletes tényanyag jött létre.

Mégsem arról van szó, hogy a csillagászat tudományának kezdetén volnánk. A pusztán tények még nem jelentenek tudományt. A tények a tudomány alapját képezik, a tudomány e tények rendszerezése, általános fogalmakká és szabályokká. Elképzelhetjük azonban, hogy ezek a régi észlelők, összehasonlítva megfigyeléseiket ősi feljegyzésekkel, bizonyos szabályszerűségeket után kutattak és lassanként fel is fedezték

őket. Ennek ellenére se tekintjük e babiloni papokat olyan csillagászoknak, mint mi vagyunk, akiket a tudományos cél és a tudományos kutatás szelleme lelkesít. Ilyenfajta elgondolások kétségtelenül teljesen hiányoztak belőlük. A tudomány keletkezésének igazi problémája éppen az, hogy mi módon volt lehetséges tudományos elmélet kidolgozása, anélkül, hogy eredetileg valamit is sejtettek volna tudományos célkitűzésekről. A csillagászatban ezt az tette lehetővé, hogy az égi jelenségek néhány, egészen egyszerű és meglepő periodicitást mutattak. Ami a felületes szemlélet számára szabálytalannak és esetlegesnek tűnik, a bőséges adatok fényében szabályszerűnek mutatkozott. E szabályszerűségek után nem kutattak, a szabályszerűségek maguk nyilatkoztak meg, és pedig anélkül, hogy meglepetést okoztak volna. Bizonyos várakozást ébresztettek fel. A várakozás pedig az első, nem tudatos formája az általánosított ismeretnek, mint ahogyan minden technikai tudás is a hétköznapi élet gyakorlatából nőtt ki. Később azután a várakozás fokenként előre-jelzéssé fejlődik, jelezve, hogy a szabály, a szabályszerűség tudatossá vált. Az égi jelenségek körében e szabályszerűségek mint rögzített periódusok jelennek meg, ezeknek elteltével az égboltnak ugyanaz a képe tér vissza. A periódusok ismerete volt a csillagászati elmélet első formája.

Renделkeztek-e már az asszír idők asztrológusai ilyenfajta ismeretekkel? Vannak szövegek, melyek arra mutatnak, hogy rendelkeztek. Egy helyütt ezt olvassuk : „A királynak, az én uramnak üzentem : fogyatkozás lesz. Nem maradt el, bekövetkezett. Bekövetkezéssel a fogyatkozás békét jelent a királynak, az én uramnak.” Itt tehát arról van szó, hogy egy jóslás megerősítést nyert. A holdfogyatkozások előre-jelzése különben igen egyszerű, minthogy 5 vagy 6 fogyatkozás követi egymást, hathónapos időközökkel és amikor egy ilyen sorozat véget ér, az új sorozat 11 vagy 17 hónappal később indul. Vagyis ha egy fogyatkozást megfigyeltünk, ötöt tehetünk egy ellenében, hogy hat hónappal később egy másik is bekövetkezik. Van ugyan egy nehézség : átlagban a fogyatkozások fele nem lesz látható, mert nappal következik be, amikor tehát a telt Hold a láthatár alatt van. Ez a körülmény megnehezítette ugyan a babiloni papok számára e folytonos sorozatoknak felfedezését, de a Hold keltének és nyugtának rendszeres megfigyelése a hónap közepe táján megmutatta számukra az ilyen kiesések megértésének útját. Ha a holdtölte az éjjel folyamán bekövetkezik, akkor reggel a Hold csak napkelte után fog lenyugodni ; a Nap és a Hold, Samas és Sin istenek tehát egyidőben látszanak, az egyik keleten, a másik nyugaton. Ha azonban a Hold nem várja meg a Napot, hanem még napkelte előtt lenyugszik, akkor a holdtölte csak azután fog bekövetkezni ; ha fogyatkozást vártak, ilyen esetben az láthatatlan lesz számukra. Az egyik szöveg, valószínűleg az i. e. 7. századból, arra mutat, hogy a babiloni papok ismerték ezeket a feltételeket : „A fogyatkozás elmarad, nem következik be. Ha a király megkérdezné, milyen jeleket láttál? — az istenek nem látták meg egymást.” Nyilvánvaló, hogy fogyatkozást jeleztek és a szöveg azt magyarázza, hogy miért maradt láthatatlan.

Észrevettek szabályszerűségeket a bolygókkal kapcsolatban is; ez szintén bizonyos várakozásokat eredményezett. Így egy asszír szöveg ezt mondja: „A Jupiter kiszámított idején túl egy hónapig maradt.” Az időt tehát előre kiszámították. A leginkább szabályos jelenségek gyakorlati ismeretté váltak az asztrológusok számára, így a bolygók periodikus láthatatlanná válása a Nap közelében, a Jupiter és Szaturnusz mozgása az állatöv mentén, 12 illetve 29 év alatt végezve el egy körülvjárást, éppen úgy, ahogyan a Hold alakváltozásai is gyakorlati tudást jelentenek a vadember számára. Efelől biztosak lehetünk, anélkül, hogy a feljegyzésekben erre vonatkozó kifejezett állításokat találhatnánk. Néhány évszázaddal később már olyan szövegeket találunk, amelyek azt bizonyítják, hogy a bolygó-periódusokat már egy magasabb fokon ismerték. Közben azonban a feltételek jelentékenyen megváltoztak.

A régi ómenek, melyek kedvezőek voltak Akkad számára, vagy kedvezőtlenek Elam számára, először politikailag veszítették el értelmüket, miután mind e háborúskodó országokat elnyelte a nagy perzsa birodalom, biztosítva számukra a belső békét. Azután a periodicitásnak és a periódusoknak fokonzénti megismerése csillagászati szempontból is új felfogást teremtett az égi jelenségekkel szemben. Már nem tudatlan földlakók vizsgálták aggódva az eget, hogy megpillantsák az üzeneteket, melyeket a világ legfőbb urai írtak a csillagokba. Tudták már előre, hogy mi lesz a csillagokban megírva, tudtak előre-jelzési és ezáltal bizonyos szellemi hatalomra tettek szert. Az előre-jelzési képessége új társadalmi megkülönböztetést jelentett számukra: olyan embereknek tekintették őket, akik ismerik az istenek útjait. Így megfigyelő tevékenységük lelkesebbé és állandóbbá vált, mintegy szertartásbeli kötelezettség volt az istenek szolgálatában, akik e csillagokon keresztül nyilvánítják akaratukat. Működésük tudatosabb és teljesebb lett, részletesebb és pontosabb, számszerűen is megadták — talán mérték is, bár a műszerekről semmit sem tudunk — a bolygók távolságát a fényesebb csillagoktól.

Ennek a most már valóban csillagászati tevékenységnek eredményei azokból az elég szórványos felírásokból tűnnek ki, melyeket a következő évszázadok során a perzsa és seleukida uralom hagyott hátra. Ezek megmutatják, hogy ismertek voltak már a bolygók hosszabb periódusai is, a szinódikus periódus és a keringésidő többszörösei: 8 év a Vénusz, 71 és 83 a Jupiter, 46 év a Merkúr, 47 és 79 a Mars, 59 év a Szaturnusz esetében; ezeknek az időtartamoknak elteltével a bolygókkal kapcsolatos jelenségek az égholtnak csaknem ugyanazon helyein ismétlődnek. Ezeket a periódusokat gyakorlatilag is alkalmazták az előre-jelzések során: azokat a jelenségeket, melyeket megfelelő számú évvel azelőtt észleltek, átvitték, némi korrekciókkal, a kérdéses esztendőre. Így keletkezett egy táblázat, melynek címe a következő: „A 140. esztendő (a seleukida korszak 140. éve) első napja, jelenségei, mozgásai és fogyatkozásai”; a táblázat megadja a Jupiter mozgásjelenségeit a 69. és 57. év, a Vénuszét a 132. év, a Merkúrét a 94., a Szaturnuszét a 81. év, a Marsét a 61. és 93. év számára;

pontosan azoknak az éveknek számára, amelyekből kiindulva a szóbanforgó 140. év egyes jelenségeit a fentebb felsorolt periódusok hozzáadásával kapjuk. Ilyen effemeriseket más évek számára is találunk, egészen időszámításunk kezdetéig. Itt már csillagászati elmélettel van dolgunk, periódusok ismeretének formájában, amelyeket tudatosan alkalmaztak az előre-jelzés során.

Az elmélet a tudásnak még magasabb és még tökéletesebb formáját érte a babiloni csillagászat, az időszámításunk előtti utolsó évszázadokban. Ámbár Babilon nagysága letűnt és Káldea, a perzsa királyok uralma alatt el volt vágva a mediterrán kereskedelem új középpontjaitól, a csillagászati tevékenység továbbra is megvolt, és ekkor, megszűnté előtt érte el legmagasabb fokát. A táblák, melyeket e kor várostemplomainak romjai alól kiástak — többnyire erősen sérült töredékek ezek —, semmi mást nem tartalmaznak, csupán számsorokat, amelyek oszlopokba vannak rendezve és amelyek között a hónapok nevei és az állatövi jegyek fordulnak elő. Szerkezetüket és jelentésüket F. X. KUGLER atya munkája tisztázta, aki éppoly járatos volt a csillagászatban, mint az asszirológiában. A bolygótáblákon minden egyes oszlop egy bizonyos égi jelenség oppozíció, héliákus felkelés és lenyugvás egymásutáni bekövetkezéseinek hosszúság-koordinátáját és időpontját tartalmazza. Mindenfajta kvalitatív leírás hiányzik, például annak említése, hogy a bolygó közel volt egy csillaghoz, vagy belépett egy csillagképbe; csak a pusztá szám van itt, a legteljesebb formális precizitással, hatvanados törtekben megadva. Ekkor tűntek ki első ízben, éppen mert valamennyi adat pusztán numerikus formában szerepel, a bolygómozgások egyenetlenségei, egymást követő időintervallumok periodikus csökkenésének és növekedésének formájában. A káldeus csillagászok nem szinuszszerű hullámokkal ábrázolták őket, mint ahogy ma tesszük, hanem tisztán aritmetikai cikk-cakk vonallal, amelyik állandó differenciákkal halad föl és le, egy felső és alsó határ között, ahol mintegy visszaverődik. Ugyanezt az eljárást alkalmazták holdtábláik esetében, ahol a konjunkciók és oppozíciók, az első holdsarlók és a fogyatkozások helye és ideje állt, a Hold különböző periódusaira vonatkozó pontos adatok segítségével kiszámítva.

Itt már nem csupán a bolygók és a Hold mozgásának, valamint mozgásuk periodikus egyenetlenségeinek sokkal részletesebb tudásával állunk szemben, mint az előző feljegyzések esetében, hanem ezeknek az ismereteknek sokkal absztraktabb, tudományos formában való közlésével is. A megelőző forma az előrejelzés technikájában kitűnő eszköze volt, amelyik a periódusok ismeretén alapult; de minden egyes előrejelzésnél szükséges volt az utalás egy megelőző észlelésre. Itt már a táblák önmagukért beszélnek, mint a tiszta elmélet, amelyiknél nincs több szükség az észlelési adat közlésére is. Nem is csak egyszerűen előrejelzésről van itt szó: a számsorok átfogják a múltat és a jövőt és mindkét irányban korlátlanul kiterjeszthetők. Absztrakt elmélet ez, a konkrét adatok formájában; elmondott szabályok helyett a számtabellák szabályszerűségeiben jut kifejezésre. A különös az, hogy nem tudjuk, hogyan jöttek létre ezek a táblák; szinte egyik napról a má-

sikra jelennek meg, közvetítő formák nélkül, amelyek elmondának számunkra, hogy milyen kapcsolatban állnak a megismerés megelőző formáival. De ez a kérdés csupán része annak az általánosabb problémának, hogyan alakultak ki a babiloni csillagászat különböző fejlettségi fokai egymásból vagy egymás mellett és hogy milyen észlelési adatokat használtak. Ezt a problémák eddig még alig érintették.

A babiloni csillagászat, az utolsó évszázadaiban a szervezett elméleti tudásnak bámulatos rendszerét mutatja. De mindez csak formális elmélet, amelyből hiányzik mindenfajta fizikai értelmezés. Csupán számszerű tudás ez, sehol nem vetődik fel a világ szerkezetének problémája. Matematikájuk csupán aritmetika, mértan nélkül. Úgy tűnik, hogy e káldeus csillagászok számára a bolygók nem voltak térbeli pályákon mozgó reális testek, inkább csak vándorló fények az égholton, mint az ósidők számára, ámbar mozgásuk szabályszerűségére már fény derült. Ennek a korlátozottságnak okát abban kell keresni, hogy ott a tudomány teljesen a papok kezében volt, akiket a hagyomány hatalmas ereje kapcsolt a rítus régi formáihoz. Egész csillagászati tevékenységük az istenek szolgálatában állott; legmodernebb bolygótábláikban is szakrális formulát találunk a bevezetésben: „Bel istennek és Beltis istennőnek, az én uraimnak nevében egy ómen.” Így el volt zárva az út a további, elméleti haladás elől, a világ szerkezetére vonatkozó fizikai elmélet elől. Ha úgy tekintjük, hogy az ilyen szerkezeti jellegű elmélet a tudománynak karakterisztikumuma, akkor még egy lépést kell tennünk, hogy eljussunk a tudományos csillagászat kialakulásához. Ezen célból fordítsuk figyelmünket egy másik nép, a görögök felé.

Az életfeltételek Görögországban, a görögök életmódja minden tekintetben a legnagyobb ellentétben állott Babiloniával. Ezen a hegyek-borította félszigeten, amelyet a tenger mélyén tagozott, melynek vannak jó kikötői, de csupán kicsiny művelésre alkalmas területei, ezeket is vad, erdőborította ormok választják el egymástól, a nép megmaradt kis közösségekre oszolva, helyi istenségekkel és helyi papsággal. Tengerészek és kereskedők voltak, sokan közülük idegen tengerpartokon telepedtek meg. Kisázsiaiában és Itália déli részén. E kereskedők és gyarmatosítók között szabadabb, függetlenebb és merészebb szellem alakult ki, mint a földművelők között, akik otthon maradnak, állandó körülmények mellett; kevésbé voltak a hagyományhoz kötve, fogékonyabbak voltak az új eszmékkel szemben. A kereskedelem ipart teremtett, áruknak kivitelre való termelését, és a leleményesség az ipari haladás alapjává lett. Itt, a görög gyarmatokon emelkedett fel a szabad és gazdag állampolgárok uralkodó osztálya, az első emberek a történelemben, akiket össze lehet hasonlítani az újabb korok polgáraival. Az új szellemi élet megnyilvánult itt a költészet virágzásában, a filozófia új világfelfogásában is.

Az első görög filozófusok bámulathatóan ejtenek azzal, hogy milyen merészek voltak gondolataik a világ szerkezetéről és milyen szórva-nyosak ismereteik a csillagászati jelenségekről. XENOPHANES-től és HERAKLEITOS-tól — utóbbi még ma is híres, mint az első

gondolkodó, aki a világot a szüntelen változás folyamatának látta — az a vélemény maradt fenn, hogy a Nap és a csillagok minden egyes napon újra keletkeznek. Ennek az időnek kozmikus elméleteit nem is azért gondolták ki, hogy megmagyarázzák az égi jelenségeket, hanem — amint azt B. FARRINGTON megmutatta — bizonyos akkor ismert technikai folyamatokat alkalmaztak a világra, mint egészre. Ezek a görög filozófusok gondolkodók voltak, nem észlelők. Egyszerű jelenségek felismerését, mint az esti és a hajnali csillag azonosságát, vagy a bolygóknak az állatövön való vándorlását, melyeket némi figyelemmel bárki észrevehetett volna, neves filozófusoknak tulajdonítottak, nagy felfedezések gyanánt. Ez a helyzet évszázadokon át megmaradt, közben Görögország elérte politikai hatalmának, irodalmi és művészeti ragyogásának csúcspontját. PLATON, aki ismerte és leírta a bolygókat sorrendjük, színük és fényességük szerint, azt mondta, hogy vándorlásaik sokféleségét nem lehet számítással követni és hogy csodálatosan bonyolultak. EUDOXOS híres elmélete a homocentrikus gömbökről kísérlet volt, hogy megmagyarázza a retrográd mozgásoknak pusztán kvalitatív tényét; ezt el is érte az egyenletes forgásoknak rendkívül szellemesen elgondolt rendszerével. De ez a rendszer nem magyarázta meg a retrográd mozgásokat úgy, ahogyan tényleg vannak; nyilván nem volt kéznél észlelési adat, hogy az elmélet részleteit is igazolják.

Ha az észlelések mennyisége és az égi fényforrások részletes ismerete alapján ítélünk, a görögök legnagyobb korszakukban sem voltak nagy csillagászoknak mondhatók. De valami egyebet hoztak létre. Kifejlesztették a mértant és a mértani gondolkodást, mint a bizonyítható igazságok bámulatraméltó rendszerét, amelyik alkalmas volt arra, hogy a csillagászat egy jövőbeni, fejlettebb fokának szolgáljon. Ők fejlesztették ki a világnak azt a felfogását, vagy inkább a világ szemléletének azt az új módját, hogy a háromdimenziós térben anyagi testek és gömbök mozognak és keringenek. Mint alkotók álltak ebben a világban, akiknek az a feladatuk, hogy értelmük segítségével uralkodjanak rajta, mintegy kívülről tekintettek az égitestekre, melyek közül egy, a középpontban maga a Föld volt; mint geometriai objektumokat kezelték őket, síkokkal metszve gömbjeiket, köreiket és háromszögeiket a mértani bizonyítások tárgyaivá téve. A Nap és Hold viszonylagos távolságának ARISTARCHOS-féle meghatározása szép példája az égi világgal szemben mutatkozó új magatartásnak, a görög csillagászat legjobb korszakából. És mégis, abban a munkában, mely ezt a módszert kifejtette, a Nap és a Hold látszó átmérőjét 2° -nak vették, tehát négyszer nagyobbtnak, mint a valóságban.

Új korszak kezdődött, amikor NAGY SÁNDOR hódításainak következtében a görög és a keleti világ összeolvadt: a hellénizmus kora. A görögök most megszerezték a babiloniak észlelési gyakorlatát és megfigyelési adataik nagy bőségét. A keleti példa új impulzust adott, észlelések kezdődtek Alexandriában és másutt is. De tudomásunk szerint ezek az észlelések csak a csillagokra vonatkoztak, nem a bolygókra. PTOLEMAIOS később azt állította, hogy HIPPARCHOS

megfelelő számú észlelés hiányában nem tudta teljesen kidolgozni a bolygók mozgására vonatkozó elméletét. Eddig a görög csillagászat megtartotta régi jellegét, de mostantól kezdve a görög gondolkodóknak rendelkezésére állottak a babiloni csillagászat számszerű eredményei. Geometriai világrendszereiket most már meg tudták tölteni a periódusok és egyenletlenségek pontos adataival; a káldeus tudomány számszerű tökéletessége most már a térbeli formák mértani szerkezetét öltötte. Az eredmény az ep ciklusok elmélete volt, az antik csillagászat legnagyobb teljesítménye.

Az ep ciklusok elméletében, elmondhatjuk, elértük célunkat, a valódi csillagászati tudományt. Itt már meg van a tudománynak az a fogalma, amelyik csak a végső igazságot tekinti valódi, igaz tudománynak. Úgy tűnik, hogy 1700 évvel később az ep ciklusok elmélete, mint primitív, téves elmélet, adta át helyét a valódi világrendszer ismeretének. De, ha történeti szempontból nézzük, azt látjuk, hogy helyesen ábrázolta a bolygók relatív mozgását kör alakú pályájukban és csupán a mozgások kezdőpontjára vonatkozó feltevést kellett később korrigálni. Ez már tudományos elmélet, a szó legszorosabb értelmében, a megfigyelés tényeinek rendszerezése egy olyan világrendszerbe, mely alkalmas arra, hogy kiszámítsák és előre jelezzék segítségével a jövőendő eseményeit. A tudománytörténet úgy mutatja be számunkra, mint a tudomány fejlődésének rendkívül fontos lépcsőjét, amelynek kereteit azon kor egész társadalmi fejlettsége szabta meg; mint hosszú évszázadok megfigyelési munkájának és gondolkodásának eredményét, mint a modern tudomány felé mutató későbbi haladás kiinduló pontját. Így érthető az, hogy oly korán, amikor a természet-tudományoknak egyetlen más területén sem jutott túl a fejlődés a technikai tapasztalatszerzésen, a csillagászat már a tudomány magas rangjára emelkedett.

DEZSŐ LORÁNT:

MIVEL FOGLALKOZIK A CSILLAGÁSZAT?

A csillagászati kutatások végcélja: az egész Világ mindenre kiterjedő megismerése. Miből áll és milyen felépítésű a Világmindenség, milyen törvények szerint és hogyan mennek végbe ennek mozgásai, változásai? Hogyan alakult és fog alakulni a Világmindenség egészének és különböző részeinek múlt-, jelen-, és jövőbeni állapota? Mik mindezek „végső okai”, pontosabban: mik a már más törvényszerűségekre vissza nem vezethető természeti alaptörvények, amelyek az egész Világ életét kialakítják? Talán ezekkel a kérdésekkel jelölhetjük ki egész röviden és legátfogóbban a csillagászati kutatások feladatkörét.

Az egész Világ, vagy Világmindenség alatt általában a Földünkön kívüli Világot értjük, de sok szempontból maga Földünk is beletartozik egyes csillagászati kutatások tárgykörébe. Így egyik fontos részletkérdés az is: mi a helye és szerepe a Világmindenségben magának a Földnek, amelyen élünk?

Világnézetünk kialakulásánál természetszerűleg döntő szerep mindenkor a csillagászatra jutott. Erre a tényre utal már maga a szó: „világnézet”. Az égitestek legfeltűnőbb látszólagos mozgásának értelmezésére felállított ptolemájoszi és kopernikuszi magyarázat közül a fizikailag helyes kiválasztása nem csak a csillagászat fejlődésére jelentett fordulópontot. Mai világnézetünk szilárd megalapozásának is egyik legfontosabb alappillére lett.

A csillagászati kutatás, mint bármely más tudományos kutatás, nem öncél. A csillagászat is elsősorban az emberért van, közvetlen gyakorlati szempontokat is szolgál.

A csillagászok és a különböző csillagászati intézmények jelentős száraléka világszerte részben nem csupán tiszta tudományos problémákkal foglalkozik, és nemesak a szó szoros értelmében vett kutatómunkát végez. Sok olyan csillagászati számítást és észlelést is kell végezniök más tudományszakok részére, és végeredményben a mindennapi élethez való gyakorlati felhasználáshoz, amelyek gyakran voltaképpen már nem sorolhatók a tudományos kutatások kategóriájába. Igaz, hogy több-kevesebb mértékben fennáll ez a helyzet más tudományszakoknál is. De talán seholsem annyira sajáttságosan kivételes módon, mint a csillagászatban. Oka ennek nyilván az, hogy a

csillagászat eredményeinek hasznosítására még nemigen épültek ki külön szűkebb, speciális munkaterületek és munkakörök, mint általában a természettudományok más ágainál.

A csillagászat egyik fontos alkalmazása a kronológia, és a naptár megállapítása. A kronológia csak a csillagászat révén biztonságos, távoli évezredekre visszamenőleg. A kronológia alapjai csillagászati adatok, így pl. a fogyasztásokra vonatkozó régi feljegyzések és számítások. De a mindennapi élethez sokkal közelebbi és konkrétabb haszna is sok van a csillagászatnak. A naptár mellett pl. a pontos idő; óráinkat a legtöbb helyen ma már az egész világon egységesen, meghatározott „csillagászati” szabályok szerint állítják be. *Alkalmazási területe a csillagászatnak a földrajzi helymeghatározás is;* különösen a navigációban rendkívüli fontos ez. Csillagászati ismeretek nélkül az óceánokon nem lett volna biztonságos a hajózás, sőt komoly hajózás ki sem fejlődhetett volna. A nagy csillagvizsgáló intézetek közül többet, így pl. a greenwicht Angliában éppen ezért létesítették, hogy a tengeri hajózás számára megfelelő adatokat szolgáltasson.

Valószínűleg fontos alkalmazási lehetősége lesz a jövőben a csillagászatnak az időjárással kapcsolatos prognózisok terén is. Ma már alig vitatható: az időjárás „kilengéseit” döntő módon befolyásolja a Nap, illetőleg a Napon végbemenő jelenségek. Közismert, hogy az évszakok változása a Naptól a Földre eső energia mennyiségének (a napsugarak beesési szögének) változásától ered, de amint az utóbbi években valószínűvé vált, az időjárás sokkal finomabb eltérései is bizonyos (tényleges) naphatásokra vezethetők vissza.

De mi mindennel foglalkozik a csillagászat? Erre a kérdésre röviden így felelhetünk: a Földön kívüli világgal és magával a Földdel is, mint a Naprendszer egyik bolygójával.

Van-e valamilyen alapvetően más sajátsága a csillagászatnak, ami mélyrehatóan megkülönböztetné a többi tudományoktól? Lényeges különbség csak abban van, hogy míg például a fizikus vagy a biológus laboratóriumában tetszés szerinti időben és körülmények között végezheti kísérleteit, úgy ahogyan a kutatás menete leginkább megkívánja, addig a csillagász nem tud a kutatás tárgyát képező objektumokkal kísérleteket végezni. Egyedül a megfigyelésekre kell szorítkoznia, hiszen az égitesteket nem lehet arra kényszeríteni, hogy változásaik bizonyos kívánatos körülmények között játszódjanak le. Emellett lényegesen zavarja még a csillagászati megfigyeléseket a földi légkör.

A csillagászati észleléseket megnehezíti, hogy a Világmindenségben vannak igen gyorsan lejátszódó jelenségek is. Nem régen vették csak észre, hogy bizonyos csillagok fényessége másodpercek alatt sokszerszeresen megnövekedhetik, majd ismét lecsökken. A Naphan is végbemennek efféle percek alatt lejátszódó változások. Általánosságban azonban a Világmindenség történései az emberi élethez viszonyítva lassan zajlanak le, úgyhogy rentegeteg olyan észlelés van, amelyeket voltaképpen évtizedek, esetleg évszázadok múltán is folytatni kellene ahhoz, hogy tényleg érdemleges eredmény adódjon. Ez az oka annak,

hogy minden jó csillagászati megfigyelés, amely esetleg száz évvel (vagy akár egy-két évezreddel) ezelőttről maradt fenn, még akkor is, ha nem is annyira pontos, mint ahogyan ma, fejlett technikai eszközökkel végezhető, általában minden időben hasznosítható marad. Például a Hold bizonyos mozgási „rendellenességének” egyikét, az úgynevezett *szekuláris gyorsulását* régi, az ókori történelem révén fennmaradt fogyatkozási adatok elemzése útján vették észre. (Ez részben eredhet a Föld tengely körüli forgásának igen csekély folyamatos lassúbbodásától, amelyet végső fokon az ár-apály erő hatása folytán áramló tengervíznek a tengerfenékkal való súrlódása okozhat.)

A laikusok szemében általában misztikus, különös valami a csillagászat, pedig ez is csak éppen olyan tudomány, mint a többi. A részletkutatások, amelyekből a néha tetszetős eredmények adódnak, talán éppen olyan érdektelenek is, mint minden más tudományban. A megfigyelések sajátosságától eltekintve lényegileg módszerei sem különbözök.

Mik ezek a módszerek? A kutatásokat mindig a megfigyelésekre kell alapozni. Megfigyelés nélkül is lehet ugyan következtetéseket tenni, deduktív úton, de ha ezeket nem ellenőrizzük megfigyelésekkel, téveszmékre vezethetnek. ARISZTOTELESZ kijelentése, hogy a könnyebb testek gyorsabban esnek, mint a nehezek — mivel ilyen nagy tekintély mondta ki —, sokáig nagyon bénítólag hatott a természettudományok fejlődésére. Holott, ha bárki megfigyelésekkel ellenőrizte volna, meggyőződhetett volna arról, hogy ez az arisztoteleszi kijelentés helytelen.

A csillagászati kutatás azonban nem csupán megfigyelésekből áll. Mint minden természettudományi kutatásban, itt is három fő fázist különböztethetünk meg.

Az első természetesen a megfigyelés. (Máshol az ennek megfelelő általában kísérlet néven szerepel, bár más természettudományokban is tesznek megfigyeléseket.)

A kutatások második főfázisa a megfigyelt tények értelmezése, a megfigyelt jelenségek közti korrelációk, kapcsolatok felismerése, röviden: a törvényszerűségek keresése. Ilyen felismerés például az, hogy van sok csillag, amely szakaszosan, bizonyos meghatározott időnként hol fényesedik, hol megint halványodik, vagy hogy az ilyen fényváltozás sok csillagnál olyan, hogy az a fázis, amely alatt a csillag a maximális fényességét eléri, gyorsabban játszódik le, mint a változásnak az a része, amíg a legnagyobb fényességből újból lecsökken a fényerő. Ezek a fényüket változtató csillagok határozott típusokba sorolhatók. Bizonyos típusoknál a fényváltozást már biztosan értelmezni tudjuk, és pedig pusztán azzal, hogy egy önmagától nem világító, sötét égitest a fényes csillag körül kering és fényéből időnként eltakar egy részt.

Igen fontos a megfigyelt jelenségek közötti kvalitatív és kvantitatív összefüggések felismerése. (Kvalitatív adat például az, hogy a Hold közelebb van a Földhöz, mint a Nap, kvantitatív, ha számszerűen megmondjuk, mennyivel van közelebb a Hold, mint a Nap.)

A megfigyelésekből a törvényszerűségek kihámozása általában induktív módszerrel történik. Ez általában abból áll, hogy sok különféle objektumokra vonatkozó észlelésekből következtetünk bizonyos törvényszerűségekre, szabályokat állapítunk meg.

A kutatások harmadik főfázisánál a deduktív módszerrel dolgoznak. Amikor már ismerünk elegendő eseményt és ezekre vonatkozó több törvényszerűséget, megkísérrelhetjük ezeket értelmezni egy egységes elmélettel. Ha van már bizonyos elmélet, amelynek segítségével az alaptörvények felismerése után összefoglalunk több eseménycsoportot, akkor deduktív úton következtethetünk az események lefolyására. Így elméleti úton előre ki tudunk számítani bizonyos eseményeket, ezek bekövetkezését, olyanokat is többször, amelyeket még meg sem figyeltünk előzőleg és ezáltal a megfigyeléseket sokszor új objektumokra terjeszthetjük ki. Ha az esemény a jelzett időpontban bekövetkezik és a megjósolt lefolyású lesz, akkor az elmélet jó és többkevesebb biztonsággal további következtetésekre használható.

A csillagászati megismerés a különböző kérdéscsoportoknál más-más fokon áll. Egyeseknél a megfigyelési anyag gyűjtésénél tartunk, másutt már keressük a törvényt, a szabályt, a különböző jelenségek közötti korrelációkat, máshol pedig már értelmezni is tudjuk azokat.

KEPLER előtt már igen sok megfigyelés történt a bolygók pozícióira vonatkozóan, így különösen TYCHÓ BRAHE részéről, aki a távcső feltalálása előtti legkiválóbb megfigyeléseket tette. Hosszú számsorokat állított össze arról, hogy a bolygók különböző időpontokban látszólag hol voltak az égbolton. Az általa gyűjtött sok észlelési adat számsora közt KEPLER kereste az összefüggéseket és meg is találta azokat, melyeket a róla elnevezett három törvényben fogalmazott meg. KEPLER induktív módon állapította meg törvényeit. Ezek a törvények azonban még nem alaptörvények. Később NEWTON felállította gravitációs tételét, amely megmondja, hogy két tömegpont milyen módon, milyen nagyságú erővel vonzza egymást. E NEWTON-féle törvényből már aránylag egyszerű matematikával le lehetett vezetni a KEPLER-féle törvényeket. A NEWTON-féle általános tömegvonzási törvény alkalmas arra, hogy belőle, tehát egyetlen törvényből következtessünk a három speciálisabb KEPLER-félére. Rögtön arra gondoltak, hogy ez általános alaptörvény és nyilván nemcsak a bolygókra érvényes — hiszen már NEWTON sem úgy mondta ki. Így a NEWTON-féle gravitációs törvény alapján sikerült más számításokat is végezni. Kiderült, hogy nemcsak a bolygók keringenek ellipszis alakú pályákon a Nap körül, hanem más égitestek is. Így egy üstökössel kapcsolatban HALLEY jelentette ki ezt először (a később róla elnevezett üstökösről). Az üstökös 1759. évi visszatérését előre megmondta. Ez a tény talán a NEWTON-törvény egyik első diadalmas próbakövének számíthatott.

A másik a Neptunusz felfedezése volt. Kiszámították az Uránusz pályáját — ezt a szabad szemmel még éppen hogy látható bolygót W. HERSCHEL fedezte fel a XVIII. század végén — és azt találták, hogy a számítások nem egyeztek egészen az észlelésekkel. Nagyon

csekély eltérések mutatkoztak csak, közülük a legnagyobbak is még jóval alulmaradtak a Hold látszólagos (szög-) átmérőjének az egytizedénél, de már ez is nyugtalanította az akkori csillagászokat. Az eltérések okául vagy azt kellett feltételezni, hogy nem egészen tökéletes a számítások alapját képező vonzási törvény. Vagy, ha az igaz, akkor valamilyen hatást nem vettek figyelembe. Ilyen nyilván egy még addig ismeretlen hipotétikus bolygótól származhatott. Ezen az alapon kiindulva abból a néhány tucat számból, amely az észlelés és az elméleti számítás közötti eltéréseket jelentette, úgy tették fel a kérdést: milyen tömegű és pályájú bolygónak kell létezni ahhoz, és hol kell annak tartózkodni, hogy az Uránusz a számítások szerint is arra a helyre kerüljön, ahol a valóságban volt. Végül is így találtak meg egy újabb bolygót, a Neptunuszt.

Ez az esemény, amely nemcsak a csillagászat, hanem az egész természettudomány egyik legszebb elméleti diadala volt a múlt század közepén, ékesen bizonyítja, milyen nagy szerep jut sokszor a kutatásban a feltevésnek. A csillagászat eredményei mindaddig mindenestre igazolták azt az alapfeltevést, hogy a Világmindenségben mindenütt ugyanazok a fizikai törvények érvényesek.

A Világmindenség „jelenének” megismeréséből arra is feleletet kell keresnünk, hogy mi fog történni a jövőben, milyen lesz a későbbi Világ. A csillagászat ma már bizonyos előrejelzéseket tud tenni a közeli és a távoli jövőbe. De nem lebecsülendő célkitűzés annak megkísérlése sem, hogy megállapítsuk: milyen lehetett a Világ évmilliókkal ezelőtt, hogyan alakulhattak át az egyes égitestek.

Miért fontos annak vizsgálata, hogy mit hozhat a jövő, hogyan zajlik le majd bizonyos égitestek változása vagy mi lesz egy-egy égitest helyzete a Földhöz képest sth.? Fontosak ezek mindenekelőtt a további kutatás szempontjából. Ha kutatás közben helyes előrejelzést teszünk, akkor ebből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy helyes úton jártunk, helyesen oldottunk meg egy kérdést és így ugyanazon a nyomon haladva valószínűleg további sikerek felé juthatunk. Ha pedig nem válik be az előrejelzés, akkor bizonyítékunk van arra, hogy vagy valahol hiba volt a számításokban, a következtetésekben, vagy helytelen volt egy esetleges feltevés, vagy a kiindulási adat vagy a kutatási módszer, és e felismerés alapján tudunk többet-kevesebbet javítani a további vizsgálatok folyamán.

A kutatásnál igen döntő és fontos szempont, hogy az elméleteket és az általános alaptörvényeket aszerint fogadjuk el, hogy a rájuk alapozott számítások mennyire egyeznek a megfigyelésekkel, a „tényekkel”.

Az észleléseknél mindig arra törekszünk, hogy lehetőleg számszerű adatokat nyerjünk. Igaz, hogy például az a megállapítás, hogy két csillag fénye bizonyos időpontban egyforma, kvalitatív jellegű csak, de kvantitatív szempontból is fontos megállapítás lehet. Ugyanis, ha egy égitest fényességét ismerjük és annak közelében egy fényességét változtató másik csillag van, akkor bizonyos időpontban a két csillag egyforma fényességéből, pusztán szabad szemmel való megfigyeléssel is

voltaképpen már számszerű adatot kapunk a másik csillag fényességéről is. Vannak tehát speciális esetek, amikor mérőeszközök nélkül is lehet értékes észlelést végezni, de a legtöbb esetben ez nincs így.

Mi által válnak egyáltalán láthatóvá, megfigyelhetővé az égitestek? Azáltal, hogy onnan fény vagy valamilyen más energia érkezik hozzánk a Földre. Ezek a Világmindenségből Földünkre sugárzó energiák két csoportba sorolhatók. (A gravitációs energiát figyelmen kívül hagyjuk, mivel annak hatásait főleg megint csak az elektromágneses hullámok révén, indirekt úton észlelhetjük csak csillagászati vonatkozásokban). Főleg elektromágneses hullámok érkeznek a Földre, de jönnek energiák korpuszkuláris sugárzások formájában is; így elektronok és más elektromos töltésű korpuszkulák, mozgó kis tömegek, mint például hidrogénatomok stb. A Földünket erő ezen apró „részecskék” igen-igen nagy sebességűek, tehát nagy energiájúak is lehetnek. A minden irányból érkező kozmikus sugárzást is ilyen, az anyag legkisebb építőköveiből álló hatalmas sebességű (energiájú) részecskék képezik. A Napról biztosan jönnek a kozmikus sugaraknál kisebb energiájú, aránylag sokkal lassabban mozgó és nagyobb korpuszkulák is.

Tudjuk, hogy Földünknek mágneses tere van, mely úgy viselkedik, mintha forgástengelyétől nem sokat eltérő irányban a belsejében levő nagy mágnesrúd keltené. Az iránylók a Föld mágneses hatására állnak be bizonyos irányba, általában nagyjából Észak—Dél felé. Az is jól ismeretes kísérletekből, hogy ha elektromos töltésű részecskék mágneses térbe jutnak, ott eltérülnek eredeti pályájukból. Ezért a Földre kívülről érkező elektromos részecskéket is igen kacskaringós és még nem is minden tekintetben ismert pályára kényszeríti Földünk mágneses tere — maga a Föld, mint mágnes — és így ezek már nem abból az irányból észlelhetők a Földön, mint amilyen irányból eredetileg jöttek. Egyébként a Világmindenségben mindenféle más mágneses terek is vannak, tehát már út közben is eltérülhettek a részecskék, mielőtt hozzánk érkeztek volna. Ezek a korpuszkuláris sugarak így nem sokat árulnak el a Világmindenségről, mert egyelőre csak kevéssé tudjuk, honnan származnak.

A kozmikus, vagy más korpuszkuláris sugárzáson kívül más módon is jut tömeg kívülről a Földre; így a meteorok révén. Ezek az említett sugárzásokat alkotó rendkívüli nagy sebességgel repülő parányi tömegekhez képest szinte összehasonlíthatatlanul óriásibb méretű tömegek, amelyeknek azonban ugyanakkor elenyésző a sebességük az előbbiekhöz viszonyítva. A meteorok hulló csillagoknak látszanak; a valóságban legtöbbször voltaképpen porszem és kisebb kődarab, amelyek ha bejutnak a Föld légkörébe, a nagy sebesség és a súrlódás folytán izzanak, elégnak. Egyesek le is eshetnek a Földre és a szó szoros értelmében kézzelfogható, döntő bizonyítékot szolgáltatnak arra, hogy a Világmindenség máshol is ugyanazokból az alapanyagokból áll, mint a Földön is minden.

A csillagászat mindezek mellett főleg a Földet kívülről érő elektromágneses sugárzások vizsgálatára van utalva. Gyakorlatilag az elektro-

mágneses hullámok alkotják a kutatás tárgyát. Ezért a csillagászati méréseket két főcsoportba sorolhatjuk. Az egyik: milyen irányból érkeznek hozzánk az elektromágneses sugárzások? A másik: milyen összetételűek és energiájúak a Földünkre jutó sugárzások.

Az iránymérésekből tudjuk meg, hogy a különböző égitestek hol vannak Földünkhöz képest; az irányváltozásokból pedig mozgásaik tanulmányozhatók.

Az irányméréseknél figyelembe kell venni, hogy az elektromágneses hullámok a Föld légköre miatt általában nem haladnak szigorúan egyenes vonal mentén. A kisfokú eltérést azonban jól számításba tudjuk venni. Közismert, hogy a lenyugvó vagy a felkelő Nap és a Hold lapult korongnak látszik. Oka ennek az, hogy a horizont környékén légkörünk jobban eltéríti a korong alsó pereméről jövő sugarakat, mint a felsőket, mert a légrétegek eltérítő hatása annál nagyobb, minél közelebb van az objektum a horizonthoz. Az ilyen kis eltérésektől eltekintve egyébként egyenes vonalban érkezik az égitestekről származó fény, a földmágnesség nem hat rájuk és így belőlük megtudjuk állapítani azok látszólagos irányát.

Az energiaméréseket különböző módon hajthatjuk végre. Lehet mérni az összenergiát. Tehát meg lehet állapítani azt, hogy mennyi azon energiák összessége, amennyi Földünkön egy négyzetcentiméterre esik valamely csillagról meghatározott idő alatt. Ez igen fontos, mert ebből, ha a csillag távolságát tudjuk, annak energiakibocsátására lehet következtetni. A kutatás szempontjából sokkal fontosabbak ennél azok a mérések, amikor nem az összes hullámhosszakot mérjük egyszerre, hanem külön-külön a különböző hullámhosszúságú energiákat.

E célból el kell különítenünk a csillag sugárzásában a különböző hullámhosszúságú sugárzásokat egymástól, más szóval elő kell állítanunk a csillag úgynevezett színekét, s akkor a színkép különböző részeiben kell méréseket végezni. (Más szín más hullámhosszúságot jelent.)

Az elmúlt évek folyamán igen kiszélesedett a megfigyelések skálája. Míg régebben jóformán csak a látható fény segítségével tudtuk kutatni az égitesteket, addig ma már a látható fény hullámhosszától igen nagy mértékben eltérő hosszabb és rövidebb hullámhosszak segítségével is lehet vizsgálatokat végezni. A fényképlemez olyan sugarakra is érzékeny, amelyeket szemünkkel már nem tudunk felfogni. A fotocellák segítségével még tovább lehet menni. Kezdetben a fotocellákkal is főleg csak olyan sugárzásokat tudtak észlelni, amelyekre az emberi szem is érzékeny. Ma már az ólomszulfid réteggel készült cellákkal olyan hosszú hullámhosszakig is el lehet jutni a színképben, amelyeket előzőleg még fényképszerűen sem lehetett vizsgálni.

A másik irányban a rövidebb hullámhosszak tartományában ma már jóformán egészen a Naphól jövő röntgenfényt is ki lehet mutatni. A Naphól egyébként is igen sok rövid hullámhosszú elektromágneses sugárzás éri Földünket, ezek azonban jórészt fennakadnak légkörünk felsőbb rétegeiben.

Különösen nagy jelentőségűek a második világháború kezdete óta tett hatalmas lépések a rádióhullámok terén. Ma már rádióhullámok segítségével is lehet rendszeresen észleléseket végezni. Kimutatták, hogy a rádió adó-vevőinkben is még használható, egész rövid hullámhosszúságú elektromágneses hullámok is érkeznek Földünkre mind a Naptól, mind más, még a legtöbb esetben meg sem határozott égitestekből. A csillagászati észlelések azonban valamivel rövidebb hullámhosszakon folynak, mint a földi rádióközvetítések.

Ismeretes, hogy a rádiózás Földünkön azáltal lehetséges csak nagy távolságokra, hogy Földünk magas légköre nem engedi ki és visszaveri a közönségesen használt rádióhullámokat, vagy legalábbis egy részüket. Nyilvánvaló, hogy földi légkörünk a kifelé eső oldalán is visszaveri a kívülről jövő olyan hullámokat, amelyeneket mi a rádiózásnál használunk. Ézért kell a csillagászatban ennél rövidebbeket használni, amelyekre nézve felső légrétegeink átlátszóak.

A rádióhullámsáv sokkal szélesebb energiatartományt ölel fel, mint a látható fény tartománya. Így ezek segítségével az eddigieknél bizonyos szempontokból sokkal nagyobb lehetőségek nyíltak a tudományos kutatások előtt.

Azonkívül, hogy mérni lehet a Földre kívülről beeső elektromágneses hullámok energiáját és irányát, még más fizikai méréseket is lehet eszközölni segítségükkel, így mágneses és elektromos „méréseket”.

Ha a csillag felületén azokon a helyeken, ahonnan a hozzánk jutó fénysugarak elindulnak, mágneses vagy elektromos tér van és elég nagy térerősségen történik a fénykibocsátás, akkor ezt fel lehet ismerni a fénysugarakban (a színkép vonalakon). Pontosabban: ha hullámhosszak szerint rendezetten elkülönítve analizáljuk a beeső fénysugárzást, más szóval, ha a színképet vizsgáljuk, akkor bizonyos elváltozásokból következtetni lehet arra, hogy mágneses vagy elektromos térben, vagy mindkét fajta térben jött-e létre a sugárzás, sőt azt is meg tudjuk állapítani egész biztonsággal, ha elég nagy a térerősség, hogy milyen erős az. Az egyes színkép vonalak megsokszorozódásából és a megszorodott vonalak egymástól való távolságából tudjuk mérni a csillagok, vagy a Nap légkör különböző helyének mágneses és elektromos térerősségét. (Polarizációs méréseket is végezhetünk még az égitestek fényén vagy általában elektromágneses hullámain és ezekből is fontos következtetéseket tehetünk, így még a mágneses terekre vonatkozóan is.)

* * *

Ezek után röviden tekintsük át, hogy milyen nagyobb fejezetekre (részekre) szokás felosztani a csillagászatot. Kezdeihen a csillagászat csak iránymeghatározásokkal foglalkozott, megállapította, hogy az égitestek különböző időpontokban milyen irányban látszanak. Főleg ilyen bolygó-észlelések segítségével fejlődött ki a Naprendszerre, tehát a Nap körül keringő égitestekre vonatkozólag a NEWTON-féle

gravitációs törvényre alapozott, úgynevezett *égi mechanika* tudománya, amelynek segítségével ki tudjuk számítani a bolygók és a Naprendszerhez tartozó más égitestek, például az üstökösök és meteorok pályáját, mozgását és előre meg tudjuk adni, hogy mikor, hol, milyen irányban látszanak majd. A *szférikus csillagászat* a csillagászatnak az a része, amely az égitestek pozíciójával (irányával, irányváltásával), mozgásával, éspedig főleg a látszólagos mozgásával foglalkozik. Ez elsősorban észlelés jellegű, míg az égi mechanika elméleti, deduktív jellegű tudomány. Ezek a csillagászat legrégebb ágai. (Az égitestek felénk való közeledésének és tőlünk való távolodásának sebességét egyszerűen meg lehet mérni a színpérvonalak eltolódásából. Az ilyen észlelések azonban már az asztrofizika keretébe tartoznak.)

A csillagászatnak modernebb ágai, amelyek a múlt században fejlődtek ki: az *asztrofizika* és a *stellárasztrónómia*. Az asztrofizika az égitestek fizikai állapotával és annak változásaival foglalkozik, és igyekszik egy-egy objektumra vonatkozólag mindig a lehető legnagyobb pontosságot elérni. Ezzel szemben a stellárasztrónómia szintén felhasználja a csillagok bizonyos megfigyelt és mért fizikai sajátosságait, de célkitűzése elsősorban az, hogy nagyszámú objektum általánosabb adataiból következtessen az egész Világmindenség vagy egyes részeinek, például csillagrendszerek átlagos viselkedésére. Stellárstatisztikának is szokták mondani, mivel sok esetben statisztikai módszerekkel dolgozik. A statisztikai vizsgálatokhoz felhasználható észleléseknél általában nem fontos a túlzott pontosságra való törekvés, a lényeg az, hogy minél nagyobb számú objektumot vegyünk figyelembe, és nagyszámú objektum különböző fizikai állapothatározóinak pozíció és mozgási adatainak átlagérték-képzésével jussunk bizonyos jellemző adatokhoz egy-egy csillagrendszer vagy csillagok egyes csoportjának viselkedésére, fejlődésére, változásaira vonatkozóan.

Az első pillanatra azt lehetne gondolni, hogy így a stellárasztrónómia módszerei pontatlanok. Miért alkalmazzuk mégis ezeket? Ha azonban meggondoljuk, hogy az égbolt holdnagyságú területén is — ha nagyobb távcsővel készítünk felvételt — millió és millió csillagot találunk, akkor rögtön beláthatjuk, hogy nem lehet mindig egyenként, individuálisan kezelni az objektumokat, mert ahhoz rövid lenne nemcsak egy emberélet, hanem az egész emberiség életében sem tudnánk komoly eredményeket elérni. Ezért szokás sok esetben bizonyos kiválasztott területeket kutatni, s ehhez a statisztikai módszerek nélkülözhetetlenek.

Azért is nélkülözhetetlenek ilyen módszerek, mivel igen halavány objektumok esetében a fizikai mérések nem végezhetők el megfelelő pontossággal, és így egy-egy objektumra úgysem lehetne komolyabb következtetéseket tenni.

Végül lássunk egy tipikus és fontos példát a stellárasztrónómia tárgyköréből. Csillagászati szempontból nagy horderejű az úgynevezett H—R diagram (HERTZSPRUNG—RUSSELL-diagram). Ezt úgy kapjuk, hogy a koordinátarendszer egyik tengelye mentén felrakjuk a különböző csillagok színpék típusát, vagy ha úgy tetszik, a csillagok

ün. effektív hőmérsékletét — a csillagoknak színképek szerinti osztályozása ugyanis tulajdonképpen megfelel a felületi hőmérséklet szerinti osztályozásnak — másik tengelyére pedig a csillagok valódi (abszolút) fényességét. A csillagok különböző fényességeknek látszanak egyrészt azért, mert különböző távolságra vannak tőlünk, másrészt mert természetesen is különböző fényességűek. Valódi fényességnek nevezzük azt a fényességet, amellyel a csillag akkor látszana, ha 32,6 fényévre lenne tőlünk. Ha a csillag távolságát ismerjük, akkor egyszerűen kiszámíthatjuk látszólagos fényességéből valódi fényességét. A színkép és a valódi fényesség révén minden egyes csillagot egy meghatározott pont képvisel a H—R diagramban. Sok ezer csillagot lehet így felrajzolni — mindegyiket, amelynek távolságát és színképét ismerjük. Amikor az első ilyen diagramot készítették, azonnal észrevették, hogy a pontok nem egyenletesen töltötték ki a papírlapot, hanem bizonyos csoportokba verődtek és zömük egy megközelítőleg egyenes vonal mentén helyezkedett el. A csillagok speciálisabb fajtái nem esnek erre az ún. főágra, de még ha minden fajta csillagot is berajzolunk, akkor is üresen marad a papírlap nagy része. Mindezek megállapításához már egészen durva, szinte becslési adatok elegendők voltak. Így az egyező hőmérséklet az azonos színképű csillagok megkeresése egyszerűen a színképek puszta megtekintése útján volt elvégezhető. Megfordítva: ha sok csillag színképtípusát megállapítjuk és feltételezzük, hogy a csillagok a H—R diagramban arra a vonalra esnek, ahol a legtöbb csillag van, tehát a főágba, úgy a diagramot felhasználhatjuk bizonyos valószínűséggel a valódi fényességek leolvasására. Így amennyiben a látszólagos fényességeket is ismerjük, a H—R diagram segítségével végső fokon csillagtávolságokat állapíthatunk meg. Természetesen szem előtt kell tartani, hogy lesznek csillagok, ahol teljesen hamis lesz az így nyerhető adat. De nyilván, minél nagyobb számú csillagra alkalmazzuk ezt a statisztikai módszert, annál kevesebb lesz a téves távolságok százalékos száma. (A jó és rossz távolságok aránya legkedvezőtlenebb esetben is általában csak annyira tehető, amennyi az „összes” csillagoknál a főágbeliék számarányát a többiekhez viszonyítva.)

A Nap a főág, sőt az egész H—R diagram közepe tájékán van; nincs kilütemelt helyzete a diagramban és így a csillagok között sem. Napunk tehát éppen olyan közönséges átlagesillag a Világmindenségben, mint a legtöbb többi. Így nyilván ugyanez mondható magának a Földnek a Világmindenségben való helyéről és szerepéről is.

A H—R diagram talán sokkal inkább rámutatott a Föld és a Nap jelentéktelenségére a Világmindenségben, mint a KOPERNIKUS-féle felismerés, hogy a Föld csupán a bolygók egyike.

IZSÁK IMRE :

A MATEMATIKA SZEREPE A CSILLAGÁSZATBAN

Mint minden természettudomány, a csillagászat is törekszik arra, hogy törvényeit szabatos matematikai alakban fogalmazza meg. Hiszen egy természeti jelenséget akkor ismerünk igazán megbízhatóan, ha nem kell minemiségének pusztá leírására szorítkoznunk, hanem lefolyását számszerűleg is tudjuk jellemezni. Csillagászati ismereteinket például egyáltalán nem tekinthetnénk kielégítőnek, ha csak annyit tudnánk a napfogyatkozásokról, hogy ilyenkor valamilyen oknál fogva a napkorong kisebb-nagyobb mértékben elsötétül, majd újra visszanyeri eredeti külsejét. Ezzel szemben a csillagászok például már évekkel ezelőtt kiszámították, hogy 1956. december 2-án részleges napfogyatkozás lesz, mely napkeltekor már tart, Budapesten legnagyobb fázisát (46%) közép-európai idő szerint 7 óra 57,3 perckor éri el, és 9 óra 8,5 perckor fejeződik be. Ezen állítás helyességéről annak idején mindnyájan meggyőződhattunk. A napfogyatkozások oka sem titok előttünk: tudjuk, hogy e jelenségnél a holdkorong vonul el a napkorong előtt, és bekövetkezésének időpontját éppen a Nap és a Hold látszólagos mozgásának ismeretében tudjuk kiszámítani.

Persze egy, a fentihez hasonlóan pontos kijelentést sok esetben csupán olyan ideálnak tekinthetünk, melynek elérésére ugyan törekszünk, de megvalósítása olykor lehetetlennek látszik. Ismeretes például, hogy májusban még gyakran van fagy. De azt már senki sem tudná megmondani, vajon jövőre lesz-e fagy, és ha igen, május hányadikán. Ebből azonban nem szabad azt a következtetést levonni, hogy a meteorológusok kevésbé értik a mesterségüket, mint a csillagászok. A napfogyatkozás jelensége aránylag kevés és a tudomány mai fokán könnyen számba vehető tényezőtől függ, míg a májusi fagyok jelensége sok és alig számba vehető tényező bonyolult összjátéka idézi elő; csak ez a különbség. De ugyanazon természettudomány egyes ágai is erősen különbözhetnek egymástól abban, hogy mennyire uralják a területükhöz tartozó jelenségek számszerű viszonyait. Senki sem fogja vitatni például, hogy az égi mechanika a csillagászat exaktabb ága, mint mondjuk a csillagok belső szerkezetének elmélete.

Általában talán azt mondhatjuk, hogy azokat a jelenségeket lehet matematikailag tárgyalni, melyek ehhez elég egyszerűek, vagy

legalábbis a bennük szerepet játszó tényezők megfelelő idealizálásával a lényeg rovása nélkül eléggé leegyszerűsíthetők. A matematika alkalmazása tehát nem „bonyolítja el a dolgokat”, ahogy azt alkalmasint kellemetlen iskolai emlékek alapján némelyek gondolják, hanem éppen ellenkezőleg, a jelenségek gyakran egyszerű belső lényegét ragadja meg. A matematika a természeti törvények tömör és mégis rendkívüli kifejezőerejű elve. Más lapra tartozik, hogy a matematika egyes ágai, melyek a matematikusok szerint annyira különböznek egymástól, mint az Északi-sark a Délitől, milyen mértékben alkalmazhatók a természet leírására, vagy hogy ilyen szempontból miként alakult és alakul a matematika fejlődése. Ezek a kérdések igen messzire vezetnének. Feladatunk most mindössze abban áll majd, hogy megismerkedjünk a számok és alakzatok szép tudományának néhány egyszerű csillagászati alkalmazásával. Remélhetőleg azt fogjuk tapasztalni, hogy néha egészen elemi meggondolások, vagy rövid számítások segítségével is érdekes ismeretek birtokába juthatunk.

Mindenki hallotta már, hogy a csillagászok munkájuk közben sokat számolnak. De meg kell jegyeznünk, hogy ezek a számítások igen különböző természetűek. Az észlelések kiértékelésénél, például a csillagok fényességének megállapításánál, bizony sok apró számítást kell elvégezni ahhoz, hogy tudományosan használható eredményeket kapjunk. Ilyenkor azonban a matematika szerepe tulajdonképpen alárendelt jellegű, vagyis nem lényeges eleme a megismerésnek. Akkor beszélhetünk a matematikának a szó igazi értelmében vett alkalmazásáról, ha az végső fokon a tudományos jóslás eszközüvé válik. Midőn egy jól kidolgozott elmélet alapján bizonyos ismert mennyiségekből ismeretlen mennyiségekre következtethetünk, vagy megmagyarázunk egy jelenséget, és azután meg tudjuk jósolni a jelenség jövőbeni lefolyásának módját, nyilván a természet megismerésének legjelentősebb állomásaihoz érkezőnk el.

Ha végigtekintünk a csillagászat történetén, és megvizsgáljuk, hogy a matematika alkalmazása hol járt a legnagyobb sikerrel, választásunk kétségtől a gravitációs jelenségekre esik. Számos, látszólag egészen különböző jelenség egyetlen természeti törvényben, az általános tömegvonzás törvényében leli magyarázatát, melyet a XVII. század második felében NEWTON fedezett fel. Ez a törvény — mint tudjuk — azt mondja ki, hogy bármely két anyagi pont vonzza egymást mégpedig annál nagyobb erővel, minél nagyobb a tömegük és minél kisebb a távolságuk. Pontosabban szólva a vonzóerő a tömegek szorzatával egyenesen, távolságuk négyzetével pedig fordítva arányos; vagy képlettel kifejezve

$$F = f \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

ahol F a vonzóerő, f egy arányossági tényező, melyet az általános tömegvonzás állandójának nevezünk, m_1 és m_2 az anyagi pontok tömege, r pedig a távolságuk. A „vonzza egymást” szólásmód azt a tényállást fejezi ki röviden, hogy a két anyagi pont kölcsönösen vonzza

egymást, a két vonzóerő egymással egyenlő, és hogy az egyik pontra ható erő mindig a másik pont felé irányul. A természetben persze nem léteznek a szó klasszikus, idealizáló értelmében vett anyagi pontok, hanem csupán többé-kevésbé kiterjedt anyagi testek. Kézenfekvő, hogy ha két tetszőleges alakú test egymásra gyakorolt vonzóerejét akarjuk meghatározni, összegeznünk kell az „egyes anyagi pontok” között működő vonzóerőket. Ilyen jellegű összegezésekkel az ún. integrálszámítás foglalkozik, melynek megalkotásánál NEWTON szintén elévülhetetlen érdemeket szerzett. (Futólag megjegyezzük, hogy a gravitációs jelenségeknek a NEWTON-féle törvény alapján történő tárgyalása természetesen a klasszikus fizika területéhez tartozik, melynek világképét a modern fizika, esetünkben különösen a relativitáselmélet gyökeresen átalakította. Az alábbiakban azonban csak olyan példákkal foglalkozunk, amelyeknél ezt a körülményt gyakorlatilag figyelmen kívül hagyhatjuk.)

Hogyan volt lehetséges az, hogy az általános tömegvonzás jelensége oly sokáig elkerült az emberek vizsgálódási körét? Ugyanúgy, ahogyan a mindennapi életben mi is nagyon ritkán gondolunk erre az alapvető természeti törvényre. A földi tárgyak olyan kis tömeggel rendelkeznek, hogy egymásra gyakorolt vonzásukat csak különlegesen érzékeny fizikai mérőműszerek segítségével tudjuk kimutatni. Ezzel szemben az a vonzóhatás, melyet a Föld bolygó gyakorol a földi tárgyra és a testek súlyában nyilvánul meg, annyira közönséges, mindennapos jelenség, hogy bizonyára csak igen keveseknek okoz fejtörést. NEWTON-t állítólag egy fáról lehulló alma ejtette gondolkodóba; de miként jutott arra a következtetésre, hogy ugyanolyan erő hatására esik le az alma a földre, mint amilyen a Holdnak a Föld körüli keringését okozza — talán ő maga sem tudná megmondani. Már akár igaz az almafáról szóló anekdota, akár nem, a legendás almafa utódjait ma különböző tudományos intézmények kertjeiben kegyelettel gondozzák.

Ha valaki 10—20 évig figyelemmel kísérné a bolygók látszólagos mozgását az égen, nemigen találna olyan szabályszerűséget, mely kifejezné e bonyolult mozgásjelenség lényegét. Ez egyáltalán nem meglepő, ha meggondoljuk, hogy az ókor és középkor csillagászai legalább 2000 évig szinte kizárólag a bolygók mozgását tanulmányozták, míg végre KOPERNIKUSZ korszakalkotó iránymutatása után KEPLER a XVII. század elején meg tudta fogalmazni a bolygók valódi mozgásának róla elnevezett törvényeit. Bár e törvények meglehetősen közismertek, talán nem lesz felesleges, ha most pár percet szentelünk nekik.

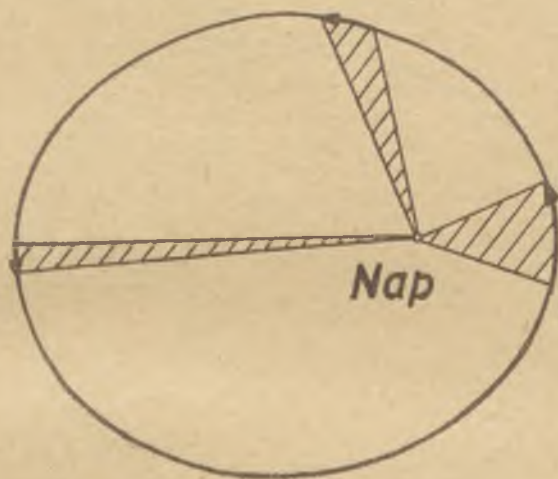
Mint minden hasonló jellegű mozgásjelenségnél, esetünkben is először arra vagyunk kíváncsiak, hogy a bolygók mozgásuk közben milyen pályát írnak le. Erre a kérdésre ad feleletet KEPLER I. törvénye:

A bolygók olyan ellipszis alakú pályákon keringenek a Nap körül, melyeknek egyik gyújtópontjában van a Nap.

Ha már ismerjük a bolygók pályáját, következő kérdésünk a mozgás időbeli lefolyására vonatkozik, vagyis azt szeretnénk tudni, hogy a bolygók melyik pillanathban hol tartózkodnak. Lényegében ezt a kérdést válaszolja meg KEPLER II. törvénye:

A Naptól az egyes bolygókhoz húzott vezérsugár egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűrol.

A 6. ábrán feltüntetettük egy képzeletbeli bolygó pályáját és annak három olyan ívét, melyet a bolygó ugyanannyi idő alatt tesz meg. A három ellipsziszívhez tartozó három ellipsziszicikk területe tehát



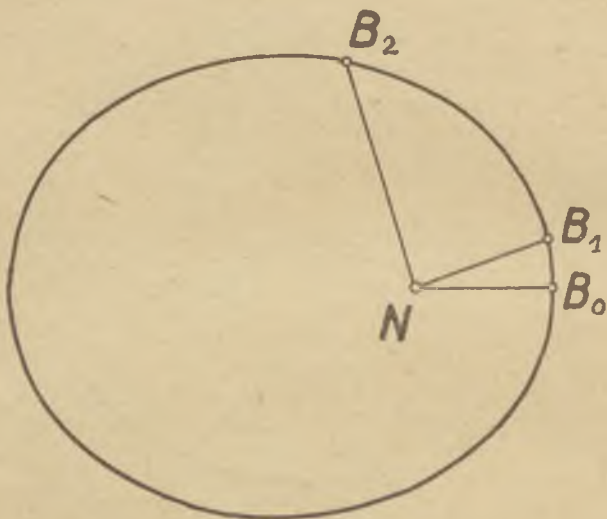
6. ábra

egyenlő. Láthatjuk, hogy a bolygó napközelpben mozog a leggyorsabban, a Naptól távolodva sebessége egyre csökken, naptávolban eléri legkisebb értékét, majd újra a Naphoz közeledve megint nagyobb lesz. De KEPLER II. törvénye alapján ennél pontosabb kijelentéseket is tehetünk. Képzeljük el, hogy ismerjük a bolygó területi sebességét, tehát azon terület nagyságát, melyet a bolygóhoz húzott vezérsugár az időegység, mondjuk 1 nap alatt sűrol. A 7. ábrán a területi sebességet az NB_0B_1 ellipsziszicikkel szemléltetjük. Ha most tudjuk, hogy a bolygó a t_0 pillanathban a B_0 pontban tartózkodik, könnyen megállapíthatjuk, mennyi idő alatt érkezik el a B_2 pontba. Hiszen KEPLER II. törvénye szerint a bolygó területi sebessége állandó; ezért annyi nap alatt érkezik el a B_2 pontba, ahányszor az NB_0B_2 ellipsziszicikk területe nagyobb az NB_0B_1 ellipsziszicikk területénél. Ábránkon ez az arány 10:1. A fordított, és csillagászati szempontból fontosabb feladat, vagyis a bolygó helyének meghatározása egy adott pillanatra már nehezebb. Ha például a területi sebesség ismeretében azt akarjuk megállapítani,

hogy a B_0 pont után hol lesz a bolygó 10 nap múlva, egy olyan ellipsziscikket kellene szerkesztenünk, melynek területe 10-szer nagyobb az NB_0B_1 ellipsziscikk területénél. Az ember érzi, hogy ez csak próbálgatással lehetséges. E kérdés megoldására a csillagászok is közelítő módszereket használnak, melyek pontosságáa azonban tetszés szerint fokozható.

KEPLER III. törvénye a következőképpen szól:

Az egyes bolygók keringési idejének négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint a Naptól való középtávolságuk köbei.



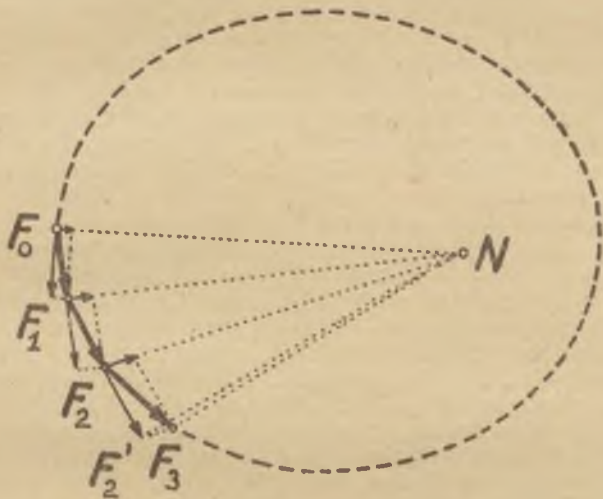
7. ábra

Úgy tudjuk, hogy KEPLER a „természet harmóniájára” való beállítottságánál fogva ezt a szabályszerűséget tartotta a legérdekesebbnek. Az égi mechanika kialakulása óta inkább azt mondjuk, hogy jóllehet különösen módosított alakjában fontos csillagászati alkalmazásai vannak, matematikai tartalma kevésbé mély, mint az előző kettőé.

A KEPLER-féle törvények a bolygók valódi mozgásának lényeges tulajdonságait fejezik ki, de nem adnak felvilágosítást arra a kérdésre, hogy mi okozza éppen ezeket a mozgásjelenségeket. Persze mindenki tudja, hogy a Nap vonzóereje. De már többen zavarba jutnának, ha azt kérdeznék tőlük, hogy miért ellipszis alakú a bolygók pályája. Sőt olyanok is akadhatnak, akik titokban így elmélkednek: „ha a Nap vonzza a Földet, miért nem esünk a Napba?” Arról most nem lehet szó, hogy a tömegvonzás törvényéből matematikailag levezessük a bolygómozgás törvényeit. Ehhez egy aránylag egyszerű differenciál-egyenlet-

rendszert kellene integrálnunk. Néhány elemi meggondolás révén azonban könnyen érzékeltethetjük a dolog lényegét.

Először is azt kell megjegyeznünk, hogy a Nap tömege sokszorosán felülmúlja a bolygók tömegét, például 330 000-szer akkora, mint a Föld tömege. A Nap ugyan éppen akkora erővel vonzza a Földet, mint a Föld a Napot; de ez a vonzás a Napnál 330 000-szer kisebb elmozdulást idéz elő, mint a Földnél. Ezért a Föld mozgásának tanulmányozásánál most nyugodtan elhanyagolhatjuk a Nap mozgását. Képzeljük el, hogy a Föld a 8. ábrán feltüntetett F_0 helyzetből indul ki, például olyan kezdősebességgel, melynek iránya merőleges az F_0N



8. ábra

egyenesre. Ha a Nap nem vonzaná a Földet, a Föld egyenesvonalú egyenletes mozgást végezne, és bizonyos idő múlva az F_0 ponthoz rajzolt függőleges nyíl végéhez érkeznek. De a Nap vonzása következtében a Nap irányában erő hat rá, és így esik a Nap felé, ha a Földnek nem adtunk volna kezdősebességet, ugyanannyi idő múlva az F_0 ponthoz rajzolt vízszintes nyíl végéhez érkeznek. Mivel a Földnek kezdősebessége van, és a Nap felé is esik, a két mozgás eredőjeként valójában az F_1 pontba jut el. Az F_1 pontban a Földnek megint van egy adott sebessége, továbbá esni kezd a Nap felé; a két mozgás eredőjeként bizonyos idő múlva az F_2 pontba jut el stb. Ily módon egymásután megrajzolhatjuk a földpálya kis darabjait. Ahogy azt a 8. ábrán láthatjuk, a Nap felé való esést jelző nyilakat mind nagyobbra kell rajzolnunk, amint a Föld közeledik a Naphoz, mert a tömegvonzás törvénye szerint a vonzóerő a távolság csökkenésével

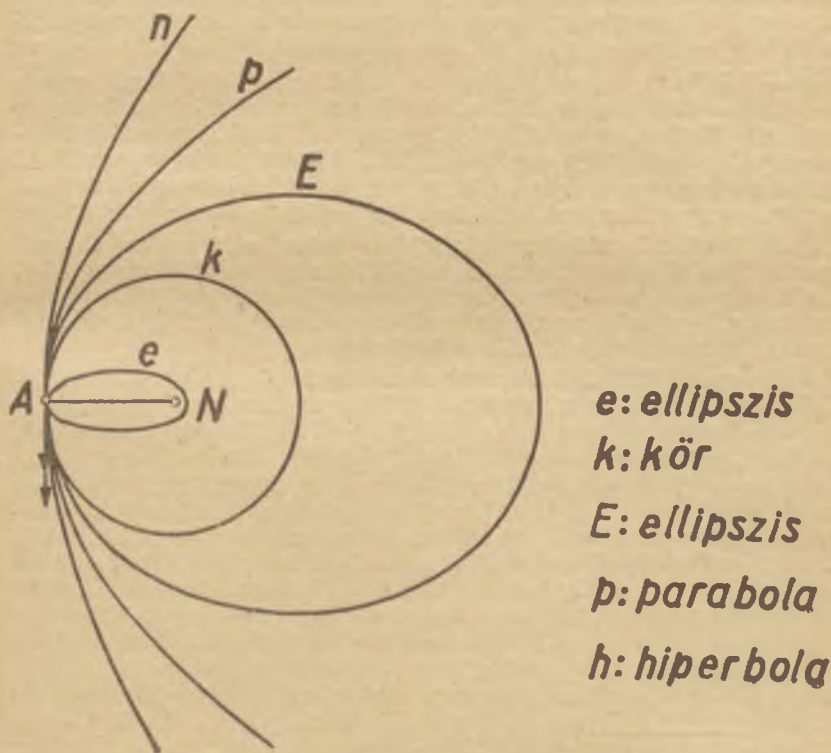
négyszetesen növekszik. Ábránk annál jobban közelíti meg a valóságot, minél kisebb darabokból rakjuk össze a pályát. Ha tudnánk „végtelen sok és végtelen kicsi” nyilat rajzolni, az $F_0F_1F_2F_3\dots$ törtvonal kisimulna, és eredményül tényleg egy ellipszist kapnánk.

Ez a szerkesztési eljárás természetesen nem igazolja szigorúan KEPLER I. törvényét, hanem csak azt akarja érzékeltetni, hogy miként jön létre a bolygók ellipszis alakú pályája. Érdekes azonban, hogy KEPLER II. törvényének szemléltetésére is alkalmas. Tekintsük például a Föld F_1, F_2, F_3 helyzetét, továbbá azt az F_2' helyzetet, amelybe F_2 után akkor érkeznek el, ha nem hatna a Nap vonzóereje. KEPLER II. törvénye szerint az NF_1F_2 és NF_2F_3 háromszög területének egyenlőnek kell lennie. Tényleg, az NF_1F_2' háromszög területe egyenlő az NF_2F_2' háromszög területével, mert F_1F_2 , illetve F_2F_2' alapjuk a szerkesztés szerint egyenlő, az ezen oldalakhoz tartozó magasságuk pedig közös. Ugyancsak egyenlő az NF_2F_2' és NF_2F_3 háromszögek területe is, mert NF_2 alapjuk közös, az ezen oldalhoz tartozó magasságuk pedig egyenlő, hiszen az F_2F_3 egyenes párhuzamos az F_2N egyenessel. De akkor az NF_1F_2 és NF_2F_3 háromszögek területe tényleg megegyezik!

Eddig az egyszerűség kedvéért mindig ellipszis alakú pályákra gondoltunk. De bizonyára többen hallották már, hogy az égitestek kör, parabola, vagy hiperbola alakú pályákon is mozoghatnak. Ezek a görbék mind kúpszeletek, vagyis egy kúpfelületnek egy sikkal való metszéséből származtathatók. Hogyan jönnek létre ezek a látszólag egészen különböző jellegű mozgások? Vegyük szemügyre a 9. ábrát, mely egy gondolat kísérletet szemléltet. A Naptól bizonyos távolságra, az A pontban először zérus, majd mindig nagyobb sebességgel indítunk útnak egy égitestet. Az égitestet minden esetben legyen merőleges az AN egyenes irányára. Ha az égitestnek nem adunk kezdősebességet, vagyis egyszerűen elengedjük, egyre gyorsuló mozgással egyenesen belezuhan a Napba. Ha az égitestet nagyon kis sebességgel indítjuk útnak, pályája egy erősen lapult ellipszis lesz, melynek túlsó gyújtópontjában van a Nap. Akármilyen kicsi is a kezdősebesség, az égitest már nem zuhan a (pontoszerűnek feltételezett) Napba, hanem KEPLER II. törvénye szerint igen nagy sebességgel megkerüli azt. Valahogy azt képzelhetjük, hogy mire az égitest a Nap közelébe jut, már olyan nagy sebességgel rendelkezik, hogy nincs ideje a Napba esni. Ha az égitest kezdősebességét növeljük, az ellipszis lapultsága csökken. Egyszer elérkezünk egy olyan sebességhez, mellyel az égitest körpályát ír le a Nap körül. E kezdősebesség értéke függ az AN távolság nagyságától, amennyiben négyzetgyökével fordítva arányos. Tehát például 4-szer nagyobb távolságban 2-szer kisebb sebességre van szükség ahhoz, hogy az égitest pályája kör alakú legyen. A Naprendszer bolygói közül a Vénusz, Neptunusz, Föld, Uranusz, Jupiter és Szaturnusz pályája majdnem teljesen kör alakú, de a Mars, Merkúr és Pluto pályája is aránylag kis lapultságú ellipszis; a bolygókat itt pályájuk lapultságának sorrendjében említettük meg. Térjünk vissza a 9. ábrához. Ha az égitestet nagyobb sebességgel indítjuk útnak, pályája olyan

ellipszis lesz, melynek innenső gyújtópontjában van a Nap. A kezdősebesség további növelésével az ellipszis egyre nagyobb méretű, de egyszersmind nagyobb lapultságú is. Az üstökösök pályája általában igen nagy lapultságú ellipszis szokott lenni. Egyszer elérkezünk egy olyan sebességhez, melynél az ellipszis a végtelenbe nyúlik, pontosabban szólva a pálya parabola alakú lesz. Ez az ún. parabolikus (vagy kritikus) sebesség $\sqrt{2} = 1,414$ -szer nagyobb a körpályán való mozgáshoz szükséges sebességnél. Az ábra A pontjához rajzolt két nyíl ezt a két sebességet jelképezi. A parabolikus sebesség értéke azért fontos, mert legalább ekkora sebesség szükséges ahhoz, hogy az égitest kiszabaduljon a Nap „bűvköréből”, és örökre elhagyja a Naprendszert. Végül minden nagyobb kezdősebességnél hiperbola alakú pályát kapunk.

A különböző alakú pályák létrejöttének ismertetésénél eddig az égitesteknek a Nap körüli mozgását tartottuk szem előtt. Egész hasonlóan vizsgálhatjuk azonban a Föld körüli mozgás kérdését is. Ehhez csak azt kell elképzelni, hogy a Föld metszetét a 9. ábrán *k*-val



9. ábra

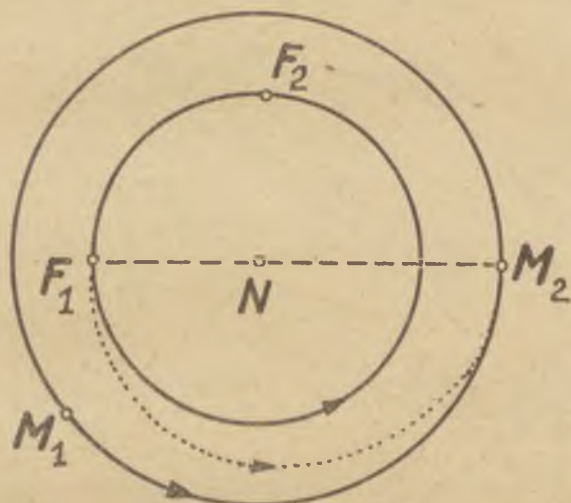
jelölt körön belül egy nála alig kisebb kör képviseli, az A pont pedig mondjuk a Föld legmagasabb hegyének, a Csomó Lungma (Mount Everest) csúcsát jelképezi. Akinek tetszik, az ábrát elforgathatja úgy, hogy az A pont felülre kerüljön. Vegyük még tudomásul, hogy a közelítőleg gömb alakú Föld olyan vonzóhatást fejt ki egy rajta kívüli testre, mintha egész tömege a középpontjában volna egyesítve. Ha most a hegy tetejéről egy vízszintesen felállított ágyúból tetszőleges sebességgel tudnánk lövedékeket kilőni, a 9. ábra ezek röppályáját szemléltetné. Az e -vel jelölt ellipszis alakú pályának persze csupán egy igen rövid szakasza valósulna meg, hiszen a lövedék rövidesen a Földbe ütköznék. De ha a lövedék sebessége elérné a 8 km/mp értéket, már sohasem esnék vissza a Földre, hanem a k -val jelölt körpályán keringene a Föld körül. Ugyanis a Föld tömegének megfelelően ekkora a körpályán való mozgáshoz szükséges sebesség a középponttól 1 földugárnyi távolságban.

Itt érdemes megállni egy percre, hogy egy kis kitérést tehessünk. A Hold kb. 60 földugárnyi távolságban közelítőleg körpályán kering a Föld körül. Mint már említettük, a tömegvonzás NEWTON-féle törvényéből következik, hogy a körsebesség a távolság négyzetgyökével fordítva arányos. Ez a sebesség tehát a Hold távolságában $\sqrt{60} = 7,746$ -szor kisebb, mint a földfelszín közelében, vagyis $8 : 7,746 = 1,03 \text{ km/mp}$. Ellenőrizzük ezt az elmélet szolgáltatotta értékkel. Tudjuk, hogy a holdpálya sugara $384\,000 \text{ km}$, a Hold keringési ideje pedig $27,3$ nap. Ebből bárki kiszámíthatja, hogy a Hold pályasebessége a valóságban $1,02 \text{ km/mp}$, ami adataink pontatlanságán belül megegyezik a fenti értékkel. De térjünk vissza a 9. ábrához.

A lövedék kezdősebességének fokozásával a röppálya ellipszis lesz, mely a Föld másik oldalán mind jobban eltávolodik bolygónktól, majd elérve a parabolikus kezdősebességet, ami esetünkben $11,2 \text{ km/mp}$, a lövedék örökre elhagyja a Földet. Ennél a gondolatkísérletnél persze elhanyagoltuk a légellenállás szerepét.

Ha egy holdrakétát akarunk útnak indítani, vagy egy olyan űrhajót, melynek a Mars bolygóhoz kell érkeznie, a kezdőirány természetesen nem vízszintes, hanem függőleges lesz. De ez nem érinti az előbb elmondottak lényegét. Lássuk inkább, hogy milyen pályán közelítené meg az űrhajó a Marsot. Sokan azt gondolhatják, hogy akkor kell elindítani az űrhajót, amikor a legközelebb vagyunk a Mars bolygóhoz, mert a megteendő út ebben az esetben lesz a legrövidebb. De nem szabad megfeledkezni arról a fontos körülményről, hogy egy ilyen pályán az űrhajó mindig a Nap vonzásával ellenkező irányban haladna, ami jelenleg csak elképzelhetetlen mennyiségű üzemanyag felhasználásával lehetséges. Addig, amíg a rakéták meghajtása a mainál sokkal tökéletesebb nem lesz (például lehetővé válik az atomerő felhasználása), más utat kell választanunk. Az aránylag egyszerű megoldás szinte önként kínálkozik. Megbeszéltük már, hogy a bolygók — melyeket hatalmas, természetes űrhajóknak tekinthetünk — kizárólag az általános tömegvonzásnak engedelmessé keringenek a Nap

körül. Nem tudnánk valahogy a Nap vonzóerejét egy űrhajó „hajtására” használni? Ennél, legalábbis elvben, mi sem egyszerűbb. „Csupán” arról kell gondoskodnunk, hogy az űrhajó kikerüljön a Föld vonzóköréből. Technikailag persze még ehhez is sok nehézséggel kell megküzdenünk. Ha például az űrhajót egyszerűen ki akarnánk löni a világűrbe, kezdősebességének meg kellene haladnia a 11,2 km/mp Földre vonatkozó parabolikus sebességet. Minket azonban most elsősorban az űrhajó további sorsa érdekel. Mihelyt kiszabadult a Föld

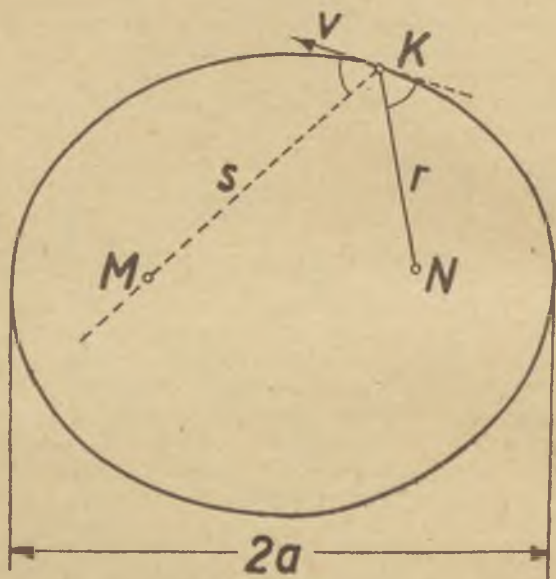


10. ábra

vonzóköréből, már csak a Nap vonzóerejének lesz kitéve, és ezért egy a Nap körül keringő apró bolygó válik belőle. Az űrhajó kezdősebességének alkalmas megválasztásával elérhetjük, hogy pályája másik oldalán eljusson a marspályáig, amihez kb. 9 hónapra van szüksége. Az űrhajó útját a 10. ábra szemlélteti. F_1 , illetve M_1 jelenti a Föld, illetve Mars helyzetét az űrhajó elindításakor, a pontozott vonal az űrhajó pályáját. A Mars bolygó és az űrhajó egyszerre érkezik az M_2 pontba; a Föld ugyanakkor már az F_2 helyen lesz.

Fejtegetéseink befejezéséül még az égitestek pályaszámításának lényegét szeretnénk vázolni. Ha valamelyik csillagvizsgálóban egy új kisbolygót, vagy üstököszt fedeznek fel, ezt a hírt közlik a világ valamennyi csillagvizsgálójával, hogy mindenki bekapcsolódhassék az újonnan felfedezett égitest megfigyelésébe, akit csak érdekel. Egy ilyen égitest általában gyorsan mozog a csillagok látszólagos mozdulatlan háttére előtt, úgyhogy megtalálása már néhány nap múlva is újabb nehézséget jelenthet, ha csak nem ismerjük mozgásának nagyságát és irányát. Ezért már a legelső megfigyelésekből kiszámítják az égitest

pályáját, hogy mozgása mindig követhető legyen. Minél hosszabb időre kiterjedő észlelési anyagon alapszik a pályaszámítás, annál pontosabbak a pályát jellemző adatok, az ún. pályaelemek. Sok száz és száz apró égitest pályáját számították már ki a csillagászok, és ezek mozgását évtizedekkel előre meg tudják jósolni. A pályaszámítás gyakorlati kivitele igen sok számtani művelet elvégzését igényli, ami a modern elektronikus számológépekkel pár perc alatt elkészül. Minket most persze csak a bonyolultnak látszó számítások elvi alapja érdekel.



11. ábra

Fogadjuk el, hogy az égitest térbeli helyzete, valamint sebességének nagysága és iránya valamilyen időpontra ismeretes a megfigyelések kiértékeléséből; így ismerjük a pályasík térbeli helyzetét is. A pálya legyen elliptikus. 11. ábránkon K az illető égitest, N a Nap (az ellipszis egyik gyújtópontjában), r az égitest távolsága a Naptól, v pedig a sebessége. Az égitest sebességét jelképező v nyíl az ellipszis érintője a K pontban. Feladatunk lényege geometriailag nyilván abban áll, hogy a fenti adatok birtokában meghatározzuk az ellipszis másik gyújtópontjának helyzetét és nagyfokú tengelyének hosszát. A másik, M -mel jelölendő gyújtópont helyzetének meghatározásához egy érdekes geometriai tételből indulunk ki, mely szerint az ellipszis bármely pontjában az érintő egyenlő szöget zár be a két vezérsugárral. Ezt a két egymással egyenlő szöget az ábrán egy-egy körívvel jelöltük meg. Könnyen megszerkeszthetjük tehát azt az egyenest (a másik vezér-

sugár egyenesét), melyen az M gyújtópontnak feküdnie kell; persze még nem tudjuk, hogy a K ponttól mekkora s távolságra. Az világos, hogy az r és s távolság összege $2a$, ahol a az ellipszis fél nagytenyelyének hossza, hiszen az ellipszis éppen azon pontok mértani helye, melyeknek két adott ponttól, a gyújtópontoktól mért távolsága összesen mindig ugyanazt a hosszúságot, nevezetesen az ellipszis nagytenyelyének hosszát adja. Csak az a baj, hogy egyelőre nem ismerjük az ellipszis nagytenyelyének hosszát. Itt a bolygómozgás elméletének egyik fontos képlete jön segítségünkre, mely összefüggést állapít meg a v , r és az a mennyiségek között:

$$v^2 = \mu \frac{2}{r} - \frac{1}{a},$$

ahol μ egy állandó, melynek jelentése most közömbös számunkra. Ez a képlet lényegében azt fejezi ki, hogy az égitest mozgási és helyzeti energiájának összege a mozgás alatt állandó. Mellékesen megjegyezzük, hogy az előbb is ezzel a képlettel számítottuk a kör- és parabolikus sebesség értékét. Ha ezt a képletet most megoldjuk a -ra,

$$a = \frac{\mu r}{2\mu - rv^2}.$$

Így kiszámítottuk az ellipszis fél nagytenyelyének hosszát, és feladatunkat megoldottuk.

MARX GYÖRGY:

AZ ELEMI RÉSZECSKÉK SZEREPE A VILÁGMINDENSÉG FELÉPÍTÉSÉBEN

Az atomok

A XIX. század utolsó éveiben vált bizonyossággá, hogy a világ-egyetem minden anyaga kb. kilencven különböző típusú építőközből, kilencven elem atomjaiból épül fel. Akár az emberi testet vagy a Föld köveit elemezzük, akár a Naprendszer távoli vidékeiről érkező meteorok összetételét vagy az állócsillagok szinképeit vizsgáljuk meg, mindenütt ezen atomokból felépült anyagot találunk. Nem lép fel olyan atom a világmindenség legtávolabbi részein sem, mely Földünkön is elő nem fordulna, nincsen olyan kémiai elem a távoli állócsillagokban vagy a csillagok közti térben, melynek sajátosságait földi laboratóriumban ne vizsgálhatnánk.

A hélium az egyetlen elem, melyet nem Földünkön fedeztek fel. A Nap szinképében észlelte először 1870-ben LOCKYER és FRANKLAND a hélium szinképvonalait. A Nap görög nevééről, Hélioszról nevezték el az új anyagot, mely a Nap anyagának jelentékeny részét alkotja. Később a Földön is megtalálták a héliumot. Huszonöt év elteltével, 1895-ben mutatta ki RAMSAY, hogy a rádióaktivitást mutató földi ásványokból hevítéskor héliumgáz szabadul fel. A hélium a rádióaktív bomlás egyik termékeként állandóan keletkezik Földünkön is.

Egy másik földöntúlinak vélt elem, melynek szinképvonalait a csillagok közti ködök szinképeiben mutatták ki, a nebulium volt. A pontosabb elméleti vizsgálatok azonban megmutatták, hogy ilyen elem nem létezhet, számára a periódusos rendszerben nincs hely. *A nebuliumnak tulajdonított szinképvonalakról pedig kiderült, hogy azok a Földön jól ismert oxigénnek ritkán fellépő, úgynevezett tiltott szinképvonalai.*

E két példától eltekintve fel sem merült az a gondolat, hogy a Világegyetemben valahol olyan atomok fordulnának elő, melyek Földünkön nem találhatók meg. Azt kell mondanunk, hogy Földünk nagyon jól összeállított „minta” a világmindenség anyagából. Benne minden képviselve van, ami a világon található.

Ez alól a szabály alól a legutóbbi években mégis találtak kivételt. A technecium nevű elem atomjai természetes állapotban Földünkön nem fordulnak elő. Ennek magyarázatát a technecium bomlékonysága adja: a leghosszabb élettartamú technecium-atom rádióaktív felezési ideje egymillió év. Ez igen kicsiny időtartam a Föld többmilliárd éves életkorához képest, így ha Földünk kialakulásakor volt is jelen technecium, az idők folyamán elbomlott. Nagy érdeklődést váltott ki éppen ezért az a híradás, mely néhány évvel ezelőtt a techneciumnak egyes állócsillagok színképében való észleléséről számolt be. Annak okát, hogy rövidéletű technecium miként lehet jelen egyes állócsillagok anyagában, ma pontosan még nem ismerjük. Egy lehetséges magyarázatra még visszatérünk.

A technecium tudomásunk szerint az egyetlen elem, mely Földünkön természetes állapotban nem fordul elő, csak távoli állócsillagok anyagában. Mégsem kell azt gondolnunk, hogy a világmindenségben egy rejtelmes, földi embertől, földi és kémiai laboratórium vizsgáló-eszközeitől elzárt anyag létezésével állunk szemben. A techneciumot a fizikusok mesterségesen, atomátalakítással előállították 1937-ben, évekkel azelőtt, hogy a csillagászok a színképét megpillantották volna. (Innen ered elnevezése is.) Sőt ma az a helyzet, hogy számos olyan kémiai elem atomjait sikerült atommáglyák és gyorsítóberendezések segítségével mesterségesen előállítani, mely a világmindenségben sehol nem lelhető fel. A világegyetemben azonosított elemek száma kilencvenkettő, de a laboratóriumokban előállított elemek száma már a százat is túlhaladta. A promethium, neptunium, americium, berkelium, californium, einsteinium, fermium, mendelejevium nem található meg máshol, csak a fizikai laboratóriumokban.

I. Táblázat. Az elemek gyakorisága

(A gyakoriságra vonatkozó adatok csak tájékoztató értékűnek tekinthetők)

Rendszám	Végjel	Elemi neve	Atomtömeg	Gyakoriság %	Rendszám	Végjel	Elemi neve	Atomtömeg	Gyakoriság %
1	H	hidrogén	1	51	51	Sb	antimón	122	0,003
2	He	hélium	4	29	52	Te	tellur	128	nyom
3	Li	litium	7	0,0004	53	J	jód	127	nyom
4	Be	berillium	9	0,00005	54	X	xenon	131	nyom
5	B	bór	11	0,0001	55	Cs	cézium	133	0,07
6	C	szén	12	4	56	Ba	bárium	137	4
7	N	nitrogén	14	4	57	La	lantán	139	0,05
8	O	oxigén	16	4	58	Ce	cézium	140	0,22
9	F	fluor	19	0,003	59	Pr	prareodimium	141	0,035

Rendszám	Vegyjel	Elem neve	Atomsúly	Gyakoriság %	Rendszám	Vegyjel	Elem neve	Atomsúly	Gyakoriság %
10	Ne	neon	20	0,01	60	Nd	neodinium	144	0,12
11	Na	nátrium	23	0,26	61	Pm*	promethium	147	—
12	Ma	magnézium	24	0,20	62	Sm	sandrium	150	0,05
13	Al	alumínium	27	0,75	63	Eu	európium	152	0,0014
14	Si	szilícium	28	2,7	64	Gd	gadolinium	157	0,05
15	P	foszfor	31	0,01	65	Tb	terbium	159	0,007
16	S	kén	32	0,006	66	Dy	dysprozium	162	0,05
17	Cl	klór	35	0,02	67	Ho	holmium	163	0,007
18	A	argon	40	0,000035	68	Er	erbium	168	0,04
19	K	kálium	39	0,24	69	Tm	tullium	169	0,007
20	Ca	kalcium	40	0,34	70	Yb	ytterbium	173	0,05
21	Sc	scandium	45	0,00006	71	Cp	cassioplum	175	0,01
22	Ti	títán	48	0,06	72	Hf	hafnium	179	0,25
23	V	vanádium	51	0,0016	73	Ta	tantál	181	0,002
24	Cr	króm	52	0,003	74	W	olfran	184	0,5
25	Mn	mangán	55	0,01	75	Re	rénium	186	nyom
26	Fe	vas	56	0,47	76	Os	ozmium	191	nyom
27	Co	kobalt	59	0,0001	77	Ir	irídium	193	nyom
28	Ni	nikkel	59	0,0018	78	Pt	platina	195	nyom
29	Cu	réz	64	0,001	79	Au	arany	197	nyom
30	Zn	cink	65	0,002	80	Hg	higany	201	nyom
31	Ga	gallium	70	0,000002	81	Tl	tallium	204	nyom
32	Ge	germánium	73	0,00001	82	Pb	ólom	207	0,20
33	As	arzén	75	0,000045	83	Bi	bizmut	209	nyom
34	Se	szelén 79	79	0,00001	84	Po*	polónium	210	nyom
35	Br	bróm	80	0,00006	85	At*	astatin	211	nyom
36	Kr	krypton	84	0,0001	86	Em*	emanáció	222	nyom
37	Rb	rubidium	85	0,00033	87	Fr*	francium	223	nyom
38	Sr	stroncium	88	0,0017	88	Ra*	rádium	226	nyom
39	Y	yttrium	89	0,007	89	Ac*	aktinium	227	nyom
40	Zr	cirkonium	91	0,0023	90	Th*	tórium	232	0,20
41	Nb	niobrium	93	0,000006	91	Pa*	protaktinium	231	nyom
42	Mo	molibdén	96	0,00007	92	U*	uránium	238	0,002
43	Tc*	technécium	99	nyom	93	Np*	neptunium	237	—
44	Ru	ruténium	102	nyom	94	Pt*	platónium	239	nyom
45	Rh	rhódium	103	nyom	95	Am*	americium	241	—
46	Pd	palládium	107	nyom	96	Cm*	curium	243	—
47	Ag	ezüst	108	nyom	97	Bk*	berkelium	249	—
48	Cd	kadmium	112	0,000001	98	Cf*	kalfornium	249	—
49	In	indium	115	0,000001	99	E*	einsteinium	255	—
50	Sn	ón	119	0,00006	100	Fm*	fermium	255	—
					101	Mv*	mendelevium	256	—

A * jel a radioaktív elemeket jelöli.

Az I. táblázatban felsoroltuk a kémiai elemeket, feltüntettük azok kémiai rendszámát és a világegyetemben való hozzávetőleges gyakoriságukat. (Az egymilliomod százaléknál ritkább elemekhez a „nyom” szót írjuk.) A táblázat azt mutatja, hogy az egyes elemek atomjainak gyakorisága a világmindenségben nagyon különböző. Mielőtt megkísérelnénk ennek megmagyarázását, mélyebbre kell hatolnunk az anyag szerkezetének titkaiba.

Az atomok építőkövei

A XIX. században emelkedett a hipotézis rangjáról a tudományos elmélet, majd a tudományos bizonyosság rangjára az a felfogás, hogy az anyag nem végsőikig osztható, hanem apró, de meghatározott kiterjedéssel bíró építőkövekből, atomokból épül fel. Az atom név görög eredetű, az oszthatatlanságot juttatja kifejezésre.

Szinte egyidőben azzal, hogy a XIX. század végén és a XX. század elején kétségeket kizáró kísérletekkel sikerült az atomok létét igazolni, azt is megmutatta a tapasztalat, hogy azok egyáltalán nem oszthatatlanok, egyáltalán nem tekinthetők végső építőköveknek. Kiderült, hogy az atomokból viszonylag könnyen lehasíthatók a sok ezerszer kisebb tömegű elektronok. Egyes rádióaktív atomokból önként nehezebb részek válnak le, sőt nemsokára ilyen atombontást mesterségesen is sikerült megvalósítani. A megfigyelések fevetették tehát az atom szerkezetének, az atom építőköveinek problémáját.

Az atomszerkezet fő vonásainak felismerése RUTHERFORD nevéhez fűződik. Rádióaktív bomláskor felszabaduló nagysebességű részecskéket lőtt át az atomok belsején és sikerült „kimérnie” a tömeg és az elektromos töltés atomon belüli eloszlását. Azt találta, hogy az atomok tömegének túlnyomó nagy része a központi atommagba tömörül, mely az atom térfogatának kb. egybilliomod részét tölti ki. Az atommagnak pozitív elektromos töltése van, mely egy elemi töltésmennyiségnek egész számú többszöröse. Ez az egész szám az illető atom rendszáma, megegyezik a megfelelő kémiai elemnek a periódusos rendszerben felvett sorszámával. A pozitív atommagot a kistömegű, negatív töltésű elektronok veszik körül. Egy elektron tömege a legkönnyebb atom magjának, a hidrogénatommagnak mindössze 1836-od részét teszik ki. Az elektronok töltése a negatív elemi töltés. Minden atomban annyi elektron van a mag körül, amennyi az illető atom rendszáma, így pozitív töltésű atommagból és a negatív elektronburokból álló atomok kifelé elektromosan semlegesek.

Az atommagok sem tekinthetők oszthatatlannak. A rádióaktivitás során és a mesterséges atomátalakításnál a magból részecskék lépnek ki, illetve abba részecskék épülnek bele. Felvetődik tehát a kérdés: milyen építőkövekből épül fel az atommag?

A megfigyelések azt mutatták, hogy az egyes atommagok tömege a legkönnyebb atommagnak, a hidrogénmagnak közel egész számú többszöröse. Ez kézenfekvővé tette azt a feltevést, hogy minden atom-

mag hidrogénatommagokból épül fel. A hidrogénmagot, melyet az atommagok építőkövének tekintünk, nevezték el protonnak. Így például az oxigénatom magja 16-szor nehezebb a hidrogénál (azt mondjuk, hogy az oxigén atomsúlya $A = 16$), fel kell tehát tételezni, hogy az oxigénatommagban 16 proton van. Az oxigénmag elektromos töltése azonban nem 16, hanem csak 8 pozitív elemi töltésnek felel meg. Feltételezték ezért, hogy az oxigénmagban még 8 kistömegű, negatív töltésű elektron is helyet foglal. Ezáltal az atommag eredő töltése (rendszáma) is megfelelően adódik.

Az ismertetet elképzelés szerint minden atom pozitív töltésű, nagytömegű protonokból és ugyanannyi negatív töltésű, kistömegű elektronból épül fel. Ezeket az atomokat alkotó részecskéket nevezték el „elemi részecskének”. A részecske nevében szereplő „elemi” jelző a szerkezetnélküliséget, oszthatatlanságot akarja kifejezni, hasonlóan a régebben bevezetett „atom” elnevezéséhez.

Az atomok szerkezetéről alkotott felfogás kétségkívül tovább egyszerűsítette a világmindenség anyagi összetételéről nyert képünket. A kilencven különböző atomi építőkö összetételnek bizonyult, a végső építőkövek száma kettőre redukálódott : a protonra és elektronra. E két elemi részecske mellett még egy harmadikat is megismertek a XX. század első évtizedében : a foton, a fénynek, azaz az elektromágneses térnek a megnyilvánulását. Mivel az atomot alkotó pozitív töltésű protonokat és negatív töltésű elektronokat az elektromos vonzásnak, elektromos térnek kell összetartania, azt mondhatjuk, hogy az elektron és proton a világegyetem anyagát alkotó „tégla”, a foton pedig az összekötő „vakolat” szerepét játssza.

A három elemi rész segítségével a XX. század első három évtizedében kifejlődött atomfizika az anyag legfőbb sajátosságait, az atomok, molekulák, kristályok szerkezetét teljes mértékben magyarázni tudta. Az újonnan feltárt törvények, melyeket *kvantumelmélet* néven foglalunk rendszerbe, általános érvényű alapot szolgáltatottak, mely nemcsak a földi anyag kémiai sajátosságainak adta magyarázatát, hanem a színeképek pontos elméletének kidolgozásával a távoli égitestek anyagának tudományos tanulmányozását is lehetővé tette.

Az elért eredmények túlnyomórészt az elektronburok sajátágaival voltak kapcsolatban. Az elektronburok megismerése után a kutatók érdeklődése az atommag felé fordult. A kvantumelmélet törvényeinek az atommagra való alkalmazása azonban bizonyos nehézségekre mutatott rá.

Az elemi részek, így például az elektron nemcsak akkor rendelkezik impulzusmomentummal, ha az atommag körül kering, hanem akkor is, ha haladó mozgást nem végez. (A helyzet bizonyos mértékig hasonló a bolygók mozgásához : azok is rendelkeznek a Nap körül végzett keringésből származó impulzusmomentumon kívül egy keringéstől független impulzusmomentummal, mely a saját tengely körül végzett forgásból származik.) Az elemi részeknek ezt a pályán való mozgástól független impulzusmomentumát nevezik saját impulzus-

momentumnak, röviden *spin*nek. A spin értéke az elemi részek igen lényeges adata, azok viselkedését a spin erősen befolyásolja. Atomfizikai egységben mérve a foton spinje 1, az elektroné és a protoné $\frac{1}{2}$. Megmérhető az egyes atommagok spinje is.

Tekintsük például a lítium-atommagot. Ennek atomsúlya $A = 6$ (annyiszor nehezebb, mint a proton), rendszáma $Z = 3$. A feltevés szerint tehát az atommagban $A = 6$ darab protonnak és $A - Z = 3$ darab elektronnak, tehát páratlan számú $\frac{1}{2}$ spinű elemi résznek kell lennie. A spin összeadási szabályából az adódna, hogy a lítiumatommag spinje nem lehet egész, hanem feles szám. A tapasztalat viszont azt mutatja, hogy a lítium spinje zérus. Általános megfigyelés, hogy az atommagok spinjének egész vagy feles volta nem a bennük feltételezett protonok és elektronok számának összegétől, az $A + (A - Z)$ kifejezéstől, hanem kizárólag A -tól függ.

Egy másik nehézség volt az, hogy a kvantummechanika törvényeivel nehezen látszik összeegyeztethetőnek az elektronok atommagban való jelenléte.

A felsorolt kérdések az atommag vizsgálatának súlyos problémái voltak. A megoldást csak egy új felfedezés hozta meg. 1932-ben CHADWICK egy új elemi részt fedezett fel magátalakulások tanulmányozása során. Az új részecske sokban hasonlított a protonhoz: Körülbelül vele azonos tömeggel rendelkezett, spinje szintén $\frac{1}{2}$ volt és magrobbanások alkalmával az atommagból lépett ki. Lényeges különbség a protonnal szemben azonban az, hogy az új részecskének nincs elektromos töltése. Elektromosan neutrális volta miatt elnevezték ezt a részecskét neutronnak.

A felfedezés évében IVANENKO rámutatott arra, hogyha az atommagot nem protonokból és elektronokból, hanem kizárólag a nehéz elemi részecskékből: protonokból és neutronokból felépültnek tekintjük, minden nehézség megszűnik. Tekintsük például a lítiummagot. IVANENKO szerint a magban 3 proton van, ezek szolgáltatják a mag elektromos töltését, ezenkívül 3 neutron is. A protonok és neutronok együttes száma szabja meg a mag tömegét, atomsúlyát; a lítium-mag spinjére helyesen egész szám adódik. Idők folyamán IVANENKO feltevése teljes igazolást nyert. Ma már bizonyosan tudjuk, hogy minden atommag protonokból és neutronokból tevődik össze. Az atommag latin nevééről (nucleus) a magot alkotó nehéz részecskéket (proton és neutron) összefoglalóan *nukleonoknak* nevezik.

Az anyag építőköveinek száma ezáltal háromra emelkedett: az atomburkot a könnyű elektronok alkotják, az atommagot pedig az elektronnál közel kétezerszer nehezebb protonok és neutronok. Ebből a három részecskéből minden atom felépíthető, legyen szó akár egy papírlapban levő atomokról, egy üstükös esővíjáról vagy egy távoli extragalaktika valamelyik csillagának anyagáról.

Elektronok és protonok a természetben szabadon, atomi köteléken kívül is gyakran előfordulnak. Így például a Nap anyagának javarésze elektronokból és protonokból áll. (Az elemek gyakoriságát feltüntető

táblázat szerint a világegyetem leggyakoribb anyaga a hidrogén. A hidrogénatom egy protonból és egy körülötte keringő elektronból tevődik össze. A Napon uralkodó magas hőmérséklet miatt a részecskék olyan élénk mozgásban vannak, hogy az ütközések szétépítik az atomi kötéleket és így a hidrogénatomok önálló protonokra és elektronokra esnek szét.) A neutron ezzel szemben ritkán található szabadon, atomi kötéleken kívül. Ennek magyarázata a következő: A szabad neutron tömege kissé nagyobb, mint egy proton és egy elektron tömegének összege. Megvan tehát annak a lehetősége, hogy a neutron energiafelszabadulással, önként protonra és elektronra essen szét. A szabad neutronok ezen szétesését, bomlását meg is figyelték. A neutron közepes élettartama kb. 12 perc, ezért ennél lényegesen hosszabb ideig nem létezhetik önállóan a természetben. A kötött neutron tömege az atommagbéli kötés folytán fellépő tömegdefektus miatt kisebb, ezért a magban levő neutronok stabilak. Kivételt képeznek egyes rádióaktív atommagok. Ezeknél a mag belsejében az egyik neutronnak megvan a lehetősége, hogy elektronkibocsátással protonná alakuljon át. Az ilyen jelenséget β -bomlásnak nevezzük, fellépte sok rádióaktív elemnél megfigyelhető.

Az „antirészecskék”

Az elektronnak a relativitáselméletet is figyelembe vevő kvantumelméletét DIRAC dolgozta ki 1927-ben. Ekkor állított fel a $\frac{1}{2}$ spinű részecskékre egy olyan egyenletet, mely e részecskék sajátosságait helyesen tükrözte. A DIRAC-egyenlet alapján vált lehetővé, hogy az atomburok minden jelenségét teljes pontossággal le tudjuk írni. (A hidrogénatom színképét például a DIRAC-egyenlet a tapasztalattal olyan pontos egyezésben tudta megadni, ami kilenc tizedesjegyre felel meg.)

A DIRAC-egyenletnek van egy nagyon érdekes következménye. A relativitáselmélet szerint egy részecske m tömege függ annak v sebességétől:

$$m = \frac{\text{állandó}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}},$$

ahol c a fény terjedési sebességét jelenti. Tudjuk, hogy egy pozitív szám négyzetgyöke mind pozitív, mind negatív értékeket felvehet. A DIRAC-egyenlethez az olvasható le, hogy a természetben a negatív tömegű (és így negatív energiájú) részecske-állapotoknak is meg kell valósulniuk.

Mit jelentene egy negatív tömegű elektron fellépte? Fejtsünk ki egy nyugvó negatív tömegű elektronra valamilyen erőt. Mivel a gyorsulás az erő és tömeg hányadosa, a negatív tömegű elektronnak az erővel ellenkező irányban kellene elmozdulnia. Mondanunk sem kell, hogy ilyen elektront egyetlen fizikus sem észlelt.

DIRAC az általa felállított egyenlethez, de a természet-

ben nem észlelhető negatív tömegű elektron problémáját az alábbi vakmerő feltevessel oldotta meg: Tétélezzük fel, hogy negatív tömegű és energiájú elektronok vannak a természetben, mégpedig olyan sok, hogy minden rendelkezésre álló állapotot egyenletesen és teljesen betöltenek. Amit mi léüres térnek, vákuumnak nevezünk, az voltaképpen nem teljesen üres, hanem tele van egyenletesen elosztott negatív energiájú elektronokkal. Az egyenletes eloszlás miatt nincs semmi kitüntetett irány, ezért a jelenlevő nagy negatív töltéssűrűség ellenére sem észlelünk semmilyen irányban elektromos erőteret. A negatív energiájú elektronokat semmiféle módon nem vesszük észre. Talán a következő hasonlattal próbálhatjuk megvilágítani a helyzetet: Ha teljesen derült napon felnézünk a kék égre és megkérdezzük tőlünk: mit látunk, azt mondjuk, hogy semmit. Semmi nem vonja magára a figyelmünket, mert minden irányból egyformán érkeznek szemünkbe a fényugarak. Vagy egyenletesen zakatoló vonaton, hajón sem hallunk „semmit”, mert fülünk az egyenletes zajt megszokta és csak változásokat, különbségeket vesz észre.

Hogy a természetben miért nem észlelünk egy magános negatív energiájú elektront, azt DIRAC így magyarázza meg: minden negatív energiájú állapot be van töltve — ez a vákuum. Nem képzelhető el, hogy még egy negatív energiájú elektron lépjen fel, egy pozitív energiájú aelektron ilyen állapotba menjen át, mert nincsen számára hely. Ézért ez észlelhető atomi elektronok mind kénytelenek állandó pozitív energiájú állapotban maradni.

Úgy látszik, hogy a negatív energiájú elektronok „tengere” megmagyarázza a negatív tömegű állapot észlelhetetlenségét, de ez a tenger semmiképpen nem mutatható ki, DIRAC merész felvése nem ellenőrizhető. Ez azonban nincsen így. Tétélezzük fel, hogy ebben a „tengerben” valamelyik negatív energiájú elektronnal (például egy foton révén) olyan sok energiát közlünk, hogy az elektron energiája pozitívvá válik. Mit észlelünk ekkor? A foton eltűnik és a „tengerből” felmerül egy pozitív energiájú, észlelhető elektron, amely az atomi elektronok szokásos sajátságait mutatja. Ezenkívül a „tengerben” hiány támad, egy lyuk marad vissza. Negatív töltést emeltünk ki, tehát a visszamaradt „lyuknak” (vákuum-állapothoz képest) pozitív elektromos töltése lesz. Negatív energiát és tömeget távolítottunk el, tehát a „lyukhoz” (a vákuum-állapothoz képest) többletként pozitív energia és tömeg tartozik. A sima „tengert” nem vettük észre, de a „lyuk” már szemünkbe (pontosabban: mérőeszközeink „szemébe”) ötlük: pozitív elektromos töltésű és az elektronnal egyenlő pozitív tömegű objektum megjelenését észleljük. Ezt az objektumot, mely a foton eltűnésekor a közönséges elektron felmerülésével egyidőben jelenik meg, nevezzük antielektronnak.

A fenti hasonlatokat továbbvive az antielektron felléptét a következőképpen szemléltethetjük: A derült égen nem látunk semmit, de ha például egy fecske repül át, azt észrevesszük. Nem azért vesszük észre, mert a fecske irányából valami érkezik a szemünkbe, hanem azért, mert a minden irányból érkező fényugarak közt egy kis tartományban

fénymentesség, fényhiány lép fel. A fekete szín „látása” éppen azt jelenti, hogy abban az irányban nem látunk semmit, fényhiány lép fel a környezethez képest. Vagy másik hasonlatunkhoz kapcsolódva azt mondhatjuk, hogy az ember nyugodtan alhatik a haladó vonat vagy hajó hálófülkéjében, az egyenletes zakatolást megszokta. Ha azonban állomásra ér a jármű zaja megszűnik. Ezt a csendet az ember „meghallja” és felébred.

Az antielektron feltételezése DIRAC tudományos bátorságát és következetességét mutatja. Az elmélet szokatlan volta miatt keltett nagy feltűnést az a körülmény, hogy öt évvel a DIRAC-egyenlet felállítását követően, 1932-ben ANDERSON ködkamrában felfedezte az elektronnal egyező tömegű, de pozitív töltésű antielektront, vagy ahogyan ő elnevezte, a pozitront.

A DIRAC-egyenlet nemcsak az elektron, hanem minden $\frac{1}{2}$ spinű részecske viselkedését leírja. A fent mondottaknak éppen ezért a protonra és a neutronra is érvényeseknek kell lenniök. Léteznie kell az antiprotonnak és az antineutronnak is. Természetesen az antiproton és antineutron létrehozása sokkal nehezebb feladat, mint az antielektroné: a proton és neutron kétezerszer nagyobb tömege miatt ehhez kétezerszer nagyobb energia szükséges! Ilyen nagy energiák még a kozmikus sugárzásban is igen ritkák. Éppen ezért évtizedeken át nem sikerült antiproton és az antineutron észlelése. Sokan kételkedtek abban is, hogy DIRAC elmélete a nehéz részecskékre érvényes. Csak a legutóbbi években fejlődött a kísérleti technika annyira, hogy megkísérlelhették a szükséges hatalmas energiának megfelelő kis térrészre való koncentrációját. Külön erre a célra hatalmas gyorsítóberendezést építettek, melyben elektromos és mágneses tér segítségével protonokat a kívánt nagy energiára gyorsítottak fel. A protonokat atommagba lötték. A proton hirtelen lefékeződött, mozgási energiája kis területre koncentrálódva felszabadult és ekkor valóban megfigyelték a proton-antiproton pár létrejöttét. Az antiprotonnak, ennek a protonnal egyező tömegű, de negatív-töltésű részecskének mesterséges előállítását 1955-ben sikerült. 1956-ban a neutron-anti-neutron-pár keletkezését is kimutatták, ezáltal DIRAC elméletének a nehéz részecskék körében való érvényessége bizonyítást nyert.

Az antirészecskék sajátosságai (a töltés előjelétől eltekintve) teljesen megegyeznek az eredeti részecskék sajátosságaival. Így légiures térben mindegyik antirészecske teljesen stabilis. Annak oka, hogy pozitron és a többi antirészecske normális viszonyok közt csak rövid, egymilliomod másodpercet el nem érő ideig létezik, a következő: Ha egy pozitron közönséges atomi elektronnal találkozik, az voltaképpen egy pozitív energiájú elektronnak és egy negatív energia számára szabadon álló állapotnak, lyuknak a találkozása. A találkozás pillanatában az elektron energia kisugárzásával pozitív energiájú állapotból negatív energiájú állapotba megy át: eltűnik a közönséges elektron és megszűnik a lyuk, egyidejűleg elektromágneses sugárzás jelenik meg. Hasonló a magyarázata az antiproton és antineutron rövid életének. Mindenütt, ahol atomok vannak jelen, elektronok, protonok és neutronok is vannak,

tehát mód van az antirészecskének az eredeti részecskével való szétsugárzásra.

Elvileg elképzelhető, hogy elektronokat, protonokat és neutronokat nem tartalmazó térrészekben az antieletronok, antiprotonok, antieletronok teljesen stabilisan, tartósan fennállhatnak, belőlük akár negatív töltésű magból és pozitív burokból álló atomok állhatnak össze. Az ilyen „antiatomokból” álló anyag sajátosságai semmiben nem különböznek a közönséges anyag sajátosságaitól. Még a szinképek is azonosak, hiszen a szinképekben a mag és burok töltésének szorzata szerepel, ez pedig mindkét esetben ugyanaz. OSCAR KLEIN feltételezte, hogy a világmindenség távoli, tőlünk csillagokközti üres térrel elszigetelt tartományjaiban ilyen anyag előfordulhat. Extragalaktikáknak, csillagoknak antirészecskékből felépült voltát a spektroszkópiai megfigyelések nem árulják el. Ha azonban ezekről az égítestekről részecskék, anyag-töredékek leválnának és közönséges anyaggal találkozának, azonnal bekövetkeznék az atomok teljes szétsugárzása. KLEIN az anyag-töredékek ilyen katasztrófálisan teljes sugárzású való átalakulását tekinti a kozmikus sugárzás lehetséges forrásának.

Nincsen olyan indíték, mely KLEIN feltevését valószínűsítene, ezért benne ma inkább csak érdekes tudományos gondolatot, mint valószínű elméletet látunk. Azt kell mondanunk, hogy a részecskék és antirészecskék fizikailag teljesen egyenrangúak. Csillagászati tény azonban, hogy a világmindenség ismert részében a normális elektronokból, protonokból és neutronokból felépült anyag túlnyomó többségben van, ezért a helyzet az antirészecskék szempontjából kedvezőtlen. A közönséges anyaggal való találkozás a mi világunkban az antirészecskék gyors halálához vezet. Létük csak kivételes, átmeneti állapotot jelent.

A mondottakból következik, hogy az általunk ismert normális atommagok anyagát a teljes szétsugárzás veszélye gyakorlatilag nem fenyegeti. Régebben feltételezték ugyan, hogy az atomokban levő elektronok és protonok bizonyos feltételek mellett egyesülhetnek és sugárzó energiává alakulhatnak át, ami a teljes atom szétsugárzását jelentené. (Ezzel a feltevessel próbálták az állócsillagok energiatermelésére, illetve a kozmikus sugarak eredetére magyarázatot találni.) Ilyen folyamatot azonban soha nem figyeltek meg. Sőt az elemi részek világának egyik alapvető törvénye ennek elvi lehetőségét is kizárja. Ezt a törvényt néhány évvel ezelőtt ismerte fel WIGNER JENŐ. A törvény azt mondja, hogy a nehéz elemi részecskének (protonoknak és neutronoknak) együttes száma semmiféle folyamat során nem változhatik meg. Az atommagot alkotó nukleonok esetleg más atommaggá rendeződhetnek át, neutron protonná (vagy mint látni fogjuk, más nehéz elemi részecskévé) alakulhat át, de az atommag építőköveinek száma változatlan, az atommag anyaga nem semmisülhet meg.

A WIGNER-féle törvény nem zárja ki, hogy nehéz rövid időre új nukleon-antinukleon-pár jöjjön létre, hiszen ez nem a nukleonszám megváltozását, hanem csak egy nukleonnak negatív-energiájú állapotból pozitív energiájú állapotba való átmenetét jelenti. (Egy ré-

szecske és egy lyuk, részecskehiány együtt lép fel.) Az antinukleon másik nukleonnal találkozva újra szétsugárzódik és ismét az eredeti állapot áll vissza. Az a körülmény, hogy a világmindenségben (legalábbis annak megfigyelt részén) a nukleonok száma olyan nagy, hogy a negatív energiájú állapotok teljes betöltése után még sok pozitív energiájú nukleon is marad, biztosítja az atomokba tömörült anyag stabilitását a sugárzássá való szétolvadás ellen.

Az atommagok felépülése

Ha az atomok lényeges és maradandóbb részét képező atommagok alapanyaga, építőelemei nem is semmisülhetnek meg, átalakulásuk más magokká a természetben megfigyelhető és mesterségesen is előidézhető. Földünkön az ilyen folyamatok rendkívül ritkák. A földi anyag nagyon kis hányadát kitevő rádióaktív atommagoktól és a kozmikus sugárzás által a légkör felső rétegeiben kiváltott folyamatoktól eltekintve az atommagok átalakulása természetes úton nem következik be. A földi atomok magjairól ezért azt mondhatjuk, hogy azok nagymértékben állandó alakulatok. Kérdés, van-e az atommagok átalakulásának a világmindenségben valahol lényeges szerepe? Nagy, kozmikus méretekben végbement-e a múltban vagy végbemegy-e a jelenben is atommagok születése és halála, protonok és neutronok makroszkopikus anyagmennyiségekben való átrendeződése? Van-e a világmindenségben a magátalakulásoknak valamilyen általános irányvonala?

Az elemek gyakoriságát feltüntetető táblázat azt mutatja, hogy a leggyakoribb atommag a világmindenségben a hidrogénmag, azaz a proton. Minél összetettebb egy atommag, általában annál ritkább is. Ezt észrevéve kézenfekvő a következő gondolat: A világegyetem alapanyagának a hidrogén (a proton és az elektron) tekinthető. Protonokból épültek és épülnek fel fokozatosan az egyre nehezebb atommagok, de a világmindenség anyagának javarésze még ma is az eredeti hidrogénállapotban van.

Hogy az atommagok nem öröktől fogva léteznek, hanem keletkezésük kozmikus méretekben megy végbe, azt a rádióaktív elemeknek Földünkön való előfordulása bizonyítja. Tudjuk, hogy a Föld szilárd kérgében, ha nem is sok, de számot tevő mértékű uránium van. Ez az uránium képezi mindmáig az atomenergia egyetlen gyakorlati életben felhasználható forrását. (Legújabb hírek szerint sikerült a hidrogénmag energiája felhasználásának legalább elvi síkon való megoldása. — Szerk.) Uránium atommagok Földünkön nem keletkeznek, ellenkezőleg: számuk természetes rádióaktív bomlás folytán állandóan fogy. Az uránium mennyisége minden négy és félmilliárd évben felére csökken. Hasonló okból Földünk tóriumkészlete 14 milliárd évenként, rádióaktív káliumkészlete negyed milliárd évenként csökken felére. Rádióaktív kálium igen kis koncentrációban fordul elő Földünkön, de az uránium és tórium gyakorisága körülbelül megegyezik a stabilis nehéz atommagok gyakoriságával. Ez azt jelenti, hogy a Földünkön található nehéz atommagok nem lehetnek tízmill-

liárd évnél lényegesen öregebbek, ellenkező esetben közülük a tórium és uránium természetes bomlás révén elfogyott volna.

A fenti megfontolás után most már szükségszerűen merül fel a kérdés: milyen feltételek mellett, a világmindenség melyik részein ment végbe a múltban az összetett atommagok felépülése és végbemege-e ez a folyamat napjainkban is?

Földünkön természetes viszonyok közt atommagok felépülése nem következik be. Ennek oka az atommagok pozitív töltései közt fellépő elektromos taszítás. Ahhoz, hogy két atommag egybeolvadását előidézzük, legalább az egyik atommagnak olyan nagy sebességet kell adnunk, hogy a mozgási energia legyőzze az elektromos taszítást és bekövetkezdhessék az egybeolvadás, a fúzió. Egyes atommagokon a fúziót gyorsítóberendezések segítségével mesterségesen sikerült előállítani. Kozmikus méretekben végbemenő fúziós folyamatok azonban csak akkor következhetnek be, ha sok atommagot, makroszkopikus anyagmennyiség részecskéit gyorsítjuk fel a szükséges nagy sebességre. Az anyagnak az az állapota, amelyben az alkotó részecskék egymáshoz képest nagysebességű mozgásban vannak, magas hőmérsékletű állapotnak felel meg. A világmindenségben legmagasabb hőmérséklet az állócsillagok központi részein fordul elő. A Nap központi hőmérséklete 16 millió fok. Kimutatható, hogy ilyen hőmérsékleten a protonok közt a fúzió, héliummá váló egyesülés lassan ugyan, de folyamatosan végbemeget. (A protonok egybeolvadása után keletkezett atommag töltésfeleslegétől pozitronkibocsátással szabadul meg: egyes protonok neutronná alakulnak át. Ezt a jelenséget, mint a rádióaktív β -bomlás egyik fajtáját mesterségesen előállított atommagokon laboratóriumban is megfigyelték. Magasabb rendszámú, nehezebb atommagok fúziója a Napon számot tevő valószínűséggel nem következik be, mert a hőmozgás nem elég intenzív a nagyobb elektromos töltések közt fellépő erősebb taszítás legyőzésére.)

A Napon tehát folyamatosan végbemeget a héliummagok hidrogénből való felépülése. Eközben nagy energiámennyiség szabadul fel (grammonként több erg energia egy másodperc alatt). A magas hőmérséklet hatására végbemenő magfolyamatokat nevezük termionukleáris reakcióknak. Ezek képezik a Nap és más állócsillagok energiaforrását. Mesterségesen ugyanezt a folyamatot idézik elő a Földön rövid időre a hidrogénbomba robbantásánál. Itt azonban magasabb hőmérséklet és megfelelő anyag megválasztásával a folyamat rohamosabb, robbanásszerű, szemben a Nap lassú, folyamatos energiatermelésével. Látható tehát, hogy a Nap azt a lassú, hasznos energiatermelést, azt a folyamatosan működő termionukleáris atomreaktort valósítja meg óriási méretekben, amelynek földi megvalósítása után világszerte folyik a kutatás. Egy ilyen „míniatür Nap” építése lehetővé tenné, hogy a drága és ritka uránium helyett az olcsó és gyakori hidrogén segítségével indulhatna meg az atomenergia békés célokra való felhasználása.

Említettük, hogy a Napon nehéz atommagok felépülése nem megy végbe, ehhez sokkal magasabb, milliárd fok körüli hőmérsékletek

volnának szükségesek. A Naphoz hasonló közönséges állócsillagokon ilyen magas hőmérséklet nem fordul elő, ezek a csillagok tehát csak a könnyű atommagokat hozzák létre. Nehéz atommagok csak igen ritkán megvalósuló feltételek közt keletkezhetnek a világmindenségben. Ez magyarázatát szolgáltatja annak a körülménynek, hogy a nehéz atommagok (köztük a legnehezebbek, a maghasadás folytán energiatermelésre már napjainkban is felhasznált uránium, plutónium és tórium) miért oly ritkák a világmindenségben.

Ma a csillagászok teljes bizonyossággal nem ismernek olyan égitesteket, olyan kozmikus kohókat, ahol a legnehezebb atommagok összeötvözéséhez szükséges milliárd fok hőmérséklet megtalálható. Egyes tudósok feltevése szerint a szupernóva-kitörések alkalmával lép fel ilyen magas hőmérséklet, a vasat, ólmot, aranyat és uránt a szupernóvák termelik, szupernóva kitörések dobják ki a világűrbe. HOYLE feltevése szerint Napunk egykor kettőscsillag volt, társa milliárd évekkel ezelőtt szupernóvakitörés révén szabadította el magát, de a kidobott nehéz atommagokban gazdag anyag egy része a Nap közelében maradt. Ebből sűrűsödött össze bolygónk is.

Ezek ma még a tudományos spekulációk körébe tartozó nézetek. A nehéz atommagok keletkezésének kérdése még ma is nyitott. Az bizonyos, hogy atommagok felépülése hidrogénből a Napon és más csillagok központi részeiben ma is folyik, ez képezi a csillagok energiaforrását. Földünk anyaga egy ilyen kozmikus méretű termonukleáris reaktor salakja. A Földön előforduló atommagok kiszámítható idővel ezelőtt, néhány milliárd éve kerültek ki a sok millió, esetleg sok milliárd fok hőmérsékletű kohó belsejéből, ahol azok protonokból összeötvöződtek.

Röviden szólnunk kell még a technécium-előfordulás problémájáról. Említettük, hogy ez az elem egyes állócsillagokon kimutatható, noha felezési ideje mindössze egymillió év. A magas rendszámú technécium termonukleáris fúzió útján való keletkezésére a Naphoz hasonló állócsillagokon nincs meg a kellő magas hőmérséklet. Az előfordulás egyik magyarázata az volna, hogy a technéciumot tartalmazó csillagok igen fiatalok, alkotóanyaguk a technéciumot a csillaggá tömörülés előtti állapotból hozta magával. Tekintettel arra, hogy a technécium tartalmú csillagok nagyon fiatal korát semmi megfigyelés nem támasztja alá, egy másik magyarázatot is figyelemre kell méltatnunk. Elképzelhető, hogy a termonukleáris reakciók során szabad neutronok is keletkeznek. Mivel ezekre elektromos taszítás nem hat, könnyen befogódhatnak a jelenlevő nehezebb atommagokba. A stabilis-molibdén-mag neutron-befogás után instabillá válik és β -bomlással technéciummá alakul át. Ha az utóbbi elképzelés helytálló, a technécium előfordulása annak bizonyítékául tekinthető, hogy egyes állócsillagokon számottevő koncentrációban szabad neutronok is jelen vannak.

A neutrínó

Az előző fejezetekben láttuk azt, hogy a szabadon levő vagy magkötélékben elhelyezhető neutron elektronkibocsátással protonná, a kötött proton elektronbefogással vagy pozitronkibocsátással pedig neutronná képes átalakulni. Ezeket az átalakulásokat közös néven β -bomlásnak nevezzük.

A β -bomlás jelenségének pontos tanulmányozása már a XX. század első harmadában súlyos problémákat vetett fel. Tekintsük például a szabad neutron β -bomlását. A neutron spinje $\frac{1}{2}$, belőle keletkezik az $\frac{1}{2}$ spinű proton és az $\frac{1}{2}$ spinű elektron. Úgy látszik tehát, hogy az impulzusmomentum megmaradásának tételét ez a folyamat áthágja, noha a tétel a fizika alapvető törvényeinek egyike. A kirepülő elektronok energiájának tanulmányozása azt is megmutatta, hogy a folyamat során energiahiány is fellép. Sőt az impulzusmegmaradás tétele sem teljesül.

A fizikai kísérletek az energia, impulzus, impulzusmomentum megmaradásának törvényét számtalan esetben nagy pontossággal igazolták. Elképzelhetetlennek látszik, hogy a β -bomlás folyamata ezek alól az általános összefüggések alól kivételt képezzen. Ezért PAULI 1931-ben feltételezte, hogy a β -bomlás során az elektron (vagy pozitron) kilépésével egy időben még másik részecske is kilép az atommagból. Ennek a részecskének elektromos töltése nincsen, ezért ködkamrával vagy számlálócsővel kimutatni nem lehet. A részecske által elvitt energiából és impulzusból arra következtettek, hogy nyugalmi tömege igen kicsiny, valószínűleg zérus. Ezért FERMI ezt a részecskét a neutron olaszosan kicsinyített formájával *neutrínó*-nak nevezte el. A neutrínó spinjének $\frac{1}{2}$ -nek kell lennie ahhoz, hogy a β -bomlás impulzusmomentum-mérlegét rendbehozza. Ez viszont azt jelenti, hogy a neutrínót is a DIRAC-egyenlet írja le és így léteznie kell antineutrínóknak is. A pozitron neutrínóval együtt lép ki a β -bomlás során, az elektront antineutrínó kilépése kíséri. Elektronéhoz hasonló keletkezése és spinje miatt a neutrínót az elektron semleges változatának tekinthetjük, hasonlóan a neutron és proton rokon kapcsolatához.

A neutrínó feltételezése megszüntette azokat az elvi nehézségeket, melyek a β -bomlás kapcsán felmerültek. A β -bomlás elméletét a neutrínó bevezetésével FERMI-nek sikerült kidolgoznia. Ma már az elektron-neutrínó-kibocsátás törvényeit szinte olyan pontossággal ismerjük, mint a foton-kibocsátás törvényeit, amelyeket az elektrodinamika ír le. A sikerek azonban nem feleltették el a fizikusokkal azt a körülményt, hogy a neutrínót mindig csak közvetve a hiányzó energia, impulzus és impulzusmomentum árulta el, közvetlen kimutatására nem volt lehetőség. Olyan volt a helyzet, mint egy ügyes tolvaj esetében, akinek csak tolvajlásairól tudnak, akit azonban még soha senki nem látott.

A neutrínó közvetlen kimutatását az a körülmény akadályozta meg, hogy ez a részecske gyakorlatilag semmiféle anyaggal nem lép

kölcsönhatásba. Nincsen elektromos töltése, mint az elektronnak és a protonnak, sem mágnessége, mint a neutronnak, nem hatnak rá a töltött részecskék, mint a fotonra. Nem kötik a neutrínót az atommaghoz azok az erők, amelyek a neutronra hatnak. Egyedüli kölcsönhatása a β -bomlásnál megnyilvánuló FERMI-féle kölcsönhatás, ez pedig igen gyenge, sok nagyságrenddel kisebb minden más erőhatásnál. Már 1935-ben kísérletileg kimutatták, hogy a neutrínó egyméteres ólomfalon vagy 150 km vastag levegőrétegen akadály nélkül áthatol. Elméleti úton kiszámították, hogy egymillió kilométer vastagságúnak elképzelt ólomlemezen áthaladó neutrínók közül csak minden ezer-milliomodik abszorbeálódnék. A neutrínónak ez a nagy áthatoló képessége azt jelenti, hogy még a Föld és a nagyobb égitestek is át-látszóak a neutrínó számára.

A neutrínósugárzásnak számottevő szerepe van a Nap és az állócsillagok energiatermelésénél. Beszéltünk arról, hogy a csillagok középső részében protonokból atommagok épülnek fel. A beépülő protonok egy része pozitron és (anti-)neutrínó kisugárzásával neutronná alakul át, hogy a keletkezett mag az energetikailag legkedvezőbb állapotba jusson. Ez azt eredményezi, hogy a Napban termelt fúziós energiának mintegy 5%-át neutrínó sugárzás viszi magával. Ez a sugárzás (szemben a fénysugárzással, a fotonokkal) elvész a Nap hőháztartása számára, mert akadálytalanul áthalad a Nap egyes rétegein és szét-szóródik a világűrben. A világűrben levő neutrínósugárzás intenzitása megközelíti a fénysugárzás intenzitását. Földünk felületének minden négyzetcentiméterén másodpercenként százmilliárd neutrínó halad át!

Az a körülmény, hogy a neutrínó-sugárzás számára gyakorlatilag minden anyag átlátszó, eleve igen megnehezíti a neutrínók létezésének konkrét kimutatását. Komoly reményt csak az atommáglyák üzembe-helyezése nyújtott. Az atommáglyákban uránium-atommagok hasadása termel energiát. A hasadási termékek erősen rádióaktívak. Ezért az atommáglyák a neutrínósugárzás igen erős forrásai. Gondoljuk csak meg, hogy 1 dg 10 perc felezési idejű β -aktív hasadási termék másodpercenként száztrillió neutrínót termel. Ezzel az intenzív sugárforrással meg lehetett kísérlni a neutrínó kimutatását. Láttuk azt, hogy egy elektron magba való befogódását neutrínó kilépése kíséri. Kis valószínűséggel be kell következnie a fordított folyamatnak is: neutrínó befogása elektronemisszióra, antineutrínó befogása pozitronemisszióra kényszerítheti az atommagot. A kilépő elektron vagy pozitron szokásos eszközökkel kimutatható.

Említettük, hogy a pozitronos β -bomlást neutrínókisugárzás, az elektromos β -bomlást antineutrínó-kisugárzás kíséri. Előbbi fordul elő az állócsillagokban, utóbbi az atommáglyákban. REINES-nek és COWAN-nak 1954-ben sikerült az atommáglyából származó anti-neutrínó-sugárzás által előidézett pozitron-emisszió kimutatása. A kis valószínűséggel bekövetkező neutrínó-abszorpciós folyamat kimutatását a nagy neutrínóintenzitás tette lehetővé. Ez a kísérlet mutatta ki először közvetlenül a több mint két évtizeddel előbb feltételezett neutrinót.

A mezonok

A neutronok felfedezése tisztázta az atommag összetételét és számos ezzel kapcsolatos kérdést, de egyidejűleg egy másik súlyos problémát vetett fel. A protonokból és neutronokból felépült atommagot elektromos erők nem tarthatják össze, hiszen a protonok pozitív elektromos töltései nem vonzzák, hanem taszítják egymást, a töltéssel nem rendelkező neutronokra pedig az elektromos tér hatástalan. A magot összetartó erőknek tehát eddig ismeretlen erőteréből kell származnia.

TAMM és IVANENKO 1933-ban merész gondolatot vetettek fel. A β -bomlásnál láttuk, hogy az atommag képes elektronokat kisugározni, ugyanúgy, amint az atomburok fotonok kisugárzására képes. Feltehető ezért, hogy amiként a foton az elektromágneses térnek, az elektron is egy erőternek, a mag-részecskék által keltett elektron-térnek az energiakvantuma. Kérdés, nem alkalmas-e az atommag által keltett elektrontér a protonok és neutronok összetartására? TAMM és IVANENKO kvantumelméleti számításai kimutatták, hogy az elektrontér valóban létrehoz a protonok és neutronok közt erőhatást, ez azonban túlságosan gyenge, nem magyarázza meg az elektromágneses erőknél is jóval intenzívebb magerőket.

Látjuk tehát, hogy a magerők megismerése valóban teljesen új úton keresendő. YUKAWA 1935-ben feladatául tűzte ki az erőter törvényeinek tapasztalati úton való vizsgálatát. A megfigyelések azt mutatták, hogy a magerők igen rövid hatótávolságúak és igen intenzívek. YUKAWA felvetette a kérdést: milyen energiakvantumok formájában kell a magerők terének megnyilvánulnia? Melyek azok a részecskék, melyek a magerőknél olyan szerepet játszanak, mint az elektromágneses térben a fotonok? A kvantumelmélet elég egyértelmű választ adott erre a kérdésre. A magerők rövid hatótávolságának közvetlen folyománya, hogy a részecskék tömege jelentős nagyságú: az elektron tömegének két-háromszázszorosa. Valószínűleg elektromos töltés és zérus (esetleg egyes) spin tartozik a részecskékhez, melyeket YUKAWA „nehéz kvantumoknak” nevezett el.

A nagy tömeg azt jelenti, hogy ilyen részecskék kisugárzása csak egészen magas energiáknál figyelhető meg: a tömeg arányában szükséges energia az elektron-pozitron-pár keltési küszöbenergiájának több mint százszorosa. Ilyen nagyenergiájú gyorsítóberendezés építésének technikai feltételei a harmincas években még nem voltak meg, ezért YUKAWA a világmindenség természetes gyorsítóberendezéseiben keletkezett nagyenergiájú sugárzásra, a kozmikus sugárzásra gondolt. Itt figyeltek meg olyan nagyenergiájú magfolyamatokat, melyek során várni lehet a nehéz kvantumok kisugárzását.

A világűrben Földünkre érkező kozmikus sugárzás extrém nagyenergiájú protonokból és más atommagokból áll. Ezeknek a részecskéknek a sebessége megközelíti a fény sebességét. Mozgási energiájuk messze túlszárnyalja az atommag energiáját, ezért egy ilyen világűrben érkező kozmikus részecskének a légkör atommagjaiba való ütközése

a mag szétrobbantását és a legkülönbélebb szekundér részecskék fel-
léptét eredményezi. Ezért a Föld felszínére érő kozmikus sugárzás
összetétele erősen eltér a primér kozmikus sugárzástól, benne a leg-
különbélebb robbanási termékek, bomlástermékek találhatók.

Hogy milyenek a kozmikus gyorsítók, melyek a leghatalmasabb
földi gyorsítókat messze túlszárnyalva szakadatlanul termelik a nagy-
energiájú részecskéket, ma sem tudjuk biztosan. Az a körülmény, hogy
a kozmikus sugárzásban összetett magok is találhatók, valószínűvé
teszi, hogy nem ütközések, hőmozgás révén tesznek szert a részecskék
nagy energiájukra, hiszen az ütközés hatalmas mozgási energiája az
ütköző magok alkotórészeikre való szétesését eredményezné. Elképzel-
hető, hogy a gyorsítást elektromos és mágneses tér végzi, hasonló elv
szerint, mint például a földi ciklotronban, betatronban és szinkrotron-
ban. Számos lehetőség merült fel, most illusztrációként csak egyet
említek meg. Csillagászati megfigyelések mutatják, hogy egyes csilla-
goknak igen erős mágneses terük van. TERLECKIJ feltételezi, hogy
egyes csillagoknál a mágneses tengely nem egyezik meg a csillag
forgástengelyével. Ez azt eredményezi, hogy a csillag közelében a mág-
neses térerősség a csillag forgásidejének megfelelő periódussal szaka-
szosan változik. A változó mágneses tér ugyanúgy elektromos teret
indukál, mint az áramfejlesztők forgó mágnesei. Az elektromos tér
ugyanígy gyorsítólag hat az ott levő töltött részecskékre (protonokra,
atommagokra), mint az áramfejlesztőben kialakuló elektromos tér
a drótokon levő elektronokra. A pontos számítások szerint elképzelhető,
hogy ilyen módon kellő energiájú részecskék nagy számban kelet-
kezhetnek. Az elmélet helyességének ellenőrzése a mágneses csillagokra
és a kozmikus mágneses terekre vonatkozó ismereteink bővülésétől
várható.

1937-ben ANDERSON, aki a pozitront is felfedezte, a kozmikus
sugárzás vizsgálata során ködkamrában olyan részecske nyomára
bukkant, melynek tömege az elektronénak mintegy kétszázszorosa.
A részecske a primér kozmikus sugárzás által légkörünkben kiváltott
folyamatok terméke, nem stabilis, hanem két, mikromásodperc átlag-
élettartammal elektronra és neutrínóra bomlik. (A mikromásod-
perc atomfizikai időegység: a másodperc egymilliomod része.) Pozitív
és negatív töltéssel egyaránt megfigyelhető. Proton és elektron közé
eső tömege miatt a részecskét mezonnak nevezték el.

A YUKAWA-féle elmélet felállítását két éven belül követő fel-
fedezés oly megkapó volt, hogy az ANDERSON-féle mezon a
YUKAWA-féle nehéz kvantummal azonosították, a felfedezésben a
magerők YUKAWA-féle elméletének igazolását látták. Évek múltán,
a megfigyelési adatok szaporodásával azonban kiderült, hogy téve-
désről van szó. Az ANDERSON-féle mezon megfigyelt sajátosságai
nem olyanok, amilyeneket a magerők kvantumaitól várniuk kellene.
A magerő-kvantumokat az atommagoknak igen nagy valószínűséggel
el kell nyelniök, ugyanúgy, amint a fotonokat az atomburok elnyeli.
Az ANDERSON-féle mezonok viszont éppen nagy áthatoló képessé-
gükkel tűnnek ki. Ezek alkotják a kozmikus sugárzásnak azt a kompo-

nensét, mely bányák mélyén, tavak fenekén többszáz méter mélyen a földfelszín alatt is kimutatható. A negyvenes években kiderült, hogy az ANDERSON-féle mezon félrevezette a magerő-kutatást.

A probléma megoldását, mint annyiszor a tudomány történetében, most is egy új megfigyelőeszköz kidolgozása hozta meg. A negyvenes években atomi részecskék kimutatására alkalmas (nagyvastagságú és magas ezüstbromid tartalmú) fényképlemezeket állítottak elő. A fényképlemezeknek ködkamrához viszonyított elenyésző súlya lehetővé tette, hogy azokat léggömbökben elhelyezve a légkör felső rétegeibe, 20–30 km-es magasságokba juttassák el, oda, ahol a világűrből érkező részecskék által kiváltott nagyenergiájú-magfolyamatok lefolynak. 1947-ben POWELL és munkatársai a lemezeken megtalálták a valódi YUKAWA-féle nehéz kvantumot. Ez a részecske magrobbanásokban keletkezik, tömege 273-szor nagyobb az elektronénál, zérus spinű, atommagba könnyen befogódik. A nagy befogási valószínűség és a rövid élettartam (ötvened mikromásodperc) a magyarázata annak, hogy a részecske a tengerszintig nem jut el. Bomlásterméke az ANDERSON-féle mezon, mely áthatoló képessége és százszorta nagyobb élettartama miatt áthaladhat az egész légkörön. POWELL az általa felfedezett részecskét π -mezonnak (primér mezon) nevezte el, az ANDERSON-féle részecskét pedig megkülönböztetésül μ -mezonnak (mediális, közbeeső részecske a π -mezon elektronná való végleges elbomlása előtt).

1949-ben gyorsítóberendezéssel mesterségesen is sikerült a pozitív és negatív π -mezont előállítani, sőt semleges változatát is felfedezték. A vizsgálatok igazolták YUKAWA elméletét. Azt kell mondanunk, hogy amíg az elektronok az atomburok, a protonok és a neutronok az atommag építőkövei, addig a fotonhoz hasonlóan a π -mezonok is a vakolat szerepét játsszák. A fotontér (elektromágneses tér) tartja össze az atomburkot, a π -mezontér (magerő-tér) pedig az atommagot.

A μ -mezon szerepe mellékesnek mondható a világmindenség felépítésében. Átmeneti termék. Spinje $\frac{1}{2}$, sokban az elektronnal hasonló sajátságokat mutat, ezért falán az elektron instabil gerjesztett állapotának tekinthetjük, mely a π -mezon bomlása után rövid ideig létezik.

A ritka elemi részek

1950-ben úgy látszott, hogy az elemi részek fizikája bizonyos lezártágot ért el. Megismertük az atomburok építőkövét, az elektront testvéreivel, a pozitronnal, neutrinnal, μ -mezonnal együtt. Megismertük a fotont, az atomburok „vakolatát”, az elektronokat összetartó elektromágneses tér kvantumát. Megismertük az atom építőköveit, a nagytömegű protont és neutront. Megismertük a π -mezont, amely az atommagnál játssza a vakolat szerepét. Úgy látszott, hogy nincs más hátra, mint a részecskékre vonatkozó törvények egész pontos alakjának felderítése, és így közel van a világmindenség anyagi felépítésének tökéletes megismerése.

Ez a várakozás azonban nem igazolódott. Az 1950 óta rohamosan fejlődő kísérleti technika (fotoemulzió, ködkamra, gyorsítóberendezések) az új elemi részek egész sorának felfedezéséhez vezetett. Ezek a felfedezések az elemi részek fizikájának új fejezetét nyitották meg, olyan fejezetét, melynek lezáródásától még messze vagyunk. Vegyük röviden sorra a felfedezett részecskéket.

Egészen nagyenergiájú magfolyamatokban megfigyelték minden eddiginél nehezebb mezonok, az úgynevezett K -mezonok keletkezését. Ezek tömege a π -mezon-tömeg háromszorosát is túlszárnyalja, és a legváltozatosabb módokon bomlanak el könnyebb elemi részecskékre. Élettartamuk ezred mikromásodperc körül van. Magrobbanásban gyakoriak, magokba befogódnak, tehát a π -mezonhoz hasonló sajátosságokat mutatnak, ezért feltehető, hogy a magerők létrehozásában ezeknek is szerep jut.

A K -mezonokkal együtt megfigyelhető volt a protonnál és neutronnál nehezebb részecskéknak, az ún. *hyperonoknak* a keletkezése is. Megkülönböztetjük a semleges λ -hyperont (tömege 2181 elektrontömeg), a pozitív és negatív töltésű Σ -hyperont (2325 elektrontömeg) és a negatív töltésű Θ -hyperont (2577 elektrontömeg). Ezek mezon-emisszióval ezred mikromásodperc alatt protonná és neutronná bomlanak el. Különös figyelmet érdemel, hogy olyan folyamatokban is keletkeznek, melyeknek energiája nem elegendő teljes tömegük létrehozásához, ezért fel kell tételeznünk, hogy protonból és neutronból energiafelvétellel jönnek létre, mintegy „gerjesztett nukleonoknak” tekintetjük őket. (Emellett szól az a körülmény is, hogy a nukleonszám

II. TÁBLÁZAT

Az elemi részek

Jel	Név	Töltés	Tömeg	Spin	Élettartam	[Bomlástermékek	Felfedezés éve
PERIFERIÁLIS RÉSZEK							
<i>Foton</i>							
γ	foton	0	0	1	∞	—	1905
<i>Könnyű részek (leptonok)</i>							
ν	neutrínó	0	0	$\frac{1}{2}$	∞	—	(1931)
$\bar{\nu}$	antineutrínó	0	0	$\frac{1}{2}$	∞	—	1954
e	elektron	—	1	$\frac{1}{2}$	∞	—	1896
\bar{e}	pozitron	+	1	$\frac{1}{2}$	∞	—	1932
μ	μ -mezon	+	207	$\frac{1}{2}$	$2\mu s$	$e + \nu + \bar{\nu}$	1937
$\bar{\mu}$	μ -mezon	—	207	$\frac{1}{2}$	$2\mu s$	$e + \nu + \bar{\nu}$	1937

NUKLEÁRIS RÉSZEK

Mezonok

π	π -mezon	0	263	0	$10^{-8} \mu\text{s}$	$\gamma + \gamma$	1949
π	π -mezon	+	273	0	$0,016 \mu\text{s}$	$\mu + \bar{\nu}$	1947
π	π -mezon	—	273	0	$0,016 \mu\text{s}$	$\bar{\mu} + \nu$	1947
ϑ	ϑ -mezon	0	966?	0?	$0,001 \mu\text{s}?$	$\pi^+ + \pi^-$	1949
ϑ	ϑ -mezon	+	966?	0?	$0,001 \mu\text{s}?$	$\left\{ \begin{array}{l} \pi^+ + \pi^0 \\ \mu + \bar{\nu} + \pi^0 \\ e + \nu + \pi^0 \end{array} \right.$	1951
ϑ	ϑ -mezon	—	966?	0?	$0,001 \mu\text{s}?$	$\left\{ \begin{array}{l} \pi^- + \pi^0 \\ \pi^+ + \pi^+ + \pi^- \\ \pi^+ + \pi^0 + \pi^0 \end{array} \right.$	1953
τ	τ -mezon	+	966?	0?	$0,001 \mu\text{s}?$		1949
τ	τ -mezon	—	966?	0?	$0,001 \mu\text{s}?$		1953

Nehéz részek (baryonok)

P	proton	+	1836	$\frac{1}{2}$	∞	—	1896
\bar{P}	antiproton	—	1836	$\frac{1}{2}$	∞	—	1955
N	neutron	0	1839	$\frac{1}{2}$	12 perc	$P + e + \nu$	1932
\bar{N}	antineutron	0	1839	$\frac{1}{2}$	?	$\bar{P} + \bar{e} + \nu$	1956
Λ	Λ -hyperon	0	2181	$\frac{1}{2}?$	$0,001 \mu\text{s}?$	$P + \pi^-$	1949
Σ	Σ -hyperon	+	2325	$\frac{1}{2}?$	$0,001 \mu\text{s}?$	$\left\{ \begin{array}{l} N + \pi^+ \\ P + \pi^0 \end{array} \right.$	1953
Σ	Σ -hyperon		2325	$\frac{1}{2}?$	$0,001 \mu\text{s}?$	$N + \pi^-$	1953
$\Sigma?$	Σ -hyperon	0	2325?	$\frac{1}{2}?$	$0,001 \mu\text{s}?$	$\Lambda + \gamma$	1955
Ξ	Ξ -hyperon	—	2577	$\frac{1}{2}?$	$0,001 \mu\text{s}?$	$\Lambda + \gamma$	1955

megmaradásának tételét alkalmazva a hyperonokat is a nukleonokhoz kell számolnunk.) A hyperonok az atommagokba is beépülhetnek rövid időre, amíg spontán elbomlásuk bekövetkezik és a felszabaduló energia a magot szét nem veti.

A K -mezonok és hyperonok legjellegzetesebb sajátága, hogy sohasem magánosan keletkeznek. Hyperon csak K -mezonnal együtt, K -mezonok párosan keletkezhetnek. Ennek az érdekes törvényszerűségnek a magyarázatát nem ismerjük. Fel kell tételeznünk, hogy a hyperonok és K -mezonok valamilyen különleges fizikai mennyiség hordozói. A hyperonokon és negatív K -mezonokon pozitív mennyiség, a pozitív K -mezonokon negatív mennyiség foglal helyet. Fel kell tételezni, hogy a kérdéses mennyiségre megmaradási tétel áll fenn, ugyanúgy, mint a töltésre vagy energiára, így mindig csak pozitív és negatív mennyiséget hordozó részecskék egyidejű keletkezése figyelhető meg. Ezt a mennyiséget ma ideiglenesen „ritkaságnak” nevezzük, hordozóit „ritka” elemi részecskéknek. Még nincs határozott tudásunk arra vonatkozólag, hogy a „ritkaság” milyen fizikai fogalmat takar.

Az anyag végső szerkezetére, az elemi részecskére vonatkozó tudásunk

határaihoz érkeztünk. Az utolsó évek a világmindenség anyagi felépítésének sok alapvető kérdését tisztázták, de még több problémát tártak fel. Az atomok világán túl új, mélyenfekvő terület tárult fel a kutatók előtt : az elemi részek világa. Tudjuk, hogy itt kell keresnünk az atomok felépítését megszabó törvényeket. Már sok tapasztalati anyag áll előttünk felhalmozva, sok összefüggés körvonalát sejtjük, de a végső törvények még rejtve vannak előttünk. Ott tartunk, ahol sok évtizeddel ezelőtt az atomfizikus, amikor már ismerte az atomok periódusos rendszerét, de még sok üres hely tátongott előtte, látta a szabályosságokat, de nem tárultak még fel előtte az azokat létrehozó belső törvények. Az atom titkainak feltárása után az elemi részek szerkezetét kutatjuk. Minden hónap új eredményeket hoz, a fizika olyan gyors léptekben fejlődik, mint eddig még soha. Nem kétséges, hogy az emberiség legkiválóbb tudósainak közös erőfeszítése most is gazdag eredményt fog hozni : új törvények és új problémák várják a kutatókat.

SZIMÁN OSZKÁR:

FÉNYKÉPEZÉS A CSILLAGÁSZATBAN

Mikor 1839 április 19-én ARAGO a Francia Akadémia ülésén előterjesztette NIEPCE és DAGUERRE találmányát, mindjárt sejtette, hogy a fényképezés még nagy szerepet fog játszani a csillagászatban. Bizakodását azonban vegyes érzelmekkel fogadták. ARAGO közelebbi munkatársai, a kísérleti fizikusok: BIOT, FIZEAU és FOUCAULT örömmel és lelkesedéssel vállalkoztak az új találmánynak a csillagászatban való értékesítésére. Ezzel szemben az elméleti csillagászok e tudomány lényegét pályaszámításokban látták és semmi újat nem vártak a megkülönböztetéses állapotban levő fényérzékeny lemeztől. Úgy gondolták, a fényképezés csupán az égitestek ábrázolására lesz jó, mintegy pedagógiai célból és mérőműszerként való alkalmazására nem is gondoltak. Az első csillagászati felvétel 1845-ben készült, amikor FIZEAU és FOUCAULT daugerrotípiával (jódgőzökbe tartott csiszolt ezüst lemez, melynek előhívása higanygőzökkel történik), lefényképezték a Napot. Ezután gyors fejlődés kezdődött és a századforduló táján a megfigyelések túlnyomó többsége fotografikusan történt.

Fényképezés a csillagászatban

A fényképezés jelentőségét a leíró és helymegállapító csillagászatban a következőkben foglalhatjuk össze:

1. A fotografikus regisztrálás *tömegmunka* jellege, mert egyszerre az égitestek nagy csoportját örökíthetjük meg.

2. A *fényerő növekedése* a lemez fényösszesítő hatása miatt.

3. *Kényelem*, mert a kiméréseket nappal laboratóriumban végezhetjük. A kényelem igen előnyösen befolyásolja minden mérés pontosságát.

4. A *láthatón túli sugarakat* is kihasználhatjuk.

5. A *megfigyelési anyag nem vész el*, hanem bármikor újra rendelkezésre áll (pl. egy üstökös alakjának változása).

6. Módot nyújt az *égitestek* emberi képzelettől mentesebb, tárgyilagosabb szemléletére.

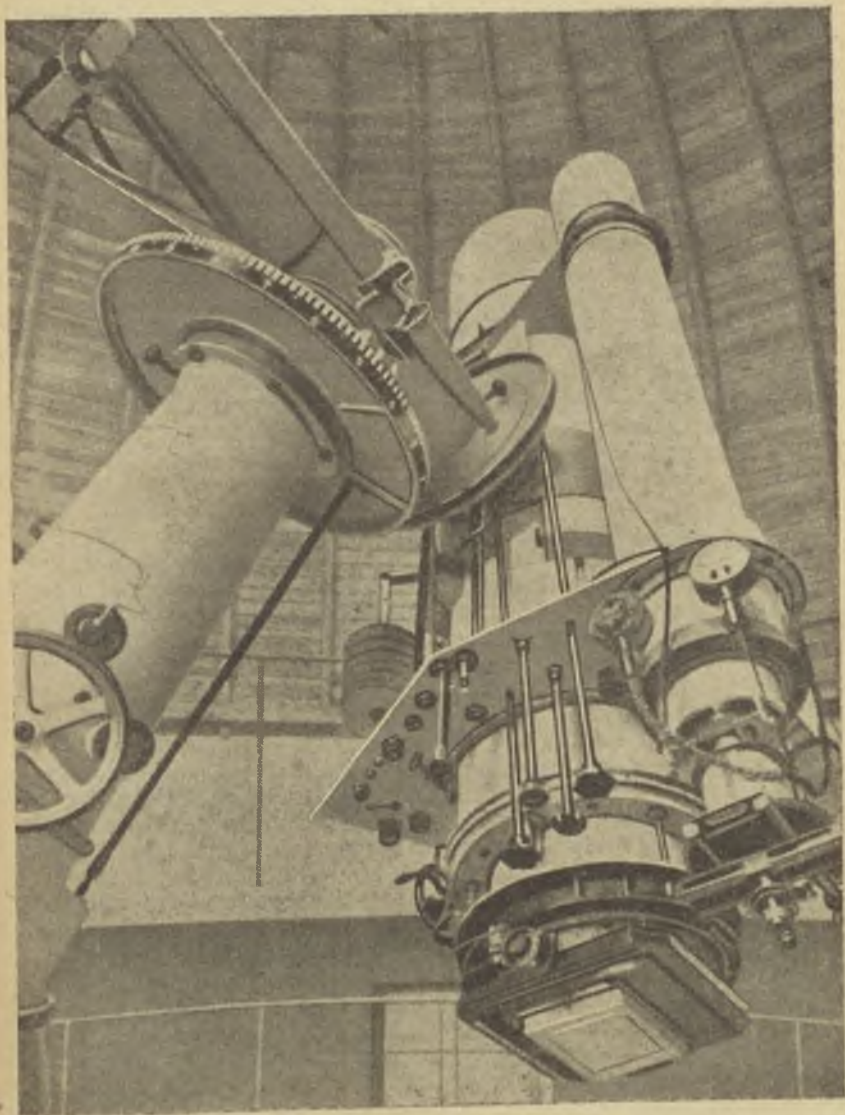
Az előnyökkel szemben a helymeghatározás pontossága nem nagyobb, mint vizuálisan mérve. A mérőmikroszkóp beállítás, emulziós-

réteg torzulás, a látómezőben való nem egyenletes leképezés stb., ugyanolyan nagyságú hibákat okoznak, mint amelyek vizuális megfigyelésnél is fellépnek. Csupán a *nagyítás* az a terület, ahol a fényképezés lemarad. Viszont a modern csillagászat ezt a hátrányt viseli el legkönnyebben. Nagyításra általában sehosem törekednek, sokkal inkább a kép fényessége és megbízhatósága a fő követelmények. És éppen ez az, amiben a fényképezés felülmúlja a szemmel való megfigyelést.

Műszerek

Az asztrofotográfiához szükséges műszerek lényegében nem különböznek a fényképezésben egyebütt használt berendezésektől. Lényegük: egy optikai leképező rendszer (lencse vagy tükör), mely a távoli tárgyak valódi fordított képét állítja elő a gyújtósíkban. Ide helyezzük el a fényre érzékeny lemezt. Ennek megfelelőleg bármely távcső egyszerűsége fényképezőgépnak (kamarának) használható, ha a távcsövön, a szemlencse helyén a lemez tartására szolgáló kazettát szerelünk fel. Ebben az esetben a szemlencsét eltávolítjuk és a lerögzített kép megnagyított szemlélésére utólagos fényképészeti nagyítást használunk. Világos ebből, hogyha nagy nagyítást akarunk elérni, célszerű hosszú gyújtótávolságú lencsével nagy fókuszképet előállítani, mert utólagos nagyítást a lemez szemcsézettsége a tízszeres határon túl nemigen tesz lehetővé. Ezzel szemben okulárral könnyen elérhetünk 25-szörös nagyítást is. *Leképező rendszer*ként eleinte a megszokott távcsőlencsét használták. A távcsövek színi hibáját azonban az emberi szemre érzékeny sárga és zöld sugarakra (550—600 millimikron) igazítják ki. Mivel a fotografikus lemez főleg a 380—560 μ m hullámhosszú sugarakra érzékeny, a vizuális távcsövek a fotografálásnál tökéletlen képet adtak. Kénytelenek voltak tehát külön fotografikus célokra szintelenített lencsét készíteni. Az ilyen, „hosszú” fókuszú lencsékkel ellátott, fotografálásra berendezett távcsöveket nevezik általában *asztrográfnak*. Az elmondottak főleg a két lencsével szintelenített rendszerekre érvényesek. A több lencséből összetett rendszer (pl. a Tessar) a színek nagyobb hullámhossz tartományában ad kiigazított képet. Kiválóak a Zeiss-gyár SONNEFELD-típusú négylencsés objektívjei. Nyílászviszonyuk 1 : 5, vagy 1 : 4. Negyven cm átmérőig készülnek, 10 fokos látómezőjükből fotometrikus pontosságú mérésekre 3 fok használható ki.

A színi hiba nem lép fel a tükörnél. Ez is egyik fontos oka, hogy a tükrök kiszorították a lencsét. Régebben hátrány volt a tükrök szűk látómezeje, mert csak az optikai tengely közelében adtak használható képet. 1931-től B. SCHMIDT kivitelezése nyomán kezdtek elterjedni az ún. javítólemezes gömbtükrök. Itt egy gömbtükör képalkotási hibáját egy vékony, magasabbrendű felületnek kiképzett lemez közbeiktatásával küszöbölik ki. Ezek a nagy fényerejű tükrök (nyílászviszonyuk 1 : 1 is lehet) alkotják az asztrofizikai optika legújabb állomását. Az ilyen összetett rendszerek képfelülete legtöbbször görbült

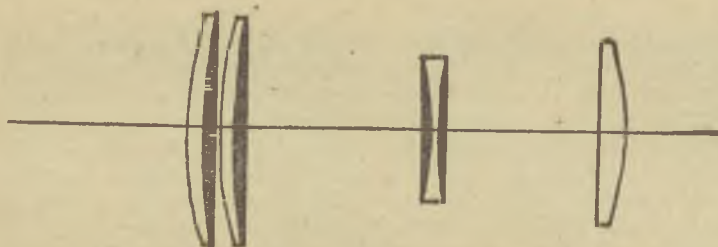


12. ábra. A stockholmi obszervatórium 40 cm-es asztrógráfja. Baltefelől a fotografálai táveső, jobbfelől a vezető táveső

és görbített fényérzékeny rétegek alkalmazásával *csupán fotografikus megfigyeléseket* lesznek lehetővé.

A leképező rendszer után lássuk a fényképezőgép alkatrészeit asztrofotográfiai szempontból. A *fénymennyiségadagoló* zár szerepe csillagászati fényképezésben alárendelt. A használatos expozíció ugyanis általában legfeljebb néhány másodperc nagyságrendű. Halvány égitestek fényképezése alkalmával viszont több órát is tehet ki. Kivételesen 48 óras kinttartást is alkalmaztak, ami 12 óras éjszakákat feltételezve négy éjjelt jelent. A hosszabb expozíciók esetén a fényadagolás egyszerűen az objektív takaró-sapka le- és felrakásával történik. A fényérzékeny anyag (majdnem kizárólag lemez) tartására *kazetta* szolgál. Mivel az összes felvételi célpontok a végtelenben vannak, a lemeztartónak a gyűjtőponthoz való egyszeri beállítása után további élesreállítás szükségtelen. Sorozatfelvételek, pl. rövid periódusú változó csillagok vizsgálata esetén előnyös egy lemezre több felvételt készíteni. E célból a kazettát az optikai tengelyre merőleges síkban egyik oldalával párhuzamosan eltolhatóvá szerelik és így a lemezen egymás mellé sorozatosan készíthetünk felvételeket. A Föld tengelyforgása következtében az égitestek nyugat—kelet irányban elmozdulnak az asztrográf kamara látómezejében. Ezért a távcsöveket órággal a Föld forgásával ellenkező irányban, de azonos nagyságú szögsebességgel mozgatják. Az órágép pontos működése fényképezésnél sokkal fontosabb, mint szemmel való megfigyelésnél. Utóbbi esetben az órágép kis egyenetlenségei csupán azt eredményezik, hogy az égitest képe kissé eltolódik a látómezőben. Ez a megfigyelést rendszerint nem zavarja. Másképp áll a helyzet a fényképezésnél. Ha a csillag képe expozíció alatt mindig a lemez más-más helyére esik, enyhébb esetben életlen képet eredményez, súlyosabb esetben a csillagok képei apró vonalakká torzulnak. Ebből látni, mennyire fontos csillagászati felvételeknél a megbízható órágép használata. A legjobb órágép mozgásában is fellépnek apró szabálytalanságok, vagy rendszeres késés, ill. sietés. Ezek a hibák különösen nagy gyűjtőtávolságok és hosszú expozíciók mellett feltűnőek. Ezért a kép esetleges elmozdulását a felvétel alatt állandóan ellenőrizni kell. Ez oly módon történik, hogy a fényképezendő égitestet, vagy ha ez nagyon halvány, látszó környezetéből egy fényesbbet állítunk be, egy a fotografikus kamarával pontosan párhuzamosan szerelt távcső fonalkeresztjére. Felvétel alatt állandóan ellenőrizzük, hogy a kiszemelt célpont a fonalkereszten marad-e. Ha elmozdul, a finommozgást végző csavarokkal (rendszerint rektaszcenzióban) azonnal utána állítjuk. Ezt a műveletet nevezik a *távcső vezetésének*. A párhuzamosan szerelt mellék távcsövet, mellyel a célponttartást végezzük, *vezető távcsőnek*, a célpontul szolgáló csillagot pedig *vezető csillagnak* nevezzük. A felvétel vezetése teszi ki fotografikus észleléseknél a kupolában végzett „kísérleti” csillagászati munka kb. 90%-át. Meg kell jegyezni, hogy a felvétel vezetésére nem célszerű az ámúgy is meglevő kereső távcsövet felhasználni, mert ennek nagyítása kicsiny lévén, a felvétel kis elmozdulásait nem venni benne észre. A felvétel vezetése ezért lehetőleg nagy nagyítás mellett, hosszú

gyűjtőtávolságú lencsével történik. De a vezető távcső fényereje sem hanyagolható el, mert megeshet, hogy oly vidéken kell fotografálnunk, ahol fényesebb csillag nem kerül a látómezőbe és nem tudunk fényes vezető csillagot választani. Ezért a vezető távcsöveket rendszerint nagyméretűekre készítik, melyek a fényképező távcsővel együtt ikertávcsövet képeznek. Pl. a szabadsághegyi intézet legnagyobb észlelő műszerénél, egy 60 cm átmérőjű tükörtávcsőnél, mely jórészt fotografikus megfigyelésekre van beállítva, a felvétel vezetése a hozzá-szerelt, ugyancsak jókora, 30 cm átmérőjű lencsés távcsővel történik. Az ilyen nagy vezető távcsövek persze a felvétel vezetésén kívül egyéb



13. ábra. Sonnerfeld-típusú asztrográf lencse

célokra is alkalmasak, pl. mikrometrikus mérésekre. Egészen nagy (több méteres) tükörteleszkópok esetén nem szokás vezető távcsövet használni, hanem közvetlenül a gyűjtősíkba jutó fényből rekesztenek ki egy szűk nyalábot és az ebben levő vezető csillag képét *vezető mikroszkóppal* tartják célban. A vezető mikroszkóp rendszerint a lemeztartó mellett van elhelyezve. Az égbolt nagy területének rendszeres fényképezésére (pl. novák vagy szupernovák felfedezésére) nagy látómezőjű, kis nagyítású, azaz „rövid” fókusztávolságú automatikus kamarákat használnak. Ezek (néha csoportosan közös óratengelyen) magukra hagyatva vezetés nélkül készítenek többórás felvételeket. A felvétel sikerét pontos óragép biztosítja. Legújabban a felvétel vezetését fotocellára bízzák, oly kapcsolatban, mely az egyenetlen óragépjárásból eredő hibákat önműködően kijavítja.

Fényképezés, mint mérőeszköz

A fényképezés a legritkább esetben szolgál csupán arra, hogy lerögzítse és mintegy mindenki számára hozzáférhetővé tegye a távcsőben látható képet. A fényképező lemez *mérőműszer*, és a csillagász ilyen szempontból értékesíti előnyeit. Mint műszer, a fotolemez részben hosszúság, részben energia mérésére használható. A lemezen lerögzített fénybenyomások egymástól való távolsága az égitestek helyzetét, pozícióját adja meg. Másrészt a lemezen előidézett sötétedés az égitest által kisugárzott energia mennyiségét méri, bizonyos feltételek között. Ezen kétféle mennyiség kiértékelésére rendszerint csak ritkán kerül

egyszerre sor, annak ellenére, hogy pl. egy csillagokat lerögzítő felvételsor egyszerre mutatja a csillagok helyét és fényességét. Egy színkép-felvételen a vonalak *helyzete* a csillaglégkörben jelenlevő elemek minőségét és az égítést látósugármenti sebességét árulja el, a vonalak *sötétedéséből* pedig az okozó elemek mennyiségére, ionizációs potenciájára, hőmérsékletére vagy más fizikai állapotjelzőire következtethetünk. Ezek előrebocsátása után tárgyaljuk a fényképezés előnyeit és eredményeit a különböző égítetek vizsgálatánál.

A Hold

A Földünkhöz legközelebbi égítést, a Hold, már korán⁷ célpontja volt az asztrofotográfiának. BERKOWSKI Königsbergben készítette az első használható Hold-fényképet (1850). A megnagyított kép átmérője 5 cm volt. A múlt század végén készültek a párizsi és Lick-obszervatórium nagy refraktoraival azok a lenyűgöző Hold-felvételek, melyek sok csillagászati könyvben megtalálhatók. A lemezen a Hold-kép átmérője 10—20 cm is lehet, melyről könnyen készíthetünk 2 m átmérőjű nagyítást is. Ezek a felvételek a legapróbb részletekig elének tárják kísérőnk felületét. Ilyen felvételek egy-kettőre elérik azt az eredményt, melyet a múlt század első felében M³DLER és BEER évtizedekre menő fárasszó munkával értek el mozgó távesövön okulár mikrométerrel, aprólékos gonddal határozva meg minden pici kráter pontos helyét. Meg kell adni, hogy a régi, szemmel való megfigyelések alapján rajzolt Hold-térképek szépség és pontosság tekintetében nem maradnak el a modern fényképek mellett. Így tehát a fényképezés a Hold-kutatásban nem sok újat hozott, csak megerősítette a régi eredményeket. Alkalmas azonban a fényképezés a Hold felületén végbemenő változások felfedezésére. Alkalmas nézőkészülékben (sztereokomparator) összehasonlítva két különböző időben készült holdfelvételt, könnyen ki lehetne mutatni változásokat, mint pl. hegyomlást, felületi csuszamlást stb. Ilyen jelentősebb változást azonban még nem észleltek. A Hold felületén mutatkozó egyes elszíneződések objektív megállapítására is fel lehet használni a fényképezést. Ha pl. olyan színszűrőn keresztül fényképezzük a Holdat, mely szigorúan csak valamely színt bocsát keresztül, a lemezen kapott sötétedés az illető színnek a Holdon való előfordulásával arányos. A látható színeken túli tartományokra érzékenyített lemezekkel a Hold ibolyántúli és infravörös visszaverő képességéről kaphatunk felvilágosítást. Ilyen kísérletek kivitelezésére tükrös távesövet célszerű használni, mert nem lép közbe a lencse színi hibája és fényelnyelése.

A Nap

Bolygórendszerünk középpontja, a Nap fényképezésénél a fény túlzott erőssége légkörünk zavaró hatása miatt okoz nehézséget. Itt tehát gyakran alkalmazzák az érzéketlen, de finomszemcsét adó kolloidumot is. Ezzel kényelmes mód nyílik a napfoltok, fáklyák,

granulációk bizonyos segédműszerek közbeiktatása révén a flokkuluszok, protuberanciák állandó megfigyelésére, sőt gyorsított mozgófényképi ábrázolására is. Ezen az úton a napfoltok finomszerkezet-változása nagyon jól megörökíthető.

A bolygók

Igen érdekes a fényképezés szerepe a bolygók kutatásában. Ha bolygókról készült felvételeket szemlélünk, alig titkolhatjuk csalódásunkat. A legszebb felvétel is alig közelíti meg a közvetlen távcsövi



14. ábra.
A Mars fényképe



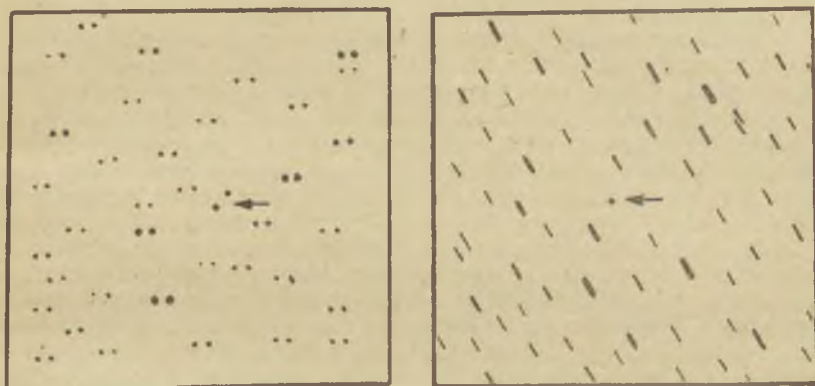
15. ábra. A Marsról 1909
október 14-én készült rajz (Antonijadi)

megfigyelés élményét. A Jupiter a legtöbbször pl. elmosódott szélű, apró korongocska, melyen felismerhetők ugyan a főbb sávok, de minden finomabb részlet nélkül. A Jupiterről készült rajzok ellenben a sáv-szerkezet számos finom rajzát tárják elénk. Úgy látszik, mintha a fényképezés hátrányban volna. Kritikailag vizsgálva azonban a dolgot kérdéses, hogy a rajzokon látható részletek valóban reálisak-e. Bármily kiábrándító is, nem szabad a szép rajzoknak túl nagy tudományos értéket tulajdonítani, sokszor inkább a megfigyelő élénk fantáziájának szüleményei. Feltűnően látni ezt, ha különböző megfigyelők rajzait hasonlítjuk össze. Ezek rendszerint kevéssé hasonlítanak egymáshoz. Fokozottan állnak a Jupiterről elmondottak a Marsra. A múlt század hetvenes éveiben a Marsról közölt feltűnő eredmények erősen az érdeklődés középpontjában állították ezt a bolygót, és különböző megfigyelők nagyon nekieresztették fantáziájukat. Összehasonlítva a különböző Mars-térképeket, azt látjuk, hogy ezek az aprólékos gonddal készített és finom részleteket is feltűntető rajzok keveset hasonlítanak egymásra. A Mars-egyenlítő táján fekvő, háromszög

alakú, Elő-Indiához hasonló folt azonban a legtöbb fényképen is jól látszik. Ennek létezését valóságosnak kell elfogadnunk. Ugyancsak jól mutatják a fényképek a sarkvidéki fehér foltok létezését is. Nagyjában hasonló véleményt mondhatunk a *Vénusz* és *Szturnusz* fényképeiről. A rajzokon látható apróbb részleteket a fényképekkel nehezen lehet igazolni.

Tűrhető bolygófelvételek készítése a csillagászati fotográfia legnehezebb feladatai közé tartozik. 20 méter fókusztávolságú óriás távcső fókuszában a Nap képe 20 cm, a Jupiter közepes állásban vagy a Mars legkedvezőbb esetben kb. 3 milliméteres fókuszképet ad csupán. Ha az így kapott fókuszképeket fényképezőlemezre rögzítjük, majd a szemcsézettség határáig nagyítjuk, 200, ill. 3 centiméteres képeket kapunk. Ezzel elértük a lehető legnagyobb nagyítást, amit jelenlegi fotografikus műszereink megengednek. Ha a megfigyelés nem fotografikus történt volna, a 20 méteres effektív gyűjtőtávolsághoz 2,4 cm-es szemlencsét alkalmazva értük volna el ugyanezt a 840-szeres nagyítást. De ez távról sem a vizuális nagyítás elméleti határa. Rövid, pl. 0,5 cm-es szemlencsét használva, az elméleti, vizuális, lineáris nagyítás 4000-szeres lenne. Ez a nagyítás azonban alig használható, mert a földi légkör a nagyítás gyakorlati határát kb. 800 körül szabja meg. Csak kivételesen lehet 1000 vagy 1200-szoros nagyítást használni. Összehasonlítva látjuk tehát, hogy a nagyítás határa vizuálisan és fotografikusan kb. ugyanaz. Ez azonban csak a világ legnagyobb távcsöveire vonatkozik. Ha egy kétméteres távcsövet tekintünk, a fókuszképet a szemcsézettség határáig nagyítva, csupán 3 milliméteres bolygóképet kapunk, ami csak 84-szeres nagyítást jelent. Fél cm-es szemlencsével azonban könnyen elérhetünk 400-szoros nagyítást. Látnivaló, hogy *a bolygó-fényképezés nem kis vagy közepes távcsöveknek való feladat*, mert a távcső-objektív átmérőtől függő feloldó képessége és a lemez szemcsézettsége gyorsan határt szab a nagyításnak. Bolygófelületi vizsgálatoknál a szemmel való megfigyelés egyszerűbb. Másként áll a helyzet a *kisbolygók* pozíciójának meghatározásánál. A Mars és Jupiter közti ezen apró égitesteket 90 éven át vizuálisan fedezték fel. Ez elvileg oly módon történt, hogy az ekliptika vidékéről pontos csillagtérképeket igyekeztek készíteni. Elképzelhető az a keserves munka, mellyel minden csillag rektaszencióját és deklinációját általában 13 fényrendig pontosan megmérték és térképre rajzolták. Ha azután a megfigyelt fénypontcskák között kisbolygó akadt, azzal árulta el magát, hogy elhagyta a térképen megállapított helyét és odébb vándorolt. Fáradságosan kellett sorba ellenőrizni, hogy a sok tízezer csillag közül melyik változtatja a helyét. 1891-ben WOLF heidelbergi csillagász fényképészeti úton igyekezett a kisbolygókat felfedezni. Eljárása az volt, hogy sorban egy-kétórás felvételeket készített az ekliptika vidékéről. Amennyiben kisbolygó képe került a lemezre, nagy sajátmozgása következtében képe nem esett mindig a lemez ugyanazon pontjára, aminek következtében a kisbolygó képe vonallá torzult és így könnyen megkülönböztethető volt a pontszerű állócsillagoktól. Kítűnt, hogy a kisbolygók felfedezéséért folyó versenyben a hosszú fókuszu távcső-

vek nem előnyösek. Egy 3,5 m gyújtótávolságú refraktorban egy csillag fókuszképének átmérője 3". Ha egy kisbolygó sajátmozgását a lemezen 0,5"-nek vesszük percenként, képe hat perc alatt mozdul el annyit, mint saját képátméreje. Ennél tovább exponálva a bolygó képe a lemezen nem erősödik, mert a fénybehatás lassan a lemez más-más ezüstbromid kristályaira helyeződik át. Hogy mit jelent a fényképezés bevezetése a kisbolygók felfedezése szempontjából, eléggé jellemzi, hogy az évenként felfedezett kisbolygók száma több mint megháromszorozódott, még hozzá éppen a nehezen hozzáférhető, halványabb



16. ábra. A kisbolygók fényképezésének módjai

fényrendtartományban. WOLF módszere, a bolygó képének szét-húzóása helyett VÄISÄLÄ finn kisbolygó kutató 50 cm átmérőjű, 1:2 nyílászóviszonyú tükrével úgy járt el, hogy ugyanazon lemeze két felvételt készített néhány órai szünet közbeiktatásával. A két felvétel közt a lemezt deklinációban kissé elmozdította. A csillagok képei a lemezen mozdulatlanóságuk miatt egymás alá esnek, a kisbolygó képe azonban a sajátmozgás miatt oldalelmozdulást is szenved.

Az üstökösök

szép témái a fényképezésnek. Nagy sajátmozgásuk miatt igen pontos vezetésre van szükség a felvételnél. Célbantartásra természetesen magát az üstökösöt kell felhasználni, ezért látjuk, hogy az üstökös-felvételeken a háttér csillagai apró vonalkák alakjában jelentkeznek. A csóva szerkezetének gyors változásait előnyösen örökíti meg a fényképezés.

Meteorok

megfigyelésére is alkalmas a fényképezőlemez.

Csillagok

Elhagyva a Napbirodalom határát, vizsgáljuk, hogy milyen eredményeket kaphatunk a *Tejútrendszer* csillagainak fényképezésénél. A legközelebbi csillag is csupán pontszerűnek látszik még a legnagyobb távcsőben is. A fényképező lemezen ennek megfelelőleg a csillagokról előhívás után kis fekete pontokat kapunk. Mikroszkóp alatt ezek a pontok apró ezüstszemcsék halmazára bomlanak fel, melyeknek sűrűsége a halmaz középpontjából kifelé folyton csökken. A csillagok helyzetét pontosan megmérhetjük a lemezen s ebből kiszámíthatjuk a koordinátaikat.

A csillagok fényképezésénél elsősorban a lemez fénygyűjtő hatását értékesíthetjük. A lemez a kinttartás alatt gyűjti, összegezi a fénybehatásokat. A fényforrás gyengeségét a benyomások idejének kiterjesztésével egyenlíti ki. Óriási jelentőségű azon körülmény, hogy a fényképezés *tömegmunkát* végez. Egy lemezen százával rögzíthetjük a csillagokat. Ezek helyzetét és fényességét azután laboratóriumban kényelmes íróasztali munkával határozhatjuk meg, és nem kell hideg és sötét kupolában, sokszor a távcső alá kuporodva, máskor létra tetejéről kényelmetlen helyzetben, nyakfacsaró tartásban órákig hajszálfínom méréseket végezni. Bátran mondhatjuk, hogy a Tejút szerkezetének statisztikus felderítését csak az asztrofotográfia tette lehetővé. Sőt a fényképező lemez annyi csillagot örökít meg, hogy azok teljes számbavetele és kimérése egyenesen lehetetlen. Ezért csupán az égbolt egyes szisztematikusan kiválasztott területein (206 KAPTEYN-féle válogatott területek = Selected Areas) lefényképezett sok tízezernyi csillag adatait mérték ki. Ez is óriási munka, s a csillagok nagy száma miatt sok szempontból tökéletesen elegendő. Egy 40 cm átmérőjű, 2 méter gyűjtőtávolságú, SONNEFELD-rendszerű (nyílásviszony 1:5) négyes lencse, 2—3 órai exponálással rögzíti le a 18-ad rendű csillagokat. 18-ad rendű csillagokból az ég egy négyzetfoknyi területére mintegy 10 000 darab esik. A SONNEFELD-lencse egy négyzetfoknyi területet ezer négyzetmilliméterre képez le. Tehát egy négyzetmilliméterre 10 csillag fog jutni. Tekintetbe véve, hogy a csillagképek átmérője 50 és 250 μ közt váltakozik, számos átfedéssel kell számolnunk, mely a kiértékelést lehetetlenné teszi. Ugyanakkor egy 60 cm átmérőjű, 10 m gyűjtőtávolságú, régi, kétlencsés távcső, mely csak 1 : 16 nyílásviszonyú, egy óra alatt rögzíti le a 18-ad rendű csillagokat. Ezen régi típusú távcső látómezejében egy négyzetfoknak 30 000 négyzetmilliméter felület felel meg, azaz három négyzetmilliméterre esik egy csillag. Ekkor már nincs átfedési veszély, és ezen halvány csillagok megszámlálása is zavar nélkül lehetségessé válik. Sőt, mivel a nyílásviszony kisebb, az égbolt alapfényességének zavaró hatása is kevésbé érvényesül.

A fényképező lemez nagymértékben szorítja ki a távcső szemlencséjére szerelt pozíciós mikrométert. A lemezen levő feketedési pontokat mérőmikroszkóppal kényelmesen és nagy pontossággal mérhetjük ki. Hogy a mérés viszonylagos hibája kicsiny legyen, hosszú gyűjtőtávolságot

ságú lencsét kell használni. A lenese a finom mérésekre jobban megfelel, mint a tükör, mert azonos látómező mellett pontszerűbb képeket létesít. A mérést rengeteg rendszeres műszerhiba terheli, melyek közül csak azt említjük meg, hogy figyelembe kell venni a fotoemulzió zselatinrétegének torzulását, melyet a hívó és rögzítő fürdőkben szenved (ROSS-effektus). A fényképezés előnye itt is a kényelmes tömegmunkában van. Pontosság tekintetében kb. egyenlő a szemmel való mérésekkel. Ma már fotografikusan történik a parallaxis meghatározás és sajátmozgás mérés.

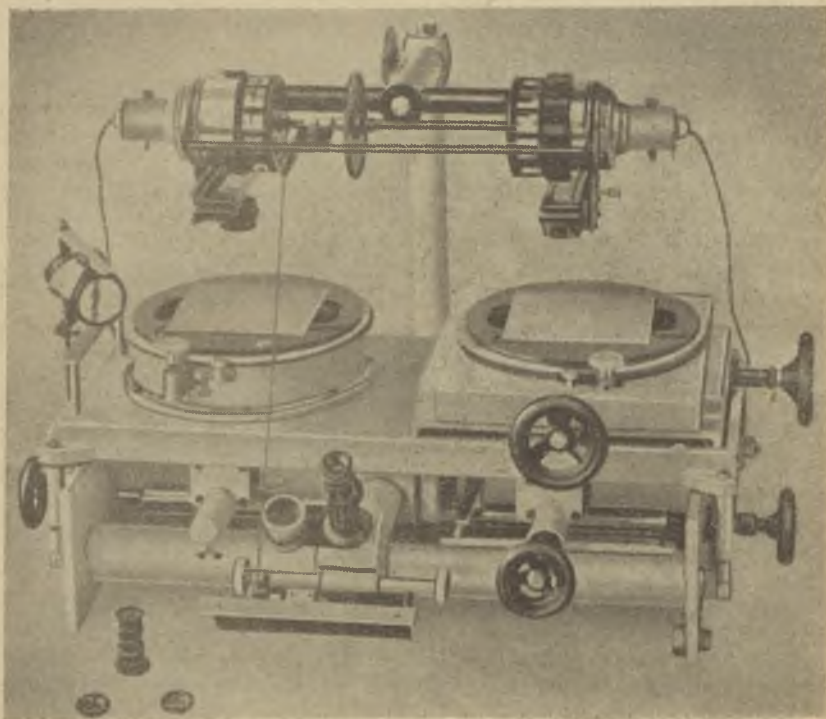
A *parallaktikus távolságmeghatározás* (az ún. évi parallaxis), mint ismeretes, azon alapszik, hogy a Föld évi keringése következtében, a mintegy 100 fényév távolságon belül levő csillagok egy év alatt látszólag egy kis ellipszist írnak le az égboltozaton. Ezt a kis, ún. parallaktikus mozgást a meghatározandó csillag környezetében levő távolibb csillagok helyzetéhez képest való viszonylagos elmozdulásból vezethetjük le. Igen egyszerűen történik ez fényképfelvételen, amikor a csillag helyzetét könnyen kimérjük mérőmikroszkóp segítségével oly csillagokhoz képest, melyek parallaktikus mozgása mérhetetlenül kicsi.

Ha az ég azonos területéről különböző időben készült felvételt összehasonlítunk, a két felvétel általában semmiben sem tér el egymástól. Ha azonban a lefényképezett csillagok közül valamelyik a két felvétel közti időben elmozdult vagy fényességét változtatta, kitűnik a többi közül. A két lemezt oly nézőkészülékbe helyezzük, melynek látóterébe egy forgókorong hol az egyik, hogy a másik lemez képét engedi. A nagy sajátmozgású csillagok rezegni látszanak, a *változócsillagok* pedig lüktetéssel árulják el magukat. Ez a berendezés, a *blink-komparátor*, lehetővé teszi többszáz csillag gyors felülvizsgálását.

Erdekessége miatt említjük meg a csillag-pozíciók fényképezésének egy különleges alkalmazását. Az általános relativitás elmélet egyik kísérleti igazolása a Nap gravitációs terében való fényelhajlás. Ennek mérésére meg kell határozni egy pár csillag látszó helyzetének változását, mikor a Nap közöttük látszik. Erre természetesen csak a teljes napfogyatkozás néhány percét lehet felhasználni, különben a Nap fénye láthatatlanná teszi a csillagokat. Ezen rövid idő alatt azonban nincs idő ilyen kényes, nagypontosságú méréssorozat elvégzési. Egy 12,7 cm átmérőjű lencse azonban általában két perc alatt 10 fényrendig rögzíti le a csillagokat. Négy hónap múlva a csillagokat újból lefényképezik, de most már fényük nem haladván el a Nap gravitációs terén, eredeti helyükön látszanak. A két lemezen lemért látszó helyváltozás igazolja a relativitás elméletét. A várható effektus rendkívül kicsi és a zselatinréteg torzulásának nagyságrendjét alig múlja felül, de 1919-től kezdve a sorozatos teljes napfogyatkozások alkalmával meg-ejtett mérések, egyre fokozódó pontossággal megadták a várt eredményt. Fényképezés nélkül ez a mérés aligha lett volna végrehajtható.

Fontos szerep jut a fényképezésnek a Tejút határán levő *gömbhalmazok* kutatásánál. Vizuális megfigyelésnél a csillagok megszámlálása

és fényrendjük meghatározása igen nehezen történhet. *Halmazfelvételeken végzett csillagszámlálásokból* vontak következtetést a csillagok eloszlására a halmazon belül. Érdekes megemlíteni, hogy az expozíciós időnek milyen nagy befolyása van a felvétel kiértékelhetőségére. Ha ugyanis sokáig exponálunk, a halmaz közepén a csillagsűrűség oly



17. ábra. Blink-komparátor

nagy lesz, hogy a csillagok képei összefolynak és számlálást nem végezhetünk. Az expozíciós idő rövidítésével pedig a halványabb csillagok fokozatosan kivonják magukat a megfigyelés alól.

A csillagok közli tér vizsgálatánál a fényképezés úttörő jelentőségű. Már a Tejút első felvételein, melyeket WOLF eszközölt a heidelbergi csillagdán, jól látható, hogy a Tejút csillagai közt nagykiterjedésű világító és sötét fényelnyelő felhők húzódnak. Ilyen csillag közti anyag regisztrálása szemmel való megfigyeléssel alig volna lehetséges. A lemez pontosan rögzíti a halvány csillagok számának csökkenését a Tejút elnyelő részei felé. A nagy távcsövekben is alig sejthető világító ködöket, mint pl. a Pleiadok halmazában levőt már aránylag kis lensével

könnyen lefényképezhetjük. Hasonlóképpen a bolygószerű ködfoltok közepén levő magas hőmérsékletű kék csillagok felfedezésére is igen alkalmas volt a fényképezés.

A Tejúton kívüli csillagrendszerek, *extragalaktikák* kutatása csak szintén fotografikus úton indulhatott meg nagyobb intenzitással. Rendkívül érdekes összehasonlítani régi megfigyelők rajzait a fényképekkel. A Pegazusban levő egyik horgas spirális rajzát összehasonlítva láthatjuk, hogy TEMPEL, J. HERSCHEL, D'ARREST és ROSSE rajzai egymásközt sem hasonlítanak túlságosan. A köd spirális szerkezetének nyomait csak ROSSE tünteti fel, de az ő rajza is távol áll a fényképen megörökített valóságos alaktól. A fényképezés az extragalaktikák oly nagy számát tárta fel, hogy statisztikus vizsgálatokra is elegendő. Sőt a legnagyobb távcsövek, hosszú expozíció mellett több extragalaktikát rögzítenek le, mint Tejúthoz tartozó csillagot.

*

A fényképezőlemez a csillagászatban nemcsak hosszúságmérő eszköz, mely a csillagok helyzetét rögzíti le számunkra, hanem energiamérő műszeralkatrész is, mely a csillagok hozzánk érkező sugárzó energiájának fel fogására, jelzésére és kvantitatív mérésére is alkalmas.

Bolometrikus sugárzásmérés

Az asztrofizikában használatos igen sokféle sugárzásmérő műszer két nagy csoportra osztható: Az első csoportba tartozó ún. *bolometrikus műszerek a csillagokról hozzánk érkező össz sugárzást mérik*, vagyis a csillagfény valamennyi hullámhosszát azonos mértékben értékesítik. Ilyen össz sugárzást felfogó anyagok a fekete testek, pl. a korom. Ezek minden rájuk eső sugárzást elnyelnek és az ebből eredő felmelegedést használjuk fel az össz sugárzás mérésére, ezért ezeket a műszereket *termikus sugárzás-detektoroknak* is nevezik. Ilyen műszer a termoelem, bolométer stb. Igen nagy jelentőségük, hogy abszolút mérésük folytán, a csillag hőmérsékletének, energia-termelésének közvetlen meghatározására alkalmasak. A bolometrikus műszerek azonban igen érzéketlenek. Még a legnagyobb nyílású távcsövek fénygyűjtő erejét felhasználva is csak kevés égitestről tudunk annyi sugárzó energiát felfogni, hogy annak hőhatása mérhető legyen. Egy nyolcadrendű vörös csillag, a 2,5 m-es távcső gyűjtőpontjában csak néhány milliomod fok hőmérsékletemelkedést mutat. A bolometrikus műszerekkel kb. 7—8 fényrendig lehet a csillagokat észlelni.

Fotometrikus sugárzásmérés

Sokkal messzebb tolhatjuk ki a megfigyelés határait, ha a csillagfénynek nem a melegítő hatását használjuk fel észleléskor, hanem a fényvel valamely folyamatot indítunk meg, mely magasfokú erősítés közbeiktatásával sokkal érzékenyebb módon teszi észlelhetővé a fény

jelenlétét. Ilyen sugárzás-detektor pl. az *emberi szem*, melyben a fény bonyolult biokémiai folyamatot indít meg s ennek következtében idegrendszerünk már igen kis fénybenyomásokat azonnal jelez. A szem fényérzékenysége igen magas. A küszöbérzékenység általában 10^{-9} lux megvilágításnál van. Ez csupán 100 fénykvantumot jelent másodpercenként, avagy csillagászati fényrend skálában 8,0 fényrendet. Szerencsés esetben egy fénykvantum beesése egy pálcikára az ideghártyán, már látásérzetet kelt. Mivel az égboltnak mindig van háttér fényessége, a gyakorlatban hat fényrendnél halványabb csillagok nem láthatók. 5 méteres távcső fénygyűjtő erejét igénybe véve, kb. húsz fényrendig láthatunk csillagokat.

Hasonlóan a *fotocellákban* és *fényelemekben* a csillag fénye elektromos áramot indít meg, melyet megfelelő módon felerősítve, a csillag közel áll az emberi szemmel azonos érzékenységgel észlelhető.

Ezen műszereknek azonkívül, hogy a fény bennük másodlagos folyamatot indít meg (idegáram, fényelektromos áram), további közös jellemvonása, hogy *nem érzékenyek egyenletesen az egész színtartományra*, hanem csak egyes, többé-kevésbé szűk szakaszra. Így pl. az emberi szem érzékenysége sötétre adaptálva 510 μ -nál legnagyobb, és érzékenysége a 400 és 800 μ -os hullámtartományon kívül zérus. Hasonlóan a fotocellák érzékenysége a fotokatód anyagától függően szűk hullámsávra korlátozódik. Az összes ilyen szűk hullámhossz érzékenységi sávval rendelkező műszereket, *fotometrikus műszereknek* nevezzük. Természetesen a fotometrikus műszerek a csillag-sugárzásának csak egy szűk részletéről adnak felvilágosítást és így a sugárzasképet meghamisítva közli velünk, de ezzel szemben sok nagyságrenddel érzékenyebb mérést tesznek lehetővé.

Ma még a legfontosabb fotometrikus asztrofizikai mérőmódszer: a fényképezés.

A fényérzékeny réteg

A fényképezés alkalmával a fényérzékeny lemezre jutó fény a lemez zselatin rétegében eloszlott apró (1—2 μ átmérőjű) ezüstbromid kristályokban olyan fotokémiai elváltozást hoz létre, mely elősegít egy kémiai folyamatot, az *előhívást*, melynek következtében az eredetinel egy — tízmilliószor annyi ezüst válik ki, mint amennyi közvetlenül a megvilágításkor képződött. Ez az utólagos kémiai erősítés biztosítja a fényképezés nagy érzékenységét.

A ma használt fényérzékeny réteg zselatinban eloszlott 5—8% jódezüsttel érzékenyített bromezüsthől áll. A zselatinos ezüstbromid réteg (helytelenül megszokott nevén: emulzió) vastagsága 15—20 μ . A fényérzékeny réteg hordozójául a csillagászatban rendszerint üveglemezt használnak, mert ennek alakállósága sokkal megbízhatóbb, mint a zsugorodás, deformálódással szemben kevésbé ellenálló celluloid filmszalag. Az üveglemez, bár törekeny és nagy súlyú, sokkal tartósabban őrzi meg a felvételeket, mint a film. A rétegben levő ezüstbromid

kristályok lapos lemez alakúak, átmérőjük 1 és 2 μ közt váltakozik, vastagságuk 0,1 μ körül van. A szemcsék egymástól való távolsága kb. a szemcsék átmérőjével azonos. Az egész emulziórétegben mintegy 20—40 kristályréteg helyezkedik el egymás felett. Egy négyzetcentiméter felületre 100 vagy 1000 millió szemese jut, de egy kristályszemcsében még mindig több milliárd ezüstbromid molekula van.

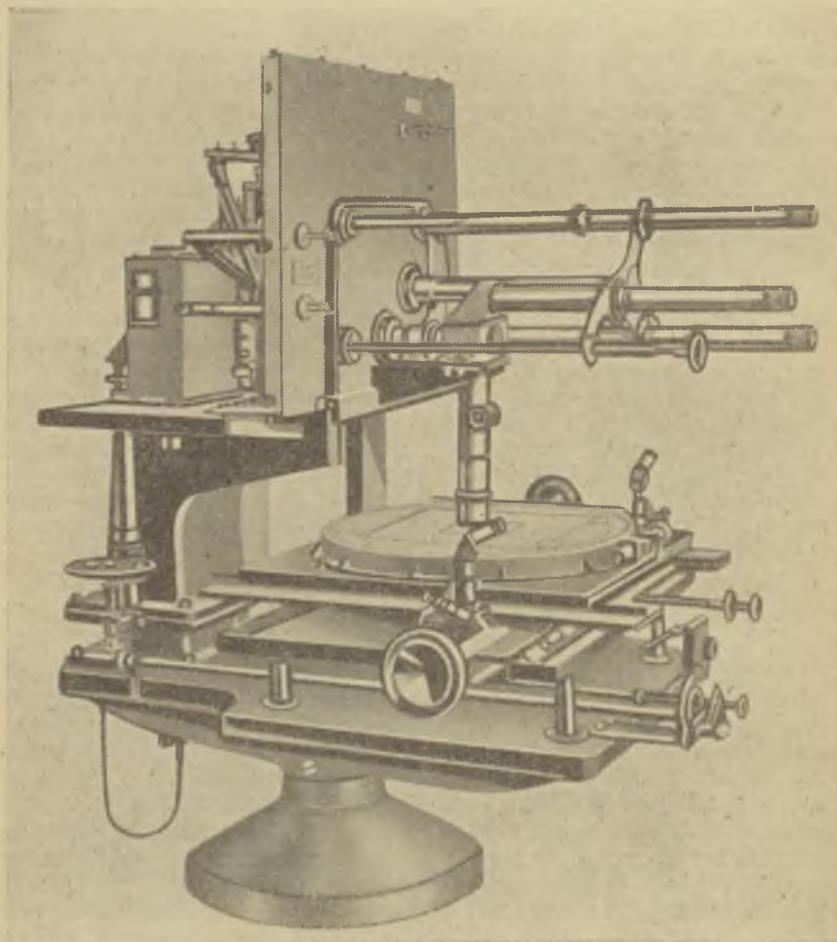
Az emulzió előállításánál különböző mesterfogásokkal igyekeznek a réteg érzékenységét minél magasabbra emelni. Az érzékenyítésnél nagy szerep jut a zselatinnak. Ezenkívül még más vegyszerekkel, különösen festékekkel a rétegbe való adagolásával lehet az érzékenységet megnövelni és kiterjeszteni.

A megvilágításkor az egyes szemcsékben kis, csak elektron mikroszkóppal látható ezüst szemcsék, *előhívási góccok* keletkeznek. Egy előhívási góc kb. 20—50 ezüstatomot tartalmaz. Ezen előhívási góccok segítik elő az előhívás alatt az egész szemcse ezüstté való átalakulását. Ez tehát az ezüst mennyiségének 10—100 milliószoros megnövekedésével jár. A tapasztalat szerint minden olyan szemcse, melyben elegendő nagyságú előhívási góc alakult ki, teljesen előhívódik. Az elégtelen gócot tartalmazó szemcsék nem hívódnak elő. Az előhívhatóság természetesen függ az alkalmazott előhívótól és az előhívás idejétől. Ha ugyanis nagyon soká elnyújtjuk az előhívást a meg nem világított szemcsékből is kiválik az ezüst és a lemez a fény nem érte helyeken is megfeketedik. Az ilyen illetéktelen feketedést a lemez *alapfátyol*-nak nevezzük. Csillagászati szempontból lényeges az alapfátyol minél alacsonyabb értéken való tartása, mert ellenkező esetben a magas alapfátyol elfedi a halványfényű csillagok gyenge nyomait. Előhívásra a csillagászatban fátyolmentesen dolgozó olyan előhívókat használnak, melyek a megvilágított és meg nem világított helyek közti különbséget lehetőleg élénken (kontrasztosan) hozzák ki. Az Agfa-gyár csillagászati lemezeihez az Agfa receptúra 1 és 14 számú előhívóit tanácsolja 4—5, ill. 15—18 perces előhívással.

Csillagászati feketedésmérés

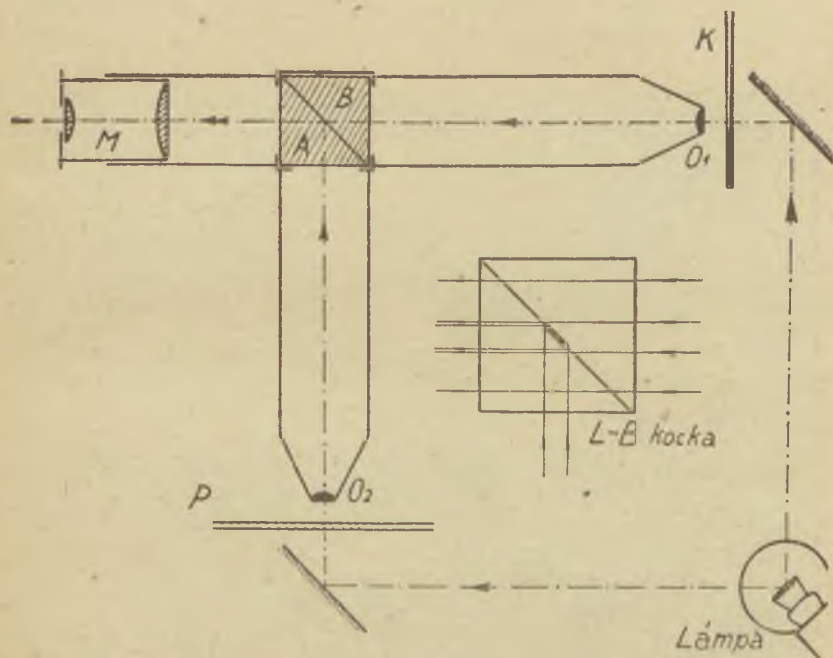
Előhívás után a lemez fényérte helyeken sötétebbnek, feketébbnek látszik, mint egyebütt. Ezért az ezüstkiválás mértékét *feketedésnek* nevezik. A csillagászati lemez feketedése a csillagok helyén mutatkozó apró fekete pontokban mutatkozik. Kiterjedt égitestek, ködök, halmazok, természetesen nagyobb felületen okoznak feketedést. A lemez mérésére külön műszerek szolgálnak, melyek képesek a lemez néhány tíz négyzetmikronnyi felületén is pontosan meghatározni a feketedést. Így egészen apró, pontszerű csillagfényképek feketedése is pontosan mérhető. Maga a csillag képe erősebb nagyítás alatt nézve ezüst szemcsék halmazából áll oly módon, hogy a kép középpontjában legnagyobb a szemcsesűrűség, a perem felé pedig fokozatosan csökken. A csillag feketedésének mérése nem egészen egyszerű feladat, mert a feketedés a csillagképben (csillagkép alatt most és a továbbiakban, a csillagnak

a fotografikus lemezen okozott nyomát, képét értjük) nem egyenletes. Könnyebb a feketedés mérése, ha a fényérzékeny lemezt nem helyezzük el pontosan a távcső gyújtósíkjában. Ilyenkor a csillagok képe egyenletesebb feketedésű, könnyen mérhető kis koronggá szélesedik. Az extrafokális felvételek nagy hátránya, hogy a csillag képének kiszélesedése következtében a gyújtópontban a fénykoncentráció csökken, azaz erős fényvesztéssel kell számolnunk. Igen gyakran nem is használnak műszert a csillagok okozta feketedés mérésére. Bizonyos



18. ábra. MTA Csillagvizsgáló Intézetének fényelektromos mikrofotométere

gyakorlattal ugyanis a csillag képéből annak fényrendje jól becsülhető. Különösen, ha a felvételen ismert fényességű csillagok képe is rajta van, ilyenkor elegendő az ismeretlen csillagot ezek valamelyikéhez hasonlítani. A mérés ilyenkor nagyjából úgy történik, mint ahogy a változó csillagok vizuális megfigyelésénél járnak el. (ARGELANDER-módszer.) Statisztikai vizsgálatnál, amikor egy lemezen több ezer, sőt tízezer csillag is van regisztrálva, nincs is mód valamennyi csillag képét a fotométerben beállítani, ilyenkor csak szubjektív becslésre vagyunk utalva.



19. ábra. Hartmann-féle mikrofotométer. Jobboldalt a Lummer-Brodhun-féle kocka

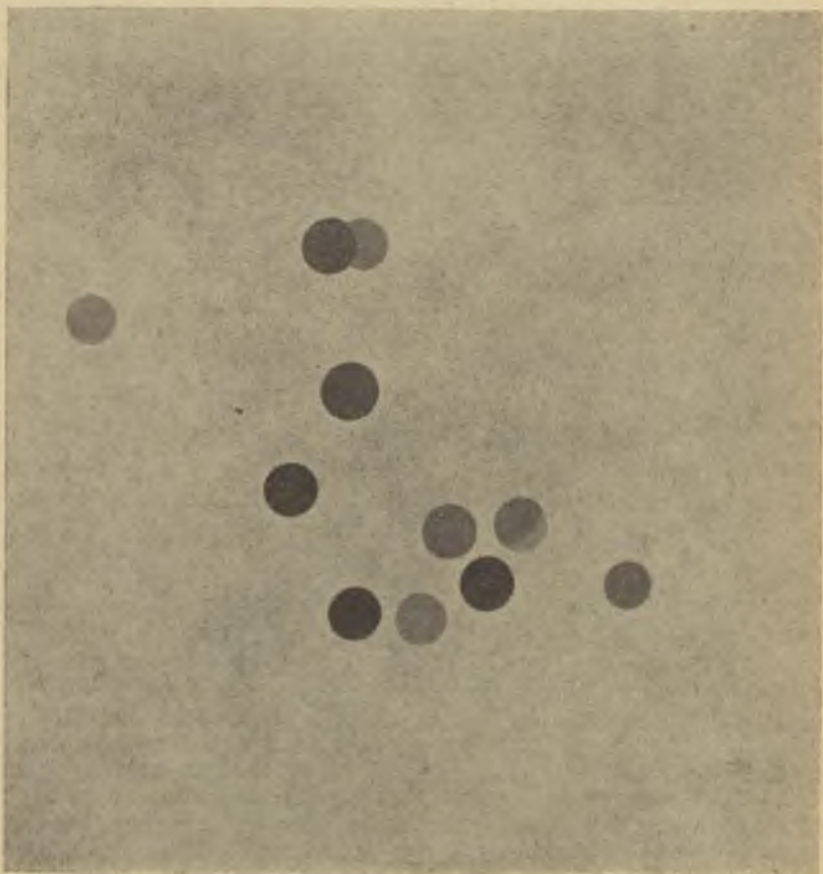
Fotografikus fotometria

Igen lényeges kérdés, hogyan kell a felvételtől a csillagok fényrendjét megállapítani. Hogy erre a kérdésre választ adhassunk, ismerünk kell azt a törvényszerűséget, mely szerint a lemezen előírató feketedés a rásugárzott fénnel összefüggésben áll. Ez az összefüggés matematikailag nem ismeretes, ezért helyette grafikonban adjuk meg, hogy a különböző megvilágításokra milyen sötétedések keletkeznek. Az ilyen, ún. *feketedési görbénél* a vízszintes tengelyen a megvilágítás logaritmususa van felmérve, a függőleges tengelyen pedig a feketedés. Megvilágítás alatt a megvilágító fény intenzitásának luxban mért

mennyiséget értjük szorozva a megvilágítási idő másodpercekben mért hosszával. A megvilágítás mértékegysége ezért lux · sekundum. Képletben kifejezve: $E = I \cdot t$.

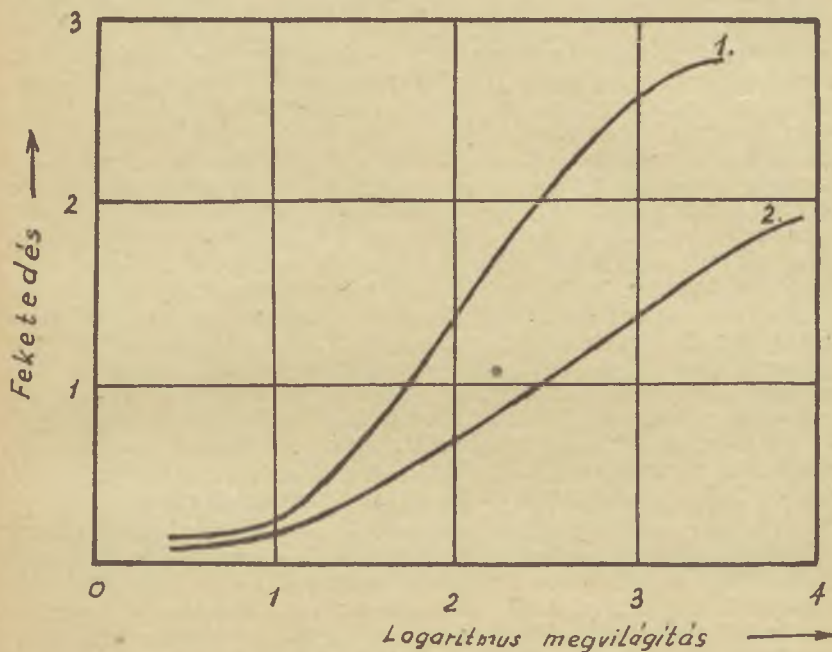
Amint a görbéből látható, annak csak középső szakasza egyenes s így csak itt van arányosság a megvilágítás és a feketedés között. Mérési célokra is csak az egyenes szakaszt célszerű használni, ezért a csillagászati fényérzékeny rétegeket úgy készítik el, hogy lehetőleg hosszú, egyenes szakasz adódjon.

Természetesen fontos az is, hogy a lemez minél kisebb fénymenyiségekre mutasson feketedést, mert így azonos expozíciós idő mellett halványabb csillagok fényképezhetők. A fototechnikában a negatív



20. ábra. Extrafokális felvétel a Plejadokról

fotoanyagok fényérzékenységét általában DIN fokokban adják meg. A csillagászati anyagok érzékenysége 15/10 és 19/10 DIN fok között szokott lenni, tehát a közepes érzékenységű negatív anyagokéval azonos. Egy 18/10 DIN érzékenységű fotoanyagnál egyébként $4,4 \cdot 10^{-3}$ luxsec megvilágításra van szükség, hogy a negatívon már másolható feketedést okozzon.



21. ábra. Agfa Astro lemez feketedési görbéje. 1. előhívás Agfa 1 hívóban 4 percig;
2. előhívás Agfa 14 hívóban 15 percig

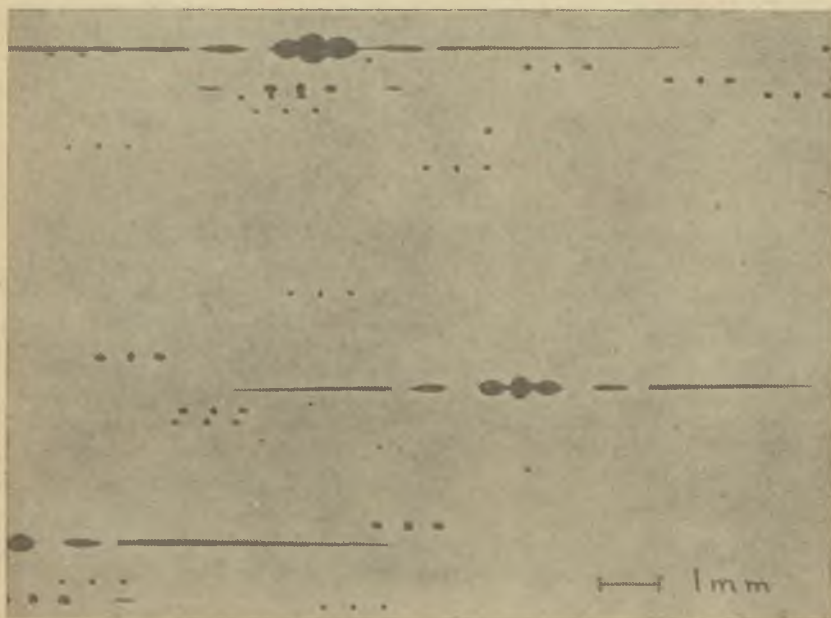
Összehasonlító feketedések felvétele

Mint ismeretes, a fényrendskála POGSON-féle definíciójából következik, hogy két szomszédos fényrendű csillag közül az alacsonyabb számmal jellemzett 2,5-szer fényesebb, mint a magasabb. Tehát egy négy fényrendű csillag 2,5-szer fényesebb, mint egy ötös. Ebből az következik, hogy a feketedési görbe egyenes szakaszán minden 2,5-szer fényesebb csillag dupla feketedést fog okozni. Ennek az összefüggésnek segítségével, egyazon expozíció esetében, a feketedési görbe egyenes szakaszának megfelelő megvilágítás-tartományban minden csillag fényrendje meghatározható, ha egyet ismerünk, vagy önkényesen egységnek választunk. De honnan tudjuk egy adott felvételnél, hogy a rákerülő csillagok fénye a feketedési görbe mely sza-

kaszára esik? A felmerülő nehézségeket csak úgy kerülhetjük meg, hogy a felvételre mindig beállítunk olyan csillagokat is, melyeknek fényrendjét már ismerjük. Ezek feketedéseit meghatározzuk és a fényrend függvényében grafikusán ábrázoljuk. Ha az ismeretlen csillag fényrendje ezen összehasonlító csillagok fényrendje közé esik, interpolációval meghatározhatjuk a fényességét. Kb. nyolc fényrendig minden csillag fotografikus fényrendje ismeretes, tehát a fényesebb csillagok esetén mindig találunk alkalmas összehasonlító csillagokat. Ha a vizsgálandó csillag környezetében nincs olyan csillag, mely összehasonlításra alkalmas volna, ugyanarra a lemezre még egy felvételt készítenek olyan vidékről, melyben sok ismert fényességű csillag található. Ilyen pl. a Fiastyúk halmaza (Plejádok) 420 csillaggal, vagy az északi sark körül pontosan meghatározott 329 csillag. A sark körül húsz fényrendig vannak a csillagfényességek igen nagy pontossággal meghatározva (*North Polar Sequence*). Ezek a sarkköri csillagok képezik nemzetközi fényrendskálánk alapját. Ha tehát az ismeretlen csillagot ábrázoló felvételre egy másik felvételt készítünk a sarkvidékről is, egészen biztosan találunk összehasonlító csillagokat húsz fényrendig. Ezen sarkköri fényrend-adatok katalogizálva vannak és könnyen kikereshetők. Azért választották alapul a sark körüli csillagokat, mert ezek magassága adott csillagvizsgáló részére keveset változik és így az extinkció-különbségeket nem kell figyelembe venni. A sark körüli csillagok felhasználását összehasonlítóként *pólusávitelnek* nevezik. Összehasonlító csillagok találhatóak még az égbolt egyes kiválasztott területein, az ún. *Selected Aredkban*, melyekben húsz fényrendig igen nagy pontossággal vannak meghatározva a csillagok adatai.

Ha csak egy ismert fényesebb csillag áll rendelkezésre, az ismert csillag adott lépték szerint gyengített képeit képezzük le és ezek közé hasonlítjuk az ismeretlen fényességű csillagot. Adott fénygyengítési felvételek készítésére több módszerünk van. Fényesebb csillagok esetén alkalmazható eljárás, hogy a távcső lencséjét szűkítjük s a különböző nyílások mellett készített felvételek között a lemeztartó kazettát kissé eltoljuk; ekkor minden csillagról különböző erősségű képsorozatot kapunk. A hozzájuk tartozó fényességek a távcső átmérőjének négyzetével arányosak. Ezen módszerek hátránya, hogy a különböző távcsőnyílásokkal végzett felvételesorozat, elég hosszú időt vesz igénybe s ezalatt az ég beborulhat, vagy a csillag napi mozgása folytán magassága megváltozik s más légköri elnyelés (extinkció) lesz érvényes. A távcső nyílásának szűkítése helyett eljárhatunk úgy is, hogy a távcső nyílását semleges szűrőkkel fedjük le. Legelőnyösebb az *objektív rácsok* használata. Ilyenkor a távcső nyílása elé vékony drótból vagy gumifonalakból álló rácsot helyezünk. Fényelhajlás következtében most a gyújtósíkban a csillagkép mellett jobb- és baloldalon mellékképek jelennek meg, melyek intenzitása csupán a rács méreteitől függ. (Alkalmasan méretezett ilyen objektív rácsnál még csak olyan rövid színek keletkeznek, melynek zavaró hatása elhanyagolható.) Elméletileg kiszámítható, hogy a különböző rendű elhajlási képek hány fényrenddel gyengébbek, mint a középponti kép és így minden

csillagról egy sorozat, adott mértékben gyengített intenzitással készített felvételt kaptunk. Ez a HERTZSPRUNG-tól eredő módszer csak egy felvételt igényel.



22. ábra. Felvétel objektív-rácscsal a Fiastyúk egy részéről

Schwarzschild effektus

Az eddig tárgyalt esetekben az összes felvételek azonos megvilágítási idővel történtek. A fényképezés főelőnye azonban abban rejlik, hogy megnyújtott megvilágítási idővel *összegezi a gyenge fényhatásokat*, melyek különben ugyanabban a távcsőben szemünkre hatástalanok lennének. A fotokémia BUNSEN—ROSCOE-féle (1862) alaptörvénye szerint, azonos megvilágítás mennyiségek, vagyis intenzitás és megvilágítási idő szorzatok azonos feketedést okoznak. Ez szavakban annyit jelent, hogy ugyanazt a feketedést kell várunk, ha halványabb csillagot hosszabb ideig fényképezünk, mintha fényesebb csillagot rövidebb ideig. Szakszerűen úgy mondjuk, hogy a lemez a megvilágító intenzitásnak az idő szerinti integrálját értékesíti.

$$E = \int_0^T I(t) dt,$$
 ahol T a megvilágítás tartama. Ha a BUNSEN—

ROSCOE-törvény fenntartás nélkül igaz lenne, minden 2,5-szer hosszabb megvilágítási idő egy fényrenddel halványabb csillagokat tenne láthatóvá. Ez azonban nem igaz. Mint SCHEINER, híres Potsdami asztrofizikus már 1889-ben megfigyelte 2,5-szeres megvilágítási időhosszabbítás, csak 0,75 fényrenddel halványabb csillagokat tett láthatóvá. A dupla fényrend-nyereséghez háromszoros megvilágítás volt szükséges. Ezzel a feltűnő effektussal később K. SCHWARZSCHILD asztrofizikus foglalkozott részletesen. Kimutatta, hogy a csillagászati felvételeknél a fény mennyiség kifejezésében az intenzitás és megvilágítási idő szorzatában a megvilágítási időt kb. a 0,85-ik hatványon kell szerepeltetni, hogy helyes eredményeket kapjunk.)

$$E = I \cdot t^p$$

ahol a p az ún. *Schwarzschild-féle kitevő*, melynek számértéke a használt lemezfajtától és előhívástól függ, általában 0,8 és 0,9 között van. Ez szavakban kifejezve azt jelenti, hogy halvány csillagok fényképezésénél mindig aránylag többet kell exponálni, vagyis, hogy a fényérzékeny réteg annál kevésbé hasznosítja a rásugárzó összenergia mennyiségét, minél jobban megnyújtjuk a megvilágítás idejét. Ez az elméleti fotográfiában is nagyjelentőségű ún. SCHWARZSCHILD-effektus éppen az asztrofizikából került a fotofizika eredményei közé. A SCHWARZSCHILD-effektus következtében különböző hosszú megvilágításokkal készített csillagászati felvételek általában nem hasonlíthatók össze.

A fotografikus fotometria alaptétele

A fotografikus fényességmérés (fotometria) ezért mindig nagy körütekintést igényel. Alaptételként itt is a helyettesítési szabály használható, mely szerint két csillag fényessége csak akkor egyenlő, ha ugyanazon sugárösszetételt bocsátja ki és ugyanazon lemezen, ugyanazon ideig megvilágítva, ugyanazon körülmények közt végezve az előhívást, ugyanazt a feketedést kapjuk. Ez a tétel megegyezik a vizuális fotometria alapszabályával, mely szerint szemünk is csak fényforrások egyenlőségét képes megállapítani, de fényesség viszonyaik arányát nem.

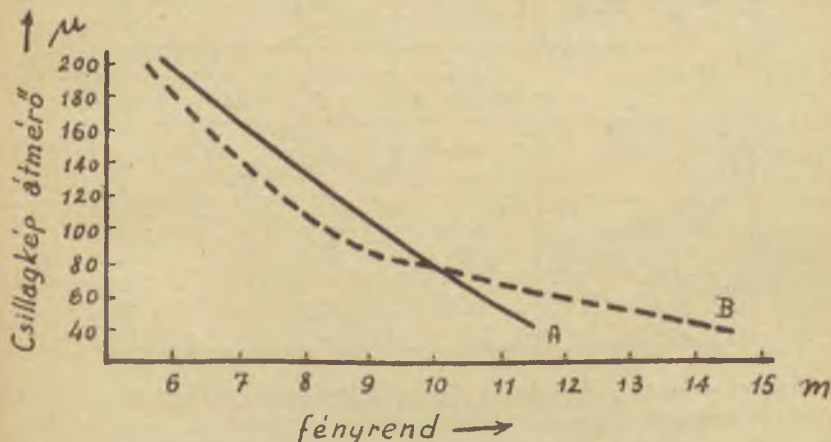
Fényesség megállapítás a csillagkép átmérőjéből

A feketedés mérésen kívül más módszerek is szolgálnak arra, hogy a felvételtől a csillag fényességét megállapíthassuk. E célra felhasználhatjuk azt a jelenséget, hogy a csillag fényképének átmérője arányos a fényrenddel. Bár a csillag valódi képe a legnagyobb távcsőben is mérhetetlenül kicsi, mégis fényképezésnél a csillagképek kisebb-nagyobb elmosódott szélű fekete korongokként jelentkeznek. Ez a kép kiszélesedés egyrészt a fény hullám természetéből következik, amenny-

nyiben a gyújtópontban a csillag pontszerű képe körül elhajlási gyűrűk lépnek fel. Ezen elhajlási gyűrűk átmérője arányos a távcső gyújtótávolságával és a fény hullámhosszával, fordítva arányos a távcső átmérőjével. $d = c \cdot \lambda \cdot f/D$, ahol c arányossági tényező, λ a fény hullámhossza, f a távcső gyújtótávolsága és a D átmérője. Vizuális megfigyelésnél a csekély fényességű interferencia gyűrűk nem láthatók, de a fényképezés ezek fényhatásait is összegezi és ezért a csillag körül kis korong keletkezik. Továbbá a légkör fénytörése sem mindig azonos, hanem állandó, apró ingadozásoknak van kitéve. Ennek következtében a távcsőben a csillag képe nem mindig esik ugyanarra a helyre, hanem átlagos helyzete körül kissé rezeg. Ezzel egyidejűleg a csillag fénye időnként erősödik, majd gyengül (felfúvódik, összeszűkül). Ezen légköri jelenségeket *sztincilláció* név alatt foglaljuk össze. A sztincilláció következtében a csillag képe mintegy szétkenődik a középponti helyzete körül. Ezeket a kóbor fényhatásokat a fényérzékeny lemez összegezi, vagyis a csillag pontszerű képét elmosódott folttá oszlatja szét. A tapasztalat szerint mindezen képkiszélesítő hatások arányban vannak a csillag fényességével. Ennek az arányosságnak kifejezésére több formulát vezettek be. Ezek közül igen jó közelítést ad a SCHEINER-féle formula, mely szerint a csillagkép átmérője arányos a csillag fényintenzitásának logaritmusával.

$$d = a + b \cdot \log I,$$

ahol d a csillagkép átmérője mikronban véve, I a fény intenzitása, a és b , pedig állandók. Ha az intenzitást fényrendre számítjuk át, az adódik, hogy a fényrend és csillagkép átmérője arányosak. A valóságban az összefüggés kissé bonyolultabb, mint azt az ábra mutatja.



23. ábra. A csillagkép átmérőjének változása a fényrenddel
 A Pankromatikus anyag sárga szűrővel
 B₂ színezékennyítetlen lemez

Bizonyos meteorológiai viszonyok mellett a csillagképek annyira kiszélesednek, hogy fotometrikus kiértékelésük lehetetlenné válik. A zavaró körülményeket egybevetve kimondhatjuk, hogy a csillagkép átmérőjéből való fényrend meghatározásra szintén érvényes a fotometria helyettesítési alapszabálya.

A fotografikus fotometria kritikája és határérzékenysége

Ha az összes zavaró jelenségeket figyelembe vesszük, a fotografikus fényesség meghatározás bizonytalansága néhány század fényrend. Ez alig valamivel jobb, mint a szemmel való megfigyeléseké. Tekintettel az előhívás és a lemez kimérés hosszadalmas műveleteire, egyes csillagok esetén a fotográfia a vizuális megfigyelésekkel szemben nem jelent nagy munkamegtakarítást, sem jelentős pontosság-növekedést, csak bizonyos kényelmi előnyöket, amennyiben a mérést nem kell a szellős kupolában elvégezni, hanem a kényelmes laboratóriumban. A fényképezés főelőnye itt is tömegmunka jellegében van. Ha igen nagyszámú csillagot kell leképezni és ezek fényrendjét elegendő rátekintéssel becsülni, a fényképezés behozhatatlan előnybe kerül a vizuális megfigyelésekhez képest.

A különböző nyílású távcsövekkel, különböző megvilágítási idő alatt lefényképezhető határfényrendeket az alábbi táblázat mutatja :

Fotografikusan leképezhető fényrendek

	Megvilágítási idő (perc)	10 ^m	30 ^m	100 ^m
Távcsőnyílás	20 cm	14,0 ^m	15,0 ^m	16,0 ^m
	40	15,5	16,5	17,5
	100	17,5	18,5	19,5
	250	19,5	20,5	21,5
	500	21,0	22,5	23,0

Elvileg úgy látszik, mintha a megvilágítási idő elegendő növelésével tetszés szerinti halvány csillagokat lehetne regisztrálni. A valóságban ez nincs így, mert az éjjeli égbolt akkor sem teljesen fekete, ha eltekintünk minden zavaró földi fényforrástól. Az éjjeli égbolt fénye kb. $5 \cdot 10^{-4}$ apostilb nagyságrendű. Egy apostilb felületi fényességgel

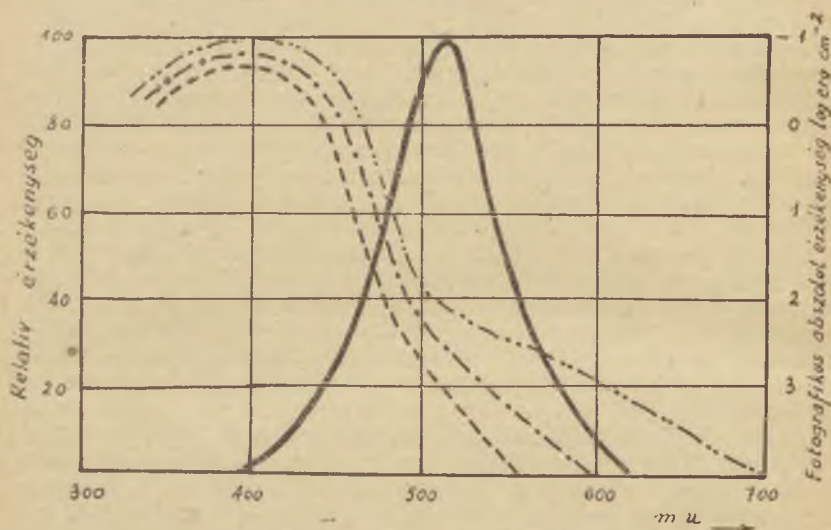
rendelkezik egy felület, melyen 1 lux megvilágítás uralkodik. Egy gyertya fénye egy méter távolságban egy lux megvilágítást ad. A 0,8 fényrendű csillag annyi fényt ad, mint egy gyertya 1 km távolságban. Ez olyan fényesség, mintha az égbolton egyenletesen elosztva, minden négyzetfok területen egy negyedrendű csillag pislogna. Ennek az alapfényességnek 30%-a a Tejútrendszer nem látható csillagaitól, diffúz fényporától és nem látható extragalaktikáktól ered; 10%-a naprendszeri eredetű, főleg állatövi fény; a többi légköri eredetű, szórt fény, rekombinációs sugárzás és meteorok okozta világítás. Mivel a fényképezéshez szükséges, hogy a lerögzítendő tárgy felületi fényessége legalább 10%-kal magasabb legyen, mint a környezet alapfényessége, kiszámítható, hogy kb. 25 fényrend az a határ, melyen túl földi fotografikus módszerekkel semmitképpen sem hatolhatunk. Ez annyit is jelent, hogy az égbolt minden négyzet ívmásodpercenyi felületéről egy 22-ed rendű csillagnak megfelelő fény sugárzik hozzánk. Mivel egy fényképfelvételnél a csillagkép átmérője kb. fél négyzet ívmásodpercenyi, a róla lesugárzó fény közel 23 fényrend. Az alapfényességen felül szükséges 10% fényességtöbbletet még egy 2,5 fényrenddel halványabb csillag éppen biztosítani tudja, tehát kb. 25 fényrend az a legalacsonyabb fényesség, mely még lefotografálható. Ezen a tényen a távcső átmérő nagyobbításával sem segíthetünk, mert a megnövelt átmérő az égbolt alapfényességét is felerősödve gyűjti a lemezre. (Információelméleti kifejezéssel a jel/zaj viszony már tovább nem javítható.) Ezért csillagászati ismereteink további fotografikus kiterjesztését a 25 fényrenden aluli égitestekre, csak a földi légkörön kívüli küllállomásoktól várhatjuk. Összehasonlítva a fényérzékeny réteg érzékenységét, az emberi szemmel a következőt kapjuk. 500 m μ hullámhosszúságú fényből egy magas érzékenységu negatív anyagra a legkedvezőbb körülmények között 0,01 erg/cm² energia szükséges az éppen másolható feketedés kiváltásához. Ez 2,5 · 10⁶ kvantumnak felel meg másodpercenként. Ugyanakkor az emberi szemre a fényérzet fellépéséhez normális körülmények között 5 · 10³ kvantum/cm² szükséges egy másodperc alatt. Ebből kiszámítható, hogy a lemezre száz óráig kellene ugyanolyan fényáramot bocsátani, melyet a szem már érzékel, hogy nyomot kapjunk. Ezért van az, hogy a fényképezés előnyei csak lencsék, vagy tükrök fénygyűjtő erejének igénybevételével használhatók ki.

Még azt is kiszámíthatjuk, hány kvantum szükséges egy szemcse előhívhatóvá tételéhez. Ha egy négyzetcentiméteren 2,5 · 10⁸ szemcse van, akkor egy szemcsére 10 kvantum esik átlagban. A valóságban a szemcsék részben fedik egymást s ezért kb. a fenti érték háromnegyszeresével kell számolni.

A fényérzékeny réteg színérzékenysége

A fényérzékeny réteg, tekintve hogy nem bolometrikus sugárdetektor, nem egyaránt érzékeny minden színre, azaz hullámhosszra. A csillagászati célokra használt emulziók legnagyobb érzékenysége

kb. $425\text{ m}\mu$ -nál van. Ez kb. az a legrövidebb hullámhosszú ibolyaszín, melyre szemünk már éppen érzékeny. A lemez színérzékenysége innen kezdve rohamosan esik és $500\text{ m}\mu$ -nál már csak hatvanad; $600\text{ m}\mu$ -nál pedig már csak ezredrésze a maximumnál vett érzékenységeknek. Ezzel szemben a sötétre adaptált szem érzékenysége maximuma $520\text{ m}\mu$ közelében van.



24. ábra. A pálcika látás és különböző fotoanyagok érzékenységi görbéi

—————	pálcika látás	} érzékenységi görbéi
-----	érzékenytelen emulzió	
- . - . - .	ortokromatikus "	
.....	pankromatikus "	

Ez az érzékenységtartomány kinyújtható a hosszabb hullámok felé, ha a fényérzékeny rétegbe bizonyos színérzékenyítő festékeket kevernek. Azokat a lemezeket, melyek a zöld és sárga színekre is érzékenyek, *ortokromatikus*, azokat, melyek a vörös fényre is érzékenyek, *pankromatikus* anyagoknak nevezzük. Készítenek olyan fényérzékeny rétegeket is, melyek az emberi szemmel nem látható infravörös sugarakra is érzékenyek. Bármennyire terjesszük is ki egy emulzió érzékenységét a hosszabb hullámok felé, kék és ibolya sugarak iránt érzékenysége továbbra is tíz-, százszorosa lesz a többi hullámhosszakhoz képest.

Színindex

PICKERING már a századforduló táján rámutatott arra, hogy a szemmel és fotografikusan meghatározott csillag fényrendek nem egyeznek. Ez nem is csodálatos. Láttuk, hogy a fotografikus lemez csak

a rövid hullámhosszakra érzékeny a hosszúakra pedig nem. Ha pl. egy csillag magas hőmérsékletű, vagyis a WIEN-törvény szerint sok kék sugarat bocsát ki, a fotografus lemezen igen magas fényességűnek fog mutatkozni. Ebből világos, hogy a lemez és a szem nem azonos módon érzékelik a csillagokat. Ez a felfedezés eleinte nagy zavart okozott, de később kiderült, hogy a kétféle módon meghatározott fényrend összehasonlítása igen értékes felvilágosításokat ad a csillag színéről és ezen keresztül a hőmérsékletéről.

SCHWARZSCHILD javaslatára a csillagok *fotográfiai és vizuális* fényrendjének különbségét vezették be, mint a csillag színének jellemzőjét. Ezt a mennyiséget nevezik *színindexnek*. (Szokásos rövidítése a német Farben Indexből: FI.; vagy az angol Color Indexből: CI.)

Színindex = fotográfiai fényrend-vizuális fényrend. Hogy a színindex exakt, matematikai kifejezést megadhassuk, előbb ismernünk kell a fényrend fogalmának pontos fizikai értelmezését.

A fényrend a csillag össz sugárzásának logaritmusával arányos:

$$m = -2,5 \log I + c,$$

ahol I a csillag össz sugárzása és c a skála nullpontját meghatározó állandó. Az I össz sugárzás jelenti a csillag különböző hullámhosszokon kisugárzott energiájának összegét. Ez a csillag bolometrikus fényrendje. A valóságban nem mérhető, mert a földi légkör egyes hullámhosszokat elnyel és a sugárfelfogó műszer sem érzékeny egyaránt minden hullámhosszra. Ezért a csillag energia-eloszlási függvényét, mely, ha a csillagot fekete sugárzónak tekintjük, azonos a PLANCK-féle függvénnyel, meg kell szorozni a légkör elnyelési függvényével $p(\lambda)$ és a sugárfelfogó műszer érzékenységi függvényével $e(\lambda)$. A sugárzás összességét a valamennyi hullámhosszra kiterjedő összegezéssel, integrálással kapjuk meg.

$$m = -2,5 \log \int_0^{\infty} i(\lambda) \cdot p(\lambda) \cdot e(\lambda) d\lambda + c$$

Az integrál kiszámítása helyett eljárhatunk úgy is, hogy a mérést csak egyetlen hullámhosszra vonatkoztatjuk, mégpedig arra, melyen a felfogó műszer a legérzékenyebb. Ha a csillagot fekete sugárzónak tekintjük és a PLANCK-féle sugárzási törvényt alkalmazzuk rá, a fizikai állandók összevonása után a következő fényrend-definiáló egyenletet kapjuk:

$$m_i = c_\lambda - 5 \log R + \frac{K}{\lambda \cdot T} + 5 \log d,$$

ahol R a csillag sugara, d a távolsága, C és K pedig állandók. Ha a legérzékenyebb hullámhossznak vizuális mérések esetén $529 \mu\text{-t}$ és fotografikus megfigyelések esetén $425 \mu\text{-t}$ veszünk a $k(\lambda)$ állandó vizuális esetben $29\,500$, fotografikus esetben pedig $36\,700$ lesz.

A színindex definíciószerűleg a fotografikus és vizuális fényrendek különbsége. Exaktul tehát

$$FI = m_{\text{tot}} - m_{\text{viz}} = -2,5 \log \frac{\int_0^{\infty} i(\lambda) \cdot p(\lambda) \cdot e_1(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} i(\lambda) \cdot p(\lambda) \cdot e_2(\lambda) d\lambda}$$

ahol e_1 és e_2 a fényképező lemez, illetve az emberi szem hullámhosszak szerinti érzékenységi eloszlási függvénye. Ha nem akarjuk az integrált kiszámítani, felhasználhatjuk az előbb bevezetett leghatékonyabb hullámhosszakra vonatkozó fényrend definíciót. Ekkor a színindex:

$$FI = m_{\text{tot}} - m_{\text{viz}} = C_{\text{tot}} - C_{\text{viz}} + \frac{7200}{T}$$

Látjuk, hogy a kivonásnál a csillag távolságát és sugarát képviselő tag kiesett, tehát a színindex nem függ a csillag távolságától és sugarától.

A fotográfiai és vizuális fényrend-skálát úgy igazítjuk össze, hogy megállapodásszerűen a sarkkörüli A_0 típusú, 5,5 és 6,5 fényességű csillagok fotografikus és vizuális fényrendje azonos. Az A_0 típusú csillagok színindexe tehát zérus. Az A_0 -nál korábbi színképosztályokban, tehát a 13 500°-nál forróbb csillagoknál, a színindex negatív; az A_0 utáni hidegebb csillagokban pozitív. A színindex szoros összefüggésben van a színképosztállyal és ezen keresztül az effektív hőmérséklettel.

A színindexből levezethető a csillag hőmérséklete, óriás vagy törpe volta stb. A fősorozat csillagai a G osztálytól kezdve két ágra oszlanak: az óriás- és törpe-ágra. Az óriás csillagok alacsonyabb hőmérsékletűek és ezért színük vörösebb, mint az ugyanazon színképosztályba tartozó törpe csillagoké. Ez a színindexben is kifejezésre jut, amennyiben az óriáscsillagok színindexe közel fél fényrenddel magasabb. A hőmérséklet meghatározása a színindexből a legutóbbi egyenlet alapján történhet. Ha figyelembe vesszük, hogy az A_0 típusú, 13 500° effektív hőmérsékletű csillagok színindexe zérus, az egyenletben szereplő állandók különbségére $C_{\text{tot}} - C_{\text{viz}} = -0,53$ adódik. Ekkor a hőmérséklet a következő egyenletből számítható:

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

A színindex óriási jelentősége, hogy meghatározása egyszerű és gyors, valamint, hogy a leghalványabb csillagoknál is meghatározható. A színindex ilyen módon tulajdonképpen a *színkép pótléka*, de mivel a színkép felvétele a színbontásnál bekövetkező nagy fény-

veszteség miatt (98%) csak a fényes csillagoknál lehetséges, sok esetben a színindex az egyetlen adat, mely a csillagok sugárzásáról tájékoztat. A színindex meghatározása 5 fényrenddel halványabb csillagoknál is lehetséges, mint a színképtípus megállapítása.

A színindex meghatározásához tehát egy vizuális és egy fotografikus fényességmérésre van szükség. Mivel a vizuális fényességmérések fárasztók és lassúak, a vizuális fényrend meghatározását is fotografikusan végzik el. E célra szenzibilizált lemezeket használnak és a távcső elé sárga szűrőt helyeznek, mely a kék sugarakat, melyekre a lemez túlzottan érzékeny, elnyeli. Az érzékenyített fotolemez és a sárgaszűrő együttesen ugyanolyan színérzékenységet biztosítanak, mint amellyel az emberi szem rendelkezik. Ezt a módszert egyébként az amatőr fényképészek is használják, amikor sárga szűrővel szűrik pl. a tájfelvételeknél az ég túlerős kék sugárzását és így a kép összhatását a szemmel való látás árnyalataihoz teszik hasonlóvá. A színérzékenyített lemezzel, sárga szűrővel meghatározott fényrend-skálát, *fotovizuális skálának* nevezik. A színindex meghatározása mármost úgy történik, hogy az illető égrészről két felvételt készítenek: egyet szűrő nélkül kék érzékeny lemezre, a másikat sárga szűrővel színérzékenyített lemezre. Az első felvételtől kapjuk a fotografiai, a másodikból a fotovizuális fényességeket. A két fényrend különbségét minden csillagra nézve meghatározzák és megkapják a vonatkozó színindexeket. Mivel a két felvétel között a levegő átlátszósága megváltozhat, avagy a csillag más magasságba kerül, eljárnak úgy is, hogy két teljesen azonos, párhuzamos ikertávcsővel egyszerre készítik a két felvételt. A színindex-mérés nagyszámú halvány csillagra is könnyen elvégezhető s így pl. fel lehet venni csillaghalmazok minden csillagánál is. Ebből kapjuk a halmazok színindex — látszó fényesség diagramját, mely a HERZSPRUNG—RUSSELL-diagramot pótolja. Halmazoknál ugyanis a H—R diagram nem vehető fel, mert a gyenge halmazcsillagok színképi vizsgálatára legtöbbször nincs mód. Mivel a halmaz csillagai gyakorlatilag egy távolságban levőnek tekinthetők a látszó fényesség arányos az abszolút fényességgel, a színindex pótolja a színképtípust s így a halmazra nézve a H—R-diagrammal egyenértékű összefüggéshez juthatunk.

Egyéb színindexek

A színindex fogalma a vizuális és fotografikus fényesség adatok összehasonlításánál tovább is terjeszthető. Általában színindexnek nevezhetjük a csillag két különböző színérzékenységtől mérőkészülékkel felvett fényrend adatának különbségét. Ha az egyik skála fotografiai, az A_0 típusú csillagok bármely fajta színindexét önkényesen nullának vesszük. Így, színindexek vehetők fel különböző színérzékenységtől fotocellák fényesség méréseiből; különböző színszűrőkön keresztül végzett fényességmérésekből stb. Ezek a mérések néha nagyobb pontossággal hajthatók végre, mint a fotografiai színindex meghatározások, melyeknek legnagyobb hibája a fotografikus fényességmérés

hibájának duplájával azonos, tehát kb. 0,07 fényrend. Ezzel szemben a fényelektromos színindexek hibája csak 0,01.

Bár fotocellákkal pontosabban lehet színindexet mérni, ezek hátránya, hogy a mérés hosszú ideig tart, mert minden egyes csillagot külön be kell állítani a cellára, míg a fényképezésnél egy felvételpáron egyszerre több ezer csillag színindexét kaphatjuk meg. A különböző fotometrikus sugárdetektorok összehasonlítását a 2. táblázatban találjuk.

Különböző fotometrikus sugárdetektorok összehasonlítása

Fényérzékeny rendszer	Fényérzékenység hordozója	Főérzékenységi tartomány	Akko- mo- c i o s i a o s s e c	1 m-es t k rrel elérhető fényrend
Emberi szem	Pálcikák az ideghártyán	510—610	1/10	15
Fotografikus lemez	Ezüstbromid zselatinban	200—650	10 ⁶	19
Kálium cella	Ezüsttel aktivált kálium	380—480	100	10
Cézium cella	Ezüsttel aktivált cézium	600—870	100	10
Fényelem	Szelén	430—650	1/10	5

Asztrospektrográfia

Végül meg kell említeni, hogy nemcsak maguk a csillagok fényképezhetőek le, hanem színekük is. A csillagszínképek fényképezése talán még mindig nagyobb jelentőségű munkakönyvités, mint a csillagfényképezés. A csillagszínképek ugyanis legtöbbször halvány, finom jelenségek s elképzelhető, milyen fáradságos munka ilyen színekben okulármikrométerrel vonalhelyeket kimérni. Fotografikus észlelés esetében a színeképfelvételt mérőszobában, mikroszkóp alá helyezzük és nyugodtan megállapíthatjuk az egyes vonalak helyzetét stb.

Csillagszínképek felvétele úgy történik, hogy a távcsőn az okulár helyére spektrográfot szerelnek. A csillagképet a spektrográf részére állítják be és a színes fonallá széthúzott csillagképet fotografikus lemezen felfogják. Természetes, hogy a fényképezés összes előnyei itt is kitűnő szolgáltatásokat tesznek. Így hosszú megvilágítási idő alatt oly gyenge csillagok vagy ködök színekét is lefényképezhetjük, melyek különben nem is volnának láthatók. Továbbá megfelelőleg érzékeny-

tett lemezekkel a szinképi megfigyelés tartományát szemünk érzékenységi tartományán túl messze az ultraholyába és infravörösbe tolhatjuk ki.

Ha nem kívánunk részletes felvilágosítást kapni egy csillag szinképének szerkezetéről, hanem megelégszünk annyi tájékoztatással, mely a szinképtípus megállapítására elegendő, külön spektrográf nélkül is vehetünk fel csillagszinképet. Ekkor a távcső elé nagyméretű lapos prizmat helyezünk (objektív prizma). A prizma fénybotón hatása következtében most a gyűjtősíkban nem csillagpontok, hanem apró vonalakká széthúzott kis szinképek jelennek meg. Minden csillagról, mely a látómezőben van, egyszerre kaphatunk egy rövid, pár milliméteres szinképet.

Az ilyen objektív prizmás felvételek a mai stellár-statisztikai kutatások elengedhetetlen alapjai. Részletesebb szinkép felvételek csak kb. 13 rendig lehetségesek. A legnagyobb objektív prizmákkal 3—4 órai megvilágítással kb. 15 fényrendig állapíthatjuk meg a csillagok szinképtípusát. Ennél halványabb csillagoknál csak a szinképet pótló színindexet használhatjuk a csillagok sugárzásának jellemzésére.

HERCZEG TIBOR:

MIT TUDUNK AZ ÜSTÖKÖSÖK, KISBOLYGÓK, METEOROK EREDETÉRŐL?*

A Naprendszer kisebb égitestjeinek kozmogóniája aránylag elhanyagolt terület. A nagy kozmogóniai hipotézisek szerzői mind arra törekedtek, hogy megmagyarázzák a bolygórendszer szerkezetét, főbb égitestjeinek főbb tulajdonságait. A nagyszámú, de jelentéktelen tömegű apróbb égitest — az üstökösök, kisbolygók, meteorok, az állat-övi fényt létrehozó részecskék — ezeknek a hipotéziseknek nagyszabású, fejlődési szakmáknak szempontjából igen másodrendű szerepet játszik. Pedig közelebről megvizsgálva a helyzetet, arra a meglepő következtetésre juthatunk, hogy ezeknek az égitesteknek kozmogóniája nem egy tekintetben exaktabb, kevésbé hipotétikus, mint mondjuk a bolygók kialakulásának vizsgálata. Ez ad különös érdekességet az üstökösök, kisbolygók, meteorok keletkezésével és fejlődésével foglalkozó kutatásoknak, ha átfogó célkitűzés és bizonyos nagyvonalúság szempontjából nem is versenyezhetnek a bolygókozmozgóniákkal.

Kérdéses, hogy összekapcsolhatók-e ezek a vizsgálatok a Naprendszer egészének fejlődéstörténetével. Egyesek szerint igen; de ha kiderülne az, ami ma még csak eléggé valószínűnek látszik, hogy ezek az apróbb égitestek mintegy utólag jöttek létre, esetleg egy bolygó „felrobbanása” útján, akkor a „végső konklúziók” szempontjából a szóban forgó kutatások és eredmények nem nagyon hasznosíthatók.

Ha a kiindulás hipotétikus útját választanánk, akkor azt kellene mondanunk, hogy valamennyi idevágó elgondolás két csoportba osztható. Egyes hipotézisek szerint az üstökösök, kisbolygók stb. a bolygókkal együtt keletkeztek, ugyanannak a fejlődési folyamatnak mintegy mellékes eredményei, mely a bolygókat létrehozta. A feltevések másik csoportja úgy tekinti ezeket a kisebb égitesteket, mint valamilyen utólagos folyamat, befogás vagy esetleg katasztrofális folyamat „termékeit”. Az előbbi állásponton van például a SMIDT-féle kozmogóniai hipotézis. Ez, mint ismeretes, az egész bolygórendszert egy kiterjedt meteorfelhő kondenzálódási folyamataira igyekszik

* A budapesti Uránia Csillagvizsgálóban 1955 november 24-én tartott előadás anyaga, néhány újabb adattal kiegészítve.

visszavezetni és az üstökösöket, illetve kisbolygókat úgy tekinti, mint ennek a kondenzálódási folyamatnak csökevényes produktumait. Ugyancsak a Naprendszer keletkezésének általános körülményeire hivatkozik KUIPÉR, aki általában a WEIZSÄCKER-féle kozmogónia alapján áll. Szerinte az egykori „szoláris köd” igen messze kiterjedt és külső részeiből jöttek létre még az egészen távoli üstökösök is. A következőkben azonban éppen ezt az utat, az átfogó hipotézisekből való kiindulást szeretnénk elkerülni. Ezek a hipotézisek nélkülözhetetlenek, ha az egész bolygórendszer keletkezését próbáljuk megmagyarázni — ezúttal azonban inkább induljunk ki néhány tényből.

A legfontosabb adatok, melyeket alapul kell vennünk, a következők:

Mindenekelőtt lássuk a szóban forgó égitestek általános tulajdonságait, mozgásviszonyaikat és fizikai-kémiai struktúrájukat. Naprendszerünkben, a bolygók közti térben, az interplanetáris anyag igen változatos formáit figyelhetjük meg; ennek az anyagnak összes tömegét igen durva becsléssel egy kisebb bolygó tömege körüli értéknek vehetjük, tehát egyáltalában nem elhanyagolható mennyiségnek. Az interplanetáris anyag legfontosabb megjelenési formái:

1. A Napot kifelé gyorsan csökkenő sűrűségű, lencse alakú elektronfelhő veszi körül, mely nagyjából a marspályáig terjed.

2. Az elektronfelhővel együtt porszerű, szilárd részecskék raja is elhelyezkedik a Nap körül; ennek sűrűsége a Nap közelében igen csekély, kifelé egy darabig növekszik, majd újra csökken. E „porfelhő” az ekliptika (azaz a bolygópályák) síkjában koncentrálódik és nagyobb részecskéi minden bizonnyal — méreteiket és szerkezetüket tekintve — folytonos átmenetet mutatnak a meteorok és meteoritek felé. Az 1. és 2. alatti égitestek hozzák létre az állatövi fény jelenségét és a Nap külső, úgynevezett *F*-koronáját.

3. Kisebb-nagyobb szilárd testek keringenek önálló pályákon a Nap körül, mozgásuk során egyesek a Föld légkörébe kerülnek (meteor), sőt elérhetik a Föld felszínét is (meteorit). Számuk trilliókat tehet ki, a legnagyobbak feltehetőleg átmenetet képeznek a kisbolygók felé.

4. A kisbolygók átmérője néhány száz méter és néhány száz kilométer között van; egyelőre úgy látszik, hogy többségük a Mars és a Jupiter pályája között kering, nem különösebben rendellenes pályákon. Összes számuk százezer nagyságrendű lehet, összes tömegük aligha haladja meg a Föld tömegének ezredrészét.

5. A legérdekesebb fajtáját ezeknek az égitesteknek az üstökösök jelentik. Nagy meteorok raja, esetleg csak néhány nagyobb tömb, amelyeket valószínűleg jég cementez össze és amelyekről napközben látványos gázszál, csóva áramlik el. Mozgásviszonyaik igen különbözők lehetnek. Egyik csoportjuk a bolygók terében mozog, a kisbolygókéra némileg emlékeztető pályákon (rövidperiódusú üstökösök), mások igen elnyúlt és „meredek” pályán haladnak, sokszor retrográd irányban és útjuk nagyrészen a Naptól és a bolygóktól igen nagy távolságban vannak (hosszuperiódusú üstökösök). Egy-egy üstökös

tömegét csak becsülni tudjuk ; a legtöbb becslés 10^{14} — 10^{16} g körül van (tehát a Föld tömegének billiomod-százbilliomod része). Az üstökösök száma igen tekintélyes, szerény és óvatos becslések szerint is legalább 100 000 ; közülük évente átlag hatot lehet megfigyelni.

Ezek az égitestek alkotják tehát a bolygóközi diffúzyanyagot. Kozmogóniai szempontból a legrejtélyesebb fajtát az üstökösök jelentik. Valóban, szinte meglepő, hogy mennyire mások, mint a bolygók, CHAMBERLIN joggal beszélt a Nap „két családjáról” (the two Solar Families). A bolygók és üstökösök végletes tulajdonságait két évtizede érdekes táblázatba foglalta össze RUSSELL :

Bolygók	Üstökösök
Tömör, összefüggő, sűrű testek. Tömegük tekintélyes.	Alacsony sűrűségű részecskerajok. Tömegük olyan kicsiny, hogy nem is mérhető a gravitáció alapján.
Gömb alakúak vagy sferoidok, méreteik nem változnak.	Gyakran nagyon szabálytalan formájúak, méreteik erősen változnak.
Visszavert napfényben világítanak.	Nagyrészt sajátfényűek (bár fényük végső soron a Naptól ered).
Pályáik körhöz közelállók. Pályasíkjuk csaknem megegyező.	Pályáik a parabolához közelállók*. Pályasíkjuk minden irányban*, véletlenszerűen oszlanak el.
Mind azonos irányban mozognak (direkt mozgás).	Direkt és retrográd mozgások* csaknem egyforma számmal.

A következőkben a legtöbb gondot éppen az üstökösök eredetének kérdésre fordítjuk ; ezeket a legnehezebb elhelyezni a ma elfogadott általános elképzelések keretében. Mielőtt ennek a problémának nekifognánk, térjünk vissza néhány részletadathoz, az előbbi általános felsorolás kiegészítéséül. Kozmogóniai természetű vizsgálatoknál különösen fontosak az alábbi tények, illetve adatok.

a) Valamennyi megfigyelt üstökös és meteor zárt pályán mozog

Az a felismerés, hogy hiperbolikus pályák nincsenek, a múlt század végén született meg (FAYET) és a jelen század elején, ELIS STRÖMGREN munkájával nyert végleges igazolást. STRÖMGREN kimutatta, hogy csak néhány olyan üstökös van, ahol enyhén hiperbolikus pályát találtak, de itt is, visszafelé számolva az üstökös mozgását, mindig az adódott, hogy a pálya eredetileg ellipszis volt és csak a bolygók perturbáló hatása alakította hiperbolává. Ez az eredmény arra mutat, hogy a jelenlegi adatok szerint valamennyi üstökös,

* Ezek a megállapítások a hosszúperiódusú üstökösökre vonatkoznak.

amelyet csak eddig megfigyeltek, eredetileg a Naprendszer állandó tagjai közé tartozott. Így valószínűtlenné válnak azok a régi spekulációk, hogy az üstökösök, vagy azok jó része intersztelláris „bevándorló” lenne, vagyis az üstökösök befogás útján kerültek volna a Naprendszerbe. Befogás esetén ugyanis a Naprendszer mozgása miatt az üstökösök a Naphoz képest általában hiperbolikus pályán mozognának. Föltételezve például, hogy az intersztelláris anyag úgynevezett normális sebesség-eloszlást mutat $\pm 9,4$ km/mp szórással, VAN WOERKOM számítása szerint legfeljebb egy százalék lehetne a Nap elliptikus üstököseinek számaránya. A megfigyelt gyakoriság annyival magasabb, hogy az intersztelláris eredet hipotézisét feltétlenül el kellett vetni. (Nemrégiben ezt az elgondolást HOYLE módosítva felújította, de az általa proponált változatot sem fogadták el általánosan.) Az utóbbi évek vizsgálatai érdekesen egészítették ki ezt hasonló természetű eredménnyel a meteorok vizsgálata köréből. A meteorok pontosabb megfigyelése, a fényképezés, vagy a radar-technika alkalmazásával azt mutatta, hogy ezek között sincsenek hiperbolikus pályán mozgó, legfeljebb egészen jelentéktelen arányban.

A Föld légkörében megfigyelt meteorok mind aránylag kis excentricitású, aránylag kevésbé elnyúlt pályán mozogtak, pályáik a kisbolygók vagy a rövid periódusú üstökösök pályáira emlékeztetnek. Az üstökösök között azonban igen sok, rendkívül hosszú periódussal és igen elnyúlt pályával találkozunk. Ezeknél a nagyon elnyúlt ellipsziseknél igen nehéz a megfigyelt rövid ívdarabból pontos pályát számítani; a számított pályaelemek azonban feltétlenül helyes nagyságrendűek és azt mutatták, hogy az üstökösöknek egy része szinte hihetetlen méretű pályákon jár. Így az 1914 V. jelzésű üstökös távolsága aféliumban, naptávolban, pályájának legtávolabbi pontjában 2,8 fényév távolságban van a Naptól — ez a távolság négyezerszer nagyobb, mint a Pluto távolsága és már a csillagok távolságával mérhető össze! A keringési idő ennek az óriási pályának megfelelően 24 millió év és az üstökös a naptávol közelében alig tesz meg néhány métert másodpercenként.

b) Az üstökösök rövid életű égitestek

Ilyen nagy távolságra a Naptól az üstökösöt semmiféle lényegesebb „veszély” nem fenyegeti. Azokat az üstökösöket azonban, amelyek lényegesen rövidebb pályán mozogva, útjuk nagy részét a bolygók között, belül teszik meg, részben a bolygók és a Nap árkelő hatása, részben a Nap sugárzása feltétlenül elpusztítja, és pedig aránylag rövid idő alatt. A rövidperiódusú üstökösök tehát végül is széthullanak meteorfelhőkre. Üstökösök felbomlásának folyamatát számos esetben megfigyelték. Ilyen volt 1846-ban a Biela-üstökös kettéválása, a szó betű szerinti értelmében az észlelők szeme láttára. Ugyanezt mutatják a meteoráramok is, amelyek közül sokat sikerült már eddig megfigyelt üstökösökkel kapcsolatba hozni és aligha lehet kétséges, hogy valamennyi meteoráram üstökösrel kapcsolatos. Maga a csóva képződése is

az üstökösök felbomlási folyamatára utal. Vannak, akik az üstökösök élettartamát alig néhány száz évre becsülik; VSZESZVJATSZKIJ megkísérelte, hogy egyes üstökösök fényének csökkentését közvetlenül a megfigyelésekből mutassa ki. Véleménye nincs általánosan elfogadva, a legtöbb csillagász úgy véli, hogy ez a vélt szekuláris fénycsökkenés csupán a különböző méretű műszerek használatából eredő látszólagos effektus. Mindazonáltal egy üstökös élettartama aligha haladhatja meg az ezer keringést, ami annyit jelent, hogy az átlagos rövidperiódusú üstökös élettartama néhányszor tízezer év.

c) A meteoritek kora

További fontos adatot jelenthetne a Földre jutó meteoritek radioaktív úton történő kormeghatározása. A vasmeteoriteknél első-sorban a hélium-módszer, a kőmeteoriteknél főleg a szovjet kutatók által használt argon-módszer adja, százalékosan elfogadható pontossággal a meteorit korát. Nemrégiben azonban kiderült, hogy a radioaktív hélium mellett a kozmikus sugarak hatására is keletkezik hélium a meteoritekben, és ez azzal a következménnyel járt, hogy a vasmeteoritek maximális korát az eddigi 7 milliárd évről, meglehetősen radikális csökkentéssel, kerekén egymilliárd évre kellett leszállítani. A kőmeteoritek kora maximálisan ennek két-háromszorosa.

A minimális korok millió év nagyságrendűek, ennek azonban nem kell különösebb jelentőséget tulajdonítani. A meteoritek Napközei „átkristályosodása” esetén ugyanis azt várhatjuk, hogy a beléjük zárt hélium egy része elillan. Mindenesetre érdekes, hogy a maximális korok egyenlő nagyságrendűek, de inkább kisebbek, mint a földkéreg kora.

Érdemes megemlíteni még egy figyelemre méltó adatot. SCHWINNER becslése szerint az eddig munka alá vett szénbányákban legalább ötszáz meteoritet kellett volna találni. Ezzel szemben még egyet sem sikerült biztonsággal azonosítani a földtörténeti negyedkornál régebbi rétegekből, tehát nagyjából egymillió évnél régebről. Ez arra mutat, hogy fennállhat annak a lehetősége, hogy a meteoritek és úgy lehet a meteorok és az üstökösök is, aránylag egészen rövid idő óta léteznek. Ez a feltevés azonban túlságosan merésznek látszik; meg kell említenünk vele kapcsolatban azt is, hogy sok geológus véleménye szerint nem lehetetlen, hogy hosszabb idő után a meteorit a földkéregben teljesen átalakul és így régebbi rétegekből nem is várhatunk ilyen leleteket.

d) A meteoritikus por állandó „eltűnése”

Mint már említettük, a meteorok mellett a bolygók-közi térben nagy mennyiségű egészen apró porszerű anyag is létezik, melynek létezését legjobban az állatövi fény mutatja meg. Becslés szerint a zodiakális fényt létrehozó apró részecskék össztömege 10^{18} g, a Föld tömegének mintegy tízmilliárdomodnyi része. Ezt az aránylag tekin-

télyes tömeget, általában az interplanetáris port, lényegesen befolyásolja az úgynevezett *Poynting—Robertson-effektus*, aránylag hamar kisöpörve őket a Nap környezetéből. A Poynting—Robertson-effektus elég bonyolult jelenség, csak a relativitáselmélet alapján érthető egészen és a népszerű magyarázatok szokatlanul sántítanak vele kapcsolatban. Lényegében a következőről van szó: A sugárzásnak, a sugárzó energiának mint ismeretes, tömege és impulzusa van; a Nap sugárzása tömeget és impulzust ad a körülötte keringő részecskének. A részecskék az elnyelt energiát mind kisugározzák és így tömegük nem változik. Az elnyelt impulzussal kapcsolatban sem történne „semmi különös”, ha a részecske nem mozogna. A mozgás sebessége azonban kitüntetett irányt hoz be a visszasugárzás különbeni izotrópiájába és kimutatható, hogy ennek következtében a visszasugárzás során a test keringésének irányával *ellenkező* impulzust kap, vagyis keringő mozgásának impulzusnyomatéka csökken. Minthogy a részecske által kapott sugárzás (körpálya esetén) merőleges a pillanatnyi sebességre, az *elnyelt* energia nem változtatja meg az impulzusnyomatékot, mivel pedig a visszasugárzott energia csökkenti az impulzusnyomatékot, ez állandóan kisebbedik és a részecskék spirális pályára kerülnek. Egyre közelebb jutnak a Naphoz és nagyságuktól függően néhány ezer, néhány millió év alatt bele hullanak. Ha például 1 cm átmérőjű gömbről van szó, mely a kőmeteoritekkel egyező összetételű, és eredetileg a Naptól 150 millió km-re kering, 20 millió év kell a napba hulláshoz.

Ennek az effektusnak következtében FESZENKOV becslése szerint másodpercenként mintegy 300 kg tömegű részecske hullik így a Napba; WHIPPLE szerint a veszteség 1 tonna másodpercenként. Az egyezés egészen elfogadható, és azt jelenti, hogy az állatövi fénynek aránylag rövid idő alatt, 50—100 000 év alatt meg kell újulnia. E részecskék szükségszerű pótlódása viszont arra utal, hogy a bolygóközi térben állandóan folyik nagyobb szilárd testek pulverizálódása, porráalakulása.

e) A kisbolygók alakja

Az utóbbi időben egyre több kisbolygó precíziós fotometriai vizsgálatát végezték el és sok esetben találtak szabályos fényességváltozást, általában rövid, néhány órás periódussal. Ez a fényingadozás aligha vezethető vissza másra, mint arra, hogy a kisbolygó nem gömb alakú, hanem többé-kevésbé szabálytalan, és tengelykörüli forgása során változó keresztmetszetet mutat felénk. Foltok, elszíneződések nem okozhatják a fényváltozást; erre mutat aránylag nagy amplitúdója és ezt igazolja a színszűrők alkalmazása is. Biztosra vehető tehát, hogy a kisbolygók jórésének olyan alakja van, mintha csak egy nagyobb test „szilánkjai” lennének; ezt a szabálytalan alakot különben egy esetben, az Eros oppozíciója alkalmával a közvetlen távcsöves megfigyelés is mutatta.

A most felsorolt öt speciális körülménnyel kell tehát főként számolnunk — pontosabban az a), b), d) és e) alattiakkal, a c) pont inkább negatív jelentőségű. Az üstökösök, kisbolygók és az interplanetáris por tulajdonságaiban, szerkezetében mutatkozó gyökeres különbségek indokolták teszik, hogy az üstökösök keletkezésével külön foglalkozzunk, annál is inkább, hiszen semmi garancia sincsen eleve arra, hogy ezek az égitestek közös eredetűek.

Ami az üstökösök keletkezésének kérdését illeti, néhány, többekévéb é önkényes hipotézis után az utóbbi évtizedben jól megalapozott, igen biztató elmélet látott napvilágot. A régebbi hipotézisek az üstökösök kialakulását vagy a Jupiter rendkívüli méretű vulkáni tevékenységére vezették vissza (LAGRANGE, PROCTOR, TISSORAND, VSZEVSZJATSKIJ), vagy nagy meteorok és kisbolygók közötti összeütközésre (ORLOV), vagy intersztelláris anyag befogására (LAPLACE, SEELIGER, LYTTLETON). Mindezeket azonban nem nagyon fogadták el, pedig közülük az első (a Lagrange-féle) és az utolsó (a Laplace-féle) igazán hatalmas irodalommal rendelkezik.

Az az elmélet, melyet nemrégiben VAN WOERKOM statisztikai vizsgálatai alapján OORT dolgozott ki, nem valamilyen önkényes premisszából indul ki, hanem igyekszik az üstökösök keletkezését a megfigyelt tényekből, lehetőleg szigorúan levezetni. OORT munkája valóban teljesen meggyőző mindaddig, amíg az üstökösök mozgásáról és eloszlásáról beszél, de a távoli múltba visszanyúlva, az üstökösök egykori keletkezésének konkrét kérdésénél OORT is kénytelen hipotézishez folyamodni.

OORT kiindulását főként a már említett tények képezik. Az üstökösök között — eddig egyetlen biztosan intersztelláris eredetűt sem találtak, ugyanakkor aránylag nagy számmal vannak olyanok, amelyek pályája rendkívül elnyújtott, távolságuk aféliumban szinte a csillagok távolságával mérhető össze; másrészt az üstökösök rövid életű képződmények és ennek alapján biztosra vehetjük, hogy a szép számmal megfigyelhető rövidperiódusú üstökösök léte napjainkban nem valami különös véletlen következménye, hanem ezek a Naphoz közeli, gyors pusztulásra ítélt üstökösök valamilyen forrásból állandóan pótlódnak.

Minthogy tudott dolog — nem egyszer meg is figyelték —, hogy a messziről érkező, elnyúlt pályán mozgó üstökösök a Jupiter és más bolygók vonzó hatására, pályájuk radikális megváltoztatásával rövidperiódusú üstökössé alakulhatnak, szinte adódik a természetes feltevés: a megfigyelhető rövidperiódusú üstökösök mind egy igen távoli üstökösrajból, valamilyen „üstökös-szférából” pótlódnak.

Ez a megállapítás ma már több, mint feltevés. Valamivel részletesebb tárgyalása során a következőkre kell kitérnünk. Először is meg kell vizsgálni a lehetőségét, hogy az ilyen elnyúlt, parabolához közelálló ellipszispályákon „érkező” üstökösök milyen perturbációkat szenvednek a bolygók részéről, és mik a feltételei annak, hogy rövidperiódusúvá váljanak? Meg kell vizsgálni továbbá azt, hogy milyen tényezők működnek abban, hogy ez az esetleges távoli üstökösraj egyes kép-

viselőit „beküldje” a bolygók terébe, a megfigyelt gyakoriság mellett mekkora lehet ennek az üstökös-szférának össztsömege. Végül valamilyen becslést kell elvégezni a pótlódás arányára és a pusztuló üstökösök számára vonatkozóan.

Ami a bolygók perturbációit illeti, ezeket elsősorban a Jupiter hozza létre, sőt tulajdonképpen egyedül a Jupiter felelős a rövidperiódusú üstökösök osztályának kialakulásáért. RUSSELL számítása szerint 40 periodikus üstökös közül csupán egyet hozna létre a Szaturnusz, 400 közül egyet az Uránusz és Neptunusz. (Ezek a számítások egyetlen közeli találkozásra vonatkoznak, amikor az üstökös pályája radikálisan megváltozik. A valóságban nagy szerepet játszik a bolygókkal való távolabbi, de gyakoribb találkozások együttes módosító hatása is, de ez a helyzetet lényegesen nem változtatja meg.) Pontos számításokat végezni igen nehéz; nagyjából azt mondhatjuk, hogy a perturbációk alapján a rövidperiódusú üstökösöknek azt az eloszlását várhatjuk, amelyik a valóságban is létezik. Az üstökösöknek ez az osztálya tehát, teljesen megmagyarázható a csaknem parabolikus pályán a bolygók terébe érkező, külső távoli üstökösök „befogásával”¹.

A feltevésnéként szereplő távoli üstökösfelhő létezését tulajdonképpen ezeknek a közel-parabolikus üstökösöknek a létezése kényyszerítő erővel mutatja. Kiténik ennek az üstökös-szférának léte azokból a statisztikákból is, melyek azt mutatják, hogy különböző fél-nagy-tengely értékekhez hány megfigyelt üstökös tartozik. Amint az alábbi, OORT nyomán készült táblázatból is leolvashatjuk, az üstökösök egy csoportja a Nap közelében mozog, lényegében véve a bolygók terében, utána az üstökösök száma erősen csökken, de 20 000—30 000 asztronómiai egység (azaz Föld—Nap távolság) tartományában számuk újra jelentékenyen növekszik.

Fél-nagy-tengely (asztr. egys.)	A gyakoriság megfigyelt aránya
0— 2 000	20
2 000— 4 000	1
4 000—10 000	3
10 000— 20 000	4
20 000-nél nagyobb	

¹ A befogás ezáltal nem azt jelenti, hogy ezek az üstökösök a Jupiter körül kezdenének keringeni. Befogáskor a pálya igen elnyúlt, óriási ellipsziszről aránylag kis, a Jupiter-pályával összemérhető ellipszissé zsugorodik, de az üstökös természetesen továbbra is a Nap körül kering.

Ebben a tartományban az üstökösök nemcsak erősen elnyúlt pályán keringenek, mintegy oszcillálnak a Nap és az üstökösszféra között, afféle ingajaratot létesítve. E távoli üstökösök között a többség körpályán, vagy körhöz közelálló pályán mozog, a közelben elhaladó csillagok (!) perturbáló hatása ugyanis az elnyúlt pályákat mintegy kigömbölyíti. Évmilliók alatt így a Naptól nagy távolságra, lassan keringő üstökösök népes raja jött létre.

A fordított folyamat szintén előfordul. A közeli csillagok, „lekerekített” pályán mozgó üstökösök közül néhánynak pályáját — az excentricitás jelentékeny megnövelésével — úgy módosítják, hogy bekerülhet a Naprendszer belső terébe, megközelítheti a Napot. Ilyen pályamódosítás nélkül nem is lenne reményünk arra, hogy ennek az üstökösfelhőnek egyes objektumait megismerhessük. A pálya módosulása létrejöhet egy csillag közelében való elhaladása alkalmával, egyszerű, abrupt módon — ez nem tartozik a lehetetlenségek közé, hiszen az az üstökösfelhő fényévnyi távolságban van, és a Naptól ilyen távolságra aránylag gyakran kerülhet csillag. Mégis sokkal valószínűbb, hogy a távolabbi találkozások kisebb, de összegeződő, kumulatív hatásai apránként módosítják a pályát. Az üstökös-szféra ösztömeget meg tudjuk becsülni a megfigyelt hosszuperiódusú üstökösök számából, a Nap mozgásának sebességéből és a csillagok térbeli sűrűségéből; így adódott az, hogy nagyságrendben mintegy 10^{11} üstökös keringhet ebben a távoli rajban. Egy üstökös tömegét 10^{18} grammnak véve — sajnos felettébb bizonytalan érték! — a raj ösztömegére a Föld tömegének mintegy tizedrészét kapjuk. Ez az érték sem túl nagy, sem túl kicsi, éppen jól beleillik annak az általános elképzelésnek keretébe, amely szerint az interplanetáris diffúz anyag összmenyisége a kisebb bolygótömegekkel egyenlő nagyságrendű. Másrészt a rajból érkező „új” üstökösök megfigyelt gyakorisága teljesen elegendő a pótlódás megmagyarázására. Az utolsó másfél évszázadban mintegy féltucat közel-parabolikus pályán mozgó nagy üstököst figyeltek meg; ugyanakkor VAN WOERKOM becslése szerint az évszázadonként elpusztuló vagy eltűnő üstökösök száma 3. Természetesen itt legfeljebb nagyságrendi becslésről lehet szó és így az egyezés kielégítő.

OORT elméletében most következik a már említett hipotetikus lépés. Felmerül ugyanis az a természetes kérdés: honnan ered a távoli üstökösöknek ez a raja? Befogás útján (erről már beszéltünk) nem kerülhetnek a Naprendszerbe ezek az üstökösök, fel kell tehát tételeznünk, hogy eleve a Naprendszer „rendes tagjai” közé tartoznak, ha mozgásviszonyaik kissé szokatlanok is. Elképzelhetetlen az is, hogy a Naprendszer egykori anyaga — az a bizonyos „ösköd” — ilyen nagy távolságokig kiterjedt, illetve ott megmaradt volna. OORT éppen ezért feltételezi, hogy ezek az üstökösök a Naprendszer belső teréből, a bolygók teréből kerültek ki a perifériára, a bolygóknak, főként a Jupiternek, perturbáló hatása következtében. Nyersanyaguk pedig OORT szerint egy valaha létezett, de egyelőre nem ismert okból elpusztult, szétesett bolygónak töredékeiből való.

Így a VAN WOERKON—OORT hipotézis szerint az üstökösök életútja vázlatosan a következő: az egykor létezett, azóta elpusztult hipotétikus bolygó törmelékeinek jó részét a bolygók, elsősorban a Jupiter perturbáló hatása erősen excentrikus pályára kényszerítette, vagyis eltávolította őket a Naprendszer belső térségeiből. Ezek a tömegek rendkívüli méretű pályákra kerültek; mozgásuk során aztán a pályák excentricitása a közeli csillagok perturbációjának következtében lecsökkent. Ezeknek a törmeléknek pályái fokozatosan körpályák lettek, messze kívül a Naprendszer határain, csillagok közelében. A csillagok perturbációja később ennek az üstökösrajnak egyes képviselőit „visszaküldi” a bolygók térségébe; itt közülük sokat — természetesen nem mindet — a bolygók befogadnak, mozgásukat rövidperiódusúvá alakítják. A rövidperiódusú üstökösök, amelyeknek véletlenül nem sikerül megszöknie, mozgásukat állandóan a bolygók és a Nap közelében végzik és ezeknek mechanikai, illetve sugárzási hatására apródonként szétesnek, meteorrajja alakulnak. Végül pedig lassanként maga a meteorraj szétesik.

Az elképzelés teljes igazolása kiterjedt statisztikai vizsgálatokat követel még meg, ezeknek alapjául pedig az üstökösök minél pontosabb pályaszámítása szolgál. A klasszikus csillagászat régi problémái: üstökösök pozíciójának meghatározása, első pálya számítása, a pálya javítása, végül definitív pálya számítása — ma éppúgy aktuálisak, mint száz évvel ezelőtt voltak és nagyon helytelen ezeket valami divatjamúlt vizsgálatoknak elképzelni. Sőt várhatjuk, hogy a közeli évek során, a nagysebességű elektronikus számológépek használatba vételével a csillagászatnak ez a területe eddig nem látott tempóban fog fejlődni. OORT elgondolásának legsebezhetőbb pontja mindenesetre a bolygó-szétesésnek és a törmelék Naprendszer peremére való kibobásának hipotézise. Ugyanakkor ebben a fejlődési szférában éppen ez a különösen érdekes mozzanat: nagyobb nehézség nélkül kapcsolatot teremt az üstökösök és kisbolygók kozmogóniája között.

Minden eddigi kísérlet, amelyik direkt módon próbálta összekapcsolni az égitesteknek ezt a két fajtáját, kudarcot vallott. Voltak elképzelések, hogy az üstökösök, ha elveszítik illékony anyagaikat, kisbolygókká „soványodnak”; mások szerint a helyzet éppen fordított, kisbolygók összeütközése során, a földarabolódás révén jöhetnek létre az üstökösök. Mindkét elgondolás a legteljesebb mértékben spekulatív és megbukik azokon a különbségeken, amelyek az üstökösök és kisbolygók mozgásviszonya, fizikai alkata között van. Az OORT-féle hipotézis viszont mintegy mellérendeli egymásnak a kétféle égitestfajtát, nem egymásból vezeti le őket, hanem ugyanabból az anyagból (szétrobbant bolygóból), ugyanannak a folyamatnak két különböző végterméke gyanánt.

A kisbolygók keletkezése ugyanis a ma elég általánosan elfogadott felfogás szerint egy hajdani bolygó szétesésére vezethető vissza, ma a legtöbb csillagász elfogadja, hogy a *kisbolygók és meteorok* egy nagyobb tömeg (azaz szétesett bolygó) belsejéből származnak.

A kérdés nem választható el a meteorok keletkezésének tárgyalá-

sától. A meteoritek kémiai, fizikai, ásványtani, kristálytani vizsgálata az illetékesek szerint „egyértelműen bizonyítja”, hogy ezek a testek valaha nagy nyomásnak és magas hőmérsékletnek voltak kitéve. Az átlagos képzettségű csillagász számára, aki rendszerint éppannyira nem rendelkezik krisztallográfiai ismeretekkel, mint a krisztallográfus csillagászaival, nehéz eldönteni, hogy valóban egyértelműen bizonyítanak-e ezt az említett vizsgálatok. Mindenesetre a csillagász is megállapíthatja, hogy a meteoritek átlagos összetétele közel áll a Föld-típusú bolygók legújabb modelljeihez, ami a „szétesett bolygó” elgondolással legalábbis nem ellenkezik. Ugyanez mondható az izotóparányok szinte tökéletes egyezéséről a meteoritekben és a földkéregben. Ennél azonban érdekesebb az a körülmény, amire FESZENKÓV is felhívja a figyelmet: „...A vasmeteoritekben törvényszerű kapcsolatok mutatkoznak a különböző, bennük fellépő elemek gyakoriságában és ezek a kapcsolatok összefüggnek a szerkezeti tulajdonságokkal. Ez annak bizonyítéka, hogy a meteoritek nem véletlenül összetalálkozó részecskék véletlen egyesülése során jöttek létre, hanem egy elég nagy testből váltak ki, amely olyan közegeből épült fel, hogy benne az elemek többé-kevésbé szabad migrációja, vándorlása végbemehetett”².

Itt tehát végeredményben a geokémia tanúságát hívja segítségül a csillagászat. Vagy hallgassuk meg WATSON véleményét, aki a kérdést más oldalról közelíti meg: „A szervezettségnek az a magas foka, amely a fémmeteoritekben megfigyelhető, ahol a vasnikkel-kristályok nagy területen irányított fekvésűek és még a triolit-, schreibersit- és cohenit-zárványok is meghatározott kristályformát mutatnak, csak úgy értelmezhető, hogy ez az anyag valaha folyékony volt. Utána igen lassan hűlt le, feltehetően hőmérsékletileg elszigetelve, mélyen egy nagy test belsejében”³.

Általában tehát elmondhatjuk, hogy a meteoritek *strukturált volta* erősen ellene szól a bolygóközi vagy csillagközi térben lefolyt véletlenszerű akkumuláció feltételezésének. Ha ezt összekapcsoljuk azzal az újabb megállapítással, hogy gyakorlatilag minden meteor (és feltehetően minden meteorit is) a Naprendszer állandó tagja, akkor meglehetősen kényszerítő erővel adódik, szinte egyetlen lehetőségként a szétesett, kisebbfajta nagybolygó (vagy igen nagy kisbolygó?) hipotézise, amely különben, amint a következőkben látni fogjuk, összhangban van a kisbolygók keletkezésére vonatkozó meggondolásokkal is.

Sajnálatos, hogy a meteoritek nagyon divergáló kormeghatározásai nem sokat mondanak keletkezésük idejéről és körülményeiről. Érdekes azonban KUIPER-nek egy megjegyzése. A Földünkre napjainkban eső meteoritek (nem meteorok!) átlagos mérete 10 cm-nél

² Voproszi Koszmogonii, I. kötet, 108. old. (Németül: Sowjetwissenschaft, Naturwiss. Abt. VI. évf. 823. old.)

³ Between the Planets (London, 1947), 187. old.

valamivel kevesebb. A Poynting—Robertson-effektus a meteoriteket is állandóan, bár igen lassan közelebb hozza a Naphoz. Minthogy az effektus hatékonysága a meteorikus testecske méretétől függ, könnyen kiszámítható, hogy egymilliárd évvel ezelőtt a ma Földre hulló meteoritek többsége a Mars és Jupiter között keringett a kisbolygók övezetében, tehát a „hiányzó bolygó” helyén. Ez a nagyságrendi egyezés feltétlenül alátámasztja az egykori bolygó szétesésének hipotézisét, bár tekintetbe kellene vennünk a meteoritek időnkénti összeütközésének, darabolódásának lehetőségét is.

Térjünk most át a kisbolygókra; ezek kozmóniája már a csillagász számára barátságosabb, „csillagászatibb” megfontolásokból indul ki. A messze legfontosabb érv itt a kisbolygók fotometriai észlelésekből levezetett szabálytalan, szilánkszerű *alakja*, amelyről már beszélünk is az imént. További érdekes következtetések adódnak a kisbolygók mozgásának tanulmányozásából.

A kisbolygók pályái ugyanis bizonyos szabályszerűségeket mutatnak: néhány évtizede tudjuk, hogy egyes csoportok vannak a kisbolygók között, amelyeknek mozgása, pontosabban mozgásuk bizonyos jellemzői annyira megegyeznek, hogy a közös eredet egészen kétségtelen.

Mindenesetre nem maguk a pályaelemek árulják el az ilyen összetartozást. A pályaelemeket a Jupiter és más bolygók perturbációja igen gyorsan módosítja, és így ha például egy kisbolygó valami oknál fogva kettéválna, a két rész egész rövid idő alatt, néhány ezer keringés után észrevehetően más pályára kerülne. A pályaelemek egyezése tehát lehet teljesen véletlen is. Éppen ezért HIRAYAMA japán csillagász nem magukat a pályaelemeket vizsgálta, hanem megkísérelte — igen nagy számolási munka árán — „kihámozni” az eredeti pályaelemeket, vagyis visszaszámolni azokig a pályaelemekig, amelyek ún. szekuláris perturbációkat már nem tartalmaznak. Ezeket a szekuláris perturbációktól megszabadított pályaelemeket nevezte HIRAYAMA „saját-elemeknek”. Minthogy a saját-elemek rendkívül ellenállóak a perturbációk hatásaival szemben, nem úgy, mint a pályaelemek, csak igen-igen hosszú idő elteltével mutatnak eltérést. Vagyis ha a saját-elemek megegyeznek, ez annyit jelent, hogy a szóban forgó kisbolygók valamikor közel azonos pályán mozogtak és minden bizonnyal egyetlen nagyobb test széthullása révén keletkeztek. Különösen érdekes a saját-inklináció (a pálya „sajáthajlása” az ekliptikához) és a „saját-excentricitás”, melyek megegyezők, közös eredet esetén; végül a perihélium-és a felszálló-csomó saját hossza; az utóbbi kettőnél az összeg marad állandó.

HIRAYAMA nevezetes vizsgálatait azzal az eredménnyel jártak, hogy a saját-elemek bizonyos kisbolygó csoportokat, családokat világosan elkülönítettek. HIRAYAMA idevágó utolsó dolgozata 1933-ban jelent meg, ebben 1223 katalogizált kisbolygó közül 192-ről, tehát a vizsgált kisbolygók mintegy 16 százalékáról mutatta ki, hogy az öt legfőbb aszteroida-család valamelyikéhez tartozik. Ezeket a családokat tipikus kisbolygókról nevezik el, így van Themida-, Eos-

Korona-, Maria- és Flora-család, ez utóbbi a legnépesebb. Az újabb felfedezések tovább gyarapították az egyes kisbolygó-családok tagjainak számát; az 1933 óta felfedezett kisbolygóknak nem kevesebb, mint 11 százaléka tartozik a Flora-családhoz. Egy további család, a Phocaea-család létezése valószínű, de még nem sorolható be az elfogadott kisbolygó-családok közé.

A kisbolygó-családok esetében tehát egészen biztosan közös eredetről van szó és így sikerült ezeknek a kisbolygóknak múltját egy lépéssel tovább nyomozni visszafelé. A különböző kisbolygó-családok létezése azonban *ipso facto* arra mutat, hogy ezúton még nem sikerült visszamenni *valamennyi* kisbolygó közös eredetéhez. A már említett hipotétikus „ösbolygó” tehát továbbra is hipotétikus marad, de a kisbolygó-családok létezése újabb komoly érvet jelent mellette; feltehetjük ugyanis, hogy a szétदारabolódás fokenként történhetett, először nagyobb tömegekké, azután ezek ismét tovább hullottak szét egy családba tartozó kisebb aszteroidákká.

Ezeket a vizsgálatokat más szempontból, igen érdekes módon egészítette ki a nemrég elhunyt I. I. PUTYILIN szovjet csillagász. Ő is azt vizsgálta, hogy milyen nyomai vannak a kisbolygóknak perturbációk által szétzilált mozgásában egy távoli, közös eredetnek. Az égi mechanika ún. korlátozott háromtest-problémája (probleme restreint) egy elhanyagolható („végtelen kis” tömegű) tömegpont mozgását vizsgálja két nagyobb tömeg erőterében. Mint általában a háromtest-probléma, ez a speciális eset sem oldható meg zárt formában. De JACOBI, a nagy német matematikus már a múlt század első felében megmutatta, hogy a fizikailag nagyon keveset mondó klasszikus integrálokat ki lehet egészíteni egy további integrállal, ha a mozgást olyan forgó koordináta-rendszerben vizsgáljuk, amelyik együtt mozog a két nagyobb tömeggel, vagyis amelyben a nem végtelen kis tömegű pontok nyugsznak. Számunkra érdekes az, hogy ez az integrál egy fontos állandót ad, amelyik az energia megmaradásának elvét fejezi ki. Akármilyen bonyolult pályán halad ez a kis tömeg a két nagyobb erőterében, a Jacobi-állandóban egy, a perturbációkkal szemben invariáns mennyiséget kaptunk. PUTYILIN meghatározta a Jacobi-állandó értékét a különböző kisbolygókra, annak alapján, hogy a Nap—Jupiter-kisbolygó hármas a korlátozott háromtest-probléma egy megvalósításának tekinthető a természetben. Számításai azt mutatták, hogy a kisbolygó-családok tagjai nemesak a HIRAYAMA-féle sajátélelmek, hanem a Jacobi-állandó tekintetében is kitűnően megegyeznek, sőt a Jacobi-állandók egyezése alapján PUTYILIN még egy további, 12 kisbolygóból álló csoporttal, a Hilda-csoporttal is ki tudta egészíteni a listát.

Egyáltalában nem látszik tehát erőszakoltnak az a föltételezés, hogy a kisbolygók is egy nagyobb tömeg szétesése révén jöttek létre. Minthogy a kisbolygók összetételéről vajmi keveset tudunk, és csakis a néhány ezer meteorit analízisére támaszkodhatunk, kissé korainak látszik az a próbálkozás, hogy a Mars és a Jupiter között keringő, hipotétikus bolygónak összetételét, tömegét, öves felépítését stb.

megállapítsuk. Egyesek már nevet is adtak ennek a bolygónak, mielőtt létezése tulajdonképpen végleges bizonyítást nyert volna!

Annyit mindenesetre mondhatunk, hogy mivel a kisbolygók összes tömege aligha nagyobb, mint a földtömeg ezredrésze, ebből a bolygóból még akkor is, ha csak Mars vagy Merkur méretű volt is, bőven fellett nemcsak a kisbolygókra, hanem a bolygóközi porrészecskékre, a meteorokra, sőt — lásd OORT hipotézisét! — az üstökösökre is. Egyelőre nyílt kérdés, hogy a meteorok közvetlenül a szétesés révén keletkeztek, vagy pedig a nagyobb darabok utólagos összeütközései során; lehet egyébként, hogy mind a két úton jöttek létre meteorok: az ütközéseknél lejátszódott folyamatokra és azok esetleges kozmogóniai szerepére alább még visszatérünk⁴.

Most vizsgáljuk meg inkább azt a kérdést, hogy mi módon lehetséges egy bolygó szétesése. A megszokott, hétköznapi szemlélet számára a bolygók igen stabilis, nagyon kevésbé „robbanékony” objektumok. Valóban, ma már Földünk, vagy a többi bolygó esetében semmi ilyesmitől nem kell tartanunk. De azért nem elképzelhetetlen, hogy — különösen persze a Naprendszer távoli „ködös” múltjában — egy bolygó, vagy bolygó-embrió szétesésének folyamata végbemelessen. Fizikai lehetőségének illusztrálására megemlíthetjük FESZENKOV, PUTYILIN, illetve KUIPER elképzelését.

FESZENKOV, aki a bolygók belső szerkezetével sokat foglalkozott, abból a tényből indult ki, hogy a bolygók belsejében igen nagy nyomás uralkodik. A nagy nyomás megnöveli az anyag hőkapacitását, vagyis ilyen körülmények között a bolygók anyaga aránylag sok hőt képes fölvenni anélkül, hogy fizikai állapota lényegesen megváltozna. Amennyiben valamilyen belső tömeg-átrendeződés következtében a nyomás hirtelen lecsökkenne, aránylag sok hő válhatna szabaddá, és ez megindíthat valamilyen robbanásszerű folyamatot. Bekövetkezhet ez például akkor, ha a feltételezett bolygó aránylag közel, néhány százezer kilométer távolságra került a Jupiterhez; ilyen esetben FESZENKOV szerint a Jupiter megerősödött vonzása létrehozhatott annyi módosulást a bolygó belső tömegeloszlásában, hogy megindulhatott az energia felszabadulásának valébb vázolt folyamata.

A Naprendszer mostani szerkezte, a bolygók körhöz közelálló pályái kizárják azt, hogy ilyen megközelítések ma bekövetkezzenek. Nem lehet azonban eleve elzárkózni az elől, hogy ez a folyamat a

⁴ Felmerül nemegyszer az a természetes kérdés, hogy ez az egész elgondolás nem áll-e szöges ellentétben az ismert SMIDT-féle kozmogóniai elmélettel, a bolygók keletkezésének ún. meteorit-hipotézisével. Véleményem szerint egy bolygó utólagos szétesése olyan feltevés, amely semmiféle elvi nehézséget nem gördít a SMIDT-elmélet elfogadása elé; csupán az elmélet egy részletét, a Föld korára vonatkozó számszerű becslést kell elhagyni, vagy erősen módosítani. Ennél a levezetésnél ugyanis úgy tekintik, hogy a Földre ma hulló meteorok az egykori portömeg maradványai, amelyből a bolygók kialakultak. Ha pedig a „szétesett bolygó” hipotézise beigazolódná, ez a feltétel nem teljesül.

Naprendszer kezdeti, még ki nem jegecesedett állapotában előfordulhatott. Igen helyesen, FESZENKOV nagyon óvatosan fogalmaz: „Nem szabad tehát eleve azt állítanunk, hogy a bolygók semmiféle körülmények között robbanásszerűen nem eshetnek szét”⁶. Az álláspont tehát messzemenően hipotétikus, de a lehetőségek körén belül van.

PUTYILIN, a kisbolygók kutatója más oldalról próbálta ezt a kérdést megközelíteni. Ő arra hivatkozott, hogy a kisbolygók között egyre többen fedeznek föl tengelyforgást, ami — mint már említettük — a fényesség periodikus változása révén mutatható ki. A forgásidő legtöbbször 2—6 óra. Nagyságrendben ennyi lehetett annak a nagyobb tömegnek tengely körüli forgásideje is, amelyikből ezek az égitestek származhattak. Ha mármost a forgásidőt, mondjuk, 4 órának vesszük és a hipotétikus bolygó méreteit megközelítően a Marséval vesszük egyenlőnek, akkor ilyen gyors forgás mellett valóban az adódik, hogy az egyenlítő környékén a centrifugális erő nagyságrendben eléri a vonzóerőt. A sebesség további növekedése, vagy egy közeli találkozás árkelő hatása stb. kiválthatja nagyobb tömegek önállósulását, és ez a folyamat PUTYILIN szerint többször is ismétlődhetett. Így jöttek volna létre egyenként a nagyobb kisbolygók, ezeknek földarabolódása révén pedig a kisebbek.

A harmadik munkahipotézis, mely KUIPER-től ered, már átvezet bennünket az ütközésekkel kapcsolatos jelenségekhez. KUIPER is saját vizsgálataiból, és pedig kozmogóniai elméletéből indul ki, mely a von WEIZSACKER-ter HAAR-féle elmélet módosítása és amely „megköveteli”, hogy valaha a Mars és Jupiter között kialakult legyen néhány (5—10) nagyobb, de azért a bolygóméretet el nem érő kondenzáció. Ezek közül egyesek azóta változatlanul megmaradtak, ilyennek tekinti KUIPER például a Ceres kisbolygót és néhány másik nagy aszteroidát. Más ilyen kondenzációk összeütköztek egymással és szétarabolódtak, ennek során jöttek létre a „szürke” kisbolygók tízezrei. Annak a valószínűsége, hogy 5—10 ilyen kondenzációból 3 milliárd év alatt kettő összeütközzék (5° -nál kisebb pályahajlás és 0,1-nél kisebb excentricitás mellett) 0,1 körül van — aránylag igen nagy érték. Az ütközés valószínű sebessége 1 km/mp — éppen elég ahhoz, hogy a két kondenzáció szétessék.

Ez a magyarázat figyelemre méltó és talán a legvalószínűbb, de komoly hátránya, hogy feltétele a KUIPER-féle kozmogónia előzetes elfogadása.

Beszélnünk kell végül az interplanetáris por sorsáról a Naprendszerben. Ez az anyag állandóan fogy, főként a Poynting—Robertson-effektus következtében, melyről már megemlékeztünk. A hatás a nagyobb meteorok esetében nem túl jelentős, a meteoritek esetében pedig éppenséggel jelentéktelen. De igen hatékony a Poynting—Robertson-effektus a kisebb meteorok és az interplanetáris por eseté-

⁶ Voproszi Kosmogonii, I. kötet, 128. old. (Németül: Sowjetwissenschaft, Naturwiss. Abt. VI. évf. 837. old.)

ben. Ezeknek állandó pótlódásáról valamilyen folyamatnak gondoskodnia kell.

A pótlásra valóban bőven kínálkoznak folyamatok a Naprendszerben.

FESZENKOV a meteoroknak kisbolygókkal való összeütközését említi; ennek során a meteorok pulverizálódhatnak, porrá eshetnek szét, de maguk a kisbolygók is elveszithetik anyaguknak egy részét. Több „nyersanyagot” ígér WHIPPLE hipotézise. Szerinte az üstökösök szétbomlása pótolja a bolygóközi port, speciálisan az állatövi fény létrejötténél szereplő részecskéket. Ezáltal megmagyarázható — az üstökös-pályák aránylag nagy hajlását tekintetbe véve — az állatövi részecskék tekintélyes kiterjedése az ekliptikára merőleges irányban. Az üstökösökből kiszabaduló meteorikus anyagot WHIPPLE másodpercenként 30 tonnára becsüli; ez a mennyiség bőven pótolná a Napba hulló részecskéket, azonban azt is tekintetbe kell vennünk, hogy a keletkezett meteorrészecskék egy része elvész a Naprendszer számára, a Jupiter perturbációi, az ún. intersztelláris szél stb. következtében.

A kérdést talán a legrészletesebben PIOTROWSKI lengyel csillagász vizsgálta, aki azt számította ki, mekkora a szabaddá váló pormennyiség aszteroidák egymás közti ütközése következtében. A számítás során nem annyira a matematikai nehézségek képeznek akadályt, mint inkább az a körülmény, hogy rendkívül nehéz pontosabban megítélni, mi történik ilyen nagyméretű testek aránylag nagy sebességgel történő ütközésénél. Közvetlen megfigyelések, kísérletek természetesen nincsenek; robbantásoknál végrehajtott mérések — elég ritkán publikált — adatait kellett extrapolálni. PIOTROWSKI végül is a következő számszerű adatot fogadta el: 1 gramm aszteroidaanyag teljes összezúzásához 10^7 — 10^9 erg munka szükséges. A számítások ekkor azt mutatták, hogy annak valószínűsége, hogy egy kisbolygó katasztrófális ütközést szenvedjen, 10^9 — 10^{10} év tekintetbe vételével növekszik 1 körüli értékig; pontosabb adatot megadni egyelőre aligha lehetséges. Nem katasztrófális ütközések következtében a kisbolygó ennél valamivel hamarabb, mintegy harmadannyi idő alatt darabolódik fel. Az idő-intervallum rövidebb az olyan kisbolygók számára, amelyek rendellenes pályákon keringenek, amelyeknél tehát a pálya hajlása vagy excentricitása nagy. A helyzet azzal szemléltethető, hogy ha valaki egy mozgó tömegben a tömeg mozgásirányától eltérően vág keresztül, sokkal többször fog emberekbe ütközni, mint azok, akik együtt mozognak a többiekkel. A fölszabaduló pulverizálódott anyag mennyisége, 5 km/mp átlagos ütközési sebességet véve, évente néhány milliárd tonna, tehát nem kevesebb, mint két nagyságrenddel múlja fölül a Poynting—Robertson-effektus következtében „eltűnő” anyag mennyiségét. Így ez a mechanizmus is bőségesen, elegendő a meteorikus por mennyiségének fenntartására.

Összefoglalva tehát, a Naprendszer apróbb égitesteinek keletkezéséről és fejlődéséről az alább következő képet rajzolhatjuk — anélkül persze, hogy bármilyen végleges megállapítást próbálnánk leszögezni.

Csupán arról van szó, hogy a vázolandó fejlődési szkéma a jelenleg megfigyelt tényekkel nagyjából összhangban van, és egyelőre elfogadhatjuk, mint legvalószínűbb munkahipotézist.

Egy Föld-típusú, a Földnél minden valószínűség szerint jóval kisebb bolygó egykor keringhetett a Mars és Jupiter pályája között; ennek a bolygónak egyszerre, vagy részletekben történő szétesése nem látszik lehetetlennek. E szétesés során jöttek létre a kisbolygók, először nagyobb tömegek formájában, melyek azután tovább darabolódtak; egy-egy ilyen nagyobb tömegből jöttek létre a mai kisbolygó-családok. Ennek a darabolódási folyamatnak további termékei a meteorok és a bolygóközi por. Lehetséges továbbá, hogy e szétesés egyes törmelékei a Jupiter és más bolygók perturbáló hatására igen nagy távolságra kerültek a Naptól; ebben a távolságban huzamosabb ideig közel kör alakú pályán mozognak, tekintélyes mennyiségű interisztelláris anyagot szedve fel — ezek alkotják az üstökös jégkötőanyagát. Ebből a távoli rajból a csillagok perturbációja időnként visszajuttat egy-egy üstököst a bolygók terébe. Ezeknek a közel parabolikus pályán közelünkbe érkező üstökösöknek egy része a bolygó-perturbációk következtében rövid periódusúvá válik és végül szétesik meteorrajjá; a meteorraj tovább esik szét az alkotó meteorokra.

Ez a kép egységes és átfogó, nem egy ponton egyenesen logikailag kényszerítő erejű, nincs ellentmondásban semmiféle alapvető csillagászati ténnyel vagy fizikai elvvel és a részletadatok általában mellette szólnak. Ezért ma a csillagászok többsége elfogadja, természetesen teljes tudatában annak, hogy csak munkahipotézisről van szó, és könnyen lehet, hogy az elképzelésen még sokat módosít az idő. Tény azonban, hogy a Naprendszer apróbb — és kozmogóniai szempontból eddig nagyon elhanyagolt — égitestjeinek keletkezése és fejlődése már belül esik a szigorú tudományos megismerés hatáskörén.

„A Föld most olyan lett,
Mint a Holdnak karimája,
A messze tenger pedig
Mint egy kicsiny udvar”¹.

SINKA JÓZSEF:

AZ ŰRHAJÓZÁS KULTÚRTÖRTÉNETE

Bevezetés

A tudományok története számos olyan csábító szépséget rejt magában, amely könnyen hajlamossá teszi az embert arra, hogy mélyebben óhajtsa megismerni ezt a területet. A részletesebb bűvárkodás azonban egy óriási szövevényes anyag bonyolult hálózatába vezet, és az ebben való kitgazodás hosszú és fáradságos munkát igényel.

Az emberi kultúra története során az egyes tudományágak oly hatalmas, és sokszor ellentmondó ismeretanyagot halmoztak fel, hogy ezek részletes elemzése és értékelése legfeljebb egy szűk területen belül lehet gyümölcsöző valamely kutató számára. Tovább bonyolítja ezt a helyzetet, hogy egyre újabb és újabb anyagok kerülnek elő, amelyeket bele kell illeszteni a már egyszer feldolgozott ismeretek rendszerébe. Mindez természetesen nehéz feladat, hiszen a tudománytörténet művelése nem egyszerűen a már megtörtént események regisztrálására szorítkozik, hanem az eseményeknek és az elért eredményeknek a kor tudományos és társadalmi állásához, felfogásához való viszonyát is kutatja.

Ezek a nehézségek fokozottan jelentkeznek az űrhajózás — ha szabad ezt a kifejezést a régi fantasztikus álmokra és tervekre használni — területén. Az űrhajózás kultúrtörténetét még soha sehol nem dolgozták fel. Jelentek meg ugyan már külföldi tanulmányok, amelyek a problémát valamely kor, vagy elképzelési csoport szemszögéből egységesítve tárgyalják, de számos törés, „fehér folt” van még ezen a területen.

Éppen ezért ebben a rövid tanulmányban sem vállalkozhatunk arra, hogy valami hiánytalan, minden részletre kiterjedő képet rajzoljunk a kérdés történetéről. Meg kell tehát annyival elégednünk, hogy nagy vonásaiban felvázoljuk a legérdekesebbnek vélt elképzeléseket, hozzájuk fűzve azokat a megjegyzéseket, amelyek részben a szerző egyéni állásfoglalásait, részben pedig az egyes körök közti kapcsolat megteremtését célozzák.

Annyit szeretnénk még előljáróban megjegyezni, hogy az emberiség őskorából fennmaradt és itt bemutatott legendák és elképzelések sokszor vallási képzetekhez fűződnek, vagy hatalmi törekvések emlékeit őrzik.

¹ Lipin, Belov: „Az ékírás regénye”, 251. old. Művelt Nép Kiadó, 1955.

Mégis helyénvalónak tartottuk, hogy itt szerepeltessük őket, ha nem is tartoznak a mai értelemben vett űrhajózáshoz. Az a véleményünk ugyanis, hogy mindezek ellenére az űrhajózásnak valamiféle előtörténetéhez számíthatnak. Közlebbi értékelésüket majd tárgyalásuk során ejtjük meg.

* * *

Az ősi Egyiptomban

A Távol-Kelet gazdag múltjának történetét kutató assziriológusoknak sok gondot, fejtörést okozott azoknak az ékírással készült agyagtáblácskáknak a megfejtése, amelyek a század elején láttak napvilágot. A mesebeli kincsek után megindult kutatások során elevenedtek meg újra, századokon át tartó pihenés után, amikor az ásók félreszörták a rájuk rakódott homokot azon a dombon, amely a híres ASSURBANIPÁL ninivéi agyagkönyvtárának romjait fedte.

Innen került elő a GILGAMESZ-eposz, az ADAPA-mitosz és az ETANA-legenda, amelyek hősei különféle célokból a Föld köréből kivezető utazásokon mentek keresztül.

A GILGAMESZ-eposz, amely egyébként az örönvíz legendáját is tartalmazza, arról számol be, hogy a hős GILGAMESZ a halál vizén akar átkelni, az örök élet megszerzéséért. Ebben az elképzelésében még a Földet a rajta kívüli világgal víz köti össze, és ezen kell átkelni az örök élet megszerzéséért:

„GILGAMESZ, hová iparkodol?
Az életet, amit keressz, nem fogod megtalálni! . . .
. . . Nehéz az átkelés, nehéz az út oda,
Mély a halál vize, elzárja az utat,
Hol is akarsz átkelni a tengeren? . . .^a

GILGAMESZ azonban rettenthetetlen hős, és mégis nekivág a feladatnak: átkel a halál vizén. Sok viszontagsága közt mindig találkozik azonban valakivel, aki tanácsokkal látja el és útbaigazítja. A hős tehát lakott világokon kel át; az ősi elképzelésből levonhatjuk a következtetést: az egész világot emberi tulajdonságokkal is rendelkező lények népesítik be.

A GILGAMESZ-eposznál még sokkal régebbi az ADAPA-mitosz. Hősét ANU, az ég istene rendeli nagához, hogy feleljen tettéért; mert „letörte a Déli Szél szárnyát”. ADAPA különösebb nehézség nélkül jut ANU elé, hiszen az követet küld érte, aki felviszi őt az égbe.

Mindkét históriával közös vonásokat mutat az ugyancsak egyiptomi eredetű, és mintegy négyezer éves ETANA-legenda. ETANA az égbe akar utazni, ANU isten elé, hogy születendő fiának kiharcolja a földi királyságot.

SAMAS-nak, a Nap istenének tanácsára egy sást szabadít meg rabságából. Ez viszi fel hálából ANU égébe. A legenda feltűnő szem-

^a Id. mű, 236. o.

lételességgel írja le a repülés során fellépő látási érzeteket. Különösen meglepő ez egy olyan nép mondavilágában, amilyen éppen az egyiptomi, amikor országuk földrajzi, természeti adottságai folytán még arra sem igen nyílhatott módjuk, hogy madártávlatból szemléljék a Földet. Ebből a legendából vettük azt az idézetet is, amivel ezt a kis tanulmányt útjára bocsátottuk. A látási érzetek szemléletes leírásának illusztrálására idézzük még azt a részt, amelyet a sas 14 órai repülése után ETANÁ-hoz intézett:

„... Nézz csak le, barátom, a Föld — eltűnt.
Én lenéztem, láttam, hogy a Föld eltűnt,
És a messze tengeren sem tudtam
Megpihentetni szememet...”³

E szédítő magasságból a sas ETANÁ-val lezuhant, aki valószínűleg halálra zúta magát.

Jellemző ezekre a történetekre, hogy az ismeretlen, hozzáférhetetlen világmindenségben lakozó isteneket nem választja el áthághatatlan akadály az emberektől. Hírnökök és útbaigazítók vannak, akik a kellő bátorsággal rendelkező utasokat eligazítják. Ezek az útjelző személyek azonban a valóságban mást fejezettek ki, más lehetett szerepük, a cél, amiért a legendák megalkotói őket szerepeltették, mint a puszta útbaigazítás. E korban az ember a természettel még nagyrészt tehetetlen volt, ismeretlen jelenségeinek még nem tudott mélyére hatolni. Miután saját erejéből számos feladat megoldására képtelen volt, szívesebben fordult költött személyekhez, akiknek magánál nagyobb erőt és hatalmat tulajdonított. Ezek az útbaigazító ember-istenek tehát inkább a tudásra való törekvés jelképei voltak.

ASSURBANIPÁL már említett agyagkönyvtárából még egy töredék került elő. A megfejthető részekből derült ki, hogy ebben a *Bhadavadgita* ad utasítást papjainak, hogyan kell a Holdba repülni.

Az emberiségnek már ez a legősibb, írásos emlékeket ránk hagyott fejezete is tartalmazza azt a szinte az emberrel egyidős vágyat, hogy a magasba emelkedjen, sőt elhagyja a Földet. A későbbi korok gondolatvilága aztán egyre gyakrabban és gazdagabban foglalkozik ezzel az elképzeléssel.

Kínában és az ókori Görögországban

Az ókorba vezet vissza az a feljegyzés is, amely az ősi Kínából maradt ránk. Itt az Európában csak sokkal később elterjedt felfedezések és eszközök mellett ismeretes volt a *rakéta*, amelyet elsősorban tűzijátéknál használtak, szórakoztatási célokra. Ezek a rakéták az ugyancsak Kínában felfedezett *fekete puskapor* segítségével működtek.

A krónikák feljegyzései szerint időszámításunk előtt 1500 évvel egy VAN HU nevű kínai mandarin 47 rakétával meghajtott repülőgépet

³ Id. mű, 252. o.

tervezett. A gép azonban elpusztult, mert a primitív puszkaporos rakéták a gépet még elindulása előtt felrobbantották.

A jövő homályos képei a görög ókort is foglalkoztatták. Tőlük maradt ránk a híres DAEDALOSZ és IKAROSZ-legenda.

DAEDALOSZ építette MINOSZ király parancsára a híres labirintust, amelyből — mint tudjuk — ARIADNE fonala vezette ki a hős THEZEUST, Athén első uralkodóját. DAEDALOSZ nem élvezhette soká a király kegyét, szeszélyes uralkodója megharagudott rá és IKAROSZ nevű fiával együtt a labirintusba záratta. DAEDALOSZ azonban máris szabadulási terveken dolgozott és csodálatos szárnyakat készített a maga és a fia számára.

DAEDALOSZ viasszal fia vállához erősíti a szárnyakat, amelyekkel majd úgy repülnek, mint a madarak. Az apa a bölcs középút választására inti IKAROSZT: *Ne repülj a tenger színe fölött, mert a hullámok elsodorhatnak, de ne merészkedj a Nap közelébe sem, mert a lángok megpörkölhettek.*

Ezzel útjára bocsátotta a szárnyas ifjút, majd ő maga is a levegőbe emelkedett. A csattogó szárnyakkal magasban szálló férfiak füléhez csak tompán jutott el a tenger moraja. A darvak és fecskék csodálkozva nézték a szárnyas embereket, akik megjelentek birodalmukban. DAEDALOSZ simán, egyenletesen repült, de fia nem bírt féktelen természetével: a hulló kő sebességével csapott le a tenger hullámaira, majd ismét a magasba emelkedett és a Nap felé repült. IKAROSZ boldog újjongásában a világ urának képzelte magát.

Az izzó sugarak azonban megolvastották a viaszt, a szárnyak leváltak az ifjú válláról és a boldogtalan IKAROSZ a hatalom csücs-pontjáról a tenger feneketlen mélységébe zuhant.

DAEDALOSZ jól látta fia gyászos halálát és sírva kerengett a tarajos hullámok fölött.

DAEDALOSZ—IKAROSZ történetéből szembeötlően tűnik elénk, hogy a repülés gondolata csak kerete egy más mesének. Belőle azt a bölcs tanulságot vonhatjuk le, hogy ne akarjunk többet, mint amennyire erőnkől pillanatnyilag telik. Ugyanezt következtethetjük VAN HU mandarin rakétarepülőgépéről is. Mindezek mellett a két történetnek számunkra pozitív jelentősége is van.

A repülésnek, a Föld elhagyása gondolatának felvetésével ösztönözték és sarkallták az utókort, hogy növekvő ismeretek birtokában mind magasabb szinten vesse fel ezt a kérdést. Ugyanez az érdeme azoknak a későbbi — tudományosan még nem, vagy csak igen kevésbé megalapozott — történeteknek is, amelyek a gazdag fantáziájú írók munkájának gyümölcsei. Az ókori Görögországban az időszámításunk utáni II. században a szamoszatai LUKIÁNOSZ írt két fantasztikus regényt a Föld elhagyásáról, „*Igaz História*” és „*Ikaromenippusz*” címmel. Az *Igaz História* bevezetőjében frott érdekes részletről már ALMÁR IVÁN beszámolt az 1956. évi Csillagászati Évkönyv részére írott úrhajzási cikkében.

Az *Ikaromenippusz* bevezetőjében pedig a következőket mondja LUKIANOSZ : „*Háromezer stádium a Földtől a Holdig . . . Ne csodálkozzál pajtás, ha földöntúli és levegőbeli témákról fogok beszélni neked. A dolog lényege az, hogy nemrég tett utazásomról számolok be most röviden.*” Már a bevezetőben elárulja tehát, hogy regénye fantasztikumról szól majd. Ezek a régi, fantasztikus űrhajózási regények már törekedtek korabeli ismeretek közlésére is, és ennyiben elődei azoknak a mai népszerű műveknek, amelyek a Naprendszer égitestjeiről szerzett ismereteinket egy fantasztikus bolygóközi utazás keretében mutatják be.

A középkor : tudósok, írók

A középkorból már jó néhány elképzelés maradt ránk a repülés és a Föld elhagyásának gondolatáról. A tudósok közül KEPLER, a híres csillagász, aki elsőnek állapította meg a bolygómozgások törvényeit, szintén írt egy fantasztikus űrhajózási regényt „*Somnium*” (azaz Álom) címen. KEPLER már sejtette, hogy a bolygóközi tér nincs mindenütt levegővel kitöltve, azaz a Föld légkörének van egy felső határa. Ez abban az elképzelésében jut kifejezésre, hogy a képzeletbeli utazás résztvevőinek lélegzését az út során szivacsokban tárolt levegő segítségével kívánja megkönnyíteni.

Egy angol püspök szintén írt egy űrhajózási regényt, melynek hőstét, DOMINGO GONZALES-t hatttyúk repítik a Holdba. A regény hőse rablók elől menekülve egy keretet tákol össze, melyhez hatttyúkat kötöz. A közhiedelem szerint a hatttyúk a Holdba jártak telelni, és mivel éppen ősz volt, téli útjukra magukkal viszik a menekülő is.

Cyrano de Bergerac

már terjedelmes regényt ír „*A Nap és a Hold birodalmának kómikus históriája*” címmel, melynek első kiadása 1875-ben jelent meg. Az ún. „Első Könyv”-ben egy elmefuttatást végez, melynek során elmondja, hogy mi indította e könyvének megírására. Számos mitológiai részletet idéz, melyek a Föld elhagyásával kapcsolatosak. Többek közt elmondja, hogy a görög mondavilág szerint PROMETHEUSZ volt az első, aki az égbe ment, hogy a tüzet ellopja onnan az ember számára.

CYRANO elképzeléseit röviden és igen szellemesen foglalja össze ROSTAND, CYRANO című színművében :

Hatféleképp tudok az égbe menni!

*Először is pőrére vetkőzöm,
S a napra fekszem, ha ragyog a reggel,
Harmattal töltött sok kristály-üveggel,
Ami testemre aggatok. A Nap,
Amint járása mindég magasabb,
A harmatot felszívja s vele megy
A testem is.*

A levegőt cédrus ládába zárom.
Gyűjtő tükörrel fölfogott sugáron
Addig hevíttem, addig ritklómlom,
Míg száll s a Holdig meg sem áll, tudom!

Mint gépész, meg rakéta-mester,
Kemény acélból löveget csinállok...
Lőport alája — aztán uccu vesd el,
Tüzes golyómmal az égbe szálllok!

Ha egy gömb füsttel van tele,
Magasba röppen s én lengek vele.
Rám kenek sok ökör-velőt,
Főbosz ezt gyönyörrel szívja!

Végül: felállok egy arasznyi vasra,
S mágnest dobok föl, még pedig magasra.
A mágnes röppen és mint egy bolond:
A vonzott vas rögtön utána ront.
S addig velem föl mágnes-darabom,
Amíg elérem Holdam, vagy Napom!⁴



25. ábra. Cyrano harmatos üveggömbökre vonatkozó elképzeléséhez készült illusztráció, művének egy századeleji német nyelvű kiadásából

CYRANO elképzelései közül különösen a második, a cédrus-ládára vonatkozó, valamint a hatodik, a mágneses elképzelés érdemel különösebb figyelmet.

A második elképzelés a mai rakétára emlékeztet, amely haladó mozgását nagysebességű gázok kidobásával valósítja meg. Az eredeti elképzelésnek hibája azonban, hogy az égitestek közti teret levegővel

⁴ ROSTAND: CYRANO (ÁBRÁNYI EMIL fordítása. Franklin Társulat kiadása).

kitöltöttnek tételezi fel, valamint hogy egy dobozon átáramló szél, amelyről az elképzelés szerint szó van, képtelen annak mozgatására. Nem is szólva arról, hogy valamilyen gyújtótűkör nemcsak a dobozban levő levegőt hevitené fel, hanem elsősorban annak faanyagát gyújtaná fel.

A vasdarab mágnessel való felemelése kétségtelenül szellemes és kedves gondolat, azonban a megvalósításra mégsem alkalmas. A helyzet ebben az esetben ugyanis körülbelül ugyanaz, mint ha valaki azzal a székkal együtt próbálná felemelni magát, amelyiken rajta ül. A mágnes ugyanis, amelyet feldobnak, nem független attól a rendszertől, amelyikből elhajították. Ez a felemelési kísérlet csak abban az esetben vezetne eredményre, ha a mágnes, a vasdarab és a hozzá tartozó utas rendszerétől független mozgásban lenne. Ez azonban azt jelentené, hogy mozgását valamely más, külső erővel kellene megadni. E helyett pedig egyszerűbb volna már akkor magának az utast tartalmazó rendszernek a mozgatása.

A régi, fantasztikus elképzeléseket vizsgálva az eddig elmondottakon kívül leszögezhetünk még néhány olyan jellemvonást, amelyek egyöntetűen jellemzik ezeket az elképzeléseket, és amelyekben fő gyengeségeik keresendők. Természetesen távol áll tőlünk ezzel a kutatást serkentő értékük lebecsülése, és e gyengeségek összefoglalását sokkal inkább tesszük azért, hogy megmutassuk a fejlődés útját, amely egyre közelebb vezetett a helyes megoldáshoz. Nézzük most ezeket a fő nehézségeket, amelyekre az imént utaltunk:

1. Nem ismerték még a Föld elhagyásának feltételeit, és éppen ezért születtek olyan elképzelések, amelyek távol álltak minden tudományos alaptól.

2. Még távolról sem sejtették azokat a veszélyeket, amelyekkel a jövő űrhajósai találkozni fognak, s így egy-egy utazást igen egyszerűen, szinte magától értetődőnek fogtak fel.

A későbbiekben, amikor az űrhajózással kapcsolatos elképzelések rohamos térhódítást érnek el, ez a helyzet bizonyos mértékig megváltozik. Mielőtt azonban erre a kérdésre rátérnénk, meg kell emlékeznünk a középkor nagy művészenek és gondolkodójának a repüléssel kapcsolatos kísérleteiről.

Leonardo da Vinci

Szorosabb értelemben véve az űrhajózás és a repülés problémái szétválnak, és napjainkban mindkettővel külön tudomány foglalkozik. Másfelől igaz azonban, hogy a repülés mégiscsak megelőzte az űrhajózást, és megvalósulása során vált teljesen bizonyossá a fentebb már említett szétválás. Hogy megemlékezésünkben éppen LEONARDO DA VINCI-ről esik szó, az annak köszönhető, hogy ő művelte először tudományos alapon, a repülés kérdéseit.

A munkásságát megelőző időkben az volt az általános felfogás, hogy a levegőbe csak olyan testek emelkedhetnek fel, amelyeknek

súlya a levegőénél kisebb. Ő ismerte fel elsőnek, hogy a madarak repülése sem tesz eleget ennek a feltételnek. A feljegyzések szerint azonban maga is kísérletezett meleg levegővel töltött, vékony falú agyaggömbökkel. E kísérletei a léggömbök elvén alapultak, amely tulajdonképpen az úszás tágabb értelemben vett ARCHIMEDESZ-i törvényein nyugszik.

Az új és a korszakalkotó azonban azoknak a kísérleteknek a sorozata volt, amelyek a levegő dinamikáján, a szárnyakkal való repülés gondolatán épültek fel. A gondolatot hozzá kétségtelenül a madarak repüléséből vette. Feljegyzéseiben erről a következőket írja :

„Ha a nehéz sas szárnyain tudja magát tartani a ritka levegőben, ha a hajók vitorláikkal tudnak mozogni a tengeren, — miért ne volna képes az ember is, szárnyakkal hastva a levegőt, úrrá lenni a szél erején és miért ne tudna győzelmesen a levegőbe emelkedni?”

Valóban, a szárnyakkal való repülés — amint azt ma már mindenki tudja — eredményes módszer. Csupán abban tévedett a mester, hogy az ember izomereje elégséges a szárnyak mozgatásához. Ezt elevenen bizonyítják azok a kísérletei is, melyeket famulusa, ASTRO végzett, aki először nyomorékká vált, majd életével fizetett a szárnya; ember kísérleteiért.

*

A középkor elképzelései után hosszabb csend következik az űrhajózás gondolatainak terén. Csupán a XVII. századból említhetünk fel egy ma már mulatságosan hangzó, de akkor mindenesetre érdekes próbálkozást.

Két francia tüzér, PETIT és MERSENNE, egy a Föld felszínére merőlegesen álló ágyúcsőből lövedéket lőttek ki, abban a reményben, hogy az a Földet el fogja hagyni. A lövés után átkutatták a környéket, és mert a lövedéknek nem bukkantak nyomára, levonták azt a helytelen következtetést, hogy a Földet elhagyta. Ma már ez az elgondolás rég idejét múlta. Ennek okaira a későbbiekben még visszatérünk majd.

A múlt századtól napjainkig

Erre az időre tehető az űrhajózással foglalkozó elképzelések hőskorának kezdete. Primitív kísérletek indulnak meg, és az űrhajózási regények írói nemcsak keretmesének használva munkáikat egyre inkább a probléma megoldásának szentelik. A fantasztikus regények új sorában az eddigiektől lényegesen eltérő elképzelésekkel is találkozunk, azon gondolatok mellett, amelyek csak a régi kor már egyszer megírt álmainak variációi.

Vegyük talán elsőnek EDGAR ALLAN POE regényét, amely magyar nyelven is megjelent : „Utazás a Holdba, vagy HANS PHALL csodálatos kalandjai” címmel. HANS PHALL, a képzelt utazás hőse iparos családból származott, és maga is ezt a mesterséget űzte. Az idők változásával azonban tönkremegy, és jómódú polgárból eladósodott

emberré válik, akit hitelezői állandóan pörrel és karhatalommal fenyegetnek.

„Ezen állapot elviselhetetlen volt. Csakhamar annyira elszegényedtem, mint a templom egere. Végre a nyomorúság oly súlyossá vált — nőm, és gyermekeim lévén, — hogy életem kivégzéséről komolyan kezdtem gondolkodni”⁵ . . . , írja levelében, melyet a Holdba való utazása után néhány évvel onnan küldött követe egy léggömbről vet szülővárosának, Rotterdam polgármesterének lába elé.

Amint levelében elbeszéli, mégsem a halált választotta, hanem inkább léggömböt eszkábált magának, majd felrobbantva hitelezőit, megszökik, egészen a Holdig! A hajnalban kezdődött utazást követően néhány órával, mikor már jelentősebb magasságot ér el, egyes nehézségeket is tapasztal:

„Egy más nehézség is mutatkozott, mely nagyon is alkalmas arra, hogy aggyált támasszon bennem.

A tapasztalás bizonyítja, hogy ha nagyon magasra emelkedünk, fejünkben és egész testünkben nagy fájdalmakat érzünk, melynek következtében szánk, orrunk és füleink gyakran véreznek. Még több nyugtalanító jelenség is fordul elő, melyek a magasság nagyobbodásával mindinkább terhessé és elviselhetelenné válnak”⁶.

HANS PHALL el is mondja e jelenségek okát és lefolyását, hiszen írója fantáziájában át is élte őket:

„Tény az, hogy ha bizonyos magasságot elérünk és tovább haladunk, a lég sűrűségének apadása aránylag csekélyebb. Éppen ezért kétségkívül az is, hogy bármennyire emelkedjünk föl, sohasem érünk oly határra, hol légkör ne léteznék. Kell léteznie, — így fejeztem be e fölötti elmélkedéseimet, — ha talán végtelen ritka állapotban is”⁷.

POE a léggömb-kísérletek alapján már kétségtelenül tudott egyet-mást azokból a hatásokból, amelyek a légkör sűrűségében a magasság növekedésének következtében beálló csökkenésével lépnek fel. Megállapításai azonban erősen hozzávetőlegesek, különösen a sűrűség csökkenésének menetét illetően. Inkább csak a képzelet szülte őket, mint a kísérletek eredményei. Ma már megoldási javaslatok is kissé furcsán hangzanak, mint maga az egész ötlet: a léggömb-út a Holdba.

De regényében már másfajta veszélyekről is beszámol, mikor HANS PHALL, kegyelemkérő levelében megírja, hogy: „. . . A rövid éj alatt ismét egy meteorok repült el mellettem, és e gyakori jelenségek komolyan nyugtalanítottak”⁸.

⁵ EDGAR ALLAN POE: „Utazás a Holdba” (ford.: HANG FERENC. TETTEY N. és Tsai., Budapest, 1877.) 14. o.

⁶ Id. mű, 37. o.

⁷ Id. mű, 33–34. o.

⁸ Id. mű, 73. o.

Nem kétséges, hogy a meteorveszély tényleges voltával POE alig lehetett tisztában. Mai ismereteink szerint is — amelyek minden bizonnyal még szintén hiányosak — csak a kicsiny, tízezred milliméternél kisebb átmérőjű meteorrészekék ellen lehet és kell majd védekezni.

JONATHAN SWIFT a „Gulliver utazásai”-ban egy lebegő szigetről az alábbiakat írja :

„Az »úszó«, vagy »repülő« sziget a legszabályosabb köralakot mutatja : átmérője hétezeröttszázharminchét yard, vagy ha úgy tetszik, négy és fél mérföld, — ennél fogva területe tízezer honi acre ...

A sziget közepén egy mély kráter található, körülbelül 50 yard átmérővel, — itt szállnak le a csillagászok egy hatalmas kupolaterembe, melyet ... »csillag-barlang«-nak neveznek; ... De minden különlegességek között legnagyobb kétségtelenül az a kolosszális delejtű (melynek működésétől függ egyébként a sziget élete, vagy halála), és mely feltűnően emlékeztet az óriások orsójára ...

A nagy delejtűnek ugyanis az a tulajdonsága, hogy az egyik vége vonzó, a másik pedig taszító hatása (azokhoz a területekhez viszonyítva, amelyek fölött Ő felsége éppen tartózkodik)”.⁹

Ez a laputai királyi város, amely egy levegőben úszó sziget. Süllyedését és emelkedését a hatalmas delejtűvel irányítják, amely egyébként a sziget helyváltoztatására is szolgál. A sziget csak az alsó birodalom határain belül közlekedhet, mert csak ennek van meg az a tulajdonsága, hogy a mágnestűt taszítani, vagy vonzani tudja. Legnagyobb emelkedési magassága négy mérföld.

SWIFT-nek ez az úszó szigete erősen emlékeztet a mai úrálloások gondolatára, az ötlet pedig, amely szerint működését leírja, egyesek szerint CYRANO-tól származik.

DANIEL DEFOE, a világhírű Robinson „apja” is írt egy holdutazásról szóló regényt.

BÜRGER MÜNCHHAUSEN bárója is elutazik a Holdba, mégpedig mint maga elbeszéli, egy szerencsétlenség következtében. Rablók támadják meg, akik ellen védekezni kénytelen :

„Mivel semmi más fegyver-alkalmatlanság sem volt a kezemben, mint az az ezüst fejsze, amely a szultán kertészeinek és földműveseinek ismertetőjele, ezt vágtam a rablók csupasz ábrázatához, hogy elkergessem őket. Ezzel valójában a szegény méheket is szabaddá tettem; egyedül karjaim egy szerencsétlen, túl erős lendülete következtében a fejsze magasba repül, és nem szűnt meg emelkedni, míg csak a Holdon le nem esett. Milyen úton szereztem vissza? Miféle vezetővel hozhatnám vissza a Földre. Ekkor eszembe jutott, hogy a törökök babja igen gyorsan és rendkívüli magasságokig nő fel. Abban a pillanatban elvettem egy ilyen babot,

⁹ JONATHAN SWIFT: Gulliver utazásai (ford.: SZENTKUTHY MIKLÓS, Szépirodalmi Könyvkiadó, 1954.).

mely valóban hirtelen kikelt, és belekapaszkodott a Hold egyik szarvába. Nos tehát gyorsan felmászlam a Holdba, ahol szerencsésen ki is kötöttem. Meglehetősen járadóságos munka volt ezüst fejszém felkutatása, egy olyan helyen való megtalálása, ahol minden más dolog is ezüstös fényben ragyog. Végül mégis megtaláltam egy halom szecskán és polyván. Fel akartam kerekedni, hogy visszalérjek, de jaj, közben a Nap heve felszárította babomat, úgyhogy ezen, szerencsétlenségemre, nem lehetett leereszkedni. Mit lehetett tenni? — A szecskából oly hosszú kötelet fontam, amelyet csak lehetett. Ezt hozzáerősítettem a Hold egyik szarvához, és leereszkedtem rajta. Jobb kezemmel kapaszkodtam, míg a balban a fejszét tartottam. Amint egy darabon leereszkedtem, a hátramaradt részt magam alá emelve megkötöttem, és így egész szép darabon jutottam lefelé¹⁰.

A MÜNCHHAUSEN utazása kétségkívül szatírája akar lenni — legalábbis ebben a részében — a fantasztikus regényeknek, hiszen oly nyilvánvaló képtelenséget mond a Holdba való utazásról, hogy azt már a maga korában sem vette komolyan senki.

Újszerű gondolatokat vet fel a múlt században H. G. WELLS, aki két fantasztikus űrhajózási regényt is írt. Egyik munkájában még ő is a Föld elhagyásáról beszél, de másik művében már merészebb gondolatot vet fel: a világűr vándorai nem a Földről indulnak más égitestek meghódítására, hanem úgy érkeznek ide hozzánk a Mars bolygóról. Ebben a munkában tehát a Marsot már értelmes lények által lakott világnak tételezi fel.

26. ábra. Illusztráció Münchhausen egy német nyelvű kiadásából



¹⁰ G. AUGUST BÜRGER: Wunderbare Reisen . . . von MÜNCHHAUSEN. Insel Verlag, Leipzig, 1921. 53–54. o.

A Világok harca c. regényében a következőket írja :

„Amint a Mars bolygó közeledett az oppozícióhoz, ... egyszerre érdekesítő csillagászati hír terjedt el ... a bolygón megfigyelt hatalmas izzó gáz-robbanásról.

A spektroszkópokkal gázt, elsősorban hidrogént figyeltek meg, amely roppant sebességgel haladt a Föld felé.

A csillagászati távcsövekben azután néhány nap múlva éjszaka kicsiny, de igen fényes bolygók váltak láthatóvá, melyek a Föld felé közeledtek¹¹.

Winchester határában azután egy szép napon a földbe csapódott valami meteorszerű test. A marslakók hajója volt, amely a Földre érkezett. Egyszer csak aztán elhagyták űrhajójukat, amit ajtajának nyitott voltáról állapíthatott meg a lakosság. Ezek a marslakók azonban veszedelmes emberek voltak :

„A marslakók és anyaguk együttvéve láthatatlan volt, kivéve azokat a keskeny szárazakat, melyeken az ő csodálatosan nyugtalan és szüntelen mozgásukat végezték¹².

A láthatatlan lények szörnyű pusztítások után maguk is kimúltak, mert a Marson, eredeti hazájukban már kiirtották az összes betegségek kórokozóit, és így nem tudtak ellenállni a földi betegségeknek. Kétségtelenül szellemes ez a regény, és maga az alapötlet is, hogy idegen égitesteken is lehetséges a miénkhez hasonló fejlődési fokon álló élet. Igaz ugyan, hogy WELLS-t erre már SCHIAPARELLI-nek az 1877. évi Mars-oppozíció alkalmával a csatornák felfedezése indította, mégis az újszerű gondolat számos fantáziálásra adott alkalmat. Ez a magyar nyelven is megjelent műve, sajnos, már nem kapható még könyvtárakban sem, pedig számos népszerűsítőnek akadna belőle tanulnivaló mind az ötleteket, mind pedig a stílust illetően.

Másik regénye, a *The First Men in the Moon*, magyarul Emberek a Holdban címmel jelent meg.

Ebben egy csodálatos új anyag előállításáról van szó, melyet feltalálójáról *Cavorite*-nak neveznek el. Az anyagnak az a tulajdonsága, hogy a gravitáció számára átlátszatlan, azaz ha létezne, felette minden test elveszítene súlyát. Ennek segítségével emelkedik a Holdba :

„Ide figyeljen — mondta —. Legutóbb azt az anyagot, amely elszigeteli a dolgokat a gravitációtól, egy lapos tartályba folytattam, amelyre földél nehezedett. És mihelyt lehült az anyag és az előállítási folyamat bevégeződött, nyomban bekövetkezett a selfordulás, a tartály fölött semminek sem volt több súlya, a levegő a magasba szökött, a ház a magasba szökött és ha maga az anyag is föl nem szökken a magasba, nem tudom, mi nem történt volna!...¹³

¹¹ H. G. WELLS : La guerre des Mondes (CALMANN — LÉVY, Paris).

¹² Id. mű, 17. o.

¹³ H. G. WELLS : Emberek a Holdban (Franklin Társulat, Bp. Ford. : MIKES LAJOS), 32. o.

„— Képzelden el egy gömböt — magyarázta —, amely elég nagy ahhoz, hogy két ember a málhájával együtt beleférjen. A gömb acélból készül, vaslag üveggel bélelve; lesz benne elegendő sűrített levegő, sűrített táplálék, vízdesztilláló készülék és a többi. És az acélburokra kívül képzelden el úgyszólván rázománcozva . . .

— Cavorite-ot?

— Úgy van”¹⁴.

Ennek az elképzelésnek azonban van egy lényeges hibája, és megvalósíthatósága tudományos szempontból könnyen megcáfолható. Ha ugyanis valaha létezett volna olyan anyag, amelyre a gravitáció nem hat, az a Földet már rég elhagyta volna. De tegyük fel, hogy ezzel a tulajdonsággal a készítmény csak bizonyos körülmények közt rendelkezik, melyek feltételei megvalósíthatók. Ilyesmiről van szó WELLS-nek ebben a regényében is. E feltételek megvalósulása esetén azonban, amikor a gravitációt árnyékoló tulajdonság előáll, a test, amely vele be van kenve, elveszti súlyát. De ebben az esetben semmilyen más égitest vonzása sem fogja ezt a tárgyat magához ragadni, éppen mert a gravitációt számára kiküszöbölték. Ugyanekkor valamiféle segédberendezés használata nélkül a kormányzás és az irányítás is lehetlenné válik.

De ha e nehézségeket valamilyen úton megoldottnak gondoljuk is el, akkor sem nyerünk semmit. Ugyanis az űrhajó súlytalanná tétele érdekében mindenképpen egy bizonyos munkamennyiséget kell kifejtteni, akár úgy, hogy egy gravitációt árnyékoló anyag fölé helyezzük az űrhajót, akár úgy, hogy rakéta segítségével felgyorsítják. Így tehát nem lehet semmiféle munkát megtakarítani, mert mindegy, hogy a megfelelő munkamennyiséget felgyorsításra, vagy fékentangtartásra fordítjuk-e? Erről az energia megmaradásának törvénye biztosít bennünket. A megfékezési probléma akkor is fennmarad, ha az anyaggal, amely a súlytalanságot előállítani képes, energiát kell ahhoz közölni, hogy ez a tulajdonsága megszűnjön. Ugyanis az anyag, amely a gravitációt leárnyékolni képes volna, maga is szükségképpen súlytalanná válna. Ez az út tehát semmiképpen nem lesz járható.

Legnagyobb népszerűsége kétségtelenül VERNE GYULA *Utazás a Holdba és a Hold körül* című regénye tett szert. Éppen ezért érdemes lesz vele kissé részletesebben megismerkedni, annál is inkább, hogy elképzelését még ma is sokan tudományosan megalapozottnak tekintik.

VERNE már tisztában volt a Föld elhagyásának feltételeivel. Tudta, hogy egy Naprendszeren belüli utazáshoz az utasok szállítására szolgáló eszköznek nem kevesebb, mint 11,2 km/mp sebességet kell elérnie. Ezt a sebességet minden kilogramm súlynak, amelyet az eszköz majd kijuttat a Föld gravitációs teréből, 6380 métertonna munka árán lehet megadni. Mindezek figyelembevételével a javaslat így hangzik:

¹⁴ Id. mű, 33. o.

Öntsünk közvetlenül a földre egy 270 m hosszú ágyúcsövet, amelynek aluminiumból készült lövedékét 180 ezer tonna lőpor robbanásának ereje majd a Holdba löki.

Az elképzelés azonban nincs tudományos pontossággal kidolgozva. Még a legmodernebb lőporgázok elégetésének esetében is 720 km hosszú ágyúcsőre volna szükség ahhoz, hogy a lövedék elérje a 11,2 km/mp sebességet, az ún. szökési sebességet. Ekkora ágyúcső készítése pedig nyilvánvalóan technikai lehetetlenség. De még ha elkészíthető lenne is, akkor is vannak más akadályok, melyek lehetetlenné teszik, hogy a cső belsejében mozgó lövedék utasai épségben hagyják el a Földet.

Pl. a csövet elhagyó lövedékre a külső levegő oly hatalmas ütest mérne, amely rögtön pozdorjává zúzná. De az utasok nem érhetnék meg ezt a pillanatot sem, mert már a cső belsejében való mozgás során elpusztulnának, annak a nagy sebességváltozásnak — azaz gyorsulásnak — következtében, amelyet a lövedék szenved. Ez a nyomás olyan megterhelést fejtene ki az utasokra, mintha a vállukon saját test súlyuk negyvenezeresével terhelnék meg őket. Nincs olyan élő szervezet, amely ezt el tudná viselni.

Elhangzottak egyes olyan javaslatok is az ágyúlövés címszó alatt összefoglalható elképzelések közt, hogy egy mágnesezett lövedéket elektromágneses erőterrel gyorsítsanak fel a szökési sebességre. Azonban ehhez is olyan hosszúságú út mentén kellene a gyorsítást elvégezni, mint egy közönséges robbanótöltettel ellátott ágyú esetében. Így tehát ezek a javaslatok sem visznek közelebb a probléma megoldásához.

Csak adatszerűen regisztrálunk még néhány érdekességet.

1841. CHARLES GALIGHTLY angol mechanikus gőzrakétát szabadalmaztat. Ezzel gondolta megoldani — tévesen — a Holdba való utazást.

1870. FRANZ HOEFT bécsi fizikus elkészíti az első űrhajótervet. Elméletének matematikai megalapozása még elég gyenge.

1881. GANZ SCHWINDT rakéta-űrhajó tervet készít. A rakéták működésének elméletét csak igen hiányosan ismeri.

Hazai vonatkozásban a múlt századból eléggé borúlátó költőnknek, MADÁCH IMRÉ-nek *Az ember tragédiájában* tett rövid utalására emlékezhetünk az űrhajózás kultúrtörténete kapcsán, amikor a Föld Szellemének nevében inti a menekülni akaró ÁDÁM-ot, hogy a természet szabta határt nem lépheti át.

A századforduló idején végre megindult az űrhajózás kérdésének tudományos vizsgálata. Ez már annak a korszaknak a kezdete, amikor az űrhajózás tudománnyá válik. Éppen ezért, mielőtt erről az időszakról is megemlékeznénk röviden, fordítsuk figyelmünket talán ALE XEJ TOLSZTOJ *Aelita* c. fantasztikus űrhajózási regényére.

Ez a munka már századunkban íródott és jelent meg, azon időszak után, hogy az űrhajózás tudományának, az asztronautikának

elméleti ága kimutatta, hogy a Föld elhagyásának megvalósítását a rakéták segítségével lehet majd elérni. TOLSZTOJ erről már nyilván tudott, és éppen ezért arról ír, hogy hősei: LOSZ mérnök, a rakéta szerkesztője, és útítársa, GUSZEV, egy puszkaporos rakétával emelkednek a magasba, és mennek a Marsba. Az indulás napjára sokan sereglenek össze Péterváry egy kis fészéréhez, ahonnan a rakéta felemelkedik;

„Repülhetünk.

Ekkor LOSZ megragadta a reosztát emeltyűjét és kissé elfordította. Tompa dörrenés hallatszott, ez volt az a hang, amelytől a telken vagy ezer ember megremegett. Elfordította a második emeltyűt. Láruk alatt tompa dörrenés hallatszott és a gép oly erősen megrázkódott, hogy GUSZEV bekapaszkodott az ülésbe és kimeredt a szeme. LOSZ mindkét emeltyűt bekapcsolta. A gép nekilendült. A dübörgés halkult, a gép rázkódása enyhébb lett. LOSZ odakiáltott:

*Felemelkedtünk. . . .*¹⁵

Közben aztán fiziológiai problémák is felmerülnek:

„. . . LOSZ előre látta, hogy a gép és a benne levő testek sebessége eléri azt a határt, amikor hatalmasan meggyorsul a szívverés, a vér és a nedvek keringése, valamint a test egész életritmusa. . . .”¹⁶

Ma már tudjuk, hogy a rakéta, amely a jövő bolygóközi utasait szállítani fogja, nem puszkaporral fog működni, és hogy azok a jelenségek, amelyek a sebesség fokozódása következtében fellépnek, nem úgy fognak lezajlani, ahogyan TOLSZTOJ elképzelte.

Nem volna azonban teljes ez az áttekintés, ha nem emlékeznénk meg a tudományos úrhajózás rövid történetéről. 1896—1903. Megjelennek CIOLKOVSKIJ első alapvető elméleti kutatásai a rakétákról. Meghatározza a rakéták mozgását leíró egyenleteket, felveti a többlépcsős rakéta gondolatát, valamint az űrállomás-tervet.

Az első világháború időszaka után gyakorlatilag kezdenek foglalkozni rakétákkal. Üzemanyagul a folyadékokkal kísérleteznek a megelőző szilárd töltetek helyett. Ezek legnagyobb részét alkohol- és oxigén-keverékek. Sok küzdelem és eredményes munkásság jellemzi OPEL, MAX VALIER, KLEMIN, LEY, ESNAULT PELTERIE, OBERTH, GODDERD és még sok más kutató ténykedését.

A második világháborúban megszületnek Németországban az első hatalmas kémiai rakéták, köztük a legismertebb V2. A háború után más államokban is megkezdődnek a kísérletek. Újabb rakétatípusok épülnek: *Viking, Aerobee, WAC Corporal, Deacon* stb. Az égés helyett más kémiai reakciókat is kezdenek a hajtóanyag felgyorsítására használni. Ezek az ún. hidegkeverékek. Elméletileg foglalkoznak napjainkban atomrakéta-típusokkal is, amilyenek a termikus atomrakéta, az ionrakéta és a fotonrakéta. Ezek közül a termikus atomrakéta a közeli megvalósulás küszöbén áll.

¹⁵ *Alexej Tolsztoj: Aelita* (Olesó Könyvtár, Budapest, 1954.) 35. o.

¹⁶ *Id. mű, 37. o.*

A kísérletek eredményei alapján célul tűzték ki a Nemzetközi Geofizikai Évre az első mesterséges holdak útnak indulását. Tisztázták a pályaproblémákat és feltártak számos nehézséget, mint például a nagy gyorsulások, a kozmikus sugárzás és a meteor-veszélyt, dolgoznak a sebesség pontos betartásának és az irányítási kérdések megoldásának módjain. A veszélyek elhárításának módjai is ma már nagyrészt ismereteseek.

A mesterséges holdak útnak indításán kívül az asztronautika célul tűzte ki a Hold és a Mars emberrel való felkeresését még ebben az évszázadban. E tudományos program mögött rengeteg munka, megoldásra váró probléma és hatalmas anyagi áldozatok húzódnak meg. Mindebből az érdeklődő közönség legtöbbször csak az eredményekről értesül, és csak sokkal ritkábban van módjában a problémákról, vagy a kérdés történetéről olvasni és hallani. Éppen ezért talán nem volt haszontalan ez a kis összefoglalás a kérdés kultúrtörténetéről. Az űrhajózásnak mint tudománynak a története ebbe a keretbe már nem tartozik bele, és nem is volt most célunk ezt részletezni.

TARTALOMJEGYZÉK

Táblázatok

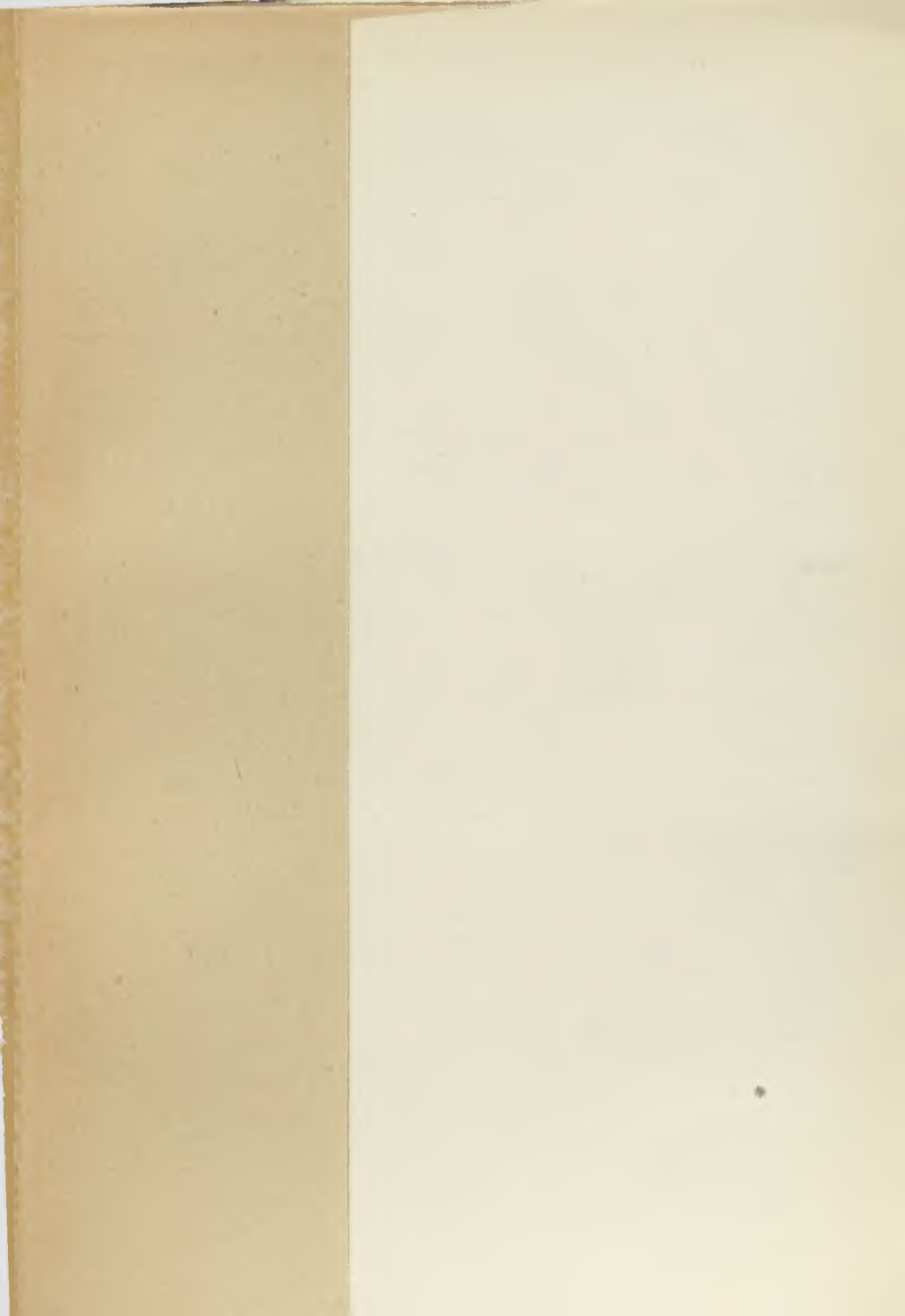
A Nap és a Hold fontosabb adatai	4
A szabadszemmel látható bolygók koordinátái és látszólagos sugara 0 ^b világidőkor	28
A Jupiter-holdak helyzetei	32
A Jupiter-holdak jelenségei	36
A Nap forgási tengelyének helyzete, stb.	41
Refrakció és extinkció. Nyári időszámítás Magyarországon	42
Az évi precesszió	43
Normál idők	44
A földrajzi meridiánok és a parallel körök mentén 1° földrajzi koordinátakülönbségnek megfelelő távolságok a Föld felületén	48
A nagybolygók adatai	49
A nagybolygók holdjai	50
Néhány 1957-ben jól megfigyelhető, fényes kisbolygó efemerise ...	52
A csillagos ég 1957-ben	53
Csillagtérkép	62
Az Uránusz látszó mozgásának térképe	64
A Neptunusz látszó mozgásának térképe	65

Beszámolók

<i>Detre László</i> : A MTA Csillagvizsgáló Intézetének működése az 1955. évben	66
<i>Róka Gedeon</i> : A TTIT csillagászati és matematikai szakosztályai- nak munkájáról	74
<i>Kulin György</i> : A TTIT Uránia Bemutató Csillagvizsgálói	80

Cikkek

<i>Antonie Panekoe</i> : A csillagászat eredete	91
<i>Dezső Loránt</i> : Mivel foglalkozik a csillagászat?	104
<i>Izsák Imre</i> : A matematika szerepe a csillagászatban	114
<i>Marx György</i> : Az elemi részecskék szerepe a világmindenség fel- építésében	126
<i>Szimán Oszkár</i> : Fényképezés a csillagászatban	147
<i>Herczeg Tibor</i> : Mit tudunk az üstökösök, meteorok, kisbolygók eredetéről?	178
<i>Sinka József</i> : Az űrhajózás kultúrtörténete	195



Rövidesen újra megjelenik a

TERMÉSZETTUDOMÁNYI

ismeretterjesztő
havi folyóirat

KÖZLÖNY

megindította 1869
SZILY KÁLMÁN

A Közlöny hasábjain a természettudományok új és érdekes eredményeinek ismertetése mellett helyt kívánunk adni a régebbi korok nagy, de általában nem ismert eredményei ismertetésének is. Rovatainkban kisebb érdekes közlemények és hírek, az időjárás, a csillagos ég, és a társulati élet közérdekű eseményei szerepelnek.

1. számunk tartalmából:

Kitaibel Pál

A hidrogénbombától a thermonukleáris reaktorig

Villamosság a légkörben

Az emberi és állati tuberkulózis kapcsolatai

A csillagközi anyag

A Húsvét-sziget népei

A rovarvírusok és alkalmazásaik